

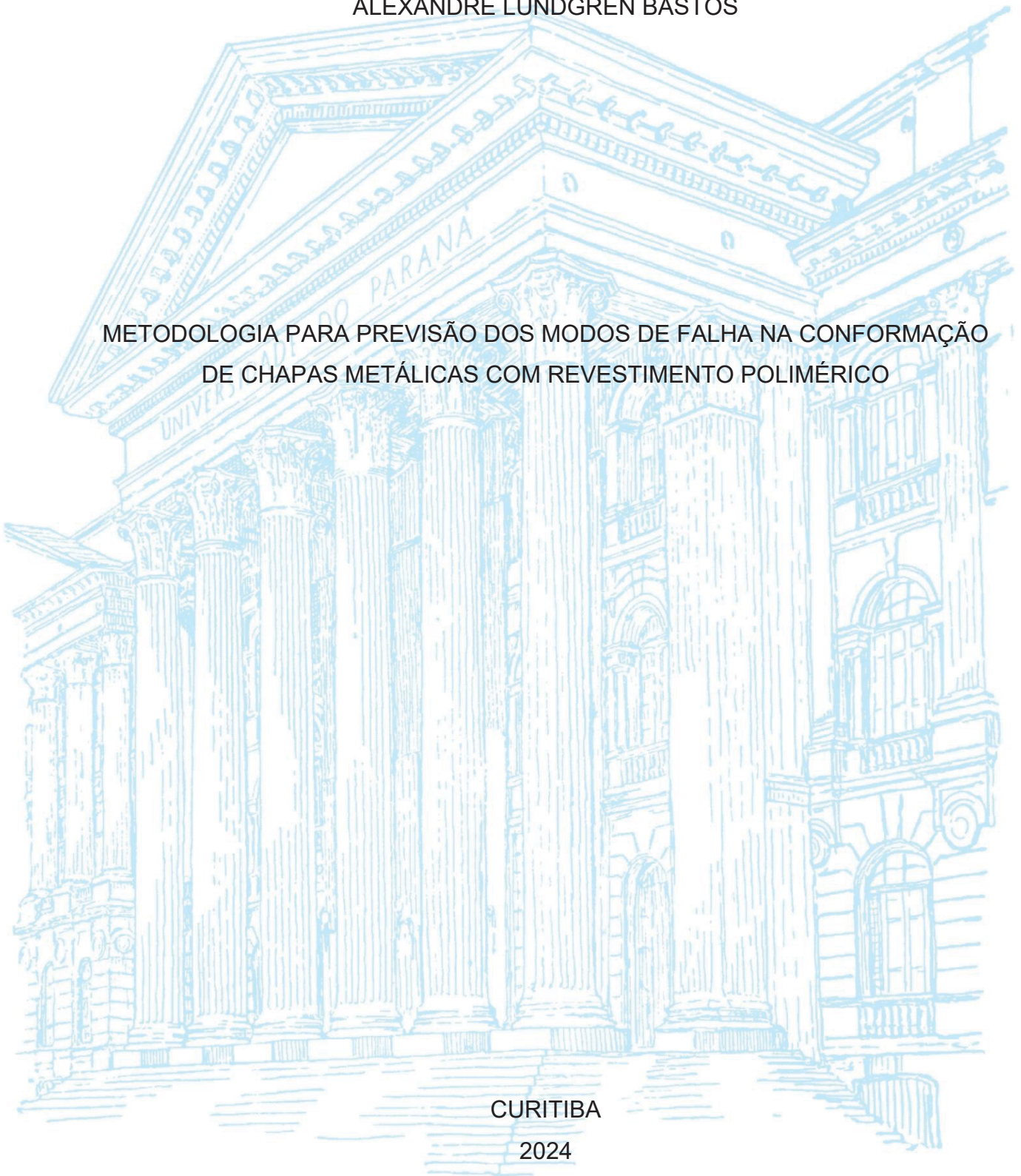
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALEXANDRE LUNDGREN BASTOS

METODOLOGIA PARA PREVISÃO DOS MODOS DE FALHA NA CONFORMAÇÃO
DE CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO POLIMÉRICO

CURITIBA

2024



ALEXANDRE LUNDGREN BASTOS

METODOLOGIA PARA PREVISÃO DOS MODOS DE FALHA NA CONFORMAÇÃO
DE CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO POLIMÉRICO

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica, na área de concentração Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Victor P. Marcondes
Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Fernando Lajarin

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Bastos, Alexandre Lundgren

Metodologia para previsão dos modos de falha na conformação de chapas metálicas com revestimento polimérico / Alexandre Lundgren Bastos. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Paulo Victor P. Marcondes

Coorientador: Sérgio Fernando Lajarin

1. Conformação mecânica. 2. Chapa metálica. 3. Revestimento polimérico. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Marcondes, Paulo Victor P.. IV. Lajarin, Sérgio Fernando. V. Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
MECÂNICA - 40001016040P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA MECÂNICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ALEXANDRE LUNDGREN BASTOS** intitulada: **METODOLOGIA PARA PREVISÃO DOS MODOS DE FALHA NA CONFORMAÇÃO DE CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO POLIMÉRICO**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO VICTOR PRESTES MARCONDES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Maio de 2024.

Assinatura Eletrônica

27/05/2024 15:30:37.0

PAULO VICTOR PRESTES MARCONDES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

27/05/2024 16:53:04.0

FABIANO OSCAR DROZDA

Avaliador Externo (55001149)

Assinatura Eletrônica

26/06/2024 16:25:41.0

RAMON SIGIFREDO CORTES PAREDES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

27/05/2024 13:51:54.0

LUCIANO PESSANHA MOREIRA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE)

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531980 - Tel: 41 3361-3701 - E-mail: pgmec@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 368703

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 368703

Dedico esta tese à minha esposa Bea e meus filhos Matheus e Alice, pela compreensão por, durante o período que estive trabalhando nesta tese, eu não ter dedicado mais tempo e atenção àquilo que é mais importante na minha vida, o amor da minha família!

AGRADECIMENTOS

A Deus, sobre todas as coisas!

À minha esposa Bea, pelo apoio incondicional e pela paciência em todos esses anos.

Aos meus filhos Matheus e Alice, esse trabalho é por vocês!

À minha mãe (in memoriam) e meu pai, pela sua luta para me proporcionar uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos, Gustavo e Victor, pela presença na minha vida.

À minha sogra e meu sogro (in memoriam) por me deixarem fazer parte das suas vidas.

A toda minha família!

Aos professores Marcondes e Lajarin pela orientação e tempo dedicado nas revisões e discussões.

Aos professores da banca pelo tempo disponibilizado e pelas contribuições a este trabalho.

Ao Marcio Brandani Tenório, pela disponibilidade, inclusive em feriados e auxílio no Laboratório de Conformação.

À Whirlpool, pelo suporte e financiamento deste trabalho, em especial a Ronaldo Dallacqua, Mike Anthony e Ricardo Originales.

À Autoform Brasil, pelas discussões técnicas, suporte e disponibilização de uma licença temporária.

RESUMO

A indústria dos eletrodomésticos produz diversas peças estéticas a partir de chapas metálicas. No processo tradicional, estas peças estéticas recebem a aplicação de uma pintura de acabamento após serem estampadas. Por sua vez, a conformação destas mesmas peças estéticas, mas a partir de chapas metálicas com revestimento polimérico aplicado ainda na bobina, apresenta diversas vantagens em relação ao processo tradicional, destacando-se a redução das emissões de compostos orgânicos voláteis e de resíduos perigosos classe 1, além das maiores produtividade e eficiência energética, e conseqüentemente um melhor custo total. Em contrapartida, este revestimento precisa resistir às tensões e às deformações, induzidas para a conformação da chapa, sem que ocorram modos de falha característicos do revestimento como microtrincas, ruptura, perda de brilho, formação de riscos, deplacagem e delaminação. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia, de aplicação prática na indústria, para a realização de ensaios experimentais para a caracterização do comportamento da chapa metálica com revestimento polimérico quando submetida aos diversos modos de deformação, permitindo assim o seu modelamento matemático em um programa comercial de elementos finitos, Autoform. A caracterização do revestimento foi realizada através de sucessivos ensaios de Nakajima modificado e combinado com ensaios de vida acelerada. Foram utilizados critérios de falha devidamente relacionados com os modos de falha do revestimento. Por fim, a ocorrência destas falhas foi correlacionada com as deformações principais críticas, obtidas em toda a superfície dos corpos de prova através dos sistema ARGUS para medição das deformações em peças estampadas. Foram então determinadas as curvas limite conformação do revestimento (CLC-r). Adotando esta CLC-r como critério de falha na simulação numérica realizada no Autoform, foi possível prever o comportamento do revestimento durante a conformação. A utilização da metodologia apresentada neste trabalho demonstrou-se bastante eficaz na previsão dos modos de falhas do revestimento para peças de geometria complexa, o que permitirá aos futuros usuários desta metodologia, propor ações corretivas efetivas para prevenir a ocorrência destes modos de falha ainda na fase de desenvolvimento do produto e do processo, bem como sugerir modificações da chapa metálica e seu revestimento para atingir um melhor grau de conformabilidade.

Palavras-chave: Chapa metálica revestida. Revestimento polimérico. Revestimento orgânico. Aço pré-pintado. Conformabilidade. CLC do revestimento. Simulação.

ABSTRACT

The home appliance industry produces various aesthetic parts from metallic sheets. In the typical process approach, these aesthetic parts are painted after being stamped. Conversely, the forming of such aesthetic parts but from sheet metal with a polymer coating previously applied to the coil, exhibits many advantages when compared to the conventional approach, highlighting the reduction of emissions of volatile organic compounds and class one hazardous waste, in addition to greater productivity and energy efficiency, and consequently a better total cost. On the other hand, this coating needs to withstand to the stress and strain induced in the sheet metal forming, without the occurrence of failure modes associated to the coating, such as microcracks, film tearing, gloss loss, scratching, peeling-off and delamination. This study aimed to develop a methodology, applicable in the industry, to perform experimental tests to characterize the behavior of polymer coated sheet metal when submitted to different modes of deformation, thus allowing its mathematical modeling by a finite element commercial code. The characterization of the coating was carried out through successive modified Nakajima tests and combined with accelerated life tests. Failure criteria, properly related to the coating failure modes, were used. Finally, the occurrence of these failures was correlated with the major/ minor critical strains, obtained in the surface of the specimens using the ARGUS system for strain measuring in stamped parts. The coating forming limit curves (c-FLC) were then determined. By adopting this c-FLC as the failure criteria in the numerical simulation performed in Autoform, it was possible to predict the behavior of the coating during the forming operation. The use of the methodology presented in this study proved to be quite effective in predicting coating failure modes for parts with complex geometry. This will allow future users of this methodology to propose effective corrective actions to prevent the occurrence of these failure modes in the product and process development stage, as well as suggesting modifications to the sheet metal and its coating to achieve a better formability grade.

Keywords: Pre-coated sheet metal. Polymeric coating. Organic coating. Prepainted steel. Formability. Coating FLC. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MARKET SHARE GLOBAL DOS AÇOS PLANOS EM 2018	18
FIGURA 2 – COMPONENTES DE CHAPA DE AÇO NOS ELETRODOMÉSTICOS	19
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE LINHA DE PINTURA DE BOBINAS	30
FIGURA 4 – CAMADAS TÍPICAS DE UMA CHAPA DE AÇO PRÉ-PINTADO	31
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA LINHA DE APLICAÇÃO DE FILME POLIMÉRICO LAMINADO	32
FIGURA 6 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO VCM	32
FIGURA 7 – CAMADAS DO FILME LAMINADO PET	33
FIGURA 8 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO PET	33
FIGURA 9 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO ACM	34
FIGURA 10 – CHAPA PLANA: (A) SEM DEFORMAÇÃO; (B) DEFORMADA	35
FIGURA 11 – DIAGRAMA DAS DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS	36
FIGURA 12 – MODOS DE DEFORMAÇÃO NO DIAGRAMA DAS DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS ...	37
FIGURA 13 – MODOS DE DEFORMAÇÃO NO DIAGRAMA DAS TENSÕES PRINCIPAIS	37
FIGURA 14 – ESTIRAMENTO EQUI-BIAXIAL	38
FIGURA 15 – DEFORMAÇÃO PLANA	39
FIGURA 16 – TRAÇÃO UNIAXIAL	40
FIGURA 17 – EMBUTIMENTO	40
FIGURA 18 – COMPRESSÃO UNIAXIAL	41
FIGURA 19 – EFEITO DE N NA CURVA DE TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA.....	44
FIGURA 20 – DIREÇÕES PARA CÁLCULO DA ANISOTROPIA	47
FIGURA 21 – CLC PARA DISTINTOS MATERIAIS METÁLICOS	48
FIGURA 22 – CLC E A JANELA DE CONFORMAÇÃO	49
FIGURA 23 – CLC FICTÍCIA DA CHAPA METÁLICA E DO REVESTIMENTO	50
FIGURA 24 – MODOS DE FALHA TÍPICOS DO REVESTIMENTO DEVIDO À DEFORMAÇÃO	51
FIGURA 25 – (A) CHAPA PRÉ-PINTADA EMBUTIDO, (B) DETALHE POS. 1, (C) DETALHE POS. 2	52
FIGURA 26 – SEÇÃO DE CORPO DE PROVA DE ENSAIO DE TRAÇÃO NO MEV	53
FIGURA 27 – TRINCAS SUPERFICIAIS NO REVESTIMENTO TA (A) 40X, (B) 400X.....	53
FIGURA 28 – CLC DO REVESTIMENTO PARA AÇOS PRÉ-PINTADOS (A) TA, (B) TB	54
FIGURA 29 – (A) CLC REVESTIMENTO POR EIE; (B) DISTRIBUIÇÃO DAS DEFORMAÇÕES EM COPO QUADRADO EMBUTIDO	56
FIGURA 30 – MODO DE FALHA RUPTURA DO FILME PET	57
FIGURA 31 – CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA (A) PET E PVC, (B) AÇO	57
FIGURA 32 – (A) AMOSTRAS ENSAIO LDH E EMBUTIMENTO PROFUNDO; (B) DIAGRAMA DOS MODOS DE FALHA DAS CHAPAS COM REVESTIMENTO VCM	58
FIGURA 33– PERDA DE BRILHO COM EVOLUÇÃO DA DEFORMAÇÃO	60
FIGURA 34 – (A) FERRAMENTA MARCINIAK MODIFICADO, (B) E (C) CORPOS DE PROVA	61

FIGURA 35 – (A) PERDA DE BRILHO X DEFORMAÇÃO EQUIVALENTE, (B) DIAGRAMA LIMITE DE PERDA DE BRILHO	62
FIGURA 36 – (A) SIMULAÇÃO NUMÉRICA SOB CRITÉRIO DA CURVA LIMITE PERDA DE BRILHO, (B) DIAGRAMA LIMITE PERDA DE BRILHO	62
FIGURA 37 – ZONA SEGURA E DE OCORRÊNCIA DE RISCOS NO REVESTIMENTO	64
FIGURA 38 – PERFIL DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE CHAPA DE AÇO (A) NÃO DEFORMADA, (B) APÓS ENSAIO DE TRAÇÃO	68
FIGURA 39 – MODELO NUMÉRICO EXPERIMENTAL PARA AUMENTO DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL INDUZIDA POR DEFORMAÇÃO	69
FIGURA 40 – PERFIL DE SUPERFÍCIE (A) INICIAL, (B) APÓS A DEFORMAÇÃO, (C) EVOLUÇÃO DO PERFIL DE SUPERFÍCIE EM $Y = 100 \mu\text{M}$	70
FIGURA 41 – COMPORTAMENTO MECÂNICO TÍPICO DE POLÍMERO AMORFO	70
FIGURA 42 – PERFIL DE INTEGRIDADE SUPERFICIAL APÓS DEFORMAÇÕES DE 10% E 20,75% (A) PET REJUVENESCIDO, (B) PET ENVELHECIDO	71
FIGURA 43 – ENVELHECIMENTO DO POLÍMERO NA DEFORMAÇÃO CRÍTICA	72
FIGURA 44 – TESTE DE ADERÊNCIA DE CORTE EM GRADE, (A) DISPOSITIVO MULTILÂMINAS, (B) DESTACAMENTO COM FITA	75
FIGURA 45 – DISPOSITIVO DE TESTE DE ARRANCAMENTO	76
FIGURA 46 – PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO APÓS TRAÇÃO UNIAXIAL (A) PRÉ-PINTADO À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO	77
FIGURA 47 - PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO APÓS TRAÇÃO BIAxIAL, (A) PRÉ-PINTADO À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO	78
FIGURA 48 – TESTE DE YOSIDA MODIFICADO	79
FIGURA 49 - PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO INDUZIDO POR TRAÇÃO-COMPRESSÃO (A) TINTA À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO	79
FIGURA 50 – MODO DE FALHA DELAMINAÇÃO DO FILME PET	80
FIGURA 51 – CORPOS DE PROVA ENSAIO CLC, COM CORTES EM GRADE	82
FIGURA 52 – CORPOS DE PROVA PARA OBTENÇÃO CLD, E DETALHE OCORRÊNCIA DA FALHA POR DELAMINAÇÃO	83
FIGURA 53 – DIAGRAMA LIMITE DELAMINAÇÃO PARA MODOS DE DEFORMAÇÃO TRAÇÃO-COMPRESSÃO	84
FIGURA 54 - DIAGRAMA LIMITE DELAMINAÇÃO PARA MODO DE DEFORMAÇÃO TRAÇÃO BIAxIAL	84
FIGURA 55 – MODELAMENTO DAS 2 CAMADAS DE ELEMENTOS COM RESTRIÇÃO DE DESLOCAMENTO DOS NÓS ENTRE CAMADAS	88
FIGURA 56 – CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIROS, (A) PET, PVC, (B) AÇO	89
FIGURA 57 – MODOS DE DEFORMAÇÃO APÓS CONFORMAÇÃO DA PEÇA	90
FIGURA 58 – CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLD/ CLC	90
FIGURA 59 - PREVISÃO DA OCORRÊNCIA DE DELAMINAÇÃO	91
FIGURA 60 – DIAGRAMA DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	93

FIGURA 61 – COMPOSIÇÃO DAS CAMADAS DA CHAPA PRÉ-PINTADA UTILIZADA	96
FIGURA 62 – CORPO DE PROVA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO – DIMENSÕES EM MM	99
FIGURA 63 – MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAIO DE CHAPAS METÁLICAS – ERICHSEN MODELO 145-60	99
FIGURA 64 – FERRAMENTAL NAKAJIMA : A)DESENHO ESQUEMÁTICO CONFORME ISO 12004; B) PARTE SUPERIOR; C) PARTE INFERIOR	100
FIGURA 65 – FRATURA PRECOCE DOS CORPOS DE PROVA NA REGIÃO DO RAIOS DA MATRIZ.....	101
FIGURA 66 – GEOMETRIA E DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA.....	102
FIGURA 67 – DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA EM FORMATO DE GRAVATA	102
FIGURA 68 – CORPOS DE PROVA COM PADRÃO ESTOCÁSTICO PARA MEDIÇÃO DAS DEFORMAÇÕES POR DIC.....	103
FIGURA 69 – A) LUBRIFICAÇÃO COM SEBO NO PUNÇÃO; B) LUBRIFICAÇÃO COM FOLHA DE TEFLON; C) POSICIONAMENTO DA AMOSTRA PARA TESTE	103
FIGURA 70 – SISTEMA DE CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM (DIC)	104
FIGURA 71 – DEFINIÇÃO DO INÍCIO DA INSTABILIDADE PLÁSTICA	105
FIGURA 72 – MEDIDOR DE ESPESSURA DE CAMADA DE TINTA.....	108
FIGURA 73 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO MÉTODO MEDIÇÃO DE ESPESSURA DE CAMADA POR CORRENTES PARASITAS SENSÍVEIS À AMPLITUDE	109
FIGURA 74 – MEDIDOR DE BRILHO BYK-GARDNER MICRO-GLOSS 60 GRAUS, MODELO 4501	110
FIGURA 75 – LABORATÓRIO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA DA UFPR: (A) PRENSA HIDRÁULICA DE ENSAIOS NAKAJIMA; (B) FERRAMENTAL NAKAJIMA.....	112
FIGURA 76 – PADRÃO DE GRAVAÇÃO DA MALHA DE PONTOS EQUIDISTANTES	114
FIGURA 77 – MAPA DE CORES DA DEFORMAÇÃO PRINCIPAL MAIOR EM CORPO DE PROVA NAKAJIMA MOSTRANDO INDUÇÃO DIFERENTES NÍVEIS	115
FIGURA 78 – DIAGRAMA DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS - INDUÇÃO DIFERENTES NÍVEIS DE DEFORMAÇÕES NO ENSAIO NAKAJIMA MODIFICADO	116
FIGURA 79 – GEOMETRIAS DAS AMOSTRAS CONFORMADAS PELO ENSAIO NAKAJIMA	116
FIGURA 80 – DIGITALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS PELO ARGUS: (A) MARCADORES CODIFICADOS; (B) MESA GIRATÓRIA.....	117
FIGURA 81 – ÂNGULOS E POSIÇÕES DE FOTOGRAFIAS CAPTADAS	117
FIGURA 82 – EQUIPAMENTO ENSAIO IMERSÃO EM DETERGENTE: (A) CIRCULADOR DE BANHO AQUECIDO; (B) AMOSTRAS EM IMERSÃO.....	120
FIGURA 83 – CORTE EM GRADE ENSAIO ADERÊNCIA SEGUNDO ISO 2409: (A) GABARITO PLANO; (B) CORTE EM GRADE	121
FIGURA 84 – GABARITO CORTE EM GRADE PARA CORPOS DE PROVA NAKAJIMA.....	121
FIGURA 85 – CORTE EM GRADE EXECUTADO EM AMOSTRAS NAKAJIMA	122
FIGURA 86 – SELEÇÃO DE ELEMENTOS COM DANO CRÍTICO AO REVESTIMENTO.....	123

FIGURA 87 – DIAGRAMA DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS CRÍTICAS - FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO	124
FIGURA 88 – GABINETE LAVADORA.....	125
FIGURA 89 – PAINEL FRONTAL LAVADORA	126
FIGURA 90 – MODELAMENTO DO FERRAMENTAL GABINETE – OPERAÇÃO D20.....	128
FIGURA 91 – MALHA ADAPTÁVEL DO AUTOFORM.....	130
FIGURA 92 – MORFOLOGIA DOS GRÃOS. AUMENTO 100X: (A) AÇO DX54D APÓS PINTURA DA BOBINA; (B) AÇO ESTABILIZADO AO TI A 860°C; (C) AÇO ESTABILIZADO AO TI A 760°C.....	133
FIGURA 93 – CURVAS TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA PARA AÇO DX54D, ANTES DO PROCESSO DE PINTURA, E NAS TRÊS DIREÇÕES.....	135
FIGURA 95 – CORPOS DE PROVA ENSAIO NAKAJIMA PARA OBTENÇÃO CLC AÇO	137
FIGURA 96 – CLC DO AÇO DX54D PRÉ-PINTADO	139
FIGURA 97 – ANÁLISE MORFOLOGIA TRANSVERSAL DAS CAMADAS COM AMPLIAÇÃO DE 1500X: (A) AMOSTRAS NÃO DEFORMADAS; (B) AMOSTRAS SOB TRAÇÃO BIAXIAL	142
FIGURA 98 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA PARAMETRO Sa (μm).....	145
FIGURA 99 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA PARAMETRO Sz (μm)	146
FIGURA 100 – FORMAÇÃO DE EMPOLAMENTO APÓS ENSAIO DETERGENTE 100 HORAS: (A) TRAÇÃO UNIAXIAL; (B) TRAÇÃO BIAXIAL	147
FIGURA 101 – TOPOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO COM AMPLIAÇÃO 25X: ...	147
FIGURA 102 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA MEDIDAS DE ESPESSURA DAS CAMADAS	150
FIGURA 103 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA PARA DETERMINAÇÃO DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO	151
FIGURA 104 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 25-1	153
FIGURA 105 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 25-1	153
FIGURA 106 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 25-1.....	154
FIGURA 107 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 50-1	155
FIGURA 108 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 50-1	155
FIGURA 109 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 50-1.....	156
FIGURA 110 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 100-1	156
FIGURA 111 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 100-1	156
FIGURA 112 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 100-1.....	157
FIGURA 113 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 150-1	157
FIGURA 114 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 150-1	157
FIGURA 115 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 150-1.....	158
FIGURA 116 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 200-1	158
FIGURA 117 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 200-1	158
FIGURA 118 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 200-1.....	159

FIGURA 119 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO GERAL.....	160
FIGURA 120 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE ADERÊNCIA	161
FIGURA 121 – DANO CLASSE 3 AO REVESTIMENTO DA AMOSTRA 25-3	161
FIGURA 122 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS.....	162
FIGURA 123 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA.....	162
FIGURA 124 – ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS, SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA EM AMOSTRA PLANA E SEM DEFORMAÇÃO DO DX54D PRÉ-PINTADO.....	163
FIGURA 125 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 50 HORAS SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA.....	164
FIGURA 126 – SUPERFÍCIES DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA	165
FIGURA 127 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 200-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL.....	166
FIGURA 128 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 150-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL.....	166
FIGURA 129 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 100-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL.....	167
FIGURA 130 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 50-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL.....	167
FIGURA 131 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 25-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL.....	168
FIGURA 132 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 100 HORAS.....	169
FIGURA 133 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 50 HORAS	169
FIGURA 134 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 0 HORA	170
FIGURA 135 – CLC-R SEGUNDO ENSAIO DE DETERGENTE 100 HORAS	171
FIGURA 136 – CLC-R SEGUNDO ENSAIO DE DETERGENTE 50 HORAS	172
FIGURA 137 – CLC-R SEM ENSAIO DE DETERGENTE (0 HORA).....	173
FIGURA 138 – MODELAMENTO DO MATERIAL NO AUTOFORM.....	174
FIGURA 139 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO GABINETE LAVADORA – ANÁLISE DE CONFORMABILIDADE	175

FIGURA 140 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO GABINETE LAVADORA – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLC-R 100 HORAS	176
FIGURA 141 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PAINEL FRONTAL – ANÁLISE DE CONFORMABILIDADE	177
FIGURA 142 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PAINEL FRONTAL – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLC-R 100 HORAS.....	178
FIGURA 143 – MODOS DE FALHA DO REVESTIMENTO ENCONTRADOS NA ESTAMPAGEM REAL DO GABINETE	179
FIGURA 144 – MODOS DE FALHA DO REVESTIMENTO ENCONTRADOS NA ESTAMPAGEM REAL DO PAINEL FRONTAL	179
FIGURA 145 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO ENSAIO NAKAJIMA – “VAZIO” ESPAÇO DE INFERÊNCIA	181

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - ENSAIOS PRINCIPAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO POLIMÉRICO	94
TABELA 02 – AMOSTRAS ANÁLISE QUÍMICA.....	97
TABELA 03 – AMOSTRAS ANÁLISE METALOGRÁFICA	97
TABELA 04 – AMOSTRAS ENSAIOS DE TRAÇÃO UNIAXIAL.....	98
TABELA 05 – AMOSTRAS ENSAIOS NAKAJIMA DO SUBSTRATO DE AÇO.....	101
TABELA 06 – AMOSTRAS ANÁLISE MORFOLÓGICA DA SUPERFÍCIE DO ACABAMENTO	107
TABELA 07 – AMOSTRAS ANÁLISE MORFOLÓGICA TRANSVERSAL DAS CAMADAS	107
TABELA 08 – AMOSTRAS PARA MEDIÇÃO DA ESPESSURA DAS CAMADAS	110
TABELA 09 – AMOSTRAS PARA MEDIÇÃO DO BRILHO DO ACABAMENTO	111
TABELA 10 – AMOSTRAS ENSAIOS NAKAJIMA MODIFICADO PARA OBTENÇÃO DO CMAPO TOTAL DAS DEFORMAÇÕES.....	113
TABELA 11 – AMOSTRAS UTILIZADAS PARA ENSAIO ACELERADO DE VIDA	124
TABELA 12 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO (%)	132
TABELA 13 – PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO DX54D, VALORES MÉDIOS	134
TABELA 14 – DADOS OBTIDOS ENSAIO NAKAJIMA PARA CLC DO AÇO PELO CRITÉRIO DE INÍCIO DA ESTRICÇÃO	138
TABELA 15 – DESLOCAMENTO DO PUNÇÃO OBTIDO ENSAIO NAKAJIMA.....	140
TABELA 16 – VALORES DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS EM AMOSTRAS COM E SEM DEFORMAÇÃO NAKAJIMA OBTIDA POR MEV FEG.	143
TABELA 17 – VALORES DOS PARAMETROS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL	144
TABELA 18 – MEDIDAS ESPESSURA DAS CAMADAS.....	149
TABELA 19 – BRILHO DO REVESTIMENTO PARA AMOSTRAS PLANAS E SEM DEFORMAÇÃO	150
TABELA 20 – AMOSTRAS E N° DE ELEMENTOS FINITOS PARA CAMPO DE DEFORMAÇÃO ..	152
TABELA 21 – CLASSIFICAÇÃO DO DANO AO REVESTIMENTO NAS AMOSTRAS	164

LISTA DE SIGLAS

ACM – ALUMINUM COATED METAL
AI – ALONGAMENTO TOTAL
Au – ALONGAMENTO UNIFORME
CLC – CURVA LIMITE CONFORMAÇÃO
CLC-r – CURVA LIMITE CONFORMAÇÃO DO REVESTIMENTO
CLD – CURVA LIMITE DELAMINAÇÃO
CLR – CURVA LIMITE RUPTURA
COV - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS
DIC – CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL
DL – DIREÇÃO DE LAMINAÇÃO
DX54D - CHAPA DE AÇO GALVANIZADO A QUENTE DE ESTAMPAGEM ULTRA PROFUNDA
 ε – DEFORMAÇÃO VERDADEIRA
 ε_1 – DEFORMAÇÃO VERDADEIRA MAIOR
 ε_2 – DEFORMAÇÃO VERDADEIRA MENOR
EWI – EDISON WELDING INSTITUTE
FEVE - FLUOROETILENO VINIL ÉTER
LDH – LIMIT DOME HEIGHT
LE – LIMITE DE ESCOAMENTO
LR – LIMITE DE RESISTÊNCIA
m – EXPOENTE DE SENSIBILIDADE À TAXA DE DEFORMAÇÃO
MEV – MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA
MEV FEG - MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA COM EMISSÃO DE CAMPOS
MPa - MEGAPASCAL
n – EXPOENTE DE ENCRUAMENTO
NBR – NORMA BRASILEIRA
PET - POLIETILENO TEREFTALATO
PTFE - POLITETRAFLUORETILENO
PU - POLIURETANO
PVC - POLICLORETO DE VINILA
PVDF - RESINA FLUORETO DE POLIVINILIDENO
 \bar{r} - COEFICIENTE DE ANISOTROPIA NORMAL
r – COEFICIENTE DE ANISOTROPIA
Ra – RUGOSIDADE MÉDIA
Sa – RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE MÉDIA ARITMÉTICA
Sz - SOMA DO MAIOR PICO E DO MAIOR VALE
 σ – TENSÃO VERDADEIRA
THZ - TERAHERTZ
VCM - VINYL COATED METAL

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	18
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	20
1.3	JUSTIFICATIVA	23
1.4	HIPÓTESE	23
1.5	OBJETIVO	26
1.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
1.7	INOVAÇÃO, ESCOPO E ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1	CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO ORGÂNICO	29
2.1.1	Pré-pintado	29
2.1.2	Pré-revestidos com filmes poliméricos laminados	31
2.2	COMPORTAMENTO MECÂNICO DA CHAPA	34
2.2.1	Modos de deformação	38
2.3	CONFORMABILIDADE DAS CHAPAS DE AÇO	41
2.3.1	Dureza, LE, LR e alongamento	42
2.3.2	Expoente de encruamento (n)	43
2.3.3	Expoente de sensibilidade à taxa de deformação (m)	44
2.3.4	Coeficiente de anisotropia (r)	45
2.3.5	Curva Limite de Conformação (CLC)	47
2.4	CONFORMABILIDADE DAS CHAPAS REVESTIDAS	49
2.4.1	Formação de microtrincas no revestimento	51
2.4.2	Ruptura do filme de revestimento	56
2.4.3	Perda de brilho	59
2.4.4	Riscos e sovamentos	63
2.4.5	Deplacagem	67
2.4.6	Delaminação	80
2.5	SIMULAÇÃO NUMÉRICA da conformação	85
2.5.1	Modelamento das chapas revestidas	87
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	93
3.1	INTRODUÇÃO	93
3.2	MATERIAL UTILIZADO	95

3.3	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO SUBSTRATO	96
3.3.1	Análise química	96
3.3.2	Análise metalográfica	97
3.3.3	Ensaio de tração uniaxial.....	98
3.3.4	Ensaio Nakajima para obtenção da CLC do substrato de aço	99
3.4	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO REVESTIMENTO POLIMÉRICO	106
3.4.1	Análise morfológica da superfície do acabamento e transversal das camadas	106
3.4.2	Medição da espessura das camadas	108
3.4.3	Medição do brilho do revestimento	110
3.4.4	Ensaio Nakajima modificado para obtenção do campo de deformação.....	111
3.4.5	Ensaio acelerado de vida do revestimento	118
3.4.6	Determinação da CLC do revestimento (CLC-r).....	122
3.5	PREVISÃO DAS FALHAS DO REVESTIMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA	125
3.5.1	Modelamento do material	126
3.5.2	Modelamento e realização da simulação numérica	128
3.5.3	Estampagem prática das peças	131
3.5.4	Análise de falhas no revestimento das peças estampadas	131
3.5.5	Validação da simulação numérica	131
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	132
4.1	Caracterização das propriedades e conformabilidade do substrato	132
4.1.1	Análise química	132
4.1.2	Análise metalográfica	133
4.1.3	Ensaio de tração uniaxial.....	134
4.1.4	Ensaio de Nakajima para determinação da CLC do substrato de aço.....	136
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO REVESTIMENTO POLIMÉRICO	141
4.2.1	Análise morfológica transversal das camadas.....	141
4.2.2	Análise morfológica da superfície do revestimento orgânico.....	143

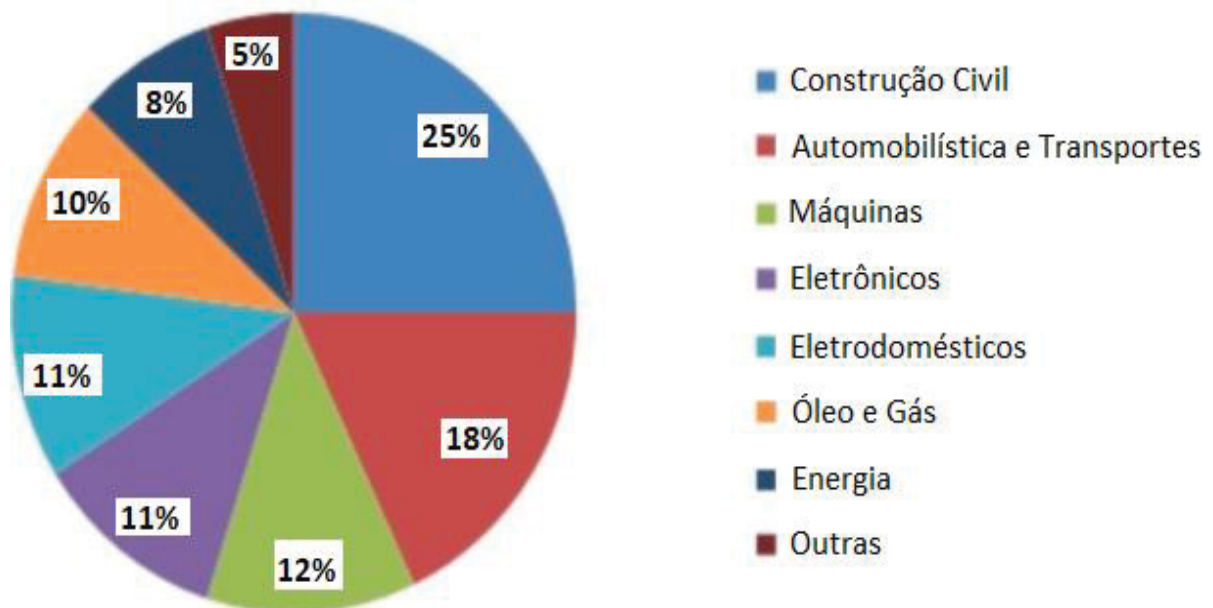
4.2.3	Medição da espessura das camadas	148
4.2.4	Medição do brilho do revestimento	150
4.2.5	Ensaio Nakajima modificado para obtenção do campo de deformação.....	151
4.2.6	Ensaio acelerado de vida do revestimento	160
4.2.7	Determinação das curvas limite de conformação do revestimento (CLC-r).....	165
4.3	PREVISÃO DAS FALHAS DO REVESTIMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA	173
4.3.1	Modelamento do material	173
4.3.2	Modelamento e realização da simulação numérica	175
4.3.3	Análise de falhas no revestimento das peças estampadas	178
4.3.4	Validação da simulação numérica	180
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	182
5.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	183
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	186
	APÊNDICE 1 – TABELA DE DADOS.....	192

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A produção mundial de aço bruto vinha crescendo sistematicamente até 2021, quando atingiu 1,96 bilhões de toneladas. Nos últimos 2 anos vem se mantendo estável em torno de 1,89 bilhões de toneladas. Tomando como referência o ano de 2018, devido à disponibilidade de dados, quando a produção global de aço bruto foi de aproximadamente 1,83 bilhões de toneladas. Destas, aproximadamente 830 milhões de toneladas foram referentes a produtos planos que na sua grande maioria foram consumidos pelas indústrias da construção civil, automobilística e de transportes, de máquinas, de eletrônicos e de eletrodomésticos, cujos percentuais podem ser verificados no gráfico da FIGURA 1. Deste total, aproximadamente 13,1 milhões de toneladas de aço foram referentes a aços planos com revestimento orgânico. Especificamente para as bobinas com revestimento PET (polietileno tereftalato), o consumo superou as 500 mil toneladas em 2018 (WORLDSTEEL ORG, 2024; GLOBAL MARKET INSIGHTS, 2023; INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020).

FIGURA 1 - MARKET SHARE GLOBAL DOS AÇOS PLANOS EM 2018

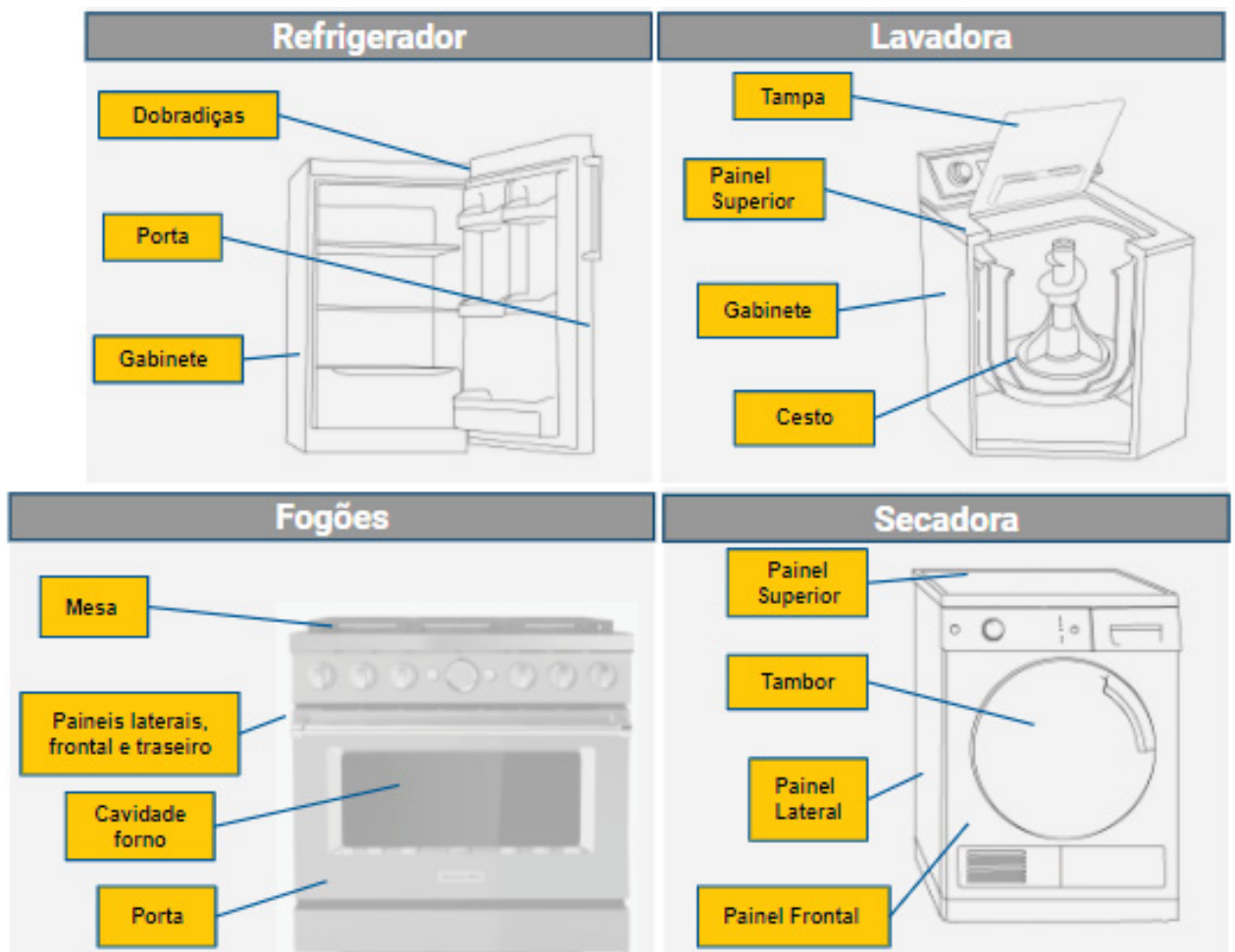


FONTE: Market Research Future (2020).

Na indústria da construção civil as chapas planas de aço são tipicamente utilizadas na fabricação de portas, telhas, painéis de paredes externas e internas, dutos para condicionamento de ar e painéis de elevadores. Na indústria automobilística grande parte da carroceria (peças estruturais e pele), tanque de combustível, reservatório filtro óleo, entre outros, são produzidos a partir de chapas metálicas. Na indústria da embalagem as chapas metálicas são também utilizadas para fabricação de tambores, caixas de presentes e latas de alimentos e bebidas (HUANG, 2010).

Do mesmo modo, a indústria dos eletrodomésticos produz, a partir de chapas metálicas, peças estéticas como os painéis, gabinetes, portas, cestos, tambores, entre outros. Como pode ser observado na FIGURA 2, estas peças são utilizadas na fabricação de refrigeradores, fogões, lavadoras, secadoras, bem como diversos outros eletrodomésticos e equipamentos comerciais.

FIGURA 2 – COMPONENTES DE CHAPA DE AÇO NOS ELETRODOMÉSTICOS



FONTE: O autor .

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As peças estéticas, fabricadas a partir de chapas não revestidas ou com revestimento metálico, após serem conformadas, são revestidas para melhor proteção da superfície contra corrosão bem como para fins decorativos. Por exemplo, revestimentos orgânicos são necessários nas embalagens de alimentos e bebidas para impedir o contato do metal com o alimento ou a bebida. Portas e telhas metálicas são revestidos com várias cores por propósitos estéticos. Peças automotivas são geralmente revestidas com múltiplas camadas de pintura por razões estéticas, obtendo-se acabamentos de alta qualidade além de proteção à corrosão. Por todas estas razões, o processo tradicional de manufatura para chapas metálicas envolve a conformação desta chapa para obter a forma desejada seguido da aplicação de um revestimento (HUANG, 2010; HEINZEL, 2015).

Para a aplicação do revestimento é indispensável que a peça tenha sua superfície completamente limpa, o que não é simples visto que as formas complexas das peças criam áreas de difícil acesso para limpeza. Este processo de limpeza requer equipamentos adicionais e que produzem grandes quantidades de água residual contaminada e que necessitam de estação de tratamento de efluentes (HUANG, 2010; HEINZEL, 2015).

A resina polimérica do revestimento, ou tinta, é transferida para a peça através da dissolução do polímero num fluido de transporte, sendo este normalmente um solvente orgânico que possui substâncias tóxicas (HUANG, 2010; HEINZEL, 2015). A própria aplicação do revestimento é um desafio devido as formas complexas das peças que criam zonas de baixa cobertura enquanto outras possuem revestimento em excesso.

Após a aplicação do revestimento, as peças passam por fornos para a cura do revestimento. Nesta etapa, os compostos orgânicos voláteis (COVs), são liberados pelo revestimento durante o processo de cura. Na presença da luz do sol os COVs podem reagir com os óxidos de nitrogênio formando ozônio (VAYEDA, 2007; HUANG, 2010; HEINZEL, 2015). Este ozônio encontrado na faixa de ar próxima do solo, onde respiramos, é chamado de “mau ozônio” sendo tóxico e prejudicial à saúde, além de poder causar danos à vegetação. Diferentemente do ozônio encontrado na estratosfera, que tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol (CETESB, 2021).

Todos estes fatores combinados tornam o processo de pintura das peças conformadas um grande risco ambiental. Por sua vez, padrões ambientais cada vez mais rígidos vem sendo implementados por governos no mundo inteiro, tornando ainda mais alto o custo de operação por parte dos fabricantes que possuem linhas de pintura nas suas instalações (HUANG, 2010; HEINZEL, 2015).

Uma alternativa eficiente é a utilização de materiais bobinas ou chapas pré-revestidas no processo de conformação. O processo de pintura de bobinas foi inventado em 1940 para auxiliar os fabricantes de venezianas (HUANG, 2010). São vários os métodos e tecnologias que têm sido utilizados para aplicação de revestimentos orgânicos na superfície de chapas metálicas de forma a garantir a uniformidade e qualidade. Um método comumente utilizado na indústria é a aplicação do revestimento, qualquer que seja a sua tecnologia, diretamente na bobina e de forma automática e contínua, permitindo assim revestir chapas de diversos tamanhos, em larga escala, com alta eficiência de cobertura e em ambas as faces simultaneamente (PUROHIT, 2010).

Chapas metálicas pré-revestidas apresentam diversas vantagens sobre as peças pós-pintadas. Algumas dessas vantagens são apresentadas na literatura por Purohit (2010); Son *et al.* (2015); Huang (2010), Heinzl *et al.* (2015); Jeon *et al.* (2012) e são resumidas na lista abaixo:

- a) possibilitam utilização de figuras e decorações com excelente estética, padrão e acabamento;
- b) superiores aderência e uniformidade das camadas aplicadas, conferindo maior homogeneidade nas propriedades mecânicas e químicas do revestimento;
- c) melhor proteção contra corrosão e melhor resistência contra condições climáticas severas devido a melhor qualidade do revestimento;
- d) redução das emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs) prejudiciais à saúde e ao meio ambiente;
- e) redução na geração de resíduos perigosos (classe 1);
- f) melhoria de produtividade e redução do custo de processamento devido à alta quantidade de área superficial coberta por minuto (~150 m²/min). Em um único dia mais de 100 mil metros de bobina podem ser processados;
- g) maior eficiência energética;
- h) otimização do inventário de chapas/ peças estampadas/ peças pintadas;

- i) o revestimento pode apresentar uma certa função lubrificante a seco durante a conformação, podendo eliminar a necessidade de utilização de lubrificação adicional;
- j) o fato de possibilitar a não utilização de lubrificantes, torna o processo mais limpo e sem a necessidade de desengraxar ou lavar as peças para remoção do lubrificante;

Por outro lado, a superfície da chapa revestida é mais sensível e requer cuidados e proteção para evitar danos a esta. Isto é especialmente problemático uma vez que tensões precisam ser aplicadas na chapa metálica para conformá-la e obter a forma final da peça. O revestimento precisa resistir ao processo de conformação não somente sem sofrer qualquer dano, mas também, sem alterar significativamente suas propriedades (LI *et al.*, 2012).

Portanto, o limite de conformação é geralmente determinado pelo revestimento orgânico e não pela chapa metálica. Durante o processo de conformação vários efeitos podem influenciar negativamente a função protetiva e estética dos revestimentos orgânicos. Defeitos de superfície típicos são a deplacagem, microtrincas, perda de brilho, alterações de cor e rugosidade. Estes defeitos ocorrem devido aos esforços mecânicos na superfície, mas também afetam as propriedades do revestimento devido às mudanças de forma e alongamento durante o processo de conformação (BEHRENS *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de ferramental e equipamentos para conformação depende de uma previsão com relativa acuracidade das propriedades finais das peças sem que haja a necessidade de construir ferramentais para validar o sucesso da operação, e por tentativa e erro, definir os parâmetros de processo, produto e materiais ideais. A simulação numérica da conformação por meio de programas de elementos finitos é a ferramenta utilizada para realizar essas análises de previsão dos modos de falha e ajustes nos parâmetros de processo, produto e materiais (HEINZEL, 2015). Entretanto, o foco dessas análises, que hoje na indústria da conformação são realizadas em programas de simulação comerciais e dedicados, é apenas na performance do substrato de aço e não na performance do revestimento.

Atualmente a previsão dos modos de falha da conformação de peças, a partir de chapas metálicas sem revestimento ou com revestimento metálico, por meio de simulação numérica já se encontra no estado da arte. Entretanto, isto não é verdadeiro para as chapas metálicas com revestimento orgânico, que ainda causa muitas dúvidas

e indagações na indústria, devido a imprevisibilidade da ocorrência dos modos de falha do revestimento.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para evoluir e alcançar de fato o estado da arte na utilização de chapas metálicas com revestimento orgânico para a conformação de peças, é necessário prever com boa acuracidade a ocorrência dos principais modos de falha do revestimento decorrentes da conformação.

O desenvolvimento de uma metodologia completa, efetiva e viável de previsão dos modos de falha do revestimento utilizando os programas comerciais de simulação numérica da conformação de chapas, pode estimular ainda mais o processo de estampagem de chapas com revestimento orgânico. Isto permitiria a otimização da geometria destas peças evitando a ocorrência de falhas no revestimento, bem como aceleraria o desenvolvimento do ferramental, reduzindo os custos de fabricação das peças.

1.4 HIPÓTESE

O comportamento do revestimento, quando submetido aos típicos modos de deformação atuantes na conformação das chapas metálicas, pode ser caracterizado de tal forma que viabilize o seu modelamento numérico, permitindo assim que os modos de falha do revestimento possam também ser previstos através da simulação por elementos finitos, tal qual os típicos modos de falha da chapa metálica como fratura, estrição, enrugamento.

Alguns estudos já foram realizados sobre a conformabilidade das chapas de aço com revestimento orgânico, como Son *et al.* (2012) e Son *et al.* (2015) quando estudaram a delaminação e a ruptura do filme de polímero laminado VCM (*Vinyl Coated Metal*), para criar um critério de falha através de curvas semelhantes a curva limite conformação (CLC), e assim prever via simulação numérica a ocorrência destes modos de falha do revestimento em peças conformadas. Entretanto, este método é restrito aos revestimentos de filme laminado polimérico e aos modo de falha delaminação e ruptura do filme laminado.

Huang (2010) estudou uma metodologia para prever os efeitos de alguns modos de deformação na aderência do revestimento ao substrato, buscando também obter um melhor entendimento dos mecanismos de falha da interface entre o substrato e o revestimento durante a deformação plástica. Purohit (2010) estudou como alguns parâmetros de processo influenciam a intensidade do dano na superfície do revestimento e como as propriedades do revestimento polimérico são afetadas. Em ambos os trabalhos, não houve a construção de CLC ou qualquer outro critério de falha quantificável que pudesse ser modelado numericamente.

Van Beeck *et al.* (2014), Van Beeck *et al.* (2015a) e Van Beeck *et al.* (2015b) estudaram os danos que o aumento da rugosidade da superfície metálica, induzida pela deformação da chapa, causa na interface substrato-revestimento. Com isto foi possível desenvolver métodos numéricos para previsão do dano na interface, bem como um método para reduzir estes danos através do rejuvenescimento do revestimento polimérico PET através da laminação. Entretanto, estes estudos não foram estendidos para os diversos modos de deformação induzidos pela conformação de peças metálicas e tampouco os resultados foram utilizados como critério de falha na simulação da conformação por elementos finitos.

Heinzel *et al.* (2015) investigaram a ocorrência de microtrincas e falhas na interface entre substrato e revestimento quando as chapas metálicas com revestimento orgânico eram conformadas segundo os modos de deformação tração uniaxial e estiramento biaxial. Através deste foi desenvolvido um método para mensurar a quantidade e intensidade destas microtrincas. Apesar de CLC's para o revestimento terem sido construídas, o critério de falha por visualização a olho nu destas trincas subestima a ocorrência das falhas do revestimento.

Bastos *et al.* (2015) utilizaram espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) para caracterizar a degradação de chapas pré-pintadas sob diferentes modos de deformação (tração uniaxial, deformação plana e tração biaxial). Os dados obtidos da EIE propiciaram informações sobre a condição tanto do revestimento quanto do substrato e foram utilizados para estabelecer um critério para proteção mínima aceitável. Eles construíram uma CLC baseado neste critério e compararam suas previsões com a degradação de um modelo de embutimento profundo de copo. Entretanto, a complexidade para realização dos ensaios de EIE e bem como a incerteza e falta de dados para o estabelecimento dos parâmetros de proteção mínima aceitável, dificultam a disseminação deste método na indústria.

Behrens *et al.* (2017) estudaram a perda de brilho induzido pela conformação nas chapas metálicas com revestimento orgânico, e construíram CLCs do revestimento tendo como critério de falha a perda de 50% do brilho. Estas curvas foram também utilizadas para realizar o modelamento numérico e a simulação de conformação por elementos finitos para prever a falha do revestimento por perda de brilho. Entretanto, este estudo se restringiu a dois modos de deformação, bem como o critério de aceitação do percentual de brilho é bastante arbitrário.

Sorce *et al.* (2019) estudaram o comportamento do revestimento polimérico no ensaio de embutimento Erichsen e desenvolveram um modelo de elementos finitos para calcular as deformações superficiais em qualquer nível da altura de embutimento durante o teste. Determinaram por fim uma curva mestre correlacionando deformação superficial máxima e altura de embutimento, no intuito de aproveitar dados históricos da altura de embutimento em que ocorreu a falha do revestimento no ensaio de embutimento Erichsen, associando-a ao nível de deformação superficial máxima.

Forcellese *et al.* (2020) estudaram o comportamento das chapas pré-pintadas quando submetidas aos modos de deformação tração uniaxial e estiramento biaxial, para entender o efeito de diferentes níveis de tensão na ocorrência de danos superficiais do revestimento, bem como o efeito nas espessuras das distintas camadas, porém, sem qualquer modelamento numérico deste comportamento para previsão dos modos de falha via simulação computacional.

Cheong *et al.* (2021) estudaram também a previsão da falha do revestimento orgânico através do ensaio de embutimento de Erichsen, e perceberam que a capacidade do revestimento estava sendo subestimada, devido ao caráter qualitativo deste ensaio. Propuseram então de um novo modelamento por elementos finitos, com alteração de alguns parâmetros, para melhorar a discriminação do ensaio Erichsen, tornando-o também qualitativo. Comprovaram que o as deformações superficiais tem correlação direta com o coeficiente de atrito entre o punção e o substrato, e também com a espessura do substrato.

Os trabalhos de Cheong *et al.* e Sorce *et al.* produziram deformações principais apenas através do ensaio Erichsen, limitando assim os modos de deformação. Assim como o critério de falha do ensaio Erichsen para chapas revestidas estar também restrito a microtrincas visíveis a olho nu.

Portanto, na grande maioria destes trabalhos anteriores foram realizadas análises de modos de falha pré-determinados e de forma individual e independente.

Também não foi considerado o fato de que os modos de falha do revestimento podem interagir entre si, potencializando assim o comprometimento das funções do revestimento, como no caso da delaminação, que é uma falha instantânea, mas que a médio e longo prazo poderá ocasionar outro modo de falha, a deplacagem.

Ademais, a maior parte destes trabalhos não gerou dados quantitativos como uma CLC, para a caracterização adequada do comportamento do revestimento, o que permitiria o modelamento matemático para realização de simulação numérica, impossibilitando a previsão da ocorrência dos modos de falha em peças estampadas. Os que geraram alguma CLC, têm limitações que dificultam a sua utilização em escala na indústria.

Estes trabalhos também não levaram em consideração as diferentes tecnologias de revestimento das chapas metálicas, concentrando as análises em tipos específicos de revestimento, reduzindo assim o espaço de inferência dessas análises.

Outro fator comumente negligenciado nos estudos anteriores são as tensões de compressão na direção da espessura, que segundo Marciniak (2002) são normalmente insignificantes pois a pressão de contato entre a chapa e o ferramental é geralmente muito inferior ao limite de escoamento do material e, portanto, não gera deformações plásticas. Entretanto, estes níveis de tensão na direção da espessura são suficientes para afetar o revestimento orgânico.

E por fim, até os dias de hoje, início de 2024, tais metodologias para prever a ocorrência dos modos de falha do revestimento não estão disseminadas na indústria e tampouco são práticas para caracterização do revestimento quanto possíveis de serem previstas pela utilização de códigos comerciais dedicados e mais usuais de simulação por elementos finitos.

1.5 OBJETIVO

Melhorar a previsão computacional dos modos de falha em chapas metálicas com revestimento polimérico por meio da caracterização adequada por ensaios experimentais, de tal forma a tornar este método viável e aplicável a nível industrial.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo principal seja alcançado, foram estabelecidas as seguintes metas:

- a) Caracterizar as chapas metálicas com revestimento polimérico: realizar ensaios já propostos por alguns autores, porém modificados para abranger todos os modos de falha e obter resultados quantitativos e modeláveis numericamente para a simulação por elementos finitos;
- b) estabelecer um novo critério de falha do revestimento para o ensaio de Nakajima, que consiga capturar múltiplos modos de falha em toda a superfície dos corpos de prova, aproveitando na totalidade o campo de deformação gerado, e assim otimizar a quantidade de ensaios e corpos de prova necessários;
- c) modelar numericamente a chapa metálica com o revestimento, uma vez que os programas comerciais mais utilizados pela indústria, hoje não permitem o modelamento de camadas distintas. Objetiva-se então o desenvolvimento desta capacidade, buscando a melhor alternativa para incluir a caracterização do revestimento no modelamento do material;
- d) verificar e validar a precisão do método, comparando os resultados obtidos na simulação por elementos finitos com o obtido no processo real através do levantamento do campo de deformação.

1.7 INOVAÇÃO, ESCOPO E ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho tem como foco o entendimento dos modos de falha do revestimento, pois com base na literatura e na prática da indústria, na conformação de chapas metálicas com revestimento orgânico, as falhas ocorrem primeiramente no revestimento.

Uma nova metodologia e novos ensaios experimentais são propostos para realização de uma caracterização da conformabilidade do revestimento mais abrangente e precisa, com otimização da quantidade de amostras necessárias, assim gerando dados quantitativos que permitam o modelamento matemático destes materiais e a previsão dos modos de falha através de simulação numérica de estampagem destas chapas.

No capítulo 2.1 são descritas as tecnologias e processos de fabricação de materiais pré-revestidos que serão abordados por este trabalho. No capítulo 2.2 e 2.3 apresenta-se uma revisão do estado da arte relacionado à conformação de chapas metálicas em geral, modos de deformação, conformabilidade, e posteriormente, no capítulo 2.4, dá-se ênfase à conformabilidade especificamente das chapas pré-revestidas organicamente. O capítulo 2.5 aborda aspectos da simulação de conformação de chapas metálicas na indústria e suas limitações relacionadas às chapas metálicas com revestimento orgânico.

O capítulo 3 detalha o procedimento experimental executado, e por sua vez no capítulo 4 são apresentados os resultados e discussão. Por fim o capítulo 5 traz a conclusão bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO ORGÂNICO

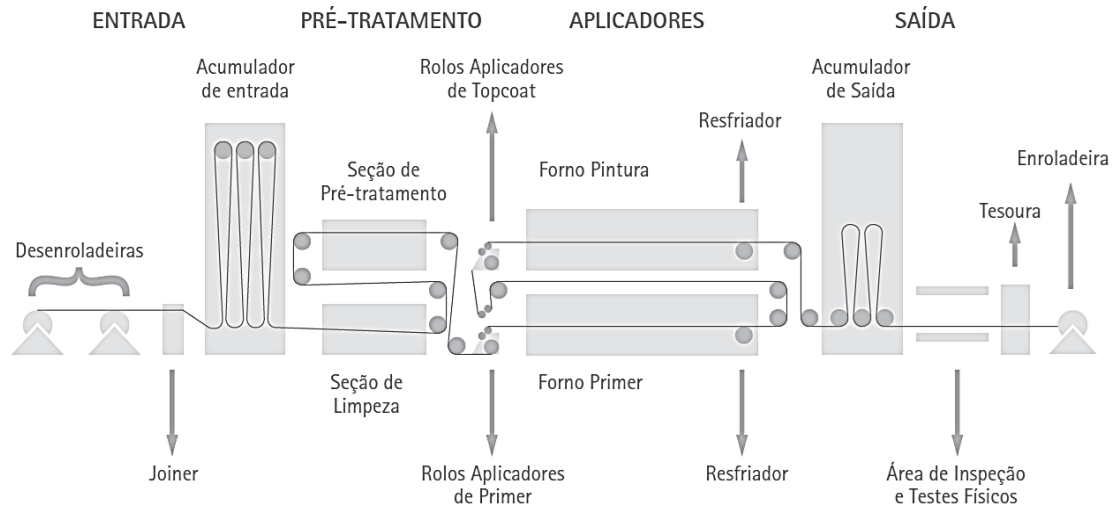
As chapas de aço com revestimento orgânico possuem aplicações em diversas indústrias, mas tem sua utilização bastante destacada e em crescimento na indústria da linha branca, nas embalagens da indústria alimentícia e na construção civil. Dentre as tecnologias de revestimento orgânico de chapas metálicas existentes na indústria, destacam-se os pré-pintados e os pré-revestidos com filmes poliméricos laminados de PET, VCM e ACM, os quais serão descritos a seguir.

2.1.1 Pré-pintado

O aço pré-pintado é produzido através da tecnologia de revestimento de bobina, o que garante uma performance superior do material como consequência do processo de pré-tratamento antes da pintura e da uniformidade das camadas de tinta aplicadas (*primer* e *topcoat*).

Conforme FIGURA 3, o processo de pintura de bobinas inicia no desbobinador, seguido por um acumulador. A chapa passa então por um processo de limpeza e desengraxe seguido por um processo de pré-tratamento químico de suas superfícies que visa preparar a superfície para as camadas subsequentes. Na etapa seguinte, um *primer* é aplicado na superfície para conferir aderência e resistência à corrosão. O *primer* é então curado à medida que a bobina passa através do forno contínuo com temperatura controlada, normalmente em torno de 200°C. Finalmente a pintura externa, *topcoat*, é aplicada sobre o *primer* e então a chapa passa novamente através do forno contínuo para nova cura, posteriormente seguindo para a aplicação de filme protetivo, acumulador de saída e rebobinamento.

FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE LINHA DE PINTURA DE BOBINAS

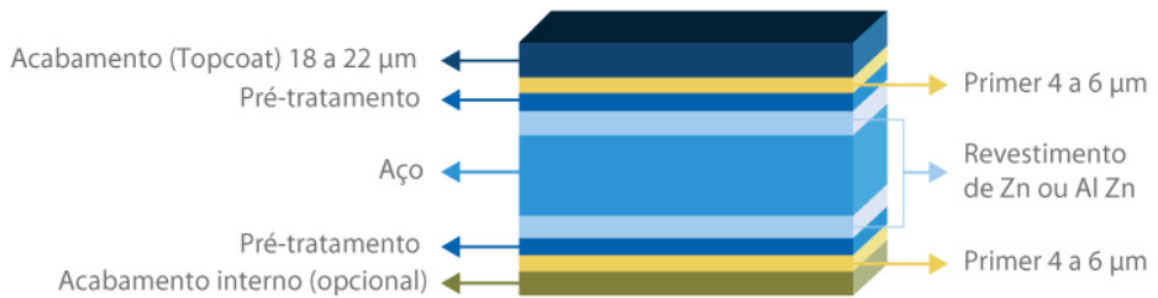


FONTE: Catálogo técnico CSN.

As camadas típicas de um sistema de pintura de bobina, mostradas na FIGURA 4, são basicamente:

- a) **Primer**: Tinta à base de poliéster ou poliuretano (PU), aplicada antes do acabamento final no sistema de pintura, conferindo melhor aderência e proteção contra a corrosão ao material pré-pintado.
- b) **Acabamento Externo (Topcoat)**: Tinta líquida diretamente aplicada por rolos. Tipicamente a tinta utilizada nas chapas de aço para linha branca tem como base as resinas poliéster, garantindo assim a aparência, a qualidade e a durabilidade adequados para a utilização. Entretanto este processo permite a aplicação de diversos tipos de resinas como poliéster siliconado, super poliéster, poliamida, epóxi, vinílico, PVDF (Resina fluoreto de polivinilideno), FEVE (fluoroetileno vinil éter), entre outras, assim como fluídos técnicos como adesivos, borrachas, vernizes isolantes, e emulsão de PTFE (Politetrafluoretileno).
- c) **Acabamento Interno (Backer)**: É o revestimento interno, para os casos em que a face inferior da chapa ficará visível.
- d) **Pré Tratamento**: Através de estágios de desengraxante, escovamento e enxague, as bobinas são preparadas para receberem a aplicação de revestimentos químicos de conversão.

FIGURA 4 – CAMADAS TÍPICAS DE UMA CHAPA DE AÇO PRÉ-PINTADO



FONTE: Catálogo técnico CSN.

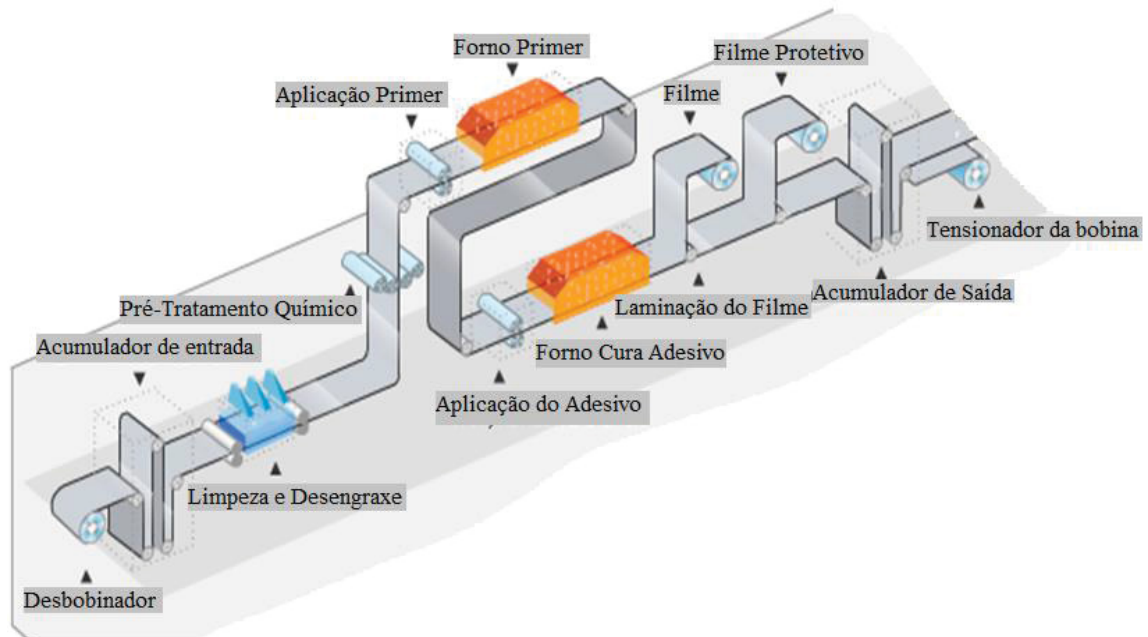
2.1.2 Pré-revestidos com filmes poliméricos laminados

As chapas de aço pré-revestidas com filmes poliméricos laminados pré-pintado são também produzidas através da tecnologia de revestimento de bobina. Conforme FIGURA 5, pode-se constatar que a linha se assemelha muito com a linha de produção da bobina pré-pintada. As primeiras etapas, desbobinamento, acumulador, limpeza, desengraxe, pré-tratamento químico, aplicação e cura do *primer* são idênticas ao processo de pintura de bobinas. Somente na etapa seguinte há diferenciação, pois ao invés da aplicação do *topcoat*, é aplicado um adesivo para fixação da camada de polímero laminado, seguindo então para a cura deste adesivo, também em torno de 200°C. Por fim, através de rolos laminadores, é aplicado o filme polimérico específico de acordo com a tecnologia desejada, seguindo então para a aplicação de filme protetivo, acumulador de saída e rebobinamento.

Os filmes laminados poliméricos utilizados no revestimento de chapas metálicas são na verdade uma combinação de várias camadas que podem ser de polímeros diversos e metais. A escolha destas camadas é bastante específica e depende das características desejadas para o revestimento final.

Existem diversas tecnologias e diversos fabricantes de filmes poliméricos laminados para revestimento de chapas metálicas, que podem ser processados e aplicados pelo método descrito acima. Cada fabricante tem suas próprias configurações e desta forma as tecnologias ofertadas são vastas. De forma genérica e simplificada, as tecnologias atualmente mais utilizadas na indústria da linha branca são descritas abaixo.

FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA LINHA DE APLICAÇÃO DE FILME POLIMÉRICO LAMINADO

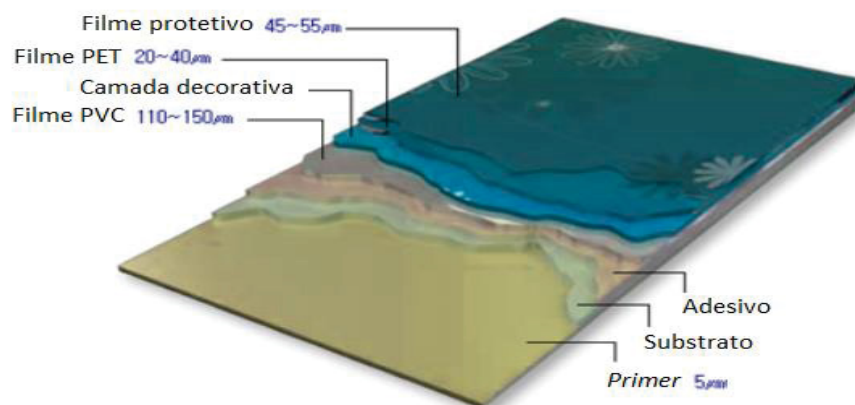


FONTE: Samyang Steel (2021)

2.1.2.1. VCM

O filme laminado *vinyl coated metal* (VCM) é na verdade uma combinação de filme de policloreto de vinila (PVC) com filme de PET, e entre estas camadas normalmente é adicionada uma camada decorativa com cores e/ou FIGURAS. A configuração final de camadas esperadas de uma chapa com revestimento VCM é mostrada na FIGURA 6.

FIGURA 6 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO VCM



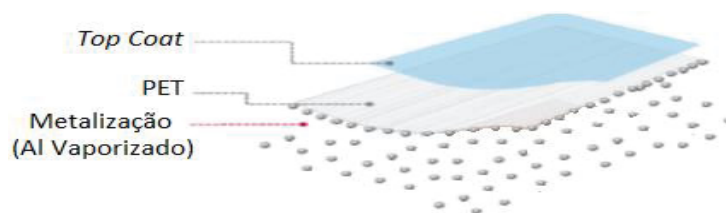
FONTE: Samyang Steel (2021).

2.1.2.2. PET

O filme de polietileno tereftalato (PET) é um filme de termoplástico transparente e de alta performance fabricado a partir do dimetil tereftalato e o etileno glicol. Filmes de PET possuem uma alta resistência química e ausência de reação quando comparado com outros polímeros. Por este motivo, são largamente utilizados em diversas aplicações incluindo eletrônicos, embalagens, automotivo e outras aplicações industriais.

O filme laminado PET, além da camada de PET propriamente dita, apresenta na face inferior, a que ficará em contato com o substrato, uma deposição de alumínio vaporizado através de um processo de metalização à vácuo conferindo assim uma aparência metálica, conforme ilustrado na FIGURA 7. Já na face superior, durante o processo de laminação do filme é aplicado um *topcoat* adequando seu brilho ao especificado e conferindo um melhor acabamento final.

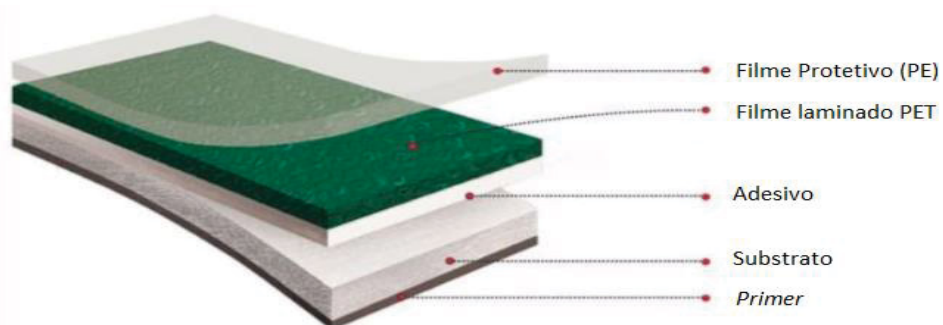
FIGURA 7 – CAMADAS DO FILME LAMINADO PET



FONTE: Adaptado de Catálogo Técnico de Fabricante.

A chapa após a aplicação do filme laminado de PET apresenta uma configuração de camadas conforme mostrada da FIGURA 8.

FIGURA 8 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO PET

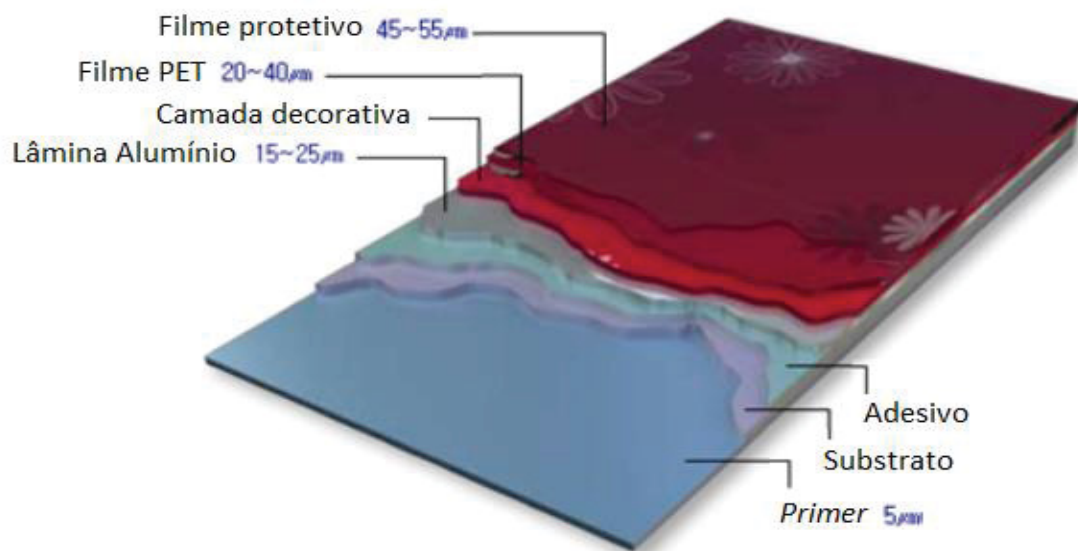


FONTE: Adaptado de Catálogo Técnico de Fabricante.

2.1.2.3. ACM

O filme laminado ACM é composto por uma de filme PET aplicado sobre uma camada decorativa que por sua vez é aplicada sobre uma lâmina de alumínio. Nesta tecnologia o controle das variações de cor e tonalidade é mais simples o que torna o efeito da aparência metálica muito mais realística. O resultado final na configuração de camadas para as chapas com revestimento ACM é mostrado na FIGURA 9.

FIGURA 9 – CAMADAS DE CHAPA METÁLICA COM REVESTIMENTO ACM



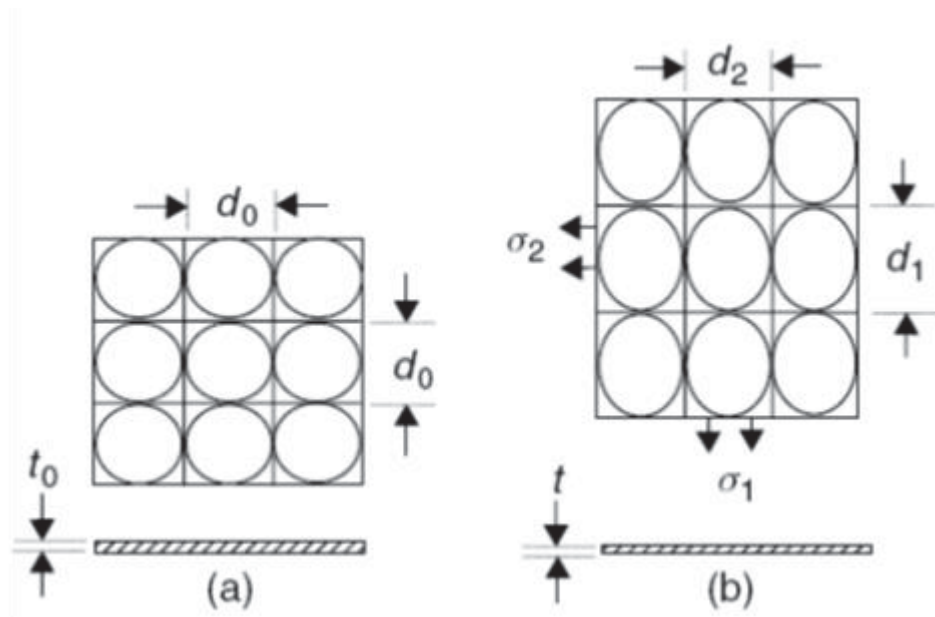
FONTE: Samyang Steel (2021).

2.2 COMPORTAMENTO MECÂNICO DA CHAPA

O comportamento da chapa metálica durante a conformação tem sido estudado extensivamente, o que levou a um avançado entendimento dos processos e modos de deformação e resultou na otimização de materiais, produtos e processos.

Para melhor explicar o comportamento mecânico das chapas durante a conformação, pode-se considerar uma região qualquer de uma chapa plana, inicialmente de espessura t_0 , e marcada com uma malha de círculos de diâmetro d_0 , conforme mostrado na FIGURA 10(a). Após a deformação desta chapa pela ação das tensões principais σ_1 e σ_2 , os círculos irão deformar-se em elipses de eixo maior e menor d_1 e d_2 , respectivamente, conforme mostrado na FIGURA 10(b) (MARCINIAK, 2002).

FIGURA 10 – CHAPA PLANA: (A) SEM DEFORMAÇÃO; (B) DEFORMADA



FONTE: Marciniak (2002).

Portanto, as tensões são:

$$\sigma_1; \quad \sigma_2 = \alpha\sigma_1; \quad \sigma_3=0 \quad (1)$$

Uma característica comum ao embutimento e estiramento, é que a tensão perpendicular à superfície da chapa, σ_3 , é muito pequena em comparação com as tensões presentes no plano da chapa, σ_1 e σ_2 , devido à pressão de contato entre a chapa e o ferramental de estampagem ser muito menor que o limite de escoamento do material. Portanto, pode-se assumir que esta tensão normal é igual a zero e tem-se então um estado plano de tensões (MARCINIAK, 2002).

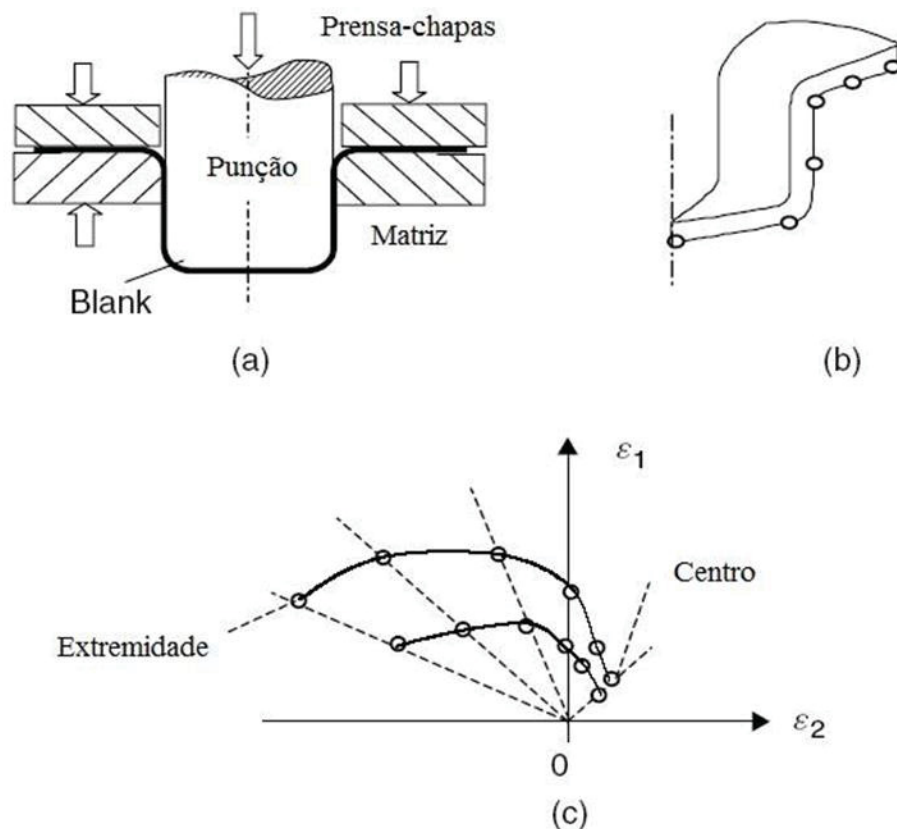
Já as deformações principais desenvolvidas são:

$$\varepsilon_1 = \ln\left(\frac{d_1}{d_0}\right); \quad \varepsilon_2 = \ln\left(\frac{d_2}{d_0}\right); \quad \varepsilon_3 = \ln\left(\frac{t}{t_0}\right) \quad (2)$$

As deformações principais podem ser determinadas através da medição das deformações da malha impressa na superfície da chapa, após a estampagem, conforme FIGURA 10(b). Um exemplo é o embutimento representado na FIGURA 11(a). Como o processo é simétrico em torno de seu eixo, podem ser consideradas as deformações nos pontos sobre a linha como mostrada na FIGURA 11(b).

Representando estas deformações no espaço das deformações principais, FIGURA 11(c), obtém-se o local das deformações para um estágio particular do processo (MARCINIAK, 2002). Assim que o processo continua, este local se expandirá, mas não necessariamente uniformemente; alguns pontos poderão parar de se deformar, enquanto outros alcançarão o limite do processo (ROCHA, 2003).

FIGURA 11 – DIAGRAMA DAS DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS



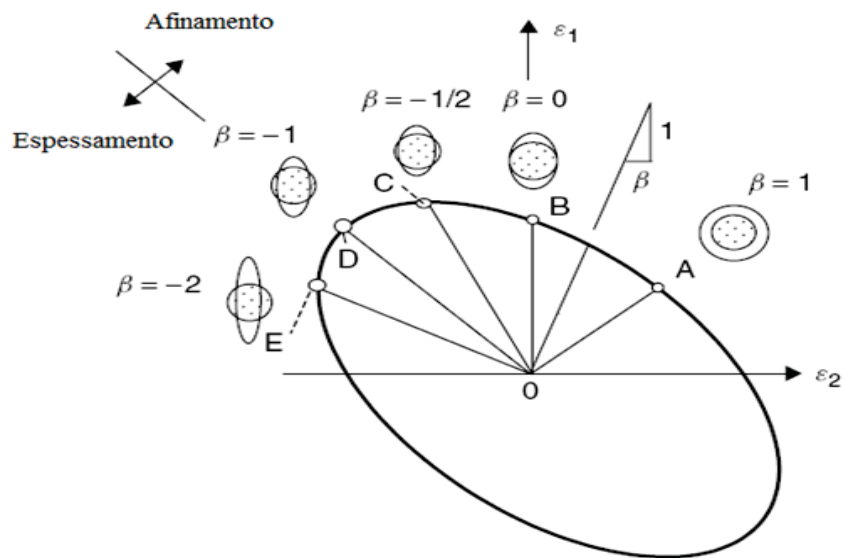
FONTE: Marciniak (2002).

Para qualquer processo de embutimento e estiramento, haverá um padrão característico de deformação, como mostrado na FIGURA 11(c). Isto é algumas vezes conhecido como "assinatura deformacional" (ROCHA, 2003). Os pontos individuais sobre o local de deformação na FIGURA 11(c) podem ser obtidos das medidas de uma grade de círculos como mostrado na FIGURA 10 e calculadas a partir das equações 1 ou 2.

O diagrama das deformações principais mostrado na FIGURA 12 não representa nenhum processo em particular, e sim os modos de deformação aos quais uma chapa, sob o estado plano de tensões, estaria sujeita. A elipse representa o

contorno de igual deformação efetiva, ou seja, um elemento com a tensão de escoamento conhecida, que se deforma sobre diversos caminhos de deformação (várias combinações de $\varepsilon_1 \times \varepsilon_2$), percorrerá a trajetória de uma elipse. Para os modos de deformação onde $\beta > -1$ a chapa tem sua espessura reduzida e para $\beta < -1$ a espessura é aumentada.

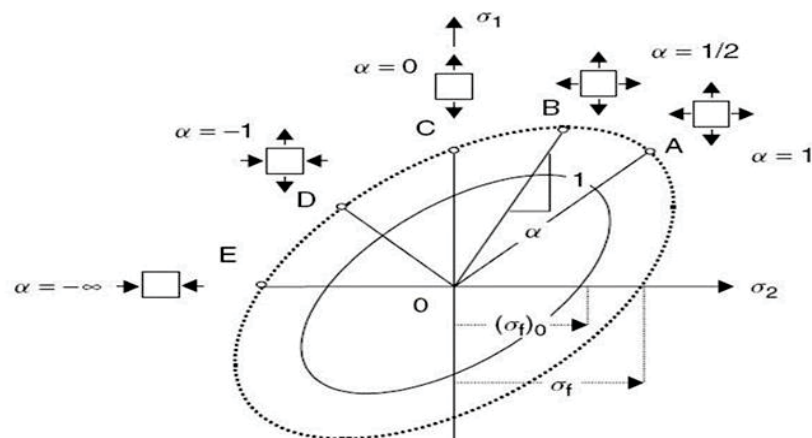
FIGURA 12 – MODOS DE DEFORMAÇÃO NO DIAGRAMA DAS DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS



FONTE: Marciniak (2002).

Por analogia, pode-se representar os modos básicos de deformação num diagrama de tensões principais envolvidas no processo, FIGURA 13, sendo este também bastante útil no entendimento das forças envolvidas no embutimento e estiramento.

FIGURA 13 – MODOS DE DEFORMAÇÃO NO DIAGRAMA DAS TENSÕES PRINCIPAIS



FONTE: Marciniak (2002).

Por convenção, a tensão principal e a deformação principal na direção 1 (σ_1 e ϵ_1), sempre serão as trativas maiores ou “mais positivas”. Por esta razão, todos os caminhos de deformação possíveis nos processos de conformação de chapas restringem-se ao vértice projetado OA e OE, a razão de deformação varia na faixa $-2 \leq \beta \leq 1$ e a razão de tensão varia na faixa de $-\infty \leq \alpha \leq 1$.

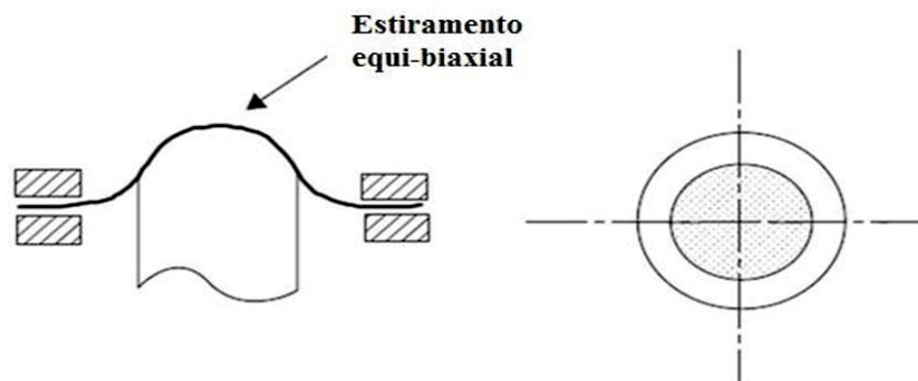
2.2.1 Modos de deformação

Os modos de deformação que podem ser encontrados numa chapa sob estado plano de tensões são: estiramento equi-biaxial, deformação plana, tração uniaxial, embutimento e compressão uniaxial, conforme mostrados a seguir.

2.2.1.1. Estiramento equi-biaxial, $\beta = 1$ e $\alpha = 1$

É representado pelo caminho OA das FIGURAS 12 e 13. A chapa estirada sobre um punção hemisférico irá deformar na região central como mostrado na FIGURA 14. As tensões e deformações no plano são iguais nas duas direções, $\sigma_2 = \sigma_1$ e $\epsilon_2 = \epsilon_1$, e a grade de círculos se expande, porém permanece circular. Para $\beta = 1$, tem-se que a deformação na direção da espessura é duas vezes maior que na direção principal, $\epsilon_3 = -2\epsilon_1$. Este é o modo de deformação no qual a espessura é reduzida mais rapidamente em relação à deformação principal ϵ_1 , pois a deformação é homogênea em todas as direções, o que torna a estrição mais difusa (MARCINIAK, 2002; XUA *et al*, 2000; XU *et al*, 1998; BASTOS, 2009).

FIGURA 14 – ESTIRAMENTO EQUI-BIAXIAL

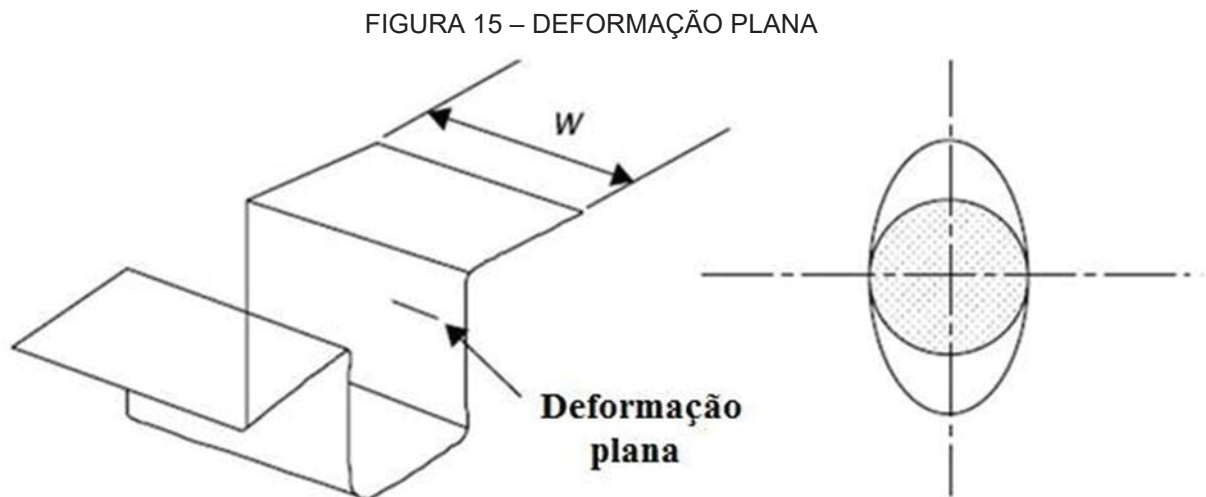


FONTE: Marciniak (2002).

2.2.1.2. Deformação plana $\beta = 0$ e $\alpha = 1/2$

Neste modo de deformação, ilustrado pelo caminho OB das FIGURAS 12 e 13, a chapa se deforma apenas em uma direção e os círculos das grades se tornam elipses, nas quais o eixo menor não é alterado. Como $\beta = 0$ tem-se que $\varepsilon_2 = 0$ e $\varepsilon_3 = -\varepsilon_1$, e ainda, como $\alpha = 1/2$ tem-se que $\sigma_2 = \sigma_1/2$. A magnitude da tensão principal σ_1 é maior neste modo de deformação do que em qualquer outro.

Em peças longas, este modo de deformação é facilmente observado nas laterais conforme mostrado na FIGURA 15. Particularmente na deformação plana, a chapa está mais susceptível a fraturar, devido ao aparecimento de estrições localizadas (MARCINIAK, 2002; ROCHA, 2003).

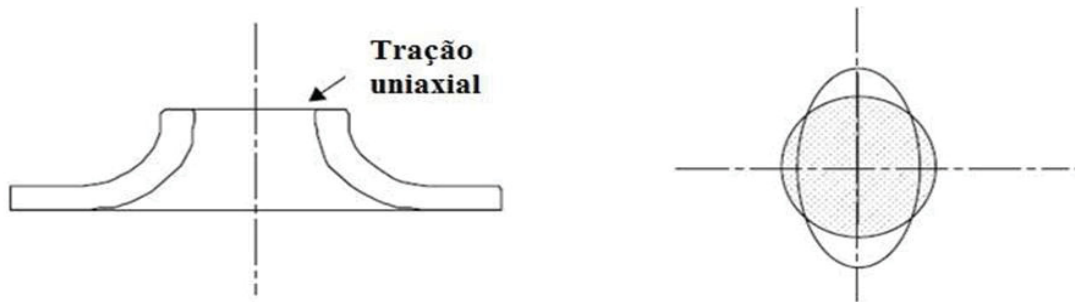


FONTE: Marciniak (2002).

2.2.1.3. Tração uniaxial, $\beta = -1/2$ e $\alpha = 0$

O caminho OC, das FIGURAS 12 e 13, representa o modo de deformação tração uniaxial, que é equivalente ao ensaio de tração, pois a menor tensão principal é igual a zero, $\sigma_2 = 0$. Como $\beta = -1/2$ tem-se que $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\varepsilon_1/2$ e ainda, como $\alpha = 0$ tem-se que $\sigma_2 = 0$. Portanto, a chapa estira-se na direção principal 1 e se contrai na direção principal 2 e na espessura. Nas operações de estampagem, este modo de deformação irá ocorrer toda vez que uma aresta livre é estirada, como no caso da extrusão de um furo, ilustrado na FIGURA 16 (MARCINIAK, 2002; BASTOS, 2009).

FIGURA 16 – TRAÇÃO UNIAXIAL



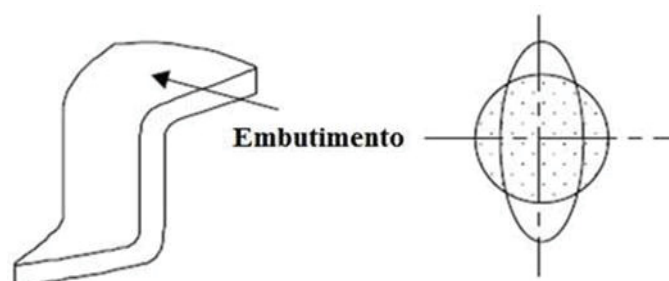
FONTE: Marciniak (2002).

2.2.1.4. Embutimento, $\beta = -1$ e $\alpha = -1$

Neste modo de deformação, caminho OD, as tensões e deformações são iguais, porém opostas e a chapa deforma sem que a espessura seja alterada. Como $\beta = -1$ e $\alpha = -1$, tem-se que $\varepsilon_2 = -\varepsilon_1$, $\varepsilon_3 = 0$ e $\sigma_2 = -\sigma_1$. É chamado de embutimento, pois é o modo de deformação predominante no flange de um copo obtido por embutimento profundo quando a chapa é puxada para dentro da região convergente, ilustrado na FIGURA 17 (MARCINIAK, 2002; BASTOS, 2009).

A ocorrência de rupturas é improvável e na prática, grandes deformações são encontradas com frequência neste modo, apesar da magnitude das tensões principais serem as menores dentre todos os modos de deformação. Esta magnitude é da ordem de 58% da tensão requerida para iniciar o escoamento se comparado com um elemento sob tração uniaxial. Por estas razões, este pode ser considerado o modo de deformação ideal (MARCINIAK, 2002; BASTOS, 2009).

FIGURA 17 – EMBUTIMENTO

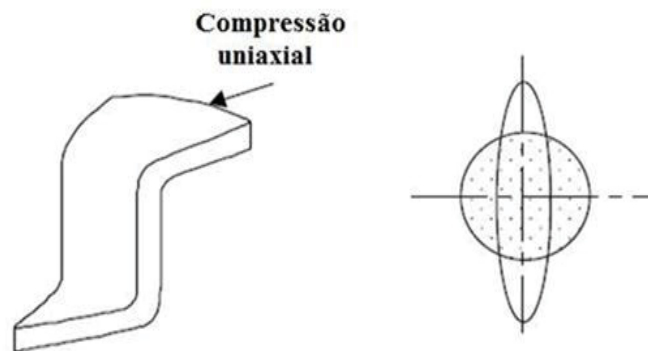


FONTE: Marciniak (2002).

2.2.1.5. Compressão uniaxial, $\beta = -2$ e $\alpha = -\infty$

Indicado pelo caminho OE, este modo ocorre quando a maior tensão é zero, $\sigma_1 = 0$, como nas arestas do flange de um copo obtido por embutimento profundo, ilustrado na FIGURA 18. A menor tensão é compressiva e igual à tensão de escoamento, $\sigma_2 = -\sigma_e$. Neste modo de deformação, a chapa aumenta sua espessura e provavelmente ocorrerá enrugamento.

FIGURA 18 – COMPRESSÃO UNIAXIAL



FONTE: Marciniak (2002).

2.3 CONFORMABILIDADE DAS CHAPAS DE AÇO

A conformabilidade das chapas de aço não revestidas, chapas de aço com revestimento metálico tem sido objeto de inúmeros estudos nas últimas décadas. A grande maioria destes estudos é motivado pela indústria automobilística. Diferentemente, para as chapas de aço com revestimento orgânico, a quantidade de trabalhos recentes é bastante limitada devido à pouca ou quase nenhuma utilização desta tecnologia na indústria automobilística e será abordada no capítulo 4. Entretanto, os tópicos abordados nesta seção também são válidos para o substrato de aço das chapas com revestimento orgânico.

Para uma boa conformabilidade numa extensa faixa de aplicações, as chapas de aço não revestidas ou o substrato de aço das chapas revestidas deveriam (BASTOS, 2009):

- a) distribuir uniformemente a deformação;
- b) atingir altos níveis de deformação sem estrição ou fratura;
- c) resistir a tensões compressivas planares sem enrugar;
- d) resistir a tensões cisalhantes planares sem fraturar;
- e) manter a forma da peça ao ser removida da matriz;

f) manter uma superfície lisa e resistir a danos superficiais.

Para tal, três propriedades mecânicas são determinantes na distribuição da deformação nas operações de conformação:

- a) O expoente de encruamento (n)
- b) O coeficiente de anisotropia (r)
- c) Expoente de sensibilidade à taxa de deformação (m)

A capacidade de distribuir a deformação uniformemente depende do expoente de encruamento e do expoente de sensibilidade à taxa de deformação. A capacidade de alcançar altos níveis de deformação depende de fatores como composição química, estado de encruamento, expoente de encruamento, coeficiente de anisotropia, expoente de sensibilidade à taxa de deformação, espessura, homogeneidade e isenção de defeitos e inclusões (BASTOS, 2009).

Já as propriedades mecânicas utilizadas atualmente, limite de escoamento (LE), limite de resistência (LR), alongamento e dureza, têm uma relação indireta com o estiramento ou embutimento como será mostrado a seguir (KEELER, 2003).

2.3.1 Dureza, LE, LR e alongamento

A dureza tem sido utilizada em muitas estamparias como medida de conformabilidade, monitorando as mudanças em uma classe particular de material, causadas por alterações no seu processamento. As medidas de dureza se correlacionam bem com os valores do limite de resistência, e por esta razão o ensaio de dureza é útil no controle de qualidade, para assegurar que o material utilizado é da classe especificada e tem o nível adequado de dureza (*METALS HANDBOOK ASM*, 1993).

No entanto, as medidas de dureza são sensíveis às condições superficiais da chapa, à planicidade do corpo de prova e aos procedimentos de ensaio. Além disso, são muito afetadas pela quantidade de trabalho a frio perto da superfície do material, no passe de encruamento, por exemplo, de modo que um material macio pode apresentar picos de dureza elevada. Outras propriedades mecânicas influenciam a estampabilidade de chapas mais do que a dureza, de modo que valores de dureza, somente, não devem ser considerados como base para rejeição de chapas (AL-QURESHI, 2003).

Outra propriedade, o limite de escoamento (LE), é comumente correlacionado com a estampabilidade, porém, tal qual a dureza, esta correlação só pode ser considerada válida quando se comparam aços de uma mesma classe. A tensão de escoamento meramente indica a tensão onde se inicia a deformação plástica e não indica a quantidade de deformação plástica permissível antes da estrição. Um exemplo é comparar o aço baixo carbono com o aço inoxidável. A tensão de escoamento do aço inoxidável pode ser o dobro do aço baixo carbono, mas a estampabilidade é geralmente melhor (SROUR, 2002).

O limite de resistência (LR), por ser uma propriedade bem determinante, é especificado sempre com as outras propriedades mecânicas dos metais e ligas. O limite de resistência é influenciado pela anisotropia de metais trabalhados mecanicamente, se bem que em menor grau, comparativamente, ao limite de escoamento (BASTOS, 2009).

A razão LR/LE é definida como sendo o quociente entre o limite de resistência e o limite de escoamento, e também é utilizada como um índice para a estampabilidade nas indústrias. Este índice pode ser interpretado como uma medida para a ductilidade, desde que a comparação seja entre aços de um mesmo grupo (BASTOS, 2009).

Há ainda o alongamento total, que inclui tanto a parte uniforme, antes da estrição, quanto a parte não uniforme, aquela observada após estrição localizada no corpo de prova do ensaio de tração. Como o aparecimento de estrições em peças submetidas a operações de estampagem é frequentemente motivo de rejeição das peças, não é recomendado utilizar o alongamento total como índice de estampabilidade (CONI, 2004).

O alongamento uniforme é uma medida de ductilidade e tem sido muito utilizado para definição de modelos matemáticos para a plasticidade dos aços nos programas de simulação de conformação.

2.3.2 Expoente de encruamento (n)

O expoente de encruamento, n , fornece uma medida da capacidade do material distribuir a deformação durante a estampagem na presença de um gradiente de tensões. Apesar de, geralmente, os estados combinados de tensão estarem envolvidos nos processos de conformação, tal expoente constitui um parâmetro útil

para prever o comportamento da chapa metálica no que se refere à formação de um pescoço difuso, altos valores de n , ou localizado, baixos valores de n (ROCHA, 2006).

A região de deformação plástica uniforme da curva tensão verdadeira, σ , versus deformação verdadeira, ε , obtida em ensaios de tração em aços de baixo carbono para estampagem, é razoavelmente descrita pela equação (3) de Hollomon.

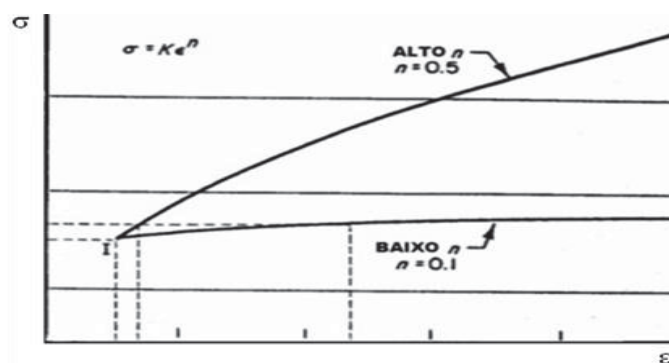
$$\sigma = K \cdot \varepsilon^n \quad (3)$$

Em materiais com um alto valor de n , quando comparados com materiais de menor valor de n , a tensão de escoamento cresce rapidamente com a deformação, distribuindo as deformações subsequentes para regiões de mais baixa tensão de escoamento, homogeneizando as deformações, como ilustrado pela FIGURA 19 (MARCINIAK, 2002).

Um metal com um alto valor de n tende a deformar-se mais uniformemente, até mesmo sob tensões não uniformes. Assim, para um bom estiramento, um alto expoente de encruamento, n , é desejável.

O valor de n também tem efeito indireto no enrugamento que ocorre nas operações de embutimento. Valores de n elevados permitem aumentar a força no prensa-chapas, o que reduz o enrugamento.

FIGURA 19 – EFEITO DE N NA CURVA DE TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA



FONTE: Marciniak (2002).

2.3.3 Expoente de sensibilidade à taxa de deformação (m)

Outro parâmetro importante nas operações de conformação é o expoente de sensibilidade à taxa de deformação, m , o qual é uma medida do comportamento da

tensão quando ocorrem mudanças incrementais na taxa de deformação. A equação de Norton-Hoff é utilizada para o endurecimento com a taxa de deformação (HOSFORD, 2007):

$$\sigma = c. \dot{\varepsilon}^m \quad (4)$$

O valor de m influencia a distribuição de deformações de uma maneira similar ao valor de n . Um valor de m positivo indica que a tensão de escoamento aumenta com o aumento da taxa de deformação. Como consequência, reduz a localização de deformação na presença de um gradiente de tensões e opõe-se à rápida formação do pescoço pela melhor distribuição das deformações, tornando-a mais difusa. Entretanto, tensões elevadas são necessárias para conformar peças em altas taxas de deformação. De maneira contrária, um valor de m negativo promove a localização da deformação e gera um gradiente de deformação mais severo. Portanto, ambos, o sinal e magnitudes de m , são importantes (HOSFORD, 2007).

2.3.4 Coeficiente de anisotropia (r)

Durante a estampagem, a chapa metálica pode apresentar comportamento anisotrópico como resultado de sua textura. Texturas descritas por $\{hkl\} \langle uvw \rangle$ significam que os planos $\{hkl\}$ estão paralelos ao plano da chapa e que a direção $\langle uvw \rangle$ está alinhada com a direção de laminação.

A formação de textura favorável nos aços baixo carbono é função da composição do aço, temperatura de acabamento e de bobinamento durante a laminação a quente, porcentagem de redução durante laminação a frio, velocidade de aquecimento e temperatura de recozimento após a deformação a frio (TURAZI, 2008).

A textura de um material pode ser avaliada através da relação entre a resistência oferecida à deformação nas diferentes direções do plano e na espessura da chapa, obtidos a partir de um ensaio de tração. O coeficiente de anisotropia plástica, r , é definido como o quociente entre a deformação verdadeira na largura e na espessura do corpo de prova ensaiado:

$$r = \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_t} \quad (5)$$

Como a deformação na espessura é muito pequena, e a medição da mesma está sujeita a um erro expressivo, pela lei da conservação do volume, pode-se reescrever a equação (5) da seguinte forma:

$$r = - \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_w + \varepsilon_l} \quad (6)$$

E conseqüentemente:

$$r = \frac{\ln\left(\frac{w_o}{w_f}\right)}{\ln\left(\frac{l_f w_f}{l_o w_o}\right)} \quad (7)$$

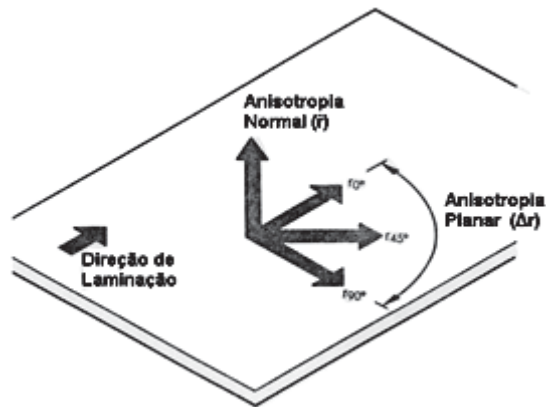
Como as propriedades mecânicas da chapa podem variar nas diferentes direções do plano desta, é de interesse uma relação média do comportamento de deformação ao longo deste plano. Pode-se caracterizar, então, o coeficiente de anisotropia normal \bar{r} conforme a equação (8), determinado a partir de medidas nas direções paralela (0°), transversal (90°) e a 45° da direção de laminação, conforme FIGURA 20.

$$\bar{r} = \frac{r_{0^\circ} + 2r_{45^\circ} + r_{90^\circ}}{4} \quad (8)$$

Um coeficiente de anisotropia normal unitário é indicativo de resistência à deformação no plano da chapa igual à deformação na direção da espessura da chapa. Se a resistência na direção da espessura é maior que a média da resistência nas diferentes direções do plano da chapa, a relação de deformação média é maior que a unidade. Neste caso o material é resistente ao afinamento. Em geral, o coeficiente de anisotropia normal, \bar{r} , está diretamente relacionado com a profundidade do

embutimento, quanto mais alto o valor de \bar{r} , mais profundo será o embutimento (ROCHA, 2006).

FIGURA 20 – DIREÇÕES PARA CÁLCULO DA ANISOTROPIA



FONTE: ASM *Metals Handbook* (1993).

2.3.5 Curva Limite de Conformação (CLC)

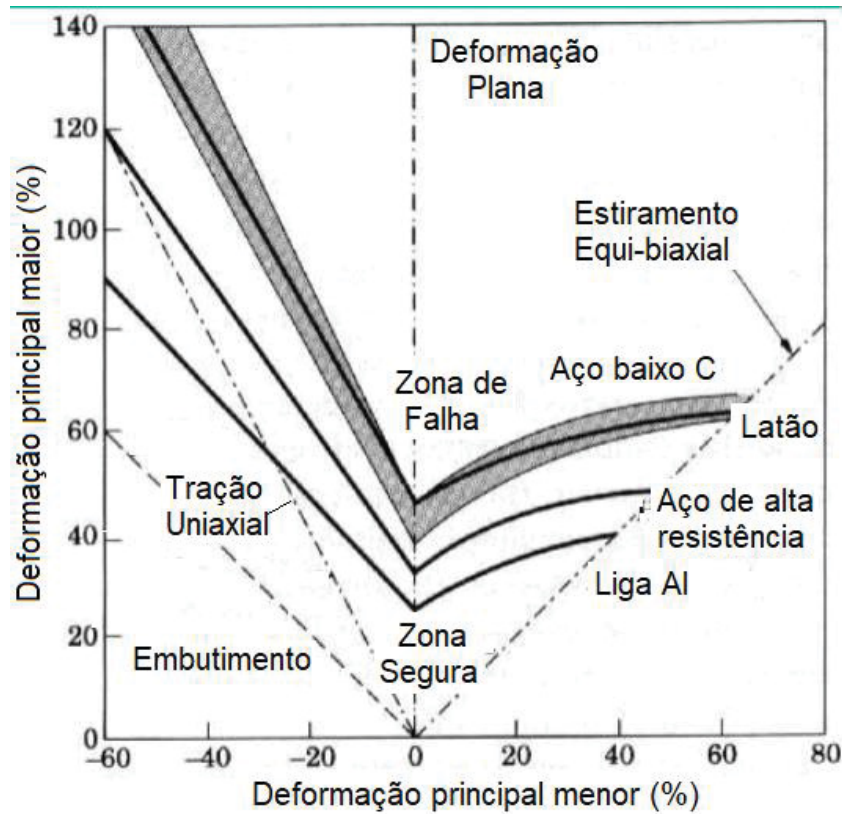
A avaliação da estampabilidade de chapas metálicas pode ser feita através do uso de curvas de limite de conformação, ou CLC's. O conceito das CLC's foi desenvolvido por Keeler em 1965 quando este sugeriu um critério de falha empírico, baseado no par de medidas da maior, ϵ_1 , e menor, ϵ_2 , deformações principais em um ponto crítico de falha. Este par de deformações foi definido como o ponto onde eventualmente uma fratura poderia ocorrer. Posteriormente este conceito foi estendido para valores negativos da menor deformação.

Uma CLC, portanto, é um diagrama empiricamente construído, largamente utilizado para descrever o lugar geométrico das deformações principais e críticas, que ocorrem na superfície da chapa, para as quais a estricção localizada se torna visível ou ocorre à fratura. As CLC's são empregadas para avaliar o limite das deformações de um determinado material quando submetido aos diversos modos de deformação inerentes aos processos de conformação. A FIGURA 21 mostra CLC's de diversos materiais metálicos.

Para controlar as falhas mecânicas no processo, compara-se o campo de deformação das peças estampadas com a CLC do material, obtida em laboratório. Este procedimento permite ainda inferir se um determinado material está conveniente

para a peça projetada, bem como ajustar adequadamente as condições de lubrificação e a geometria do ferramental adotado no processo.

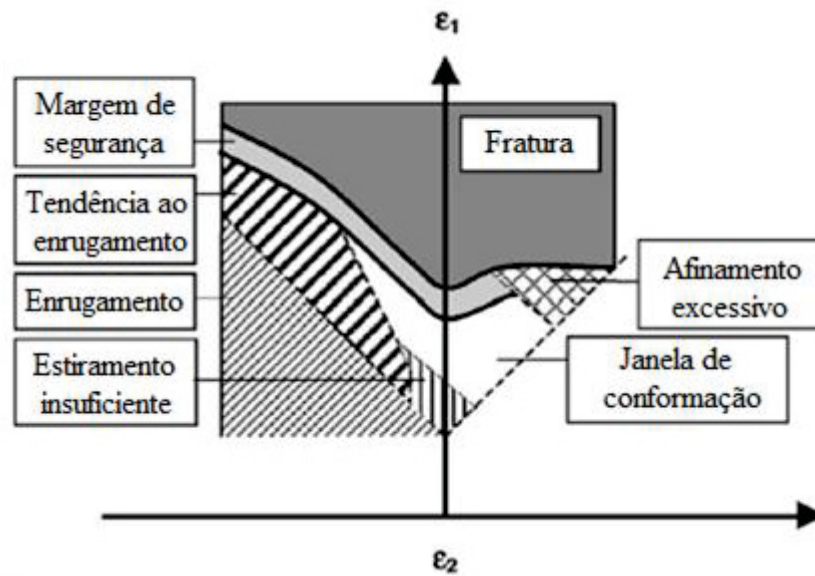
FIGURA 21 – CLC PARA DISTINTOS MATERIAIS METÁLICOS



FONTE: Hecker e Ghosh ([197?]).

A fim de evitar o surgimento de fraturas ou estricções em uma determinada peça estampada, é necessário que os níveis de deformação em todos os pontos desta peça estejam abaixo da CLC. Uma margem de segurança é normalmente inserida, resultando num deslocamento imaginário da CLC para baixo. O risco de ruptura é determinado pela avaliação da proximidade das deformações da peça em relação a CLC. No entanto, não é suficiente apenas verificar o risco de ruptura quando se está definindo um processo de estampagem. Outros defeitos como afinamento excessivo, enrugamento ou estiramento insuficiente podem ser identificados através da CLC. Através da CLC, pode então ser estabelecida uma “Janela de Conformação”, conforme mostrado na FIGURA 22 (HOLMBERG *et al*, 2003; MARCINIAK, 2002).

FIGURA 22 – CLC E A JANELA DE CONFORMAÇÃO



FONTE: Holmberg *et al.* (2003).

A utilização da CLC possui algumas limitações e incertezas. A construção da CLC é baseada na hipótese de que as trajetórias das deformações são lineares, por exemplo, o modo de deformação permanece constante durante todo o processo. No entanto, esta condição não é observada na maioria dos casos industriais. Vários estudos a respeito do efeito das trajetórias das deformações da CLC foram conduzidos, como Graf & Hosford (1993) e Friedman & Houston (1999), correlacionando parte deste desvio das trajetórias de deformações aos efeitos do dobramento durante a conformação.

Outras dificuldades na construção da CLC são a grande dispersão dos resultados experimentais e o longo tempo para determinação da CLC, face ao curto prazo para desenvolvimento de um processo nas indústrias. Para minimizar estas dificuldades, foram desenvolvidos diferentes métodos empíricos e teóricos para previsão da CLC (HOLMBERG *et al.*, 2003).

2.4 CONFORMABILIDADE DAS CHAPAS REVESTIDAS

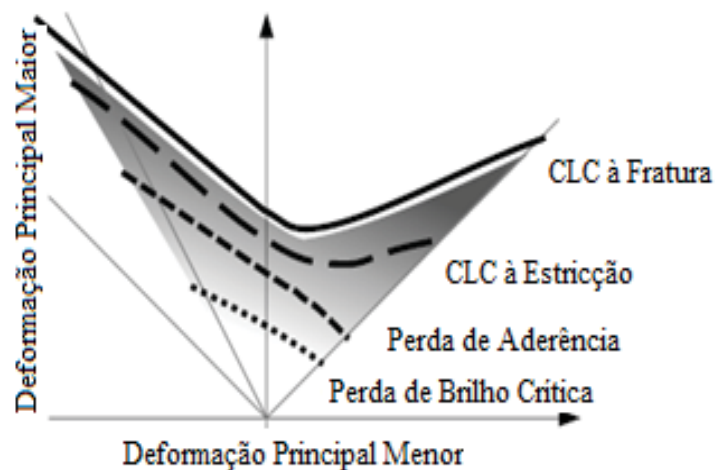
Embora algumas indústrias estejam migrando do processo de pintura pós-conformação para o processo de conformação de chapas metálicas pré-revestidas para a fabricação de peças metálicas estéticas, manter a integridade superficial do revestimento e a aderência e coesão deste revestimento ao substrato após a

conformação é sem dúvida o grande desafio técnico deste processo. Os efeitos da deformação plástica nos mais diversos e possíveis revestimentos orgânicos ainda não são bem entendidos (HUANG, 2010).

Some-se a isso o fato de que o revestimento deve resistir aos vários modos de deformação que podem se fazer presentes durante a conformação, como estiramento biaxial, deformação plana, tração uniaxial, embutimento e compressão uniaxial, sem que ocorram defeitos, o que torna bastante complexa a caracterização destes materiais.

Um diagrama de conformação fictício contendo a CLC de chapa metálica e algumas curvas limite para diferentes critérios de falha do revestimento orgânico, pode ser observado na FIGURA 23. Além dos critérios objetivos, como falha/ não falha, utilizados para descrever a aparição de defeitos como trincas ou delaminação, existem valores limite quantitativos para alguns critérios de falha, os quais variam de intensidade com o aumento da quantidade de deformação. O critério de falha do revestimento depende do tipo do revestimento e da aplicação específica (BEHRENS, 2017)

FIGURA 23 – CLC FICTÍCIA DA CHAPA METÁLICA E DO REVESTIMENTO



FONTE: Behrens *et al.* (2017).

Desta forma, é importante conhecer os modos de falha, o que os causa e como preveni-los, além das interações entre estes modos de falha. A FIGURA 24 mostra uma representação gráfica de alguns destes modos de falha, os quais serão descritos na sequência.

FIGURA 24 – MODOS DE FALHA TÍPICOS DO REVESTIMENTO DEVIDO À DEFORMAÇÃO



FONTE: Adaptado de Purohit (2010).

Modos de falha da integridade superficial do revestimento:

- a) formação de microtrincas no revestimento;
- b) ruptura do filme de revestimento;
- c) perda de brilho;
- d) riscos e sovamentos.

Modos de falha da coesividade e aderência entre camadas:

- a) Deplacagem;
- b) Delaminação.

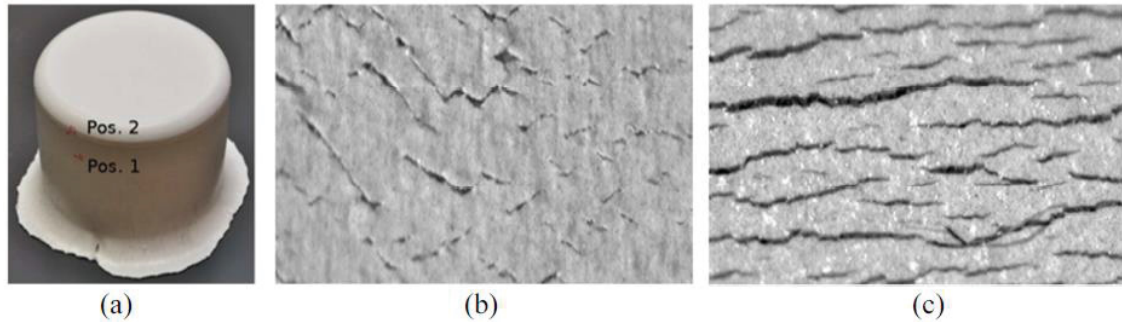
2.4.1 Formação de microtrincas no revestimento

Heinzel *et al.* (2015) realizaram um experimento com chapas de aço estrutural com revestimento metálico de galvalume e pré-pintadas com dois tipos de *topcoat*, sendo TA de base poliéster e TB de base acrílica. Primeiramente, amostras destes dois materiais pré-pintados foram utilizadas para embutir copos com 100mm de diâmetro. A FIGURA 25 mostra estes copos conformados e bem como a ocorrência de microtrincas em duas posições, sendo Pos. 1 na parede lateral e Pos. 2 na região de raio do punção. Testes realizados mostraram que o revestimento se deteriorou antes do substrato falhar, exibindo fraturas e trincas durante a conformação.

Heinzel *et al.* (2015) então submeteram amostras destas chapas pré-pintadas ao ensaio de tração em três direções (0°, 90° e 45° em relação à direção de laminação). As amostras submetidas ao ensaio de tração apresentaram trincas transversalmente em relação à direção de aplicação da tensão e sem qualquer efeito da direção do corpo de prova, sendo assim o revestimento mostrou comportamento

isotrópico. A deformação plástica induzida nos corpos de prova foi controlada entre 5% e 20%.

FIGURA 25 – (A) CHAPA PRÉ-PINTADA EMBUTIDO, (B) DETALHE POS. 1, (C) DETALHE POS. 2



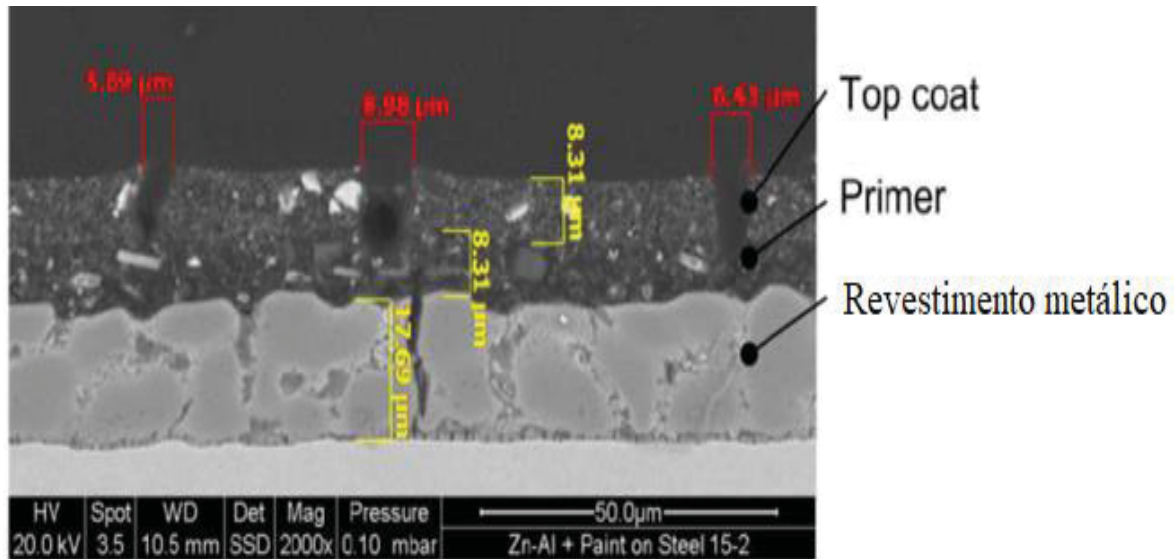
FONTE: Heinzl *et al.* (2015).

Heinzl *et al.* (2015) também realizaram ensaios de Erichsen com punção cilíndrico de 50 mm e corpos de prova com diferentes larguras, induzindo distintos modos de deformação. As deformações foram capturadas em tempo real por um sistema ótico de medição. Através de um microscópio de varredura eletrônica foi analisada a superfície do revestimento para identificar a origem das microtrincas e mensurá-las, tanto nos corpos de prova do ensaio de tração quanto Erichsen.

Segundo Heinzl *et al.* (2015), a FIGURA 26 mostra que as trincas no revestimento orgânico se iniciaram no próprio revestimento, e quando estas ocorreram no revestimento metálico elas não se propagaram para o revestimento orgânico. A aderência entre as camadas (*topcoat*, primer, galvalume e substrato) não foi afetada pela operação de conformação. O resultado do ensaio de tração para as propriedades mecânicas mostrou um aumento no limite de escoamento quando comparado aos valores do substrato sem o revestimento orgânico, fato este associado pelo autor ao envelhecimento do aço devido às temperaturas do processo de cura da pintura.

A verificação de que o envelhecimento causou mesmo um aumento no limite de escoamento, pode ser realizada através de análise da curva de tensão e deformação. O envelhecimento é um efeito importante e que pode causar bandas de Luders, modo de falha que deve ser levado em consideração na caracterização e modelamento matemático do material para a simulação numérica.

FIGURA 26 – SEÇÃO DE CORPO DE PROVA DE ENSAIO DE TRAÇÃO NO MEV

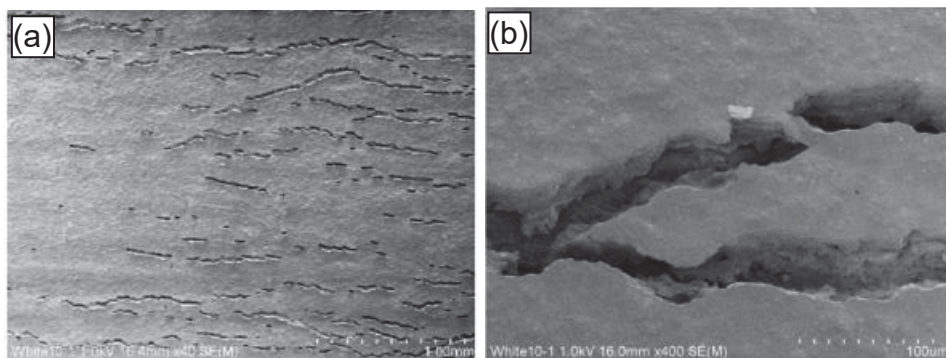


FONTE: Heinzl *et al.* (2015).

Heinzl *et al.* (2015) buscaram mensurar a quantidade e intensidade das trincas utilizando um rugosímetro, entretanto a ponteira deste instrumento afetava a camada já danificada. Optaram então por utilizar as imagens da superfície, conforme FIGURA 27, para quantificar os vazios proporcionalmente em relação à área total, com o auxílio de um programa de análise de imagens. Esta razão foi denominada densidade de trincas.

Heinzl *et al.* (2015) então realizaram alguns ensaios de tração somente na camada de revestimento orgânico, dissolvendo o revestimento metálico em ácido clorídrico. Foi encontrado um módulo de elasticidade médio de 2198 GPa, bem como um mecanismo de fratura frágil, fato este também evidenciado nas imagens de superfície das trincas.

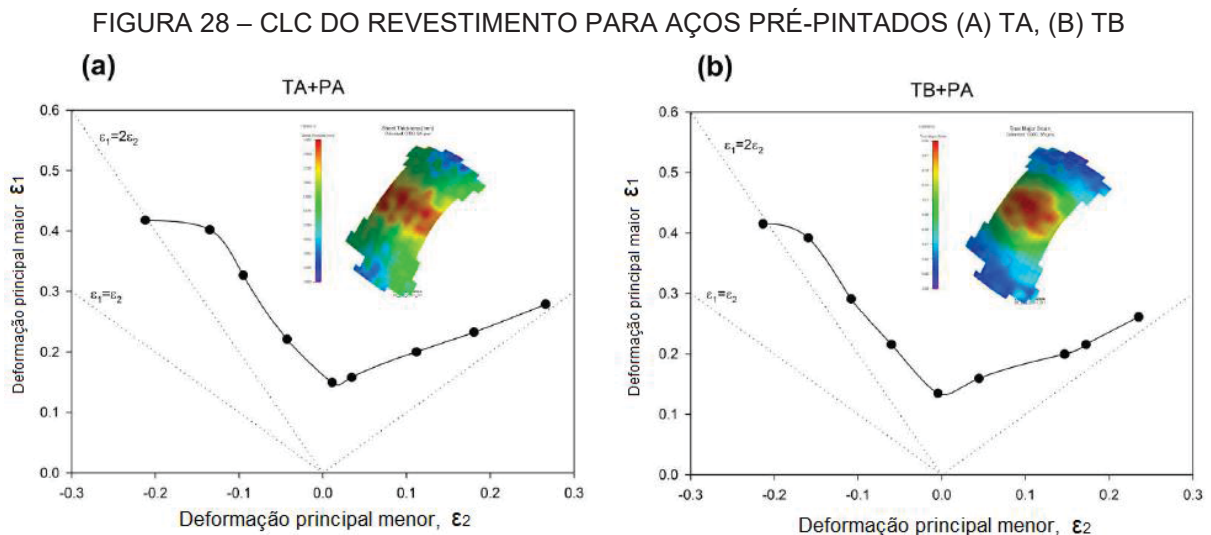
FIGURA 27 – TRINCAS SUPERFICIAIS NO REVESTIMENTO TA (A) 40X, (B) 400X



FONTE: Heinzl *et al.* (2015).

Plotando um gráfico da densidade de trincas versus deformação equivalente obtidas no ensaio de tração, Heinzl *et al.* (2015) constataram que a densidade de trincas cresce com o aumento da deformação.

Heinzl *et al.* prepararam gráficos semelhantes a CLC, porém, utilizando como critério de falha a visualização a olho nu do início da formação de trincas no revestimento orgânico durante o ensaio de Erichsen, interrompendo o ensaio e medindo, através do sistema de medição ótico, as deformações principais ϵ_1 e ϵ_2 que levaram à falha. Desta forma, obteve a CLC do revestimento, as quais podem ser observadas na FIGURA 28 para os dois tipos de *topcoat* analisados (TA e TB).



FONTE: Heinzl *et al.* (2015).

Cheong *et al.* (2021) afirmaram que o ensaio de embutimento Erichsen é tipicamente utilizado para testes passa/ não passa, portanto de caráter comparativo, que estabelece um valor mínimo e crítico do índice de embutimento Erichsen, para atendimento de requisitos do usuário do material. O critério de falha é a observação da ocorrência de trinca do revestimento ou do próprio substrato. Desta forma, afirmaram a evidente limitação do real comportamento do revestimento com a utilização deste teste.

A utilização do limite de falha do revestimento como sendo o ponto onde as trincas passam a ser visíveis a olho nu, não é o suficiente para eliminar o risco da perda da função de proteção a corrosão, além do aspecto estético. Isto pois, quando as peças estiverem em uso já no produto final, as trincas não perceptíveis a olho nu tendem a evoluir em intensidade e em área afetada, devido a fatores como contato,

limpeza, temperatura e ação do tempo. É importante ressaltar que os revestimentos uma vez aplicados na chapa ou na peça final passam por diversos testes para certificação de que ele atende aos requisitos mínimos de qualidade como testes de câmara úmida, névoa salina, corrosão cíclica, aderência. Estes mesmos requisitos devem ser atendidos pela peça após a conformação da chapa com revestimento orgânico.

Hattori *et al.* (2008) mostraram que a temperatura de transição vítrea do filme polimérico, especificamente à base de poliéster, afeta a resistência a corrosão da chapa metálica com revestimento polimérico. Isto ocorre, pois, os revestimentos poliméricos que possuem alta temperatura de transição vítrea também apresentam uma maior dureza, sendo, portanto, mais susceptíveis à formação de microtrincas. Eles também observaram que ocorria um fenômeno de esbranquiçamento quando estas regiões acometidas por microtrincas eram expostas a alguns tipos de lubrificantes.

Este fenômeno de esbranquiçamento é de fato bastante observado na indústria após a conformação de peças produzidas a partir de chapas metálicas com revestimento polimérico, entretanto é comumente associado ao estiramento excessivo do filme polimérico e conseqüente surgimento de microtrincas, também ocorrendo mesmo na conformação de peças sem a utilização de lubrificantes.

Forcellese *et al.* (2019) realizaram experimentos para avaliar o efeito causado por diferentes níveis de deformações na superfície do revestimento de chapas pré-pintadas e na distribuição de espessura das diferentes camadas. Os resultados foram apresentados por modo de deformação.

No modo de deformação tração uniaxial, o revestimento consegue acompanhar a deformação do substrato durante o alongamento uniforme, mantendo as espessuras do substrato e do revestimento constantes e sem exibir danos superficiais, apesar do aparecimento do efeito casca de laranja. Porém, no início da estrição, os danos no revestimento começaram a se manifestar, e se tornando cada vez maiores à medida que a deformação evoluía. A espessura do substrato e do revestimento também mostraram um decréscimo acentuado na região estriada.

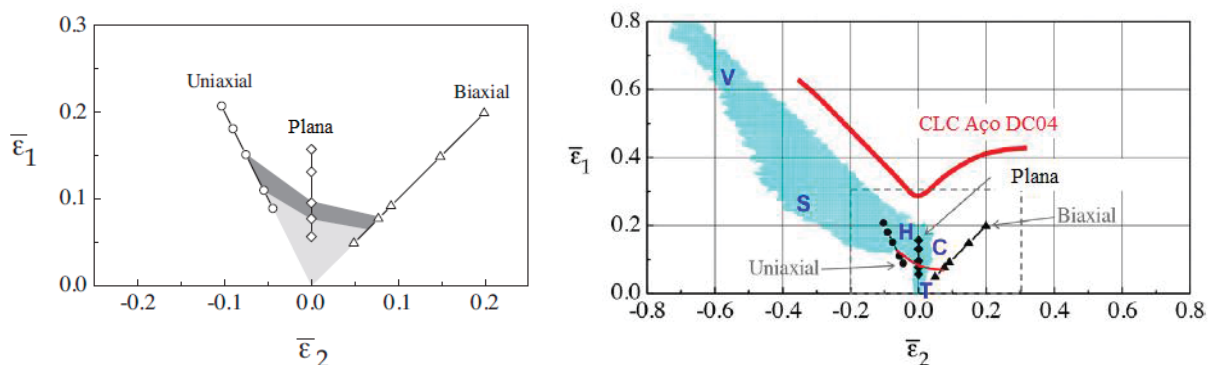
Já no modo de deformação tração equi-biaxial, obtido pelo ensaio de punção hemisférico, podem ser observados danos na superfície do revestimento antes do aparecimento de estrição e fratura do substrato. Também foi observada uma acentuada redução de espessura em ambas as camadas, sendo que as maiores

reduções tanto no substrato quanto no revestimento ocorreram à cerca de 5mm do eixo central do domo.

Bastos *et al.* (2015) construíram curvas CLC para o revestimento, conforme mostrado na FIGURA 29a, baseado em dados da caracterização de corpos de prova de chapas com revestimento orgânico submetidos a uma imersão em 5% de NaCl e através de uma técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), estabeleceram como critério de falha valores críticos para algumas variáveis de resposta deste processo.

Bastos *et al.* (2015) para validar a previsão da CLC do revestimento, fizeram experimentos utilizando copos quadrado embutidos. Entretanto, a distribuição de deformações gerada neste tipo de geometria é bastante vasta e transcende o espaço de inferência da CLC do revestimento obtido, como pode ser constatado na FIGURA 29b.

FIGURA 29 – (A) CLC REVESTIMENTO POR EIE; (B) DISTRIBUIÇÃO DAS DEFORMAÇÕES EM COPO QUADRADO EMBUTIDO



FONTE: Bastos *et al.* (2015)

2.4.2 Ruptura do filme de revestimento

Ocorre quando o filme falha, pois a tensão excede o limite da tensão de máxima de cisalhamento do filme, e pode ser observado na FIGURA 30.

Son *et al.* (2015) realizaram um estudo no qual desenvolveu uma curva limite de ruptura (CLR), prevendo assim os pares de deformações principais mínimas e máximas que indicam o início da ruptura do filme de revestimento polimérico. O objetivo da obtenção da CLR foi a caracterização e modelamento das propriedades do material estabelecendo os limites de conformação possibilitando a previsão da

ocorrência de falhas por ruptura do filme de revestimento polimérico através de análise de elementos finitos.

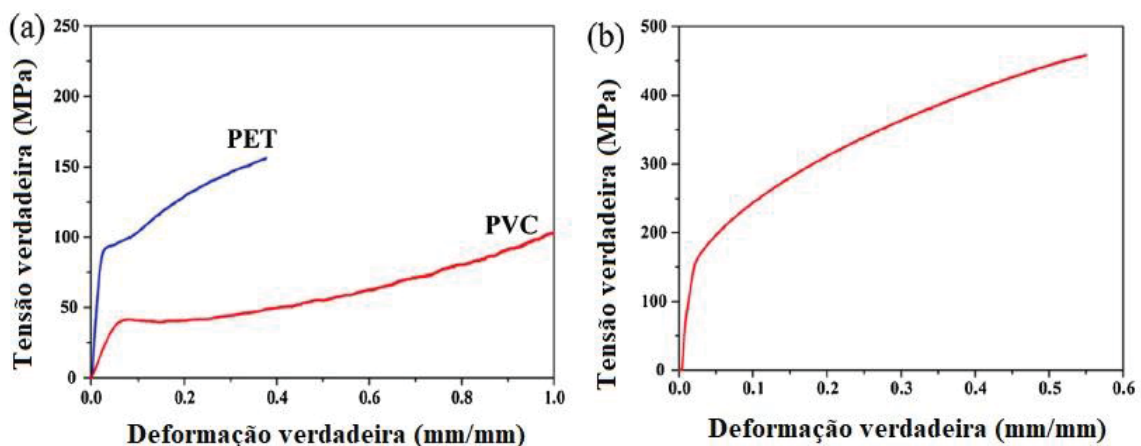
FIGURA 30 – MODO DE FALHA RUPTURA DO FILME PET



FONTE: (Son *et al.*, 2015)

Son *et al.* (2015) utilizaram como material para a realização de seu estudo a chapa metálica com revestimento de filme VCM. Primeiramente, foram realizados ensaios de tração nos filmes de revestimento polimérico separadamente (PVC e PET), bem como no substrato de aço. As curvas de tensão x deformação verdadeiras podem ser observadas na FIGURA 31.

FIGURA 31 – CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA (A) PET E PVC, (B) AÇO



FONTE: Son *et al.* (2015)

Segundo Son *et al.* (2015), filmes poliméricos utilizados no revestimento de chapas metálicas, como o PVC e o PET, normalmente possuem um alongamento total maior que o aço, entretanto, especificamente o filme PET utilizado em seu estudo apresentou um alongamento menor que o aço devido aos processos de

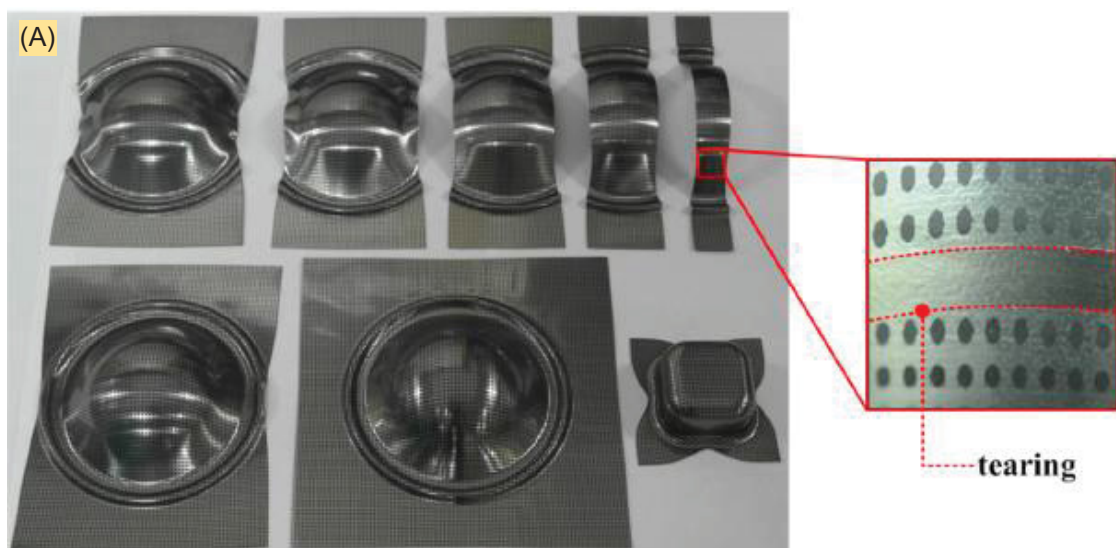
envelhecimento higrotérmico e de escovamento realizados neste filme de PET para conferir a aparência de chapa de aço laminada.

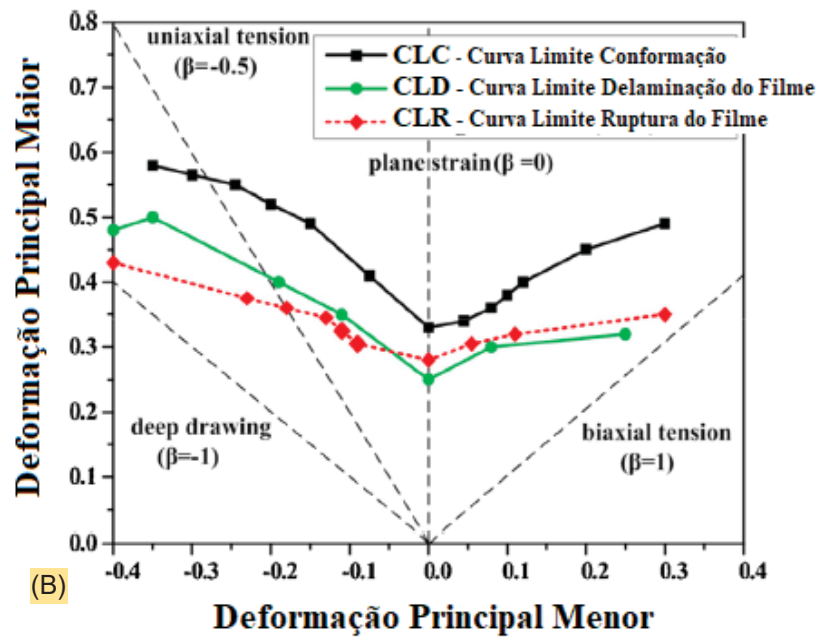
Son *et al.* (2015) então construíram a CLR plotando os pares de deformações críticas obtidas através do ensaio de altura limite do domo (LDH – *limit dome test*), realizado segundo ASTM E2218:2008, e do ensaio de embutimento profundo de copo quadrado para melhor induzir os modos de deformação embutimento e compressão uniaxial, conforme mostrado na FIGURA 32a. O critério de falha para interrupção do ensaio foi detectar o momento da ocorrência da delaminação via sistema de emissão acústica, e medição ótica através do sistema Argus da GOM.

A CLR construída por Son *et al.* (2015) pode ser observada na FIGURA 32b (curva na cor vermelha). Há certa semelhança com a CLC do substrato de aço, representada pela curva preta, entretanto a CLR está situada abaixo da CLC, demonstrando novamente que a fratura do filme PET ocorre antes da fratura do substrato de aço.

A caracterização de chapas metálicas revestidas com filmes poliméricos através da CLR se mostrou uma ferramenta bastante eficiente para modelamento do revestimento e posterior previsão da conformabilidade através da simulação numérica pelo método dos elementos finitos, entretanto, curvas similares para os demais modos de falha do revestimento também devem ser consideradas, tal qual a curva na cor verde (CLD) mostrada também na FIGURA 32b e descrita na seção 2.4.6.

FIGURA 32 – (A) AMOSTRAS ENSAIO LDH E EMBUTIMENTO PROFUNDO; (B) DIAGRAMA DOS MODOS DE FALHA DAS CHAPAS COM REVESTIMENTO VCM





FONTE: Son *et al.* (2015).

2.4.3 Perda de brilho

A retenção de brilho, oposto da perda de brilho, é um indicador primário da performance estética da conformação de chapas pré-pintadas, e está associada com a formação de trincas e conseqüentemente à potencial corrosão. A FIGURA 33 mostra esta possível associação da perda de brilho com a formação de microtrincas para diferentes níveis de deformação (FORMING PREFINISHED STEELS – ARCELOR MITTAL, 2012).

Behrens *et al.* (2017) desenvolveram um método para determinar a perda de brilho induzida pela conformação de chapas metálicas com revestimento orgânico. O ensaio se baseou no ensaio com ferramental de Marciniak, mas modificado para medir os valores do brilho e das deformações principais simultaneamente. Como critério, Behrens *et al.* adotaram uma perda de brilho máxima de 50%. A peça utilizada no estudo foi um painel frontal de lavadora de roupas. Através da Curva Limite de Perda de Brilho, as regiões críticas quanto à ocorrência de perda de brilho foram identificadas. Um comparativo dos resultados experimentais e simulativos mostraram alta coerência. Conseqüentemente, o método desenvolvido se mostrou efetivo em prever a perda de brilho através de simulação, auxiliando assim o desenvolvimento do produto e do processo.

FIGURA 33– PERDA DE BRILHO COM EVOLUÇÃO DA DEFORMAÇÃO

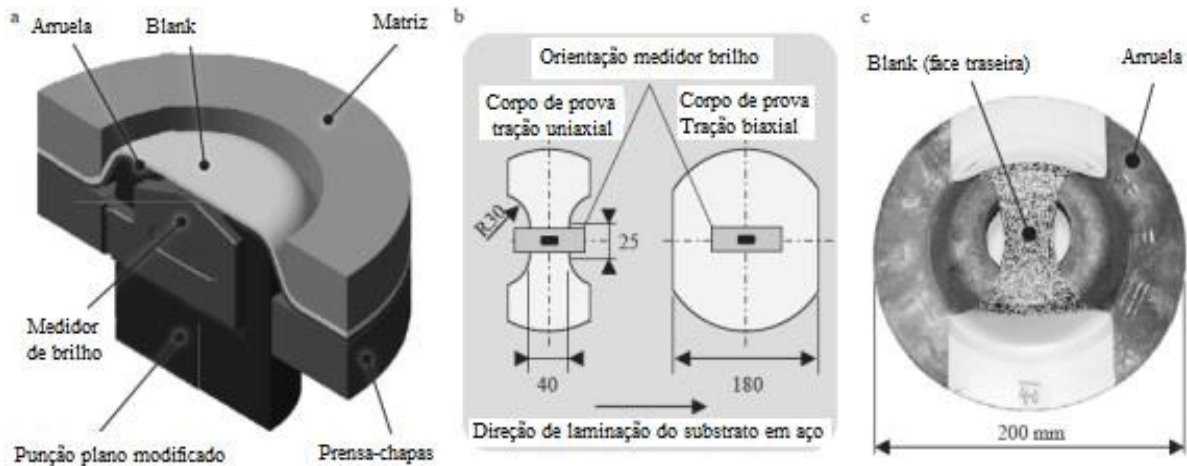
Deformação	0%	10%	20%
Brilho a 60°	63,5	24,9	13,8
Perda de Brilho	0%	60%	78%
Microtrincas?	Não	Não	Não

30%	40%
11,2	7,8
82%	60%
Em Nucleação	Sim

FONTE: ArcelorMittal (2012).

A principal diferença deste método desenvolvido por Behrens *et al.* (2017) em relação à métodos anteriores é a medição simultânea, contínua e em tempo real dos valores de brilho e deformações principais durante o ensaio. Os ensaios anteriores, realizados por Tekkaya (2010), Behrens e Gaebel (2013) e Goldschmidt (2014), utilizaram o ferramental Nakajima, entretanto, somente o ferramental Marciniak permite a integração de um medidor de brilho devido à área plana do punção. A FIGURA 34a mostra uma vista em corte do ferramental Marciniak modificado. Foi usinado um alojamento no punção para o medidor de brilho, que está montado sobre molas para ficar em contato continuamente com a chapa.

FIGURA 34 – (A) FERRAMENTA MARCINIAK MODIFICADO, (B) E (C) CORPOS DE PROVA



FONTE: Behrens *et al.* (2017).

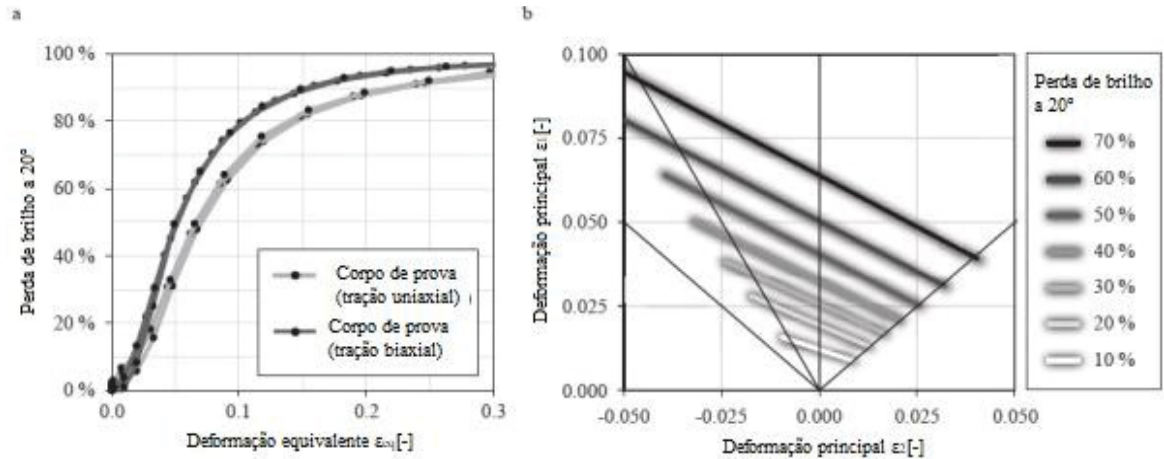
Behrens *et al.* (2017) utilizaram apenas dois corpos de prova segundo as geometrias mostradas na FIGURA 34b, isto pois, eles relatam que estudos anteriores mostraram que as curvas de limite de perda de brilho do revestimento podem ser descritas no diagrama de deformações principais como linhas retas, e conseqüentemente, dois pontos bastam para descrevê-las, sendo um no modo de deformação tração uniaxial e outro no modo tração equi-biaxial. A FIGURA 34b também mostra a orientação do medidor de brilho com relação ao corpo de prova, bem como a orientação do corpo de prova com relação a direção de laminação do substrato.

Outro aspecto bem característico deste ensaio desenvolvido por Behrens *et al.* (2017) é que a face com o revestimento orgânico deve ficar em contato com o punção para permitir a medição do brilho. Por sua vez, a face inferior é marcada um padrão estocástico para medição dinâmica das deformações através de um sistema de medição ótico. Behrens *et al.* assumem que as superfícies inferior e superior da chapa são deformadas de forma idêntica, e assim correlaciona o efeito no brilho medido em uma face com as deformações principais medidas na face oposta.

Behrens *et al.* (2017) mostram na FIGURA 35a os resultados para as medições da perda do brilho como função deformação equivalente total ϵ_{eq} segundo Von Mises. Devido ao alto brilho no estado inicial da chapa revestida, de acordo com a DIN EN ISO 2813, o ângulo de 20° é relevante para a avaliação deste revestimento. Os resultados mostram a progressão da perda de brilho relativo causado pelo aumento da deformação, e os pontos do gráfico foram obtidos a cada intervalo de 1,5

segundos. O modo de deformação tração equi-biaxial mostrou uma perda de brilho maior que no modo de deformação tração uniaxial.

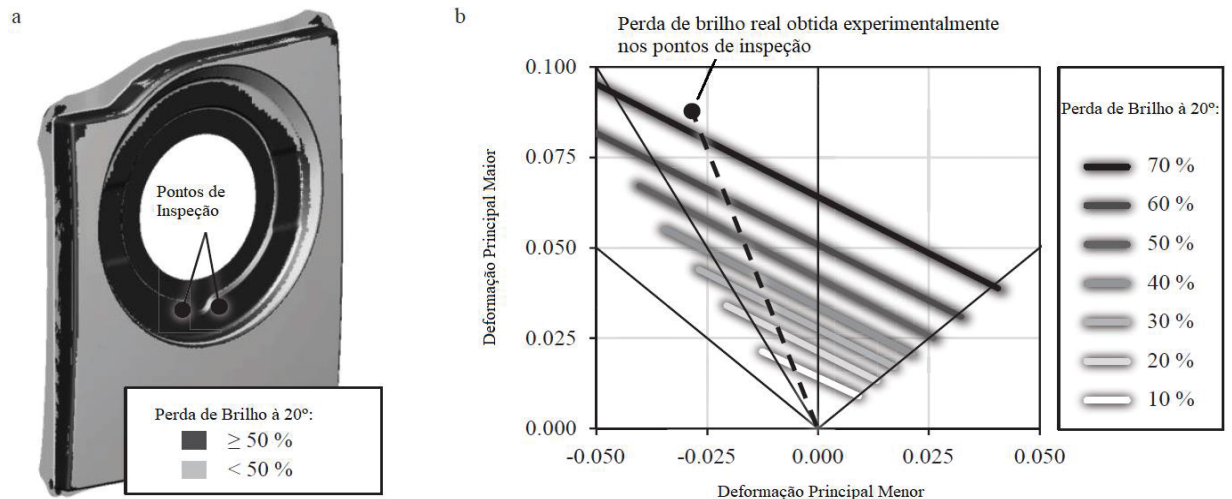
FIGURA 35 – (A) PERDA DE BRILHO X DEFORMAÇÃO EQUIVALENTE, (B) DIAGRAMA LIMITE DE PERDA DE BRILHO



FONTE: Behrens (2017).

Behrens *et al.* (2017) então representaram estes dados na forma de Curva Limite para a Perda de Brilho do revestimento, mostrada na FIGURA 35b, obtendo as linhas retas por interpolação dos dados em incrementos de 10% da perda de brilho. Um limite máximo para a perda de brilho pode ser adotado de acordo com a aplicação do material. Para o frontal de lavadora de roupa utilizado em seu estudo, e considerando a visibilidade da área pelo consumidor, uma perda de 50% do brilho é aceitável e foi então definida como o limite pelo fabricante deste componente.

FIGURA 36 – (A) SIMULAÇÃO NUMÉRICA SOB CRITÉRIO DA CURVA LIMITE PERDA DE BRILHO, (B) DIAGRAMA LIMITE PERDA DE BRILHO



FONTE: Behrens *et al.* (2017).

Na FIGURA 36a, Behrens *et al.* (2017) mostraram o resultado da simulação numérica de conformação do frontal da lavadora, tendo como critério de falha a perda de brilho acima de 50%, obtida através da Curva Limite de Perda de Brilho da FIGURA 35b. Deformações acima desta curva são mostradas na FIGURA 36a em cor escura. Nos pontos de inspeção, a simulação indicou uma perda de brilho acima de 70%, valor este muito próximo à média de 71,7% obtida por leituras reais em três peças conformadas a partir de chapas pré-revestidas. Para estas leituras reais, o filme protetivo foi removido após a conformação da peça.

2.4.4 Riscos e sovamentos

O material é removido da superfície do revestimento quando este entra em contato com arestas cortantes, cantos-vivos ou partes móveis de uma ferramenta. Isto causa a formação de riscos ou marcas na superfície, danificando o revestimento (PUROHIT, 2010; KIM *et al.*, 2003).

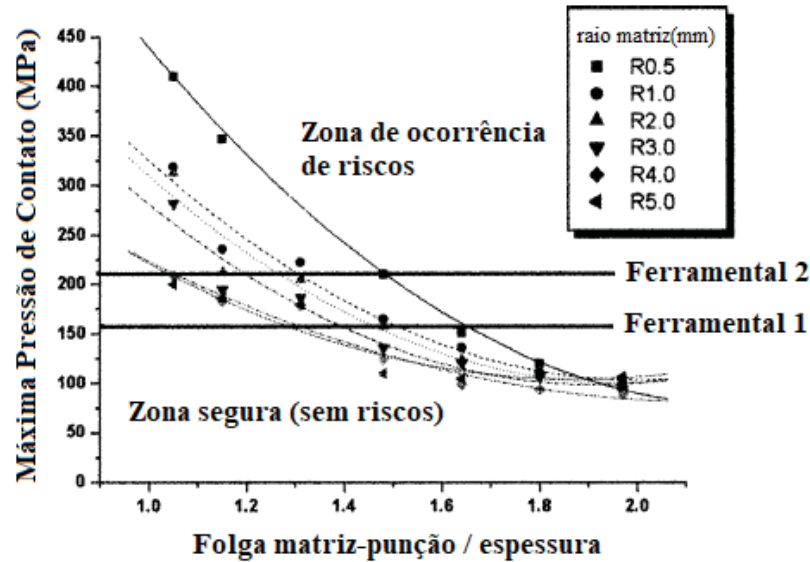
Na verdade, este modo de falha é considerado um dano de contato e está associado a aspecto tribológicos das superfícies que interagem, não necessariamente uma aresta cortante a nível macroscópico.

Kim *et al.* (2003) investigaram as características da formação de riscos em chapas metálicas com revestimento orgânico através de ensaios de dobra U, tendo como objetivo entender as condições de processo que ajudam a prevenir a formação de riscos. Eles constataram que o material e folga entre punção e matriz tem um efeito significativo na característica da formação de riscos. Simulações por elementos finitos também foram realizadas para determinar o limite de formação de riscos no revestimento. Através destas simulações, a pressão de contato foi calculada para diferentes configurações de folga e raio da matriz, e a região com máxima pressão de contato foi comparada com as regiões onde ocorreu a formação de riscos no ensaio experimental de dobramento U. Foi adotado um coeficiente de atrito de 0,07 e uma velocidade de deslocamento do punção de 10mm/s. As forças de dobra experimentais e da simulação mostraram uma boa correlação.

Na FIGURA 37, Kim *et al.* (2003) apresentaram o diagrama mostrando o limite de ocorrência de riscos em função da pressão de contato e da folga matriz e punção para duas ferramentas com materiais distintos. A diferença entre os limites encontrados para as distintas ferramentas é resultante do melhor acabamento

superficial do ferramental 2, resultando em uma menor rugosidade superficial ($R_a = 0,18 \mu\text{m}$) quando comparado ao ferramental 1 ($R_a = 0,61 \mu\text{m}$).

FIGURA 37 – ZONA SEGURA E DE OCORRÊNCIA DE RISCOS NO REVESTIMENTO



FONTE: Kim *et al.* (2003).

Jaworski e Schmid (1999) estudaram a utilização de chapas metálicas com revestimento polimérico na fabricação de latas pelo processo de *ironing*. Os experimentos demonstraram que a integridade do revestimento era fortemente influenciada pelo desenho do ferramental e condições de processo. Huang (2001) explorou os efeitos da temperatura na resistência do revestimento durante o processo de *ironing*.

Selles *et al.* (2021) apresentaram uma alternativa para a fabricação de latas para a indústria alimentícia a partir de um novo material desenvolvido pela ArcelorMittal, sendo basicamente uma bobina de aço sobre a qual em ambas as faces uma dupla camada de PET é diretamente extrudada. Foi possível verificar experimentalmente que o material suportou todos os processos de manufatura envolvidos, incluindo o processo de conformação. Eles realizaram testes em um simulador do processo de *ironing*, medindo a rugosidade, coeficiente de atrito e qualidade superficial. Neste estudo eles conseguiram maximizar a adesão na interface aço-polímero pela seleção apropriada do polímero, bem como melhorar a conformabilidade do material através da modificação das propriedades mecânicas das camadas poliméricas e da alteração da espessura de cada camada.

Segundo Purohit (2010) grande parte da formação de riscos e perda de brilho do revestimento durante a conformação das chapas metálicas pré-revestidas acontece quando a chapa é dobrada e desdobrada sobre o raio da matriz, e o estudo detalhado do desgaste superficial pode reduzir os danos à superfície do revestimento. Desgaste superficial é definido como a perda gradual de material de um corpo devido ao atrito com outro corpo. Na conformação o desgaste acontece também por diferentes mecanismos, ocasionando a formação de riscos na superfície do produto final.

Ainda segundo Purohit (2010) o desgaste pode ser classificado em cinco tipos básicos, sendo eles a deformação, o desgaste da camada superficial, o desgaste por adesão, o desgaste abrasivo e o desgaste por fadiga. O desgaste da camada superficial é também chamado de mecanismo de desgaste tribológico, e tem relação direta com as condições de atrito. Por sua vez, o atrito é definido como a força de resistência ao movimento relativo entre dois corpos em contato. Amontons (1699) e Coulomb (1785) deram origem as três leis fundamentais do atrito:

- a) lei 1 (Lei de Coulomb): A força de atrito é diretamente proporcional à força normal aplicada.
- b) lei 2: A força de atrito é independente da área de contato aparente.
- c) lei 3: A força do atrito é independente da velocidade de deslizamento.

Segundo Purohit (2010), essas leis formam o conceito básico do atrito e seu estudo na conformação das chapas metálicas. Entretanto, o atrito na conformação depende da área de contato verdadeira entre as superfícies a qual é muito pequena se comparada à área aparente de contato. Esta área de contato verdadeira é formada pela interação entre as irregularidades das superfícies, e por sua vez, estas interações aumentam à medida que a força normal também aumenta. Este aumento das interações entre as irregularidades causa ainda mais desgaste por adesão, afetando as forças de atrito e cria um novo perfil de irregularidades, o que causa novamente alterações da força de atrito.

Ainda segundo Purohit (2010), na conformação de chapas, o atrito depende de parâmetros que não estão descritos nas três leis fundamentais do atrito. Estes parâmetros podem ser divididos em três grupos principais: os parâmetros geométricos (a geometria da ferramenta e as características de superfície da ferramenta e da

chapa), os parâmetros de processo (a força normal e a velocidade de deslizamento) e o sistema de lubrificação.

Para o caso da conformação de chapas com revestimento orgânico, também há de se considerar a resistência ao risco do polímero. Purohit (2010) faz uma revisão deste assunto, abordando o mecanismo da falha a nível microscópico e macroscópico. A nível microscópico foi descoberto que a rugosidade superficial não teve efeito claro na ocorrência de riscos para todos os materiais estudados, entretanto, propriedades mecânicas como a ductilidade e as características da cadeia epóxi mostraram ter efeito significativo na formação de riscos na superfície. Já a nível macroscópico existem diversos métodos para caracterização da resistência ao risco, desde o mais simples e mais utilizado atualmente na indústria, dureza a lápis, passando por outros mais sofisticados com teste dos cinco dedos de Ford, pino no disco, abrasão Taber, teste da agulha. Wong (2004) propôs um novo ensaio que aplicava uma carga linear crescente que eliminaria o ruído da aplicação da força existente nos demais testes e ainda permitiria quantificar a resistência ao risco do polímero.

Entre as conclusões de Purohit (2010) destacam-se: à medida que raio da matriz decresce, a pressão de contato aumenta, levando a um maior atrito e conseqüente maior formação de riscos; com as três condições de lubrificação adotadas, ficou bastante evidente sua influência, sendo que na condição de lubrificante puro foram obtidos os menores coeficientes de atrito e a melhor condição de superfície da chapa metálica com revestimento orgânico. Já na condição diluído, portanto, com menor viscosidade, o coeficiente de atrito aumentou, e para a condição a seco tanto o atrito quanto os danos a superfície da chapa revestida foram os maiores.

Entretanto, comparando os efeitos do raio da matriz com os efeitos da condição de lubrificação, o raio da matriz se mostrou mais significativo. Purohit atribui a isso o fato de que o revestimento polimérico age como um lubrificante sólido. Revestimentos poliméricos com textura superficial sofreram maiores danos que os revestimentos sem textura. As maiores pressão de contato e tensões ocorrem no início da conformação.

O pico da pressão de contato no início da operação de conformação também foi identificado por Pereira *et al* (2008) ao estudarem a evolução da pressão de contato e sua relação com o desgaste na conformação de chapas. Eles identificaram uma resposta transitória com a pressão de contato alcançando valores duas vezes maiores

do que durante a fase estável, e ocorrendo nos estágios iniciais do processo de conformação, o que não estava previsto anteriormente na literatura.

Por fim, através de análise numérica, Pereira *et al* (2008), também concluíram que a elasticidade do ferramental deve ser considerada no modelamento do processo para obter uma resposta de pressão de contato mais precisa. Os fatores que apresentaram efeitos mais significativos quanto ao pico de pressão de contato foram o raio da matriz, a espessura da chapa e a tensão limite de resistência do material. O coeficiente de atrito e a força do prensa-chapas mostraram um efeito pouco significativo.

2.4.5 Deplacagem

Ocorre quando a força de adesão entre as camadas da chapa metálica com revestimento polimérico é reduzida pelo efeito das tensões induzidas na chapa durante a conformação.

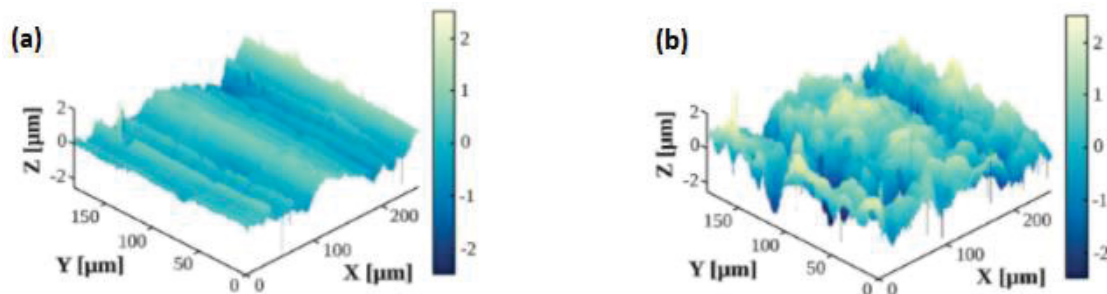
Apesar da aderência entre as camadas ser fortemente afetada pela deformação, frequentemente este dano não é visível imediatamente após a conformação das latas para armazenamento de alimentos. Este dano pode se manifestar posteriormente durante a vida do produto, o que poderia resultar na corrosão da parede interna da lata, comprometendo a qualidade do alimento enlatado (VAN BEECK *et al.*, 2015a).

Liu *et al.* (2020) estudaram o mecanismo de adesão de micro interface das chapas de aço com revestimento polimérico, utilizadas na indústria da embalagem de alimentos, através de um método experimental de revestimento combinado com a tecnologia de simulação a nível microescala. Os princípios de mecânica quântica e dinâmica molecular se mostraram ferramentas vantajosas para estudar o mecanismo de interação entre metais e não metais. A dinâmica molecular pode simular a lei de interação entre os átomos de um sistema complexo em escala atômica. Já a mecânica quântica pode estudar a lei de deslocamento das partículas microscópicas dos materiais.

É de domínio público que um metal policristalino como o aço, tenha a rugosidade superficial aumentada quando deformada devido as diferenças cristalográficas entre os grãos e outros fenômenos associados à plasticidade.

Raabe *et al.* (2003) estudaram o aumento da rugosidade superficial induzido pela deformação em amostras de aços revestidos eletroliticamente com cromo para a indústria de embalagens de alimentos. A análise dos perfis superficiais das amostras antes e após a submeter as amostras a um ensaio de tração é mostrado na FIGURA 38. Pode ser constatado que antes da aplicação da tração, a amostra exibia a presença de um perfil de superfície oriundo do processo de laminação. A tração uniaxial foi então aplicada na direção transversal a direção de laminação, transformando completamente o perfil de rugosidade da superfície.

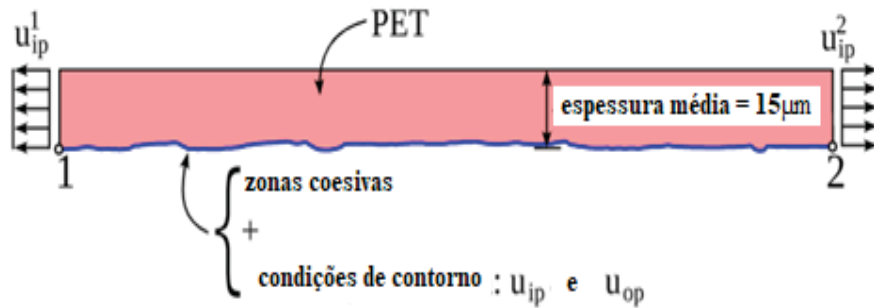
FIGURA 38 – PERFIL DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE CHAPA DE AÇO (A) NÃO DEFORMADA, (B) APÓS ENSAIO DE TRAÇÃO



FONTE: Raabe *et al.* (2003).

Van Beeck *et al.* (2015a) desenvolveram um método numérico experimental para estudar o efeito do aumento de rugosidade superficial induzida por deformação na interface polímero-aço. Uma metodologia de correlação de imagem digital baseada em elementos finitos foi desenvolvida para extrair o campo de deslocamentos de um aço revestido no estado plano de deformação. O aço não teve que ser modelado explicitamente, pois os deslocamentos experimentais medidos foram aplicados diretamente na interface. A camada de PET foi modelada para um grau de PET diferente para prever o comportamento do PET realístico. Já os parâmetros para interface foram definidos próximo aos parâmetros reais esperados. Um desenho esquemático do modelo é mostrado na FIGURA 39.

FIGURA 39 – MODELO NUMÉRICO EXPERIMENTAL PARA AUMENTO DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL INDUZIDA POR DEFORMAÇÃO

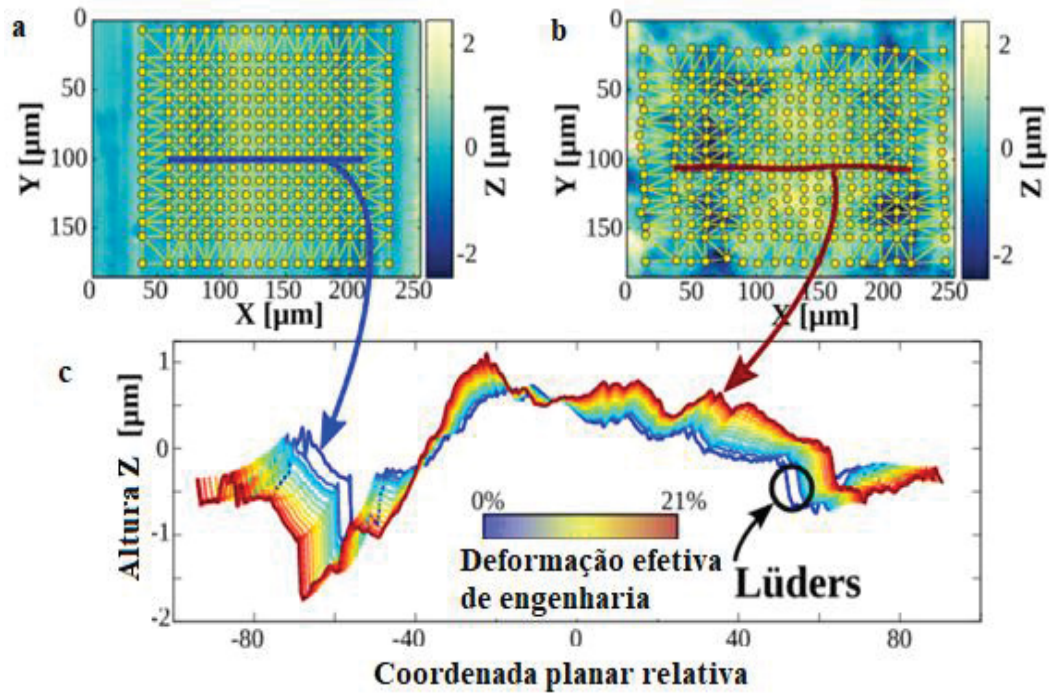


FONTE: van Beeck *et al.* (2015a)

A FIGURA 40a mostra o estado inicial do perfil da superfície modelada, enquanto a FIGURA 40b mostra a evolução deste perfil de superfície após aplicada a deformação, e pode ser claramente constatado que a superfície do aço está alongada no plano. A FIGURA 40c mostra o resultado da redução de variáveis, transformando os deslocamentos no espaço 3D para deslocamentos no plano (X e Y projetados num eixo linear) e fora do plano (cota Z). A formação dos picos e vales pode ser visualizado no eixo z, na forma de mapa de cor para as FIGURAS 40a e 40b, e na alteração do formato da curva da FIGURA 40c.

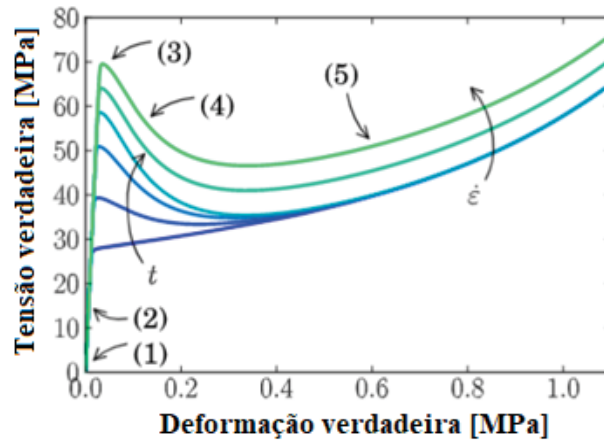
Van Beeck *et al.* (2015b) mostraram um exemplo típico da resposta intrínseca de polímeros com comportamento vítreo sobre tração uniaxial. Conforme mostrado na FIGURA 41, primeiro o polímero mostra uma resposta quase elástica linear (1), após a qual a resposta passa para viscoelástica não linear (2). Após o limite de escoamento (3) ser alcançado, dependendo do estado termodinâmico do polímero, uma perda de resistência é observada (4), o qual é superado por um endurecimento por deformação (5). Uma característica chave dos polímeros com comportamento vítreo é o fato do limite de escoamento depender da taxa de deformação aplicada.

FIGURA 40 – PERFIL DE SUPERFÍCIE (A) INICIAL, (B) APÓS A DEFORMAÇÃO, (C) EVOLUÇÃO DO PERFIL DE SUPERFÍCIE EM $Y = 100 \mu\text{m}$



FONTE: van Beeck *et al.* (2015a)

FIGURA 41 – COMPORTAMENTO MECÂNICO TÍPICO DE POLÍMERO AMORFO

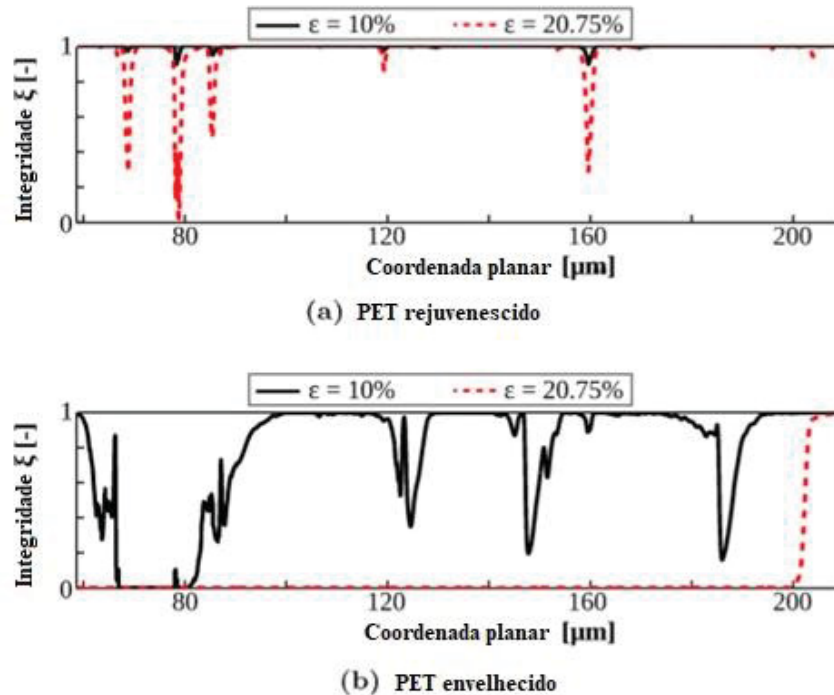


FONTE: van Beeck *et al.* (2015b)

Van Beeck *et al.* (2015a) também analisaram a integridade da interface entre o aço e a camada polimérica de PET. Na FIGURA 42, são mostradas as integridades de interfaces para valores de deformação de 10% e 20,75%, sendo (a) para PET rejuvenescido e (b) PET envelhecido. Ambos os perfis mostram que a integridade superficial diminui com o aumento da deformação, porém a redução no PET envelhecido é muito mais severa. O PET rejuvenescido também mostra uma redução localizada na integridade superficial, mas o dano é claramente menos severo,

indicando que o dano é retardado devido à ausência da perda de resistência mostrada na FIGURA 41 (4).

FIGURA 42 – PERFIL DE INTEGRIDADE SUPERFICIAL APÓS DEFORMAÇÕES DE 10% E 20,75% (A) PET REJUVENESCIDO, (B) PET ENVELHECIDO



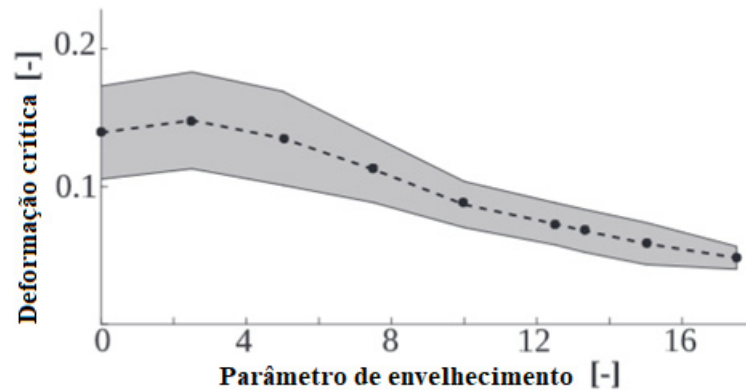
FONTE: van Beeck *et al.* (2015a)

Na FIGURA 43, van Beeck *et al.* (2015a) mostraram que a deformação crítica cresce suavemente no início do ciclo de envelhecimento do PET e a partir deste ponto passa a reduzir à medida que o PET envelhece. A deformação crítica foi definida como aquela na qual a integridade localizada cai para abaixo de 10%. O início do dano na interface é principalmente dependente de dois fenômenos, da evolução da rugosidade superficial e da ocorrência da perda de resistência. A largura da faixa cinza representa o desvio padrão entre as diferentes linhas do perfil de superfície.

Van Beeck *et al.* (2015b) também estudaram o comportamento termo-mecânico do filme polimérico e seu efeito no aparecimento e intensificação dos modos de falha de coesividade e perda de aderência. O limite de escoamento do filme polimérico depende de seu estado termodinâmico, o qual se refere ao estado de equilíbrio do polímero amorfo, ou ainda, se o polímero está próximo ou longe de seu estado de equilíbrio. Quando o polímero é resfriado abaixo de sua temperatura de transição vítrea, a mobilidade de sua cadeia polimérica diminui e o equilíbrio será atingido somente após um período de tempo muito longo, processo este denominado

envelhecimento físico. A intensidade da perda de resistência mecânica aumenta com o envelhecimento físico. O processo de deslocamento do estado termodinâmico para a direção oposta ao estado de equilíbrio é chamado de rejuvenescimento, e pode ser obtido através de um tratamento termo-dinâmico.

FIGURA 43 – ENVELHECIMENTO DO POLÍMERO NA DEFORMAÇÃO CRÍTICA



FONTE: van Beeck *et al.* (2015a)

O estudo de van Beeck *et al.* (2015b) também indicou a existência de um ponto ótimo do estado termodinâmico inicial da camada de PET. Quando rejuvenescido, exibe quase nenhuma perda de resistência durante a deformação mecânica, e como consequência a quantidade e intensidade do dano na interface foi reduzido. Por sua vez, quando envelhecido, a perda de resistência foi claramente constatada, o que resultou em maior dano na interface. Depois de aplicado o filme de PET no aço, o material pode levar alguns meses para ser utilizado no processo de conformação. Durante este período, o revestimento envelhece continuamente. Rejuvenescer o material antes da utilização, é uma boa prática recomendada para prevenir a formação de dano interfacial, potencializando o modo de falha de coesividade e perda de aderência.

Hattori *et al.* (2006) constataram que a conformabilidade do filme laminado é também importante para prevenir a deplacagem do próprio filme quando a chapa revestida é conformada. Neste estudo ele investigou o desenvolvimento de uma chapa de alumínio revestida com filme polimérico para embutimento. O filme polimérico com a temperatura de transição vítrea de 273 K obteve a melhor conformabilidade. Quando este material era processado a uma temperatura abaixo de 423 K ou acima de 523 K, a chapa revestida mostrava uma boa conformabilidade. Entretanto, quando este

processamento acontecia entre 443 K e 503 K, era observada a deplacagem do filme durante a conformação da chapa revestida.

Dong *et al.* (2017) estudaram a aplicação de um novo ensaio não destrutivo para caracterização de modos de falha no revestimento polimérico de chapas de aço. Várias técnicas de ensaios não destrutivos foram exploradas, anteriormente, para estudar os mecanismos de dano no revestimento, como espectroscopia de impedância eletroquímica, microscopia eletroquímica de varredura, emissão acústica e termografia. Entretanto, nenhuma destas gera dados quantitativos, tampouco possuem a capacidade de monitorar a condição do adesivo. Existem ainda as técnicas de microscopia acústica de varredura e laser ultrassônico que podem fornecer informações específicas de profundidade com resolução adequada para caracterização do revestimento, entretanto, a alta atenuação em materiais poliméricos limita a profundidade de penetração das ondas ultrassônicas.

Dong *et al.* (2017) então propuseram a utilização da técnica de geração de imagem por terahertz (THz) como uma técnica de ensaio não destrutivo para caracterização do revestimento de chapas metálicas. A porção de THz do espectro eletromagnético se estende desde aproximadamente 100 GHz até 10 THz, se situando entre as micro-ondas e infravermelho. A aplicação de geração de imagem por THz em metais é problemática, pois a condutividade dos metais impede a penetração da radiação THz através de sua superfície, sendo os metais tipicamente altamente refletivos na faixa de frequência do THz. Mas é justamente esta refletividade dos metais que se torna uma vantagem para o ensaio não destrutivo no revestimento.

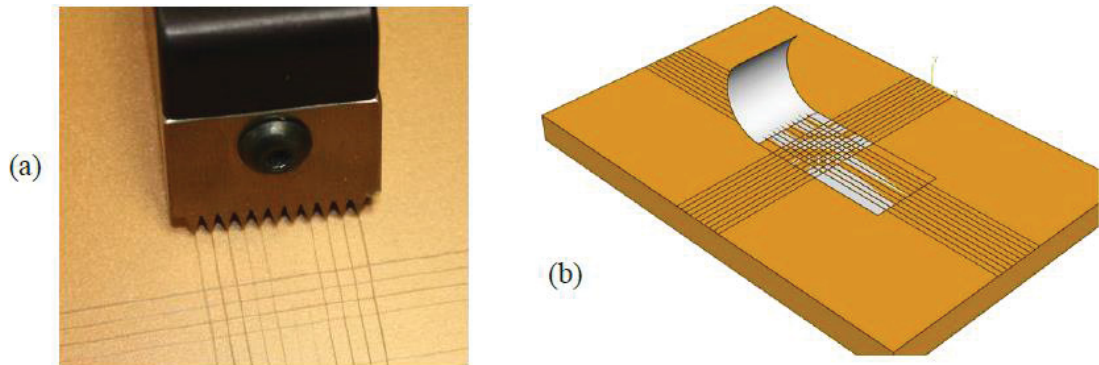
Huang (2010) realizou experimentos para investigar se a aderência do revestimento era afetada pela deformação plástica induzida durante a conformação de chapas metálicas revestidas. O teste de deplacagem foi realizado para medir quantitativamente a força de aderência de dois tipos de revestimento pré-pintado, um a base poliéster e outro a base poliuretano. As amostras foram submetidas aos modos de deformação tração uniaxial, tração equi-biaxial e embutimento. Ele constatou que ambos os materiais sofreram danos na força de aderência do revestimento ao serem submetidos aos três modos de deformação. Ele concluiu através de seu estudo que a deformação plástica pode ser prejudicial à aderência do revestimento, entretanto, uma falha extrema como a separação completa do revestimento do substrato dificilmente ocorre, e este fato pode ser constatado na indústria da conformação de chapas revestidas onde a fratura da chapa quase sempre precede à delaminação.

A completa remoção da camada de revestimento imediatamente após a conformação de fato raramente ocorre, entretanto, o dano causado pela conformação pode ser o suficiente para resultar, a médio e longo prazo, em falhas de campo nas funções do material, em especial em relação à proteção contra corrosão. Quanto à ocorrência da fratura do substrato antes da falha do substrato, isso pode ser verdadeiro para alguns tipos de revestimento como o selecionado por Huang (2010), mas para outros revestimentos já apresentados aqui nesta revisão, a falha por delaminação sim ocorre muito antes da falha do substrato. Há de se considerar também os demais modos de falha do revestimento, também já apresentados aqui nesta revisão e que antecedem a falha do substrato.

Huang (2010) fez uma revisão completa dos vários métodos para medição da aderência do revestimento ao substrato, ou testes de deplacagem. Dentre eles o mais comumente utilizado é o *crosshatch tape*, ou corte em grade do revestimento seguido de teste de aderência com fita, regido pela ASTM D3359, ISO 2409 e NBR 11003.

O teste de aderência de corte em grade consiste em cortar o revestimento em forma de grade utilizando um dispositivo de corte de múltiplas lâminas e em seguida aplicar uma fita adesiva especial sobre os cortes em grade e destacá-la em um ângulo específico e velocidade controlada e constante conforme mostrado na FIGURA 44b. Por comparação atribui-se uma escala de dano ao revestimento, mostrada na FIGURA 44c que segundo a NBR 11003 varia de GR0, sem qualquer dano ao revestimento, a GR4, sendo GR4 equivalente a uma área afetada cerca de 65%. Já na ISO 2409, essa escala vai de classe 0, equivalente a GR0 da NBR 11003, passando pela classe 4, equivalente a GR4 da ISO, mas indo além com a classe 5, na qual o dano excede 65% da área afetada. Por fim, já na ASTM D3359, a escala é invertida, começando em 5B para nenhum dano ao revestimento, até 0B para quando mais de 65% da área do revestimento testada foi afetada. Apesar do ensaio permitir gerar um resultado quantitativo contínuo através da medição direta do percentual da área afetada, por simplificação agrupam-se os valores segundo a escala adotada pela norma, tornando-se um resultado qualitativo ordinal.

FIGURA 44 – TESTE DE ADERÊNCIA DE CORTE EM GRADE, (A) DISPOSITIVO MULTILÂMINAS, (B) DESTACAMENTO COM FITA



(c)

NBR 11003	ISO 2409	ASTM D3359	% Dano	Aparência do corte em grade
GR0	Classe 0	5B	0%	
GR1	Classe 1	4B	<5%	
GR2	Classe 2	3B	5-15%	
GR3	Classe 3	2B	15-35%	
GR4	Classe 4	1B	35-65%	
-	Classe 5	0B	>65%	-

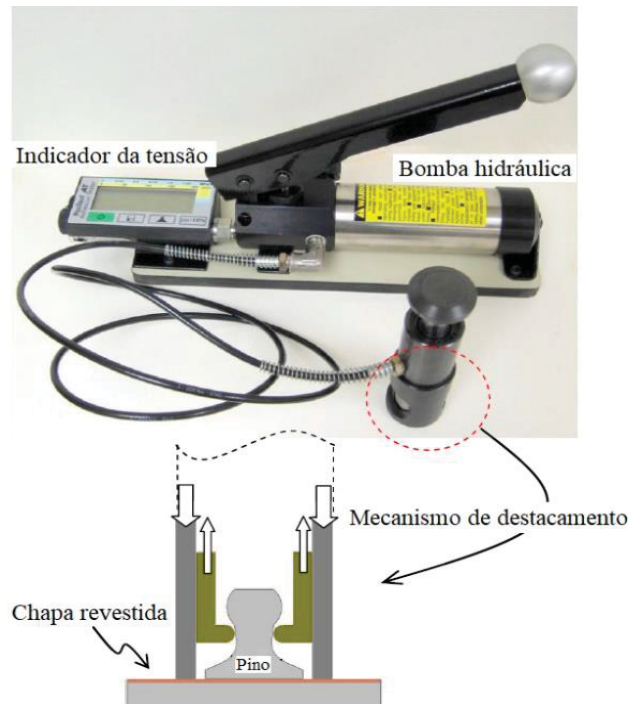
FONTE: Huang (2010) e normas NBR 11003, ISO 2409 e ASTM D3359.

Huang (2010) fez também uma breve revisão do teste de arrancamento, *pull-off*, segundo ASTM D4541, no qual um pino metálico é colado no revestimento e um dispositivo hidráulico aplica uma força normal à chapa, puxando o pino até a remoção do revestimento ou rompimento do adesivo utilizado para colá-lo ao revestimento, conforme ilustrado na FIGURA 45. Este método, portanto, mede diretamente a força de destacamento, ou deplacagem, do revestimento em relação ao substrato, e de forma quantitativa.

Entretanto, este teste está limitado a corpos de prova planos, sendo esta condição raramente encontrada na conformação de chapas, tanto na obtenção das

peças finais quanto na forma dos corpos de prova dos ensaios que induzem os diferentes modos de deformação. Para contornar esta restrição de utilização do ensaio de arrancamento somente em corpos de prova plano, Huang induziu os diferentes modos de deformação através dos ensaios de tração uniaxial, tração biaxial e Yosida modificado, que mantém o corpo de prova com uma planicidade aceitável.

FIGURA 45 – DISPOSITIVO DE TESTE DE ARRANCAMENTO



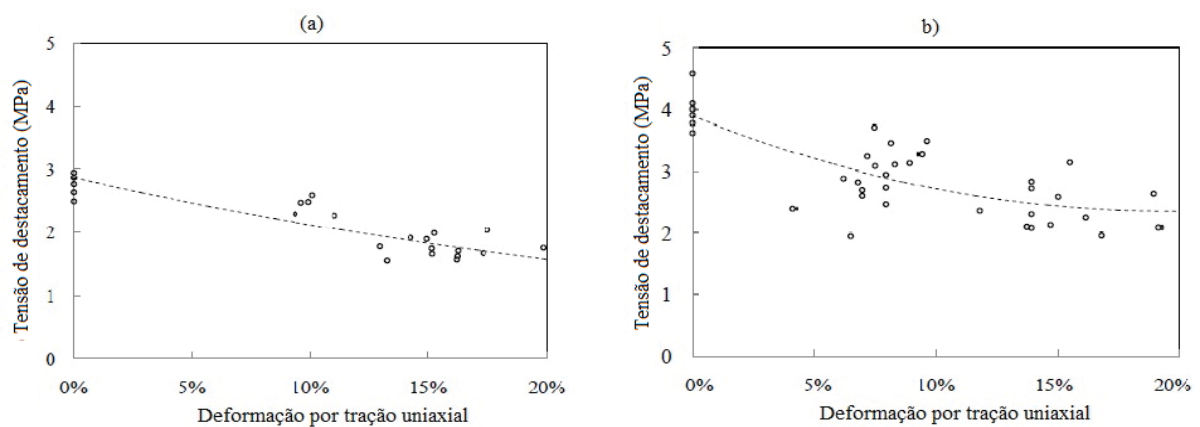
FONTE: Huang (2010).

Existem ainda diversos métodos experimentais para medição da resistência à fratura na interface substrato-revestimento. Entretanto eles requerem uma preparação das amostras e pós-processamento demorados e de custo significativo. Os diversos testes relatados por Huang (2010) são tipicamente aplicados para verificar a eficiência do processo de revestimento, seja este processo realizado por pintura ou pela aplicação de filme polimérico laminado. Mede-se então, qualitativamente ou quantitativamente, a aderência dos revestimentos ao substrato. Estes testes são executados após o processo de revestimento e antes de qualquer processo intermediário, como a conformação plástica. Portanto, estes testes são aplicáveis no caso das peças estampadas e pós-pintadas, ou então nas chapas pré-revestidas, mas neste caso antes da conformação da peça, para que as deformações não alterem as características e propriedades mecânicas das camadas do revestimento.

Entretanto, para o propósito deste trabalho, justifica-se a aplicação do ensaio de aderência de corte em grade após a conformação, medindo-se assim o efeito das deformações no comportamento dos revestimentos. Como melhor quantificar este ensaio para converter posteriormente em uma curva característica do material é uma questão que será abordada durante a experimentação. O teste de *pull-off*, seria bastante interessante por gerar uma variável de resposta quantitativa contínua e direta da força, porém, sua restrição para chapas planas, impede seu uso em peças não planas, como os corpos de prova Nakajima. E seria este teste aplicável e de resultados consistentes nos corpos de prova tipo Marciniak? Essa diferença na curvatura pode ser compensada por um pino também curvo ou por uma camada espessa de adesivo? Desconsiderar o momento fletor, induzido pela curvatura da chapa, subestima as tensões que atuam na interface revestimento-substrato?

Os resultados obtidos por Huang (2010) em relação a perda de aderência resultante dos modos de deformação induzidos são mostrados nos gráficos a seguir. Na FIGURA 46 são mostrados os resultados do modo de deformação tração uniaxial, sendo o gráfico (a), referente ao material pré-pintado à base poliéster, e o gráfico (b) referente ao material pré-pintado à base poliuretano. Em ambos, pode ser constatado uma perda de aderência do revestimento ao substrato devido à redução na tensão de arrancamento do revestimento conforme a deformação por tração uniaxial aplicada aumenta.

FIGURA 46 – PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO APÓS TRAÇÃO UNIAXIAL (A) PRÉ-PINTADO À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO

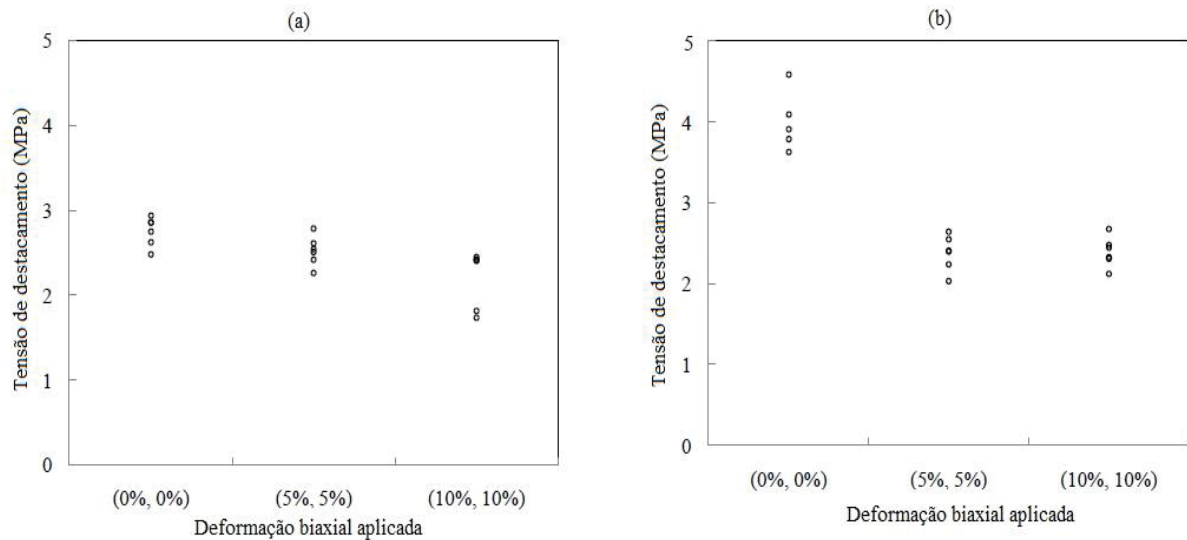


FONTE: Huang (2010).

Já na FIGURA 47, são mostrados os resultados da influência do modo de deformação por tração biaxial na aderência do revestimento ao substrato. No gráfico

(a), Huang (2010) concluiu que houve uma redução da aderência no material pré-pintado à base poliéster. E no gráfico (b), ele afirma que houve uma perda ainda mais acentuada no material pré-pintado à base poliuretano, evidenciando que a aderência foi afetada significativamente pelo modo de deformação biaxial.

FIGURA 47 - PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO APÓS TRAÇÃO BIAxIAL, (A) PRÉ-PINTADO À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO



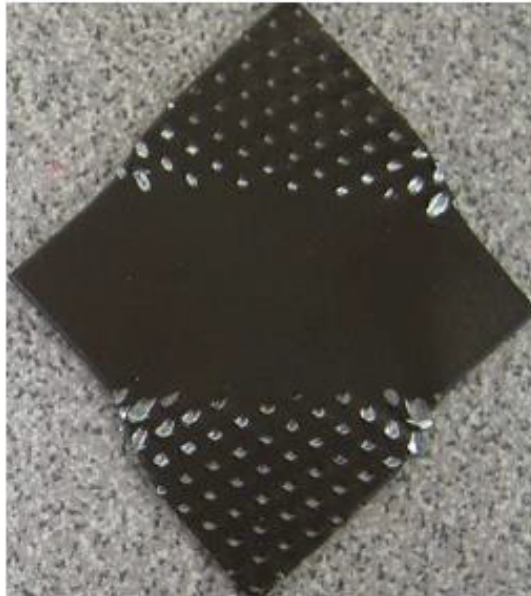
FONTE: Huang (2010).

A análise deste autor para os gráficos da FIGURA 47 difere um pouco de Huang (2010). No gráfico (a), a redução foi bastante sutil, em especial no percentual maior, o que precisaria ser explicado. No gráfico (b), realmente houve uma queda acentuada no primeiro nível de deformações (5%, 5%), mas para o segundo nível houve o inverso, um aumento da aderência. É possível que estes resultados tenham relação com o fato de que Huang ter induzido o modo de deformação tração biaxial através de duas etapas do ensaio de tração uniaxial, rotacionando o corpo de prova em 90° entre as duas etapas. Como não foi realizada a medição das deformações verdadeiras principais, espera-se que o modo de deformação obtido não tenha sido verdadeiramente o de tração biaxial. Isto pode explicar o porquê a perda de aderência pareceu não ter o efeito significativo esperado como relatado em outros trabalhos como Son (2015), Behrens (2017).

Para induzir o modo de deformação tração-compressão, Huang (2010) adaptou o ensaio de Yosida, utilizando um corpo de em forma de losango, e aplicando tração uniaxial em dois vértices opostos, como mostrado na FIGURA 48. A FIGURA 49 traz os gráficos que mostram o efeito na aderência medido através da tensão de

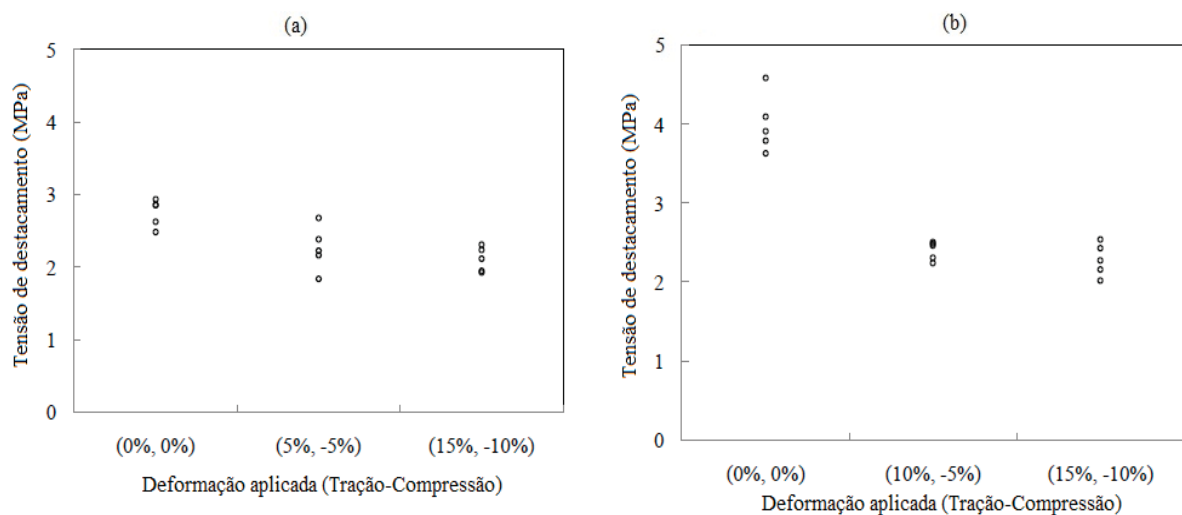
destacamento novamente decrescendo com o aumento da deformação tração-compressão, tanto para o material pré-pintado à base poliéster (a), quanto para o material pré-pintado à base poliuretano.

FIGURA 48 – TESTE DE YOSIDA MODIFICADO



FONTE: Huang (2010).

FIGURA 49 - PERDA DE ADERÊNCIA DO REVESTIMENTO INDUZIDO POR TRAÇÃO-COMPRESSÃO (A) TINTA À BASE POLIÉSTER, (B) À BASE POLIURETANO



FONTE: Huang (2010).

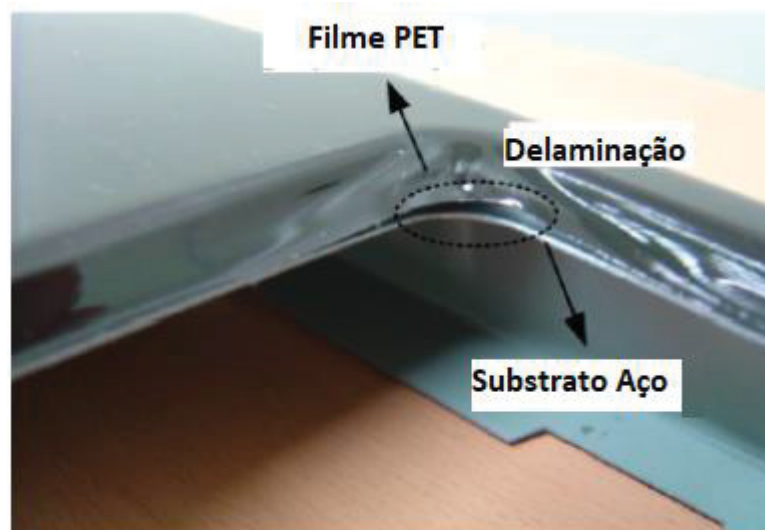
Para o estudo proposto neste trabalho, serão utilizadas as deformações obtidas pelo ensaio Nakajima nos respectivos modos de deformação, correlacionando-as com a perda de aderência. Esta correlação permitirá criar curvas

limite associando as deformações críticas que causam determinados níveis de perda de aderência, que serão utilizadas posteriormente para o modelamento numérico do comportamento do material.

2.4.6 Delaminação

A delaminação é definida como a perda total da aderência entre camadas que formam as chapas revestidas, quando esta ocorre nas arestas da chapa. Ocorre quando o adesivo, que tem como função manter a coesividade entre as camadas de filme laminado e substrato, falha devido às tensões geradas durante a conformação. É um modo de falha mais característicos dos revestimentos com filmes laminados, em especial do filme PET. De fato, o que pode ser observado é que o filme composto PET se separa, deixando a parte do alumínio pulverizado e do adesivo aderidos ao substrato, conforme pode ser observado na FIGURA 50.

FIGURA 50 – MODO DE FALHA DELAMINAÇÃO DO FILME PET



FONTE: Son *et al.* (2015).

A delaminação do revestimento polimérico deixará o substrato de aço exposto ao meio ambiente, causando potencialmente corrosão, além de criar um modo de falha estético, crítico para peças aparentes. Alguns autores estudaram a delaminação anteriormente a Son *et al.* (2012) e Son *et al.* (2015), como van den Bosch *et al.* (2006), van den Bosch *et al.* (2009), Chang *et al.*, (1999), Vayeda e Wang (2007). Entretanto, estes trabalhos foram focados apenas na força de adesão entre as camadas ou se

limitaram a analisar um único modo de deformação, como tração uniaxial, não sendo possível prever, com a precisão requerida, o comportamento nos demais modos de deformação.

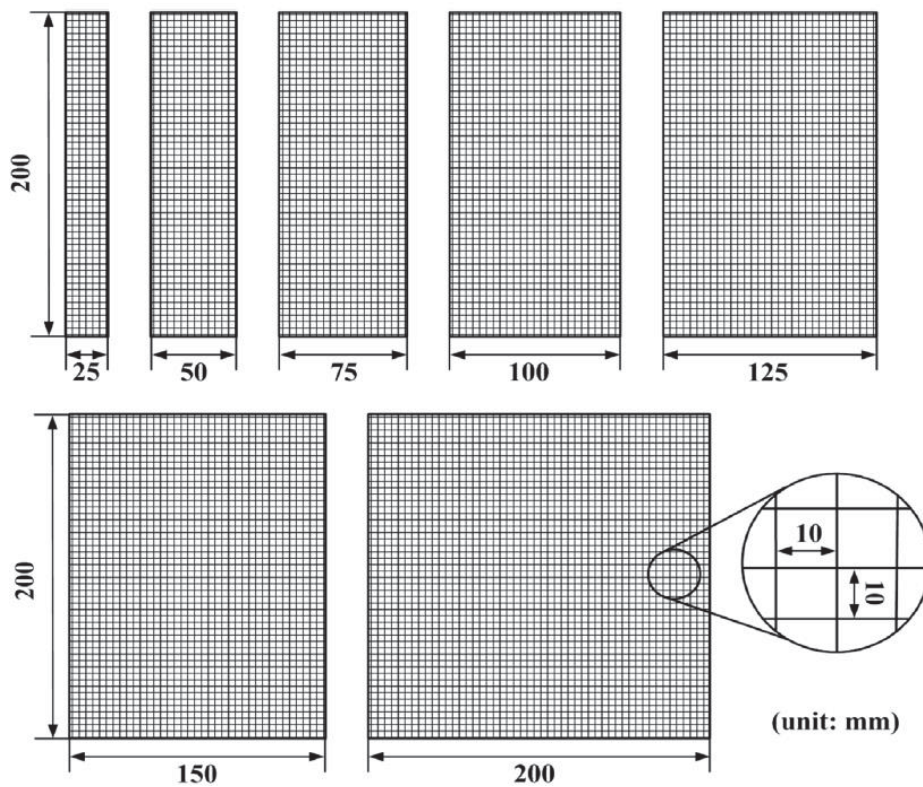
Segundo Van den Bosch *et al.* (2009), a perda de adesão que causa a delaminação durante o processo de conformação é o resultado de vários fatores como o aumento da rugosidade superficial, condições externas, forma do ferramental e espessura do revestimento.

Son *et al.* (2015) realizaram um estudo no qual desenvolveu uma curva limite de delaminação (CLD), prevendo assim os pares de deformações principais mínimas e máximas que indicam o início da delaminação do filme polimérico. A CLD foi construída plotando os pares de deformações críticas obtidas através dos ensaios de altura limite do domo (LDH – *limit dome test*) e de embutimento profundo de copo quadrado. O intuito da obtenção da CLD foi a caracterização e modelamento do material estabelecendo os limites de conformação quanto à delaminação do filme de revestimento polimérico, possibilitando assim a previsão da ocorrência de falhas através de análise de elementos finitos.

A caracterização de chapas metálicas revestidas com filmes poliméricos através da CLD se mostrou uma ferramenta bastante eficiente para modelamento do revestimento e posterior previsão da conformabilidade através da simulação numérica pelo método dos elementos finitos, entretanto, a ocorrência da delaminação com deformações equivalentes situadas abaixo da CLD também precisa ser analisada, pois fatores como contato, uso de produtos de químicos para limpeza, variações de temperatura podem ocasionar a delaminação secundária. Testes acelerados e medições da área superficial afetada podem ajudar a ponderar a real efetividade da CLD.

Segundo Son *et al.* (2015), como a delaminação ocorre nas arestas livres, uma forma de simular esta condição e permitir a análise nos diversos modos de deformação é realizar cortes em grade na superfície da camada de filme laminado dos corpos de prova para obtenção da CLC, conforme mostrado na FIGURA 51. Os cortes em grade aceleram a ocorrência da delaminação pela redução do tempo requerido para a perda da coesividade na interface. O procedimento de realização dos cortes requer cuidados extremos para cortar apenas o filme laminado até atingir o substrato, porém, sem danificá-lo, o que poderia ocasionar estrição localizada do substrato durante a conformação do corpo de prova.

FIGURA 51 – CORPOS DE PROVA ENSAIO CLC, COM CORTES EM GRADE

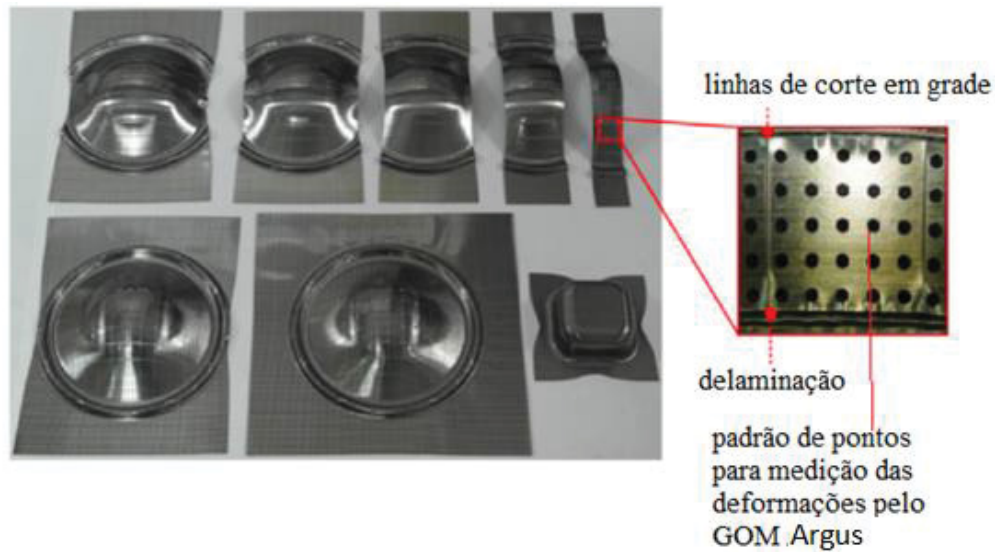


FONTE: Son *et al.* (2015)

Son *et al.* (2012 e 2015) então construíram a CLD plotando os pares de deformações críticas obtidas através do ensaio de altura limite do domo (LDH – *limit dome test*), realizado segundo ASTM E2218:2008, e do ensaio de embutimento profundo de copo quadrado para melhor induzir os modos de deformação embutimento e compressão uniaxial, conforme mostrado na FIGURA 52.

O critério de falha para interrupção do ensaio de Son *et al.* (2012) foi a detecção visual da delaminação via monitoramento por câmera, já Son *et al.* (2015) melhoraram a precisão utilizando um sistema de emissão acústica para detectar o exato momento da ocorrência da delaminação. Posteriormente, foi realizada a medição ótica através do sistema Argus da GOM, mostrado em detalhe na FIGURA 52. Com isto foi possível identificar as deformações principais que levaram à falha por delaminação. Os elementos próximos que não apresentaram a falha por delaminação, também tiveram suas deformações principais mensuradas, para auxiliar na validação dos pontos críticos.

FIGURA 52 – CORPOS DE PROVA PARA OBTENÇÃO CLD, E DETALHE OCORRÊNCIA DA FALHA POR DELAMINAÇÃO



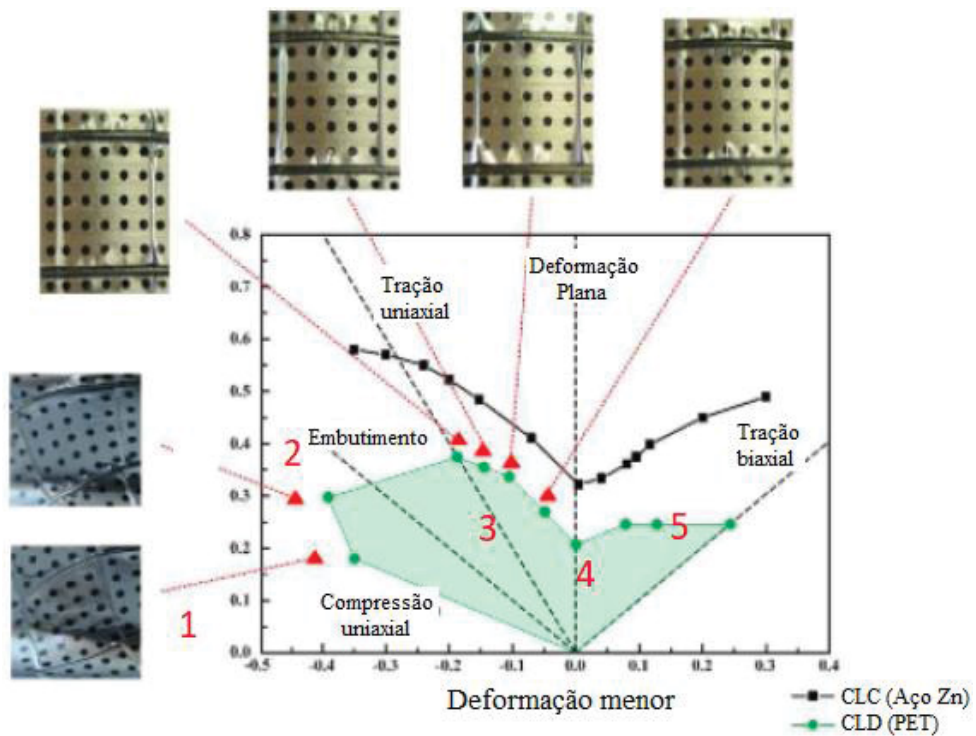
FONTE: Son *et al.* (2015).

Son *et al.* (2012) apresentaram seus resultados em dois diagramas limite de conformação. No primeiro, FIGURA 53, representou os resultados obtidos para os modos de deformação do campo tração-compressão, e no segundo, FIGURA 54, foram representados os modos de deformação do campo tração-tração. Os marcadores triangulares vermelhos representam os menores valores das deformações principais nos elementos em que ocorreu a delaminação. Por sua vez, os marcadores em círculos verdes representam os maiores valores das deformações principais nos elementos em que não ocorreu delaminação. Nestes diagramas estão também representadas a CLC do aço (em preto), obtida segundo a norma ASTM e utilizando o aço revestido. E enfim, a curva limite delaminação (CLD), traçada a partir das máximas deformações principais sem delaminação (marcadores círculos verde).

Os resultados obtidos por Son *et al.* (2015) foram apresentados num único diagrama contemplando a CLC do aço, a CLD do VCM e a CLR do VCM (curva limite de ruptura), e já mostrados na FIGURA 32.

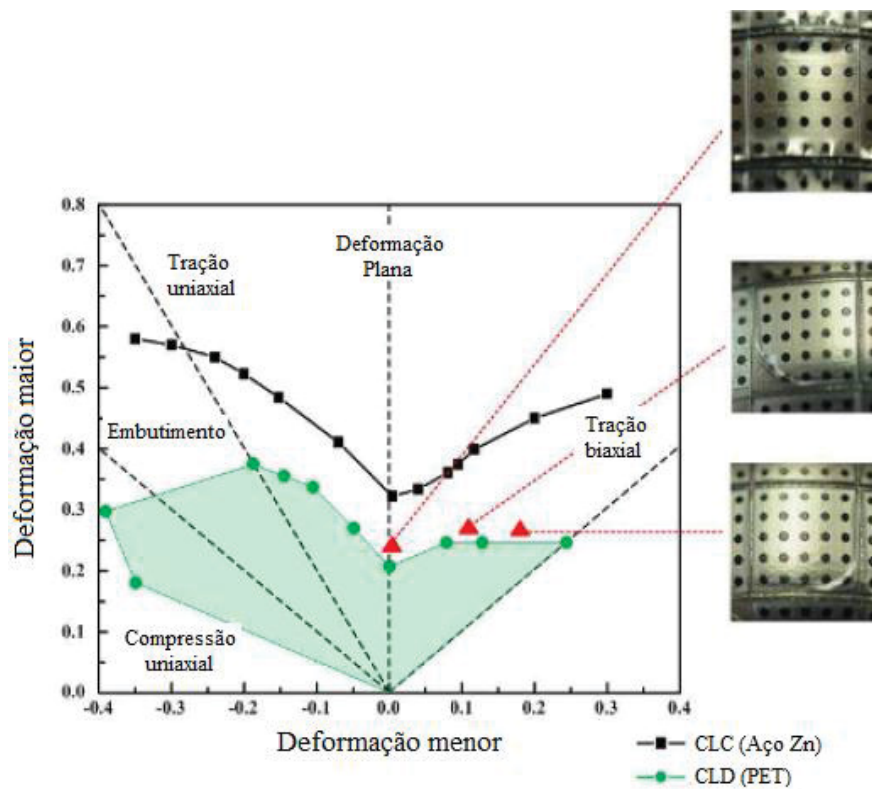
Son *et al.* (2012) e Son *et al.* (2015) concluíram que, a CLD apresentou uma forma bastante semelhante à CLC do aço, porém situada abaixo desta, e com seu mínimo no campo da deformação plana, tal qual a CLC. Uma possível explicação para este mínimo, segundo eles, é a dependência da rugosidade superficial em relação às tensões, uma vez que neste modo, a tensão equivalente de Von Mises é maior que em qualquer outro modo.

FIGURA 53 – DIAGRAMA LIMITE DELAMINAÇÃO PARA MODOS DE DEFORMAÇÃO TRAÇÃO-COMPRESSÃO



FONTE: Son *et al.* (2012).

FIGURA 54 - DIAGRAMA LIMITE DELAMINAÇÃO PARA MODO DE DEFORMAÇÃO TRAÇÃO BIAIXIAL



FONTE: Son *et al.* (2012).

2.5 SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA CONFORMAÇÃO

Com o desenvolvimento dos computadores nas últimas décadas, a simulação numérica de problemas de engenharia alcançou um progresso significativo. Juntamente com os estudos teóricos e experimentais, a simulação numérica se tornou uma das maiores ferramentas para solucionar problemas de engenharia tanto na pesquisa quanto nas aplicações na indústria, isto se deve a sua eficiência e baixo custo. Atualmente, a análise de conformabilidade se tornou parte integral do desenvolvimento do produto e processo na indústria (QATTAWI e ABLAT, 2017).

Muitos problemas físicos são descritos matematicamente na forma de equações diferenciais e sua solução exata, buscada de forma analítica, é impraticável ou mesmo impossível. Para sanar este problema, são feitas soluções aproximadas por métodos numéricos e uma solução numérica robusta e de grande utilização é o método de elementos finitos, ou, MEF (FELICE NETO, 2012).

Nos últimos 15 anos, os programas comerciais de simulação de conformação de chapa têm evoluído constantemente, e assim obtendo resultados mais confiáveis e robustos. Novas ferramentas têm sido incorporadas para atender as necessidades e expectativas da indústria automobilística moderna, como para desenvolvimento do *blank*, projeto de ferramental, planejamento do processo e estimativa de custo de ferramental (PIMENTEL *et al.*, 2018).

O Autoform é um código de elementos finitos comercial dedicado para conformação de chapa metálica, baseado na abordagem estática e implícita e que traz ainda alguns recursos inovadores como um grande passo incremental de tempo sob condições de contato especial, um algoritmo de solução de dobramento-estiramento de forma separada e malha adaptativa com nível de refinamento crescente. Estes recursos, específicos para as simulações de chapas metálicas finas, tornam o código extremamente eficiente (AMARAL *et al.*, 2020).

Pimentel (2018), realizou um estudo comparativo entre três programas de simulação com o objetivo de avaliar a precisão obtida por cada um destes códigos de elementos finitos. Após executar as simulações, os resultados numéricos dos três códigos foram comparados entre si e com os resultados experimentais, segundo os termos abaixo:

- a) forças de estampagem;
- b) *draw-in* – deslocamento de material para dentro da matriz;

- c) deformações principais;
- d) distribuição de espessura;
- e) deformações equivalentes.

A previsão com uma boa precisão das forças de estampagem atuantes no ferramental é fundamental para a seleção da prensa no início do projeto. Uma boa previsão da corrida de chapa, que pode ocorrer durante o processo de estampagem, contribui para a redução de custos e prevenção de modos de falha como enrugamento e rupturas, permitindo definir o tamanho e forma ideais do *blank*. As deformações principais e a distribuição de espessura estão diretamente relacionadas com a conformabilidade da peça. A quantificação destas variáveis permite prever as áreas com maiores e menores estiramento, ruptura, compressão e enrugamento e, portanto, é essencial para avaliar a viabilidade da conformação. A quantidade e distribuição das deformações plásticas equivalentes também são determinantes para a ocorrência do retorno elástico. (PIMENTEL, 2018).

Estas podem ser as variáveis de resposta do experimento final deste estudo para a validação dos resultados previstos pela simulação numérica através dos resultados obtidos experimentalmente. A consideração de um sistema tribológico pode ser também determinante para a obtenção de uma boa correlação do comportamento previsto pela simulação com os resultados experimentais, dada a criticidade da pressão de contato na ocorrência de alguns modos de falha do revestimento, bem como a própria presença do revestimento orgânico e do filme protetivo, considerados como parte do sistema tribológico.

Chezan *et al.* (2019) estudaram se a utilização de um modelo constitutivo e da previsão dos limites do material, com apenas dados do ensaio de tração e alguns parâmetros desenvolvidos pela Tata Steel, permitiriam uma redução significativa do tempo de desenvolvimento e custo da previsão do comportamento do material para aplicações de conformação de chapas metálicas com boa precisão. Entretanto, o benefício real foi alcançado quando modelos multiparamétricos foram utilizados para sistema tribológicos e incorporação de parâmetros de processo realísticos, como a distribuição de pressão de contato real e cinemática do processo.

Chezan *et al.* (2019) modelaram o sistema tribológico utilizando os modelos de atrito do Triboform, que descrevem o coeficiente de atrito como uma variável dependente da pressão de contato, velocidade de deslizamento, deformação plástica e temperatura para uma dada combinação de material da chapa, superfície

topográfica da chapa, tipo e quantidade de lubrificação, tipo da ferramenta e superfície topográfica do ferramental.

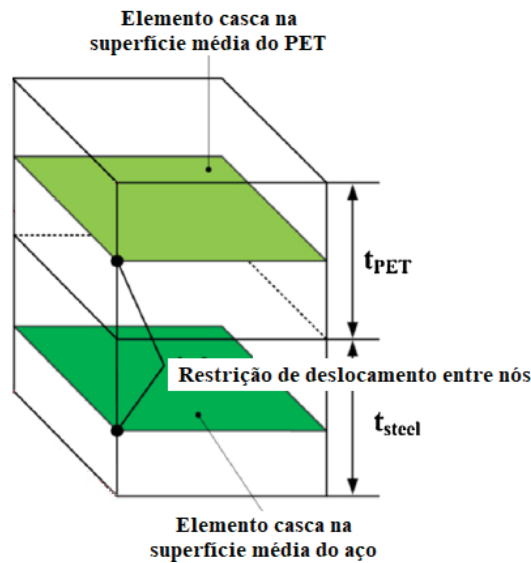
Wiebenga *et al.* (2019) realizaram comparações entre os resultados da simulação e medições experimentais de peças diretamente da produção, o que mostrou que a previsão de ruptura e enrugamento foi considerado precisa quando foram consideradas as condições tribológicas reais observadas na produção das peças. Com isto, a precisão da simulação aumentou significativamente, permitindo ao fabricante melhorar a qualidade do produto pelo controle, ajuste e otimização das condições tribológicas tanto na simulação quanto na produção.

Hol *et al.* (2019) realizaram comparações entre dados experimentais e simulações realizadas com diferentes modelos de atrito, sendo eles Coulomb com $\mu=0,12$, Coulomb melhorado considerando a dependência da pressão de contato e Triboform. Eles demonstraram que o modelo de atrito do Triboform permitiu uma descrição mais detalhada das condições tribológicas durante a conformação. As previsões de corrida de chapa, das deformações principais e de retorno elástico em peças complexas, se aproximaram significativamente dos dados experimentais.

2.5.1 Modelamento das chapas revestidas

Son *et al.* (2015) aplicaram os diagramas de modos de falha do revestimento para o modelamento matemático do material, visando à análise pelo método dos elementos finitos do processo de conformação de uma determinada peça. Diferentemente da prática usual de modelar o material com apenas uma camada, eles utilizaram um modelo composto de duas camadas de elementos finitos, sendo uma para o substrato de aço e outra para a camada de revestimento (PET + PVC). Em análises de elementos finitos para estruturas coladas por adesivo é comum utilizar um camada intermediária de elementos de coesão para melhor avaliar a delaminação. Entretanto, isto consumiria muito tempo de pré-processamento e processamento da simulação, além da alta complexidade para a caracterização das propriedades da camada adesiva. No seu estudo, então, eles substituíram o modelamento da camada adesiva por restrições de deslocamento dos nós entre as camadas, conforme representado na FIGURA 55.

FIGURA 55 – MODELAGEM DAS 2 CAMADAS DE ELEMENTOS COM RESTRIÇÃO DE DESLOCAMENTO DOS NÓS ENTRE CAMADAS

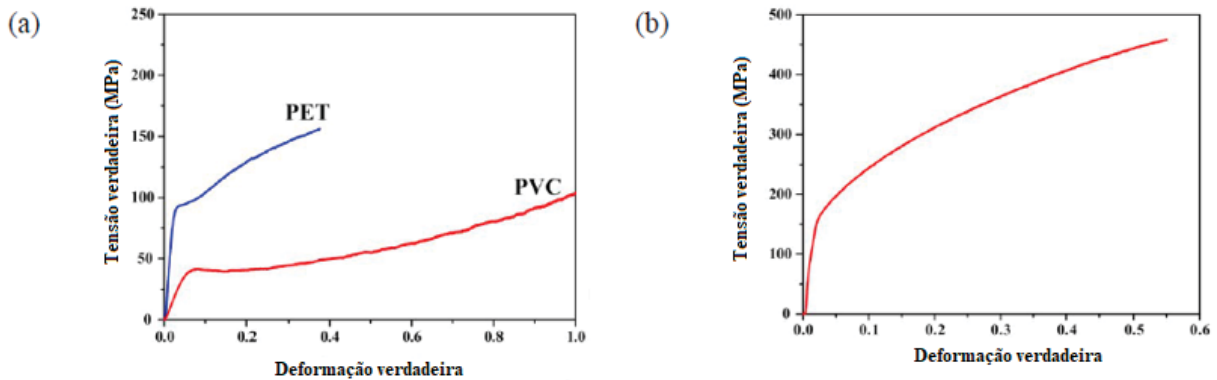


FONTE: Son *et al.* (2015).

Diferentemente, a abordagem proposta para este trabalho é modelar o material com apenas uma camada, pois os programas dedicados de simulação de conformação comerciais, não permitem mais de uma camada de elementos. Como o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de fácil utilização pela indústria, buscar-se-á compensar o não modelamento em multicamadas do material, através de uma caracterização do material que capture o comportamento mecânico das multicamadas e suas interfaces, correlacionando as deformações do substrato de aço com a ocorrência dos modos de falha do revestimento. Além do que, segundo van Beeck (2015a), o início do dano na interface é principalmente dependente da evolução da rugosidade superficial do substrato e da ocorrência da perda de resistência do revestimento polimérico.

O material utilizado por Son *et al.* (2015) foi o VCM, composto basicamente por três camadas, o substrato de aço, e o PVC e PET do revestimento. Eles caracterizaram o comportamento mecânicos de cada uma destas camadas, individualmente, através do ensaio de tração, e os resultados estão mostrados na FIGURA 56. Por sua vez, o filme protetivo não foi caracterizado ou modelado, pois este, segundo Son, serve apenas para proteger o revestimento de riscos durante o transporte.

FIGURA 56 – CURVA TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIROS, (A) PET, PVC, (B) AÇO



FONTE: SON *et al.* (2015).

Entretanto, mais do que proteger o revestimento dos riscos devido ao transporte e manuseio das chapas e peças, o filme tem a função de proteger a superfície do revestimento da ocorrência de riscos causados pela pressão de contato e atrito com o ferramental, sendo assim, deveria ser ao menos considerado como parte do sistema tribológico adotado para o modelo. Outro fato que precisa ser analisado e questionado é a caracterização do comportamento mecânico dos filmes PET e PVC apenas pelo ensaio de tração, e a partir deste, induzir que os filmes PET e PVC terão o mesmo comportamento quando submetidos a outros modos de deformação.

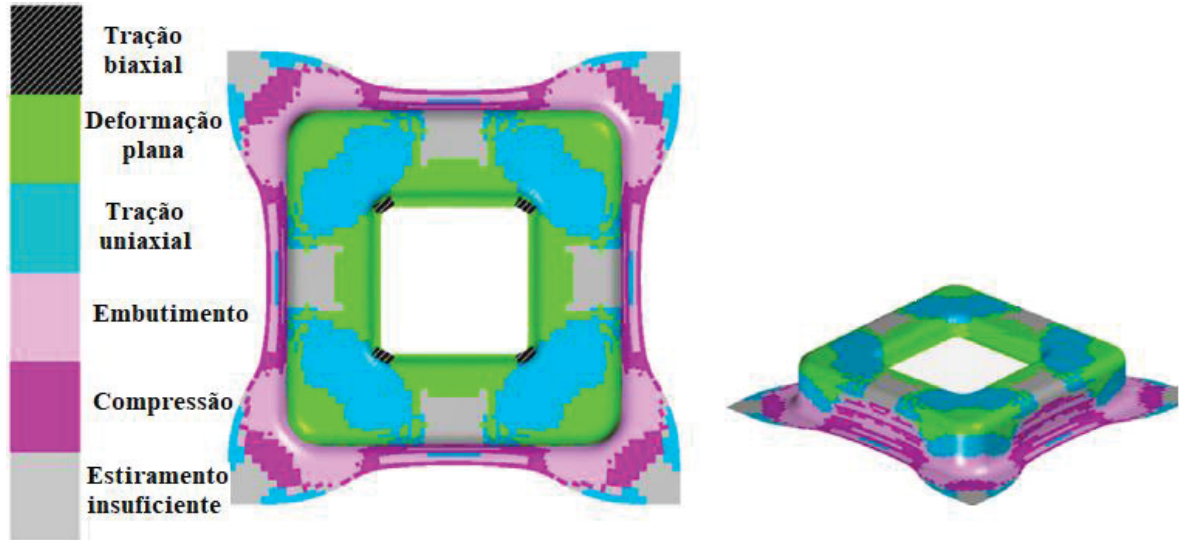
Son *et al.* (2015) modelaram ambas as camadas, aço e revestimento, utilizando elementos de casca quadráticos na superfície média de cada camada. A malha de cada camada precisou ser refinada, pois, devido à condição de restrição dos nós entre as camadas, não foi possível utilizar a técnica de malha adaptativa do programa, resultando em uma malha com cerca de 85 mil elementos por camada.

Em adição, para buscar capturar também o efeito da compressão na direção da espessura, propõe-se neste estudo a aplicação do elemento *thick shell*, ou casca espessa, disponível no Autoform.

Os resultados apresentados por Son *et al.* (2015) incluem os modos de deformação presentes na peça após a conformação como mostrado na FIGURA 57, o campo de deformação plotado na CLC e CLD conforme FIGURA 58, e o mapa de cor mostrando a região com falha por delaminação e regiões livre de falhas conforme FIGURA 59. Em resumo, a simulação prevê a ocorrência de falha por delaminação nas regiões indicadas na FIGURA 59 e na FIGURA 58 pelos pontos acima da CLD.

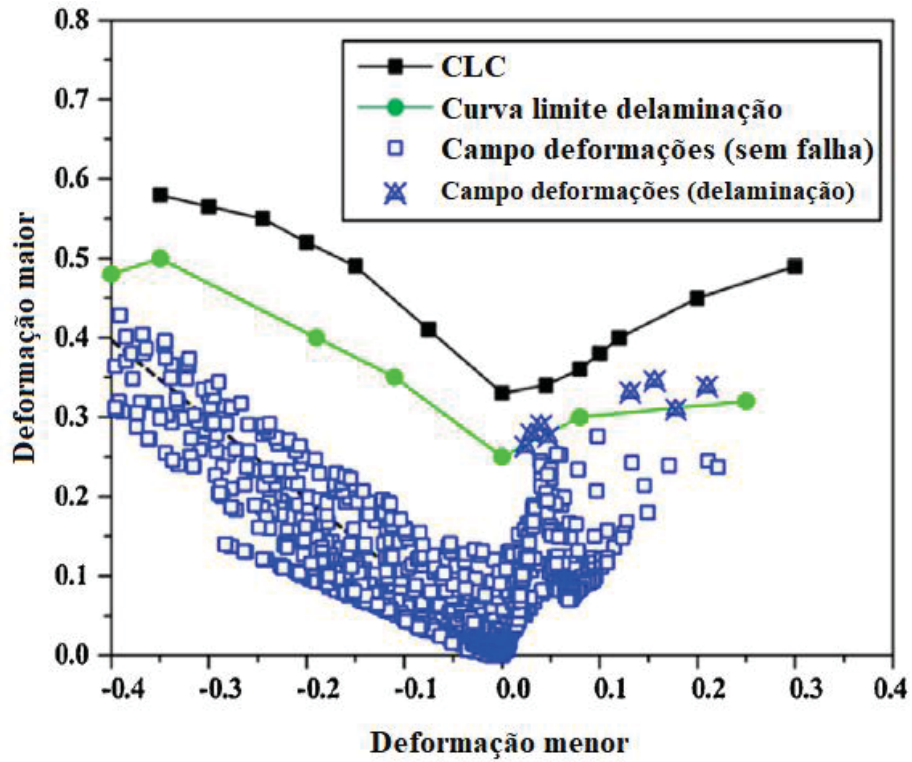
Por fim, ensaios experimentais validaram a ocorrência de delaminação na mesma região, validando assim os resultados previstos pela simulação.

FIGURA 57 – MODOS DE DEFORMAÇÃO APÓS CONFORMAÇÃO DA PEÇA



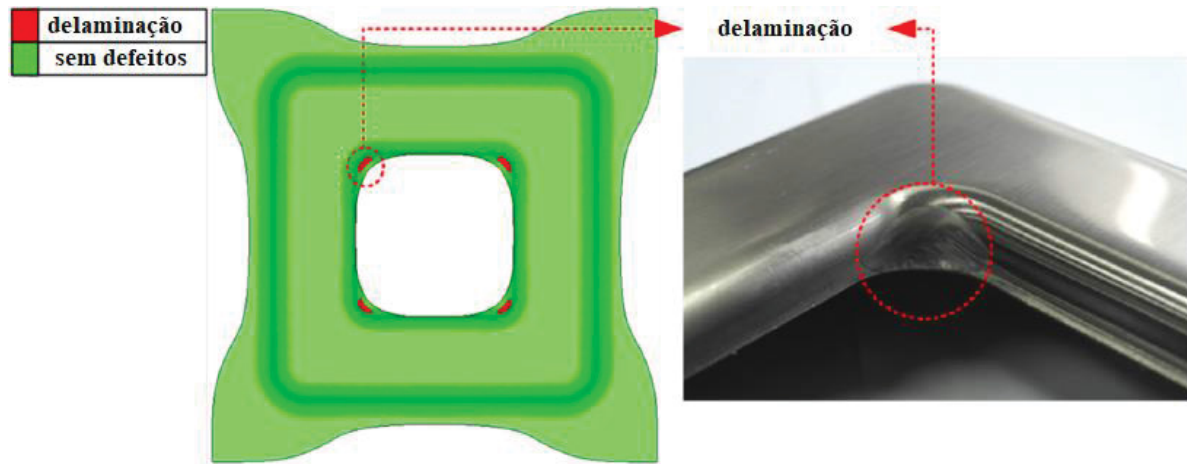
FONTE: Son *et al.* (2015).

FIGURA 58 – CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLD/ CLC



FONTE: Son *et al.* (2015).

FIGURA 59 - PREVISÃO DA OCORRÊNCIA DE DELAMINAÇÃO



FONTE: Son *et al.* (2015).

Nos ensaios realizados por Heinzl *et al.* (2015), as chapas metálicas com revestimento orgânico apresentaram uma característica bastante marcante no início do escoamento, até aproximadamente 3% de deformação. Múltiplos pontos de estricção foram observados durante a deformação. O limite de escoamento chegou a ser 20% maior que o limite escoamento do substrato antes da aplicação do revestimento. Este efeito é resultado do envelhecimento que ocorre no substrato de aço durante os ciclos de aquecimento a temperaturas em torno de 200 °C, o que leva a formação das bandas de Lüders.

Bandas de Lüders são regiões de deformação plástica localizada, cuja nucleação e propagação produzem o chamado escoamento descontínuo. Este fenômeno é classicamente associado à interação das discordâncias com átomos de soluto intersticiais, que agem no sentido de imobilizá-las com a formação de atmosferas, em posições de menor energia na rede cristalina. Inicialmente, observa-se a ocorrência do limite superior de escoamento, correspondente à liberação das discordâncias em uma determinada região do metal. Em seguida, verifica-se o limite inferior de escoamento, equivalente à tensão necessária para movimentar estes defeitos lineares, que se multiplicam. A partir deste momento, escoamento irregular ou valores de tensão praticamente constantes são exibidos, dependendo se uma única banda foi desenvolvida, espalhando-se por todo o metal, ou se diversas bandas foram formadas, caracterizando a cada conjunto nucleação/propagação uma porção do serrilhado da curva tensão-deformação.

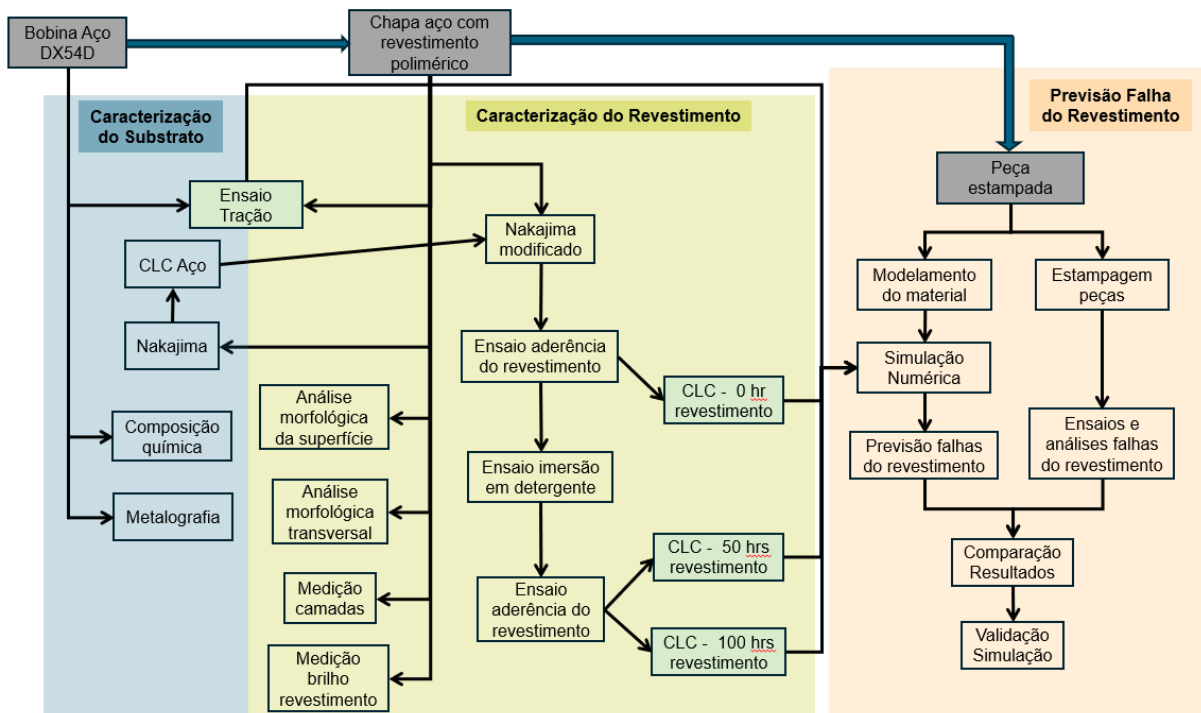
Desta forma, durante a etapa de modelamento matemático do material, é importante atentar para estes efeitos de envelhecimento e formação de bandas de Lüders, e assim utilizar somente as curvas de escoamento do material revestido, e nunca as curvas apenas do substrato de aço.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUÇÃO

O procedimento experimental foi estruturado em três etapas, tendo como objetivo melhorar a previsão computacional dos modos de falha em chapas metálicas com revestimento polimérico através da caracterização adequada destas chapas por ensaios experimentais. Na figura 60 é mostrado o diagrama do procedimento experimental, ilustrando-se as três etapas, os materiais utilizados, os ensaios dentro de cada etapa, bem como as interrelações entre estes ensaios.

FIGURA 60 – DIAGRAMA DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



FONTE: O autor.

Na tabela 01 encontra-se um resumo dos principais ensaios realizados, com informações relevantes sobre cada ensaio realizado, como, fatores manipulados, variáveis de ruído presentes, variáveis de resposta buscadas, método de medição e ferramentas estatísticas utilizadas, local de realização dos ensaios e a quantidade de amostras utilizadas. Na sequência desta tabela, é apresentada uma descrição breve de cada um dos ensaios, e mais adiante, nas seções subsequentes deste capítulo de procedimento experimental, estes ensaios são mais bem detalhados.

TABELA 01 - ENSAIOS PRINCIPAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CHAPAS METÁLICAS COM REVESTIMENTO POLIMÉRICO

Ensaio	Fatores / (Níveis)	Variáveis de Ruído	Variáveis de Resposta	Método de Medição	Tratamento Estatístico	Laboratório	Total de Amostras
Tração Uniaxial	1. Materiais (1) 2. Lote material (1) 3. Etapa produção (2) 4. Direção (3) 5. Amostras (3)	Velocidade, Temperatura, Medição, CDP	1. LE 2. LR 3. Alongamento Uniforme 4. Valor n 5. Coeficiente R 6. Curva $\sigma \times \epsilon$	Extensômetros, leituras deslocamento e força	ANOVA	Laboratório Whirlpool	18
Nakajima - CLC do substrato à estrição	1. Materiais (1) 2. Lote material (1) 3. Largura CDP (5) 4. Amostras (4)	Velocidade, temperatura, ferramental, lubrificação, gravação malha, força sujeição, geometria e posição CDP, medição	1. Deformações Principais Críticas 2. Deslocamento do punção 3. Força punção	- Sistema correlação de imagem digital em tempo real (DIC)	Regressão linear	EWI Forming Center (EUA)	20
Nakajima Modificado	1. Materiais (1) 2. Lote Material (1) 3. Largura CDP (5) 4. Amostras (4)	Velocidade, temperatura, máquina ensaio, ferramental, lubrificação, gravação malha, força sujeição, geometria e posição CDP, medição	1. Deformações Principais de toda superfície das amostras 2. Altura domo 3. Força punção	- GOM Argus	Análise prática e gráfica	EWI Forming Center (EUA)	20
Aderência segundo ISO 2409	1. Materiais (1) 2. Lote Material (1) 3. Largura CDP (5) 4. Tempo imersão detergente (3) 5. Amostras (2)	Velocidade, temperatura, riscamento grade, adesividade fita, aplicação fita, método destacamento fita, medição	1. Área superficial afetada pelo destacamento (%)	- Inspeção Visual com lupa	-	Laboratório Whirlpool	30
Imersão em Detergente	1. Materiais (1) 2. Lote Material (1) 3. Temperatura (1) 4. Composição banho (1) 5. Largura CDP (5) 4. Tempo imersão detergente (2) 5. Amostras (2)	Varição temperatura banho, posição amostra, dano superfície revestimento	1. Ocorrência falha 2. Ocorrência empolamento - <i>blistering</i>	- Inspeção Visual com lupa	-	Whirlpool	20

FONTE: O autor.

Etapa 1: Caracterização das propriedades e conformabilidade do substrato:

- a) análise química;
- b) análise metalográfica;
- c) ensaios de tração para obtenção das propriedades mecânicas e curvas tensão x deformação do aço, antes do processo de aplicação do revestimento;

- d) ensaios de tração para obtenção das propriedades mecânicas e curvas tensão x deformação do aço, após o processo de aplicação do revestimento;
- e) ensaio de Nakajima para determinação da CLC à estrição.

Etapa 2: Caracterização das propriedades e conformabilidade do revestimento polimérico das chapas metálicas revestidas:

- a) análise morfológica da superfície e seção transversal;
- b) medição da espessura das camadas;
- c) medição do brilho do revestimento;
- d) ensaio Nakajima modificado para obtenção do campo de deformação;
- e) ensaio acelerado de vida do revestimento, constituído por teste de imersão em detergente e ensaios de aderência, induzindo assim falha forçada nas regiões comprometidas do revestimento;
- f) determinação das curvas limite de conformação do revestimento, correlacionando o campo de deformação obtido nos ensaios Nakajima modificado com os resultados do ensaio acelerado de vida do revestimento;

Etapa 3 – Previsão das falhas do revestimento na conformação de peças através da simulação numérica e validação dos resultados:

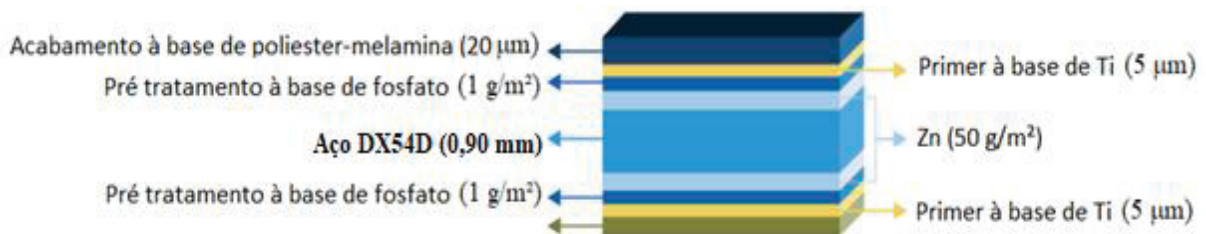
- a) modelamento do material com base na caracterização das chapa com revestimento orgânico;
- b) modelamento e realização de simulação numérica nas peças selecionadas para previsão das falhas no revestimento;
- c) estampagem prática das peças selecionadas;
- d) análise de falhas no revestimento das peças estampadas;
- e) validação da simulação numérica pela comparação das previsões da simulação com os resultados práticos da estampagem das peças.

3.2 MATERIAL UTILIZADO

Foram utilizadas nos experimentos amostras de um único tipo de material e um único lote de produção de um aço zincado com revestimento orgânico, sendo o

substrato uma bobina de aço DX54D, chapa de aço galvanizado a quente de estampagem ultra profunda e segundo norma EN10142/ 10327, e com espessura de 0,90 mm, produzida pela CSN Porto Real. Posteriormente, essa bobina foi processada numa linha de pintura de bobinas da CSN Paraná, passando por um pré-tratamento de fosfatização, seguido da aplicação de um primer a base de Ti e livre de cromo hexavalente, e posterior aplicação do acabamento branco, *topcoat*, à base de poliéster-melamina, esta última produzida pela AkzoNobel. As camadas resultantes deste processo estão ilustradas na FIGURA 61.

FIGURA 61 – COMPOSIÇÃO DAS CAMADAS DA CHAPA PRÉ-PINTADA UTILIZADA



FONTE: Adaptado de Catálogo Técnico CSN.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO SUBSTRATO

Os resultados dos ensaios realizados foram atribuídos a todas as amostras utilizadas em cada um dos ensaios, uma vez que estas amostras foram coletadas de um único lote de produção do aço estudado, assumiu-se que uma possível variação dentro destes lote não era significativa para o objetivo deste estudo.

3.3.1 Análise química

Foi realizada uma análise da composição química e a fração percentual de cada elemento presente em amostra única do material estudado, conforme tabela 02. O levantamento foi realizado por meio de espectrometria de emissão ótica (OES) do laboratório da CSN, sendo esta, uma técnica para identificação de átomos e moléculas por meio da radiação que elas emitem. Para isto foi utilizado um espectrômetro de emissão ótica Thermo Fischer modelo ARL 4460.

TABELA 02 – AMOSTRAS ANÁLISE QUÍMICA

Lote	Material Substrato	Revestimento	Amostras	Medições/ amostra
Único	Chapa zincada DX54D	sem	1	1

FONTE: O autor.

3.3.2 Análise metalográfica

Foi realizada uma análise metalográfica com o objetivo de analisar a morfologia dos grãos, buscando entender se esta foi, de alguma forma, afetada pelo processo de pintura, em especial o processo de cura em forno à temperatura acima de 200°C.

Para tal, uma amostra de chapa, conforme TABELA 03, foi coletada da bobina pintada, portanto, após as etapas de laminação a frio, zincagem, recozimento, passe de encruamento, pré-tratamento, aplicação primer, aplicação do topcoat e cura em forno.

TABELA 03 – AMOSTRAS ANÁLISE METALOGRAFICA

Lote	Material	Revestimento	Amostras	Medições/ amostra
Único	Chapa zincada DX54D	com	1	1
Total			1	1

FONTE: O autor.

O procedimento de preparação das amostras e a análise em si foram realizados no laboratório do Instituto SENAI de Inovação, em Joinville/SC, compreendendo as seguintes etapas:

- a) embutimento de uma amostra do material em baquelite;
- b) lixamento utilizando-se quatro granulações diferentes de lixa;
- c) polimento com pasta de diamante;
- d) ataque químico com NITAL 3,5% (solução de ácido nítrico e álcool);
- e) análise microscópica realizada em microscópio ótico da óptico ZEISS, modelo AXIO Imager M2m;
- f) Determinação tamanho de grão segundo ASTM E112 – 13.

3.3.3 Ensaio de tração uniaxial

O ensaio de tração uniaxial foi utilizado para obtenção das propriedades mecânicas limite de escoamento (LE), limite de resistência (LR), alongamento uniforme (Au), expoente de encruamento (n) e coeficiente de anisotropia normal (r). Estas propriedades foram obtidas nas direções 0°, 45° e 90° em relação à laminação.

Os ensaios no substrato antes da aplicação da pintura, foram executados pelo laboratório da CSN, numa Máquina Universal de Teste Instron modelo 5582. O ensaio foi realizado a uma velocidade constante de 1,0 mm/min, exceto para a amostra a 90°, a qual após 3% de deformação, foi alterada para 10 mm/min.

Ao passo que os ensaios na chapa com revestimento polimérico foram realizados no laboratório Metalab, numa Máquina Universal de Teste EMiC DL. O ensaio foi realizado a uma velocidade constante de 1,0 mm/min.

Ambos os ensaios de tração foram realizados segundo a norma ASTM E 8M para todas as propriedades, à exceção da determinação do coeficiente de anisotropia, para a qual foi utilizada a norma ASTM E 517. Três amostras de cada material (sem revestimento e com revestimento) e de cada direção (0°, 90° e 45° em relação a direção de laminação) foram utilizadas para obtenção dos valores médios, conforme tabela 04.

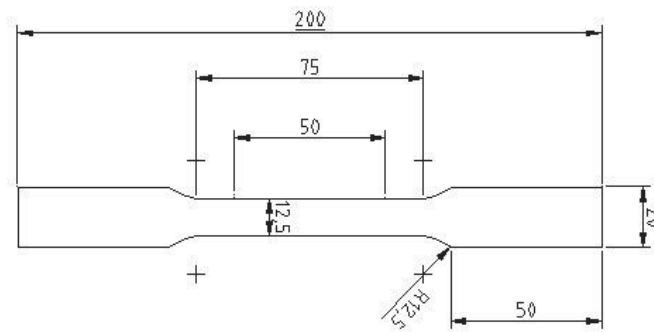
Os corpos de prova foram preparados segundo as dimensões da FIGURA 62, atendendo a ambas as normas. Devido a dificuldade de rastreamento de material, não foi possível coletar amostras de uma mesma região dentro de uma única bobina, antes e após o processo de pintura. Portanto, considera-se que os lotes de material serão provavelmente distintos.

TABELA 04 – AMOSTRAS ENSAIOS DE TRAÇÃO UNIAXIAL

Lote	Material	Revestimento	Direção laminação	Amostras	Medições/ amostra
A	Chapa zincada DX54D	sem	0°	3	1
		sem	90°	3	1
		sem	45°	3	1
B		com	0°	3	1
		com	90°	3	1
		com	45°	3	1
Total				18	18

FONTE: O autor.

FIGURA 62 – CORPO DE PROVA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO – DIMENSÕES EM MM



FONTE: O AUTOR.

3.3.4 Ensaio Nakajima para obtenção da CLC do substrato de aço

A determinação da CLC (curva limite conformação) para o substrato de aço das chapas com revestimento polimérico, foi executada segundo a norma ISO 12004, pelo laboratório *EWI Forming Center*, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América.

O equipamento utilizado para execução dos ensaios foi uma máquina universal de ensaio de chapas metálicas da Erichsen, modelo 145-60 básico, com capacidade de 60 tonf, mostrada na FIGURA 63. Foi utilizada uma velocidade constante de deslocamento do punção de 1,0 mm/s. A força do prensa-chapas foi determinada para a maior amostra de *blank* (200 x 200), de modo que não houvesse qualquer deslocamento de material na região do quebra-rugas, tendo sido obtido o valor de 280 KN, valor este mantido durante todo o ensaio e para todos os tamanhos de corpo de prova.

FIGURA 63 – MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAIO DE CHAPAS METÁLICAS – ERICHSEN MODELO 145-60

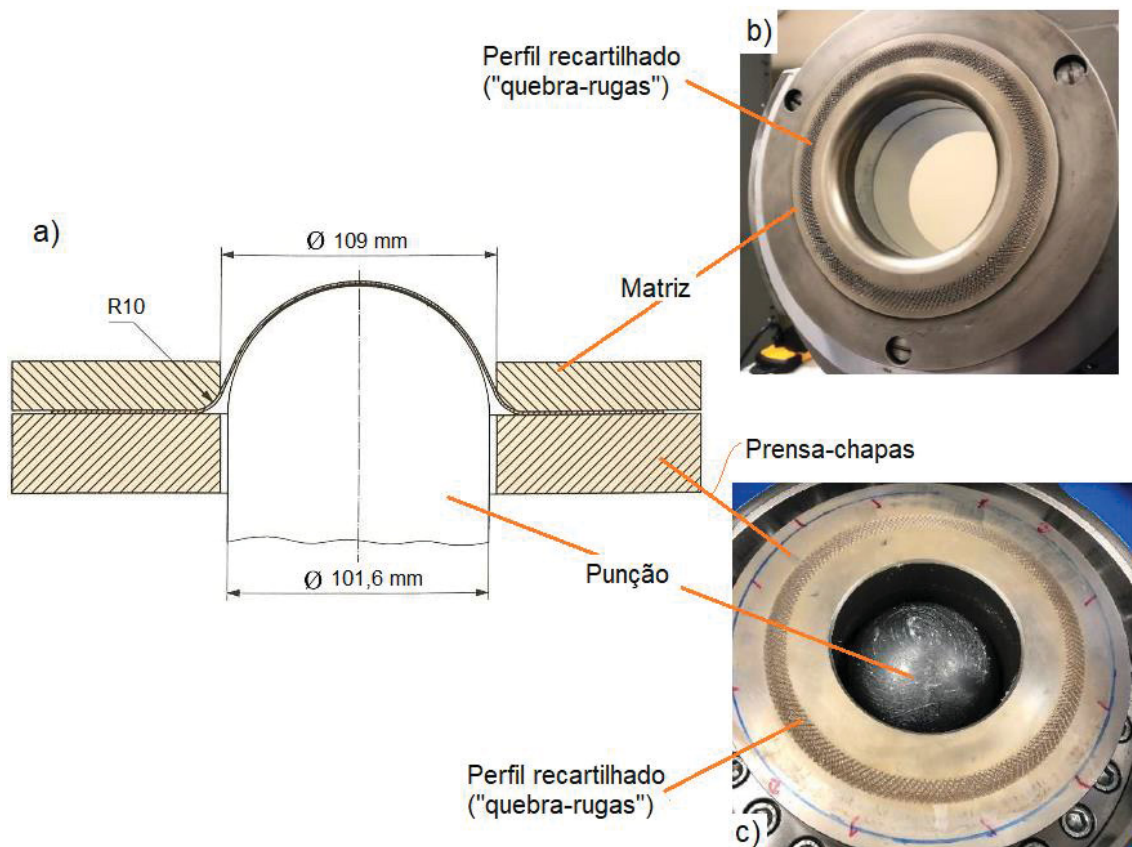


FONTE: o autor.

Foi utilizado um ferramental Nakajima, FIGURA 64a, composto de 3 partes:

- punção de corpo cilíndrico com extremidade hemisférica medindo 101,6 mm de diâmetro fixado na parte inferior da máquina universal de ensaio em chapa metálica, conforme FIGURA 64c, e acionado por atuador hidráulico;
- prensa-chapas fixado na parte inferior da máquina de ensaio e acionado por atuador hidráulico secundário e independente do atuador do punção. Para prover um melhor travamento da chapa durante o ensaio, a superfície do prensa-chapas possui uma região, em forma de coroa, com perfil recartilhado, funcionando como um quebra-rugas, conforme mostrado na FIGURA 64c;
- matriz fixada na parte superior, sendo esta, uma tampa basculante com travamento mecânico. Tal qual o prensa-chapas, a superfície da matriz, na mesma forma e posição, possui um perfil recartilhado para travamento da chapa durante o ensaio, conforme FIGURA 64b.

FIGURA 64 – FERRAMENTAL NAKAJIMA : A) DESENHO ESQUEMÁTICO CONFORME ISO 12004; B) PARTE SUPERIOR; C) PARTE INFERIOR



FONTE: O autor

Foram utilizadas 5 diferentes larguras de corpo de prova de modo a induzir os distintos modos de deformação, atendendo assim à ISO 12004, sendo estas as larguras estabelecidas: 25 mm, 50 mm, 100 mm, 150 mm e 200 mm. Quatro amostras de cada dimensão foram ensaiadas, obtendo-se assim os valores médios e desvio padrão, conforme mostrado na tabela 05.

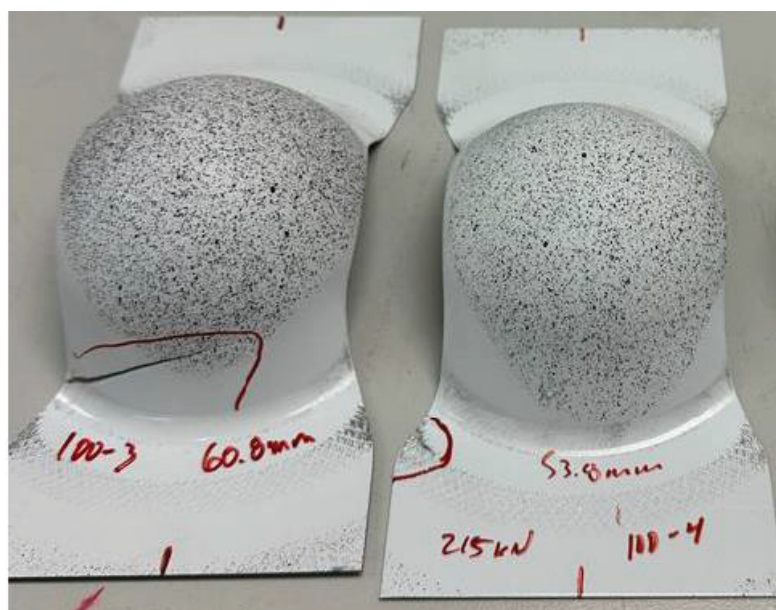
TABELA 05 – AMOSTRAS ENSAIOS NAKAJIMA DO SUBSTRATO DE AÇO

Lote	Material	Revestimento	Dimensões do corpo de prova [mm]	Amostras	Medições/ amostra
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + melamina)	25 x 200	4	1
			50 x 200	4	1
			100 x 200	4	1
			150 x 200	4	1
			200 x 200	4	1
Total				20	20

FONTE: O autor.

Inicialmente o formato de todos estes corpos de prova era retangular com comprimento de 200 mm, também conforme orientação da ISO 12004 que estabelece a utilização de corpos de prova retangular para aços de baixo limite de escoamento, entretanto, nos testes iniciais para as larguras 25 mm, 50 mm e 100 mm, foram identificadas falhas precoces por fratura na região do raio da matriz, conforme ilustrado na FIGURA 65.

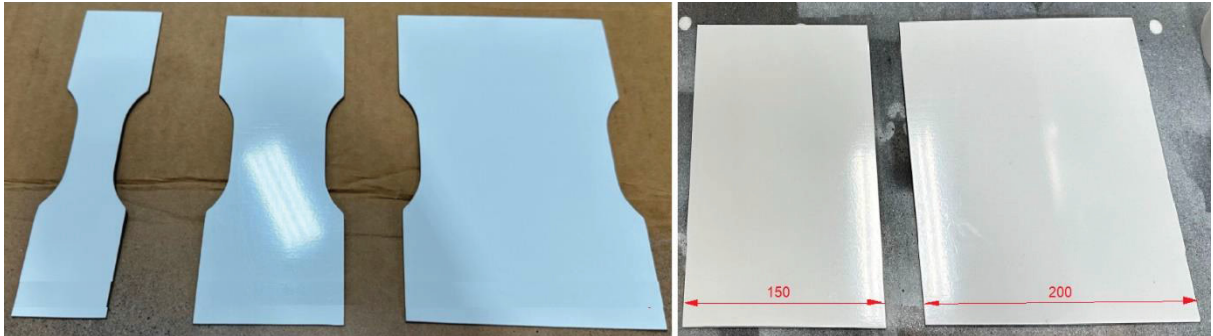
FIGURA 65 – FRATURA PRECOCE DOS CORPOS DE PROVA NA REGIÃO DO RAIÃO DA MATRIZ



FONTE: O autor.

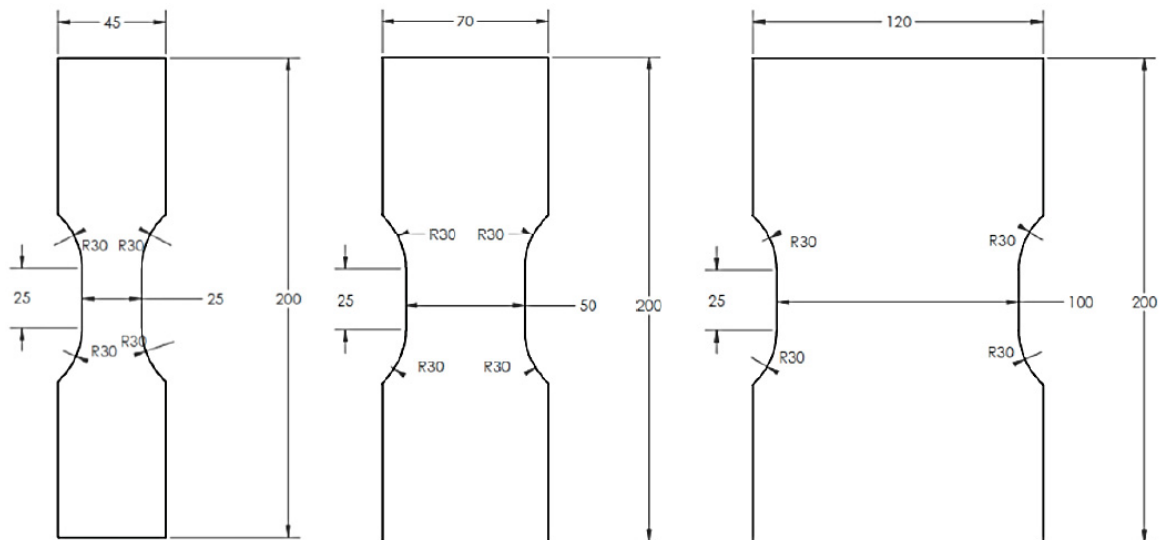
Estas dimensões de corpo de prova tiveram seus formatos alterados para “gravata” e foram obtidos através de corte por jato de água, conforme mostrado nas FIGURAS 66 e 67. Obteve-se assim uma deformação mais homogênea e com a estrição localizada ocorrendo na região esperada, próximo ao topo do domo hemisférico.

FIGURA 66 – GEOMETRIA E DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA



FONTE: O autor.

FIGURA 67 – DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA EM FORMATO DE GRAVATA



FONTE: Relatório EWI *Forming Center*.

Então, foi aplicada uma pintura de padrão estocástico por *spray* na cor preta numa área delimitada por um aro de 100 mm de diâmetro, conforme mostrado na FIGURA 68, padrão este que foi utilizado como referência para a medição e cálculo das deformações principais críticas através de um sistema óptico.

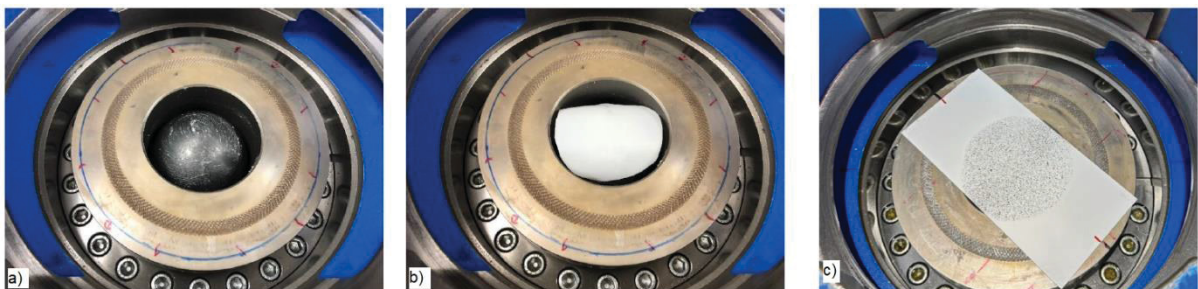
FIGURA 68 – CORPOS DE PROVA COM PADRÃO ESTOCÁSTICO PARA MEDIÇÃO DAS DEFORMAÇÕES POR DIC



FONTE: Relatório EWI Forming Center.

Imediatamente antes da colocação de cada corpo de prova dentro do ferramental, foi aplicada uma combinação de duas condições de lubrificação, primeiramente na região hemisférica do punção foi aplicado gordura de origem animal (sebo de ovelha), conforme FIGURA 69 A, e após, uma folha de teflon de 100 mm de diâmetro e com espessura de 0,127 mm foi colocada sobre o punção lubrificado, conforme FIGURA 69 B. Por fim, o corpo de prova foi posicionado centralizadamente nas duas direções, conforme mostrado na FIGURA 69c.

FIGURA 69 – A) LUBRIFICAÇÃO COM SEBO NO PUNÇÃO; B) LUBRIFICAÇÃO COM FOLHA DE TEFLON; C) POSICIONAMENTO DA AMOSTRA PARA TESTE



FONTE: O autor.

Optou-se pela formação de estricção localizada como critério de falha para obtenção da CLC, pois além de ser este um critério mais adequado para peças estéticas, os resultados deste ensaio ajudaram a definir os parâmetros máximos de deslocamento do punção para os ensaios subsequentes de Nakajima modificado para a determinação da CLC do revestimento.

A detecção da estricção localizada foi possível devido ao método utilizado para medição das deformações, um sistema óptico de correlação digital de imagem

montado sobre a máquina universal de ensaio, comumente chamado de DIC, *Digital Image Correlation*, tendo este a capacidade de aquisição automática e em tempo real das deformações durante o ensaio, mostrado na FIGURA 70. Existem diversos sistemas de correlação digital de imagem disponíveis no mercado, e a EWI utiliza o VIC-3D, fabricado pela *Correlated Solutions Inc* e que utiliza o programa VIC-Snap, versão 8, build 430.

FIGURA 70 – SISTEMA DE CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM (DIC)

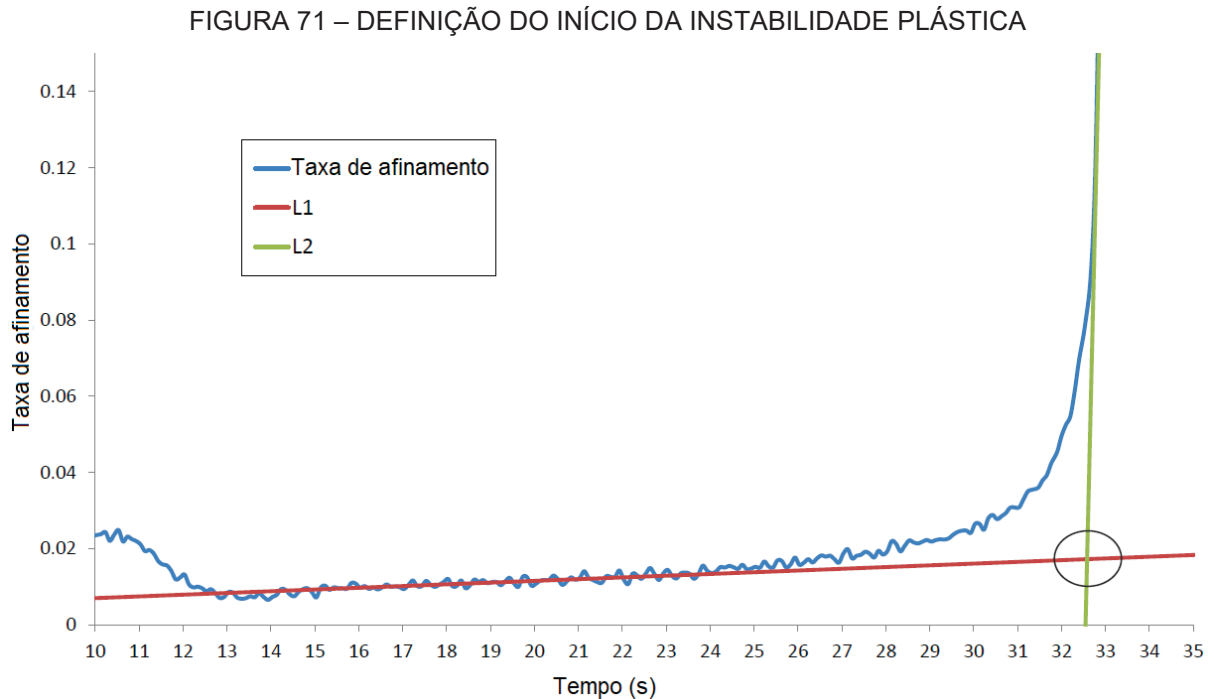


FONTE: O autor.

Os valores críticos das maiores e menores deformações principais que resultam no início da estricção localizada foram obtidos pela utilização de um algoritmo proposto inicialmente por Volk e Hora (2010) com base nos dados da taxa de afinamento no decorrer do ensaio. De forma gráfica, ilustrado na FIGURA 71, este algoritmo define como o início da instabilidade plástica o instante de tempo dado pela interseção das linhas L1 (linha vermelha) e L2 (linha verde). L1 e L2 são obtidas por regressão linear através do método dos mínimos quadrados.

Efetivamente pode-se constatar que a taxa de afinamento para L1 é praticamente constante, uma vez que neste período de ensaio a deformação é homogênea. Já para L2, a inclinação da linha evidencia um crescimento linear acentuado da taxa de afinamento, indicando a fase de instabilidade plástica e, portanto, de estricção localizada. Deste ponto no tempo de ensaio, definido pela

interseção das linhas L1 e L2, são extraídos, da região onde ocorreu a estricção localizada, os dados das deformações principais críticas para definição da CLC.



FONTE: Relatório EWI Forming Center.

De acordo com Lisiecka-Graca *et al.* (2022), o método DIC é uma técnica óptica de medição sem contato do campo de deslocamentos para obtenção da distribuição de deformações com maior acuracidade. Atualmente, o DIC tem sido amplamente utilizado e está substituindo o método convencional de marcação da grade de círculos para medição das deformações e determinação da CLC.

Segundo Farias (2015), o sistema de correlação digital de imagem trabalha a partir de imagens obtidas por câmeras fotográficas (dedicadas ou não), associadas a um programa para efetuar a medição de uma grandeza específica. Para medição das deformações utiliza-se uma câmera ou um conjunto de câmeras para detectar os deslocamentos, e a partir destes, as deformações são calculadas pelo programa.

Flores (2005) e Orteu (2009) demonstraram que o desempenho deste sistema de correlação digital de imagem é ideal para a medição das deformações em situações complexas. Além disso, o sistema óptico permite a aquisição de uma grande quantidade de dados e com elevada acuracidade e precisão quando comparado com os métodos manuais de medição.

Farias (2015), descreveu o princípio de funcionamento destes sistemas de correlação digital de imagem, e como os deslocamentos são detectados. O programa reconhece a estrutura superficial em imagens digitais e aloca coordenadas para cada pixel da imagem. As coordenadas iniciais são contabilizadas como a imagem de referência, indicando o objeto de medição em seu estado não deformado. Após o objeto de medição ser deformado, uma segunda imagem é gravada. Neste ponto, o programa compara as imagens e pode registrar qualquer deslocamento característico do objeto. Todas as imagens de correlação usam um padrão estocástico de modo que o aspecto da superfície, em um ponto, é único.

Em seguida, é possível reconhecer e localizar um determinado ponto em várias imagens. Na prática, as imagens são divididas em pequenos quadrados chamados "facetras". Essas facetras são caracterizadas pela sua distribuição dos níveis de cinza. Em seguida, o sistema tenta corresponder a distribuição dos níveis de cinza destas facetras com a distribuição cinza nível em torno de um ponto da imagem deformada. Esta operação de harmonização é possível graças a uma transformação aplicada às facetras. Esta transformação é uma combinação de uma translação, uma rotação e uma distorção.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO REVESTIMENTO POLIMÉRICO

3.4.1 Análise morfológica da superfície do acabamento e transversal das camadas

As análises morfológicas da superfície foram realizadas no laboratório de materiais da Whirlpool em Benton Harbor, MI, EUA, utilizando um microscópio de varredura laser 3D da marca Keyence, modelo VK-X100. A verificação da morfologia de topo, na superfície da camada de acabamento, foi realizada sem a necessidade de qualquer preparação da superfície da chapa com revestimento polimérico.

Com o objetivo de entender os efeitos da deformação, do modo de deformação e do ensaio de imersão em detergente na morfologia da superfície do acabamento, esta análise foi realizada em diferentes tratamentos resultantes da combinação dos fatores e níveis mostrados na TABELA 06. Estas análises foram realizadas antes da execução do corte em grade para ensaio de aderência.

TABELA 06 – AMOSTRAS ANÁLISE MORFOLÓGICA DA SUPERFÍCIE DO ACABAMENTO

Lote	Material	Revestimento	Modo deformação	Ensaio imersão em detergente	Amostras	Posição/ Medição			
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	Sem	1	3			
				50 hrs	1	3			
				100 hrs	1	4			
			Tração Uniaxial	Sem	1	3			
				50 hrs	1	3			
				100 hrs	1	4			
			Deformação Plana	Sem	1	3			
				100 hrs	1	4			
			Tração Biaxial	Sem	1	2			
				100 hrs	1	2			
			Total					10	31

FONTE: O autor.

Também foram realizadas análises morfológicas de seções transversais. Porém, estas foram realizadas no laboratório do Instituto SENAI de Inovação, em Joinville/SC, utilizando um microscópio eletrônico de varredura com emissão de campos (MEV-FEG) e de ultra alta resolução, da Zeiss, modelo Supra 55VP.

Com o objetivo de identificar o efeito da deformação induzida pelo ensaio Nakajima na morfologia das diversas camadas dos revestimentos metálicos e poliméricos, um pequeno experimento, de apenas dois tratamentos, foi realizado. Um tratamento sendo uma chapa pré-pintada plana sem deformação e outro sendo um corpo de prova Nakajima deformado segundo modo de deformação tração biaxial, como mostrado na tabela 07.

TABELA 07 – AMOSTRAS ANÁLISE MORFOLÓGICA TRANSVERSAL DAS CAMADAS

Lote	Material	Revestimento	Modo deformação	Ensaio imersão em detergente	Amostras	Medições / amostra
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	Sem	1	3
			Tração Biaxial	Sem	1	3
Total					2	6

FONTE: O autor.

As amostras foram preparadas no laboratório do Instituto SENAI de Inovação, em Joinville/SC, compreendendo as seguintes etapas:

- embutimento de uma amostra do material em baquelite;
- lixamento utilizando-se quatro granulações diferentes de lixa;
- polimento com pasta de diamante.

3.4.2 Medição da espessura das camadas

Foi utilizado um medidor de espessura de camada para base ferrosa e não-ferrosa, do fabricante Helmut-Fischer, modelo *Dualscope* MP0R compacto, conforme mostrado na FIGURA 72, que funciona pelo método de corrente parasita, *Eddy current*, sensível à amplitude.

FIGURA 72 – MEDIDOR DE ESPESSURA DE CAMADA DE TINTA

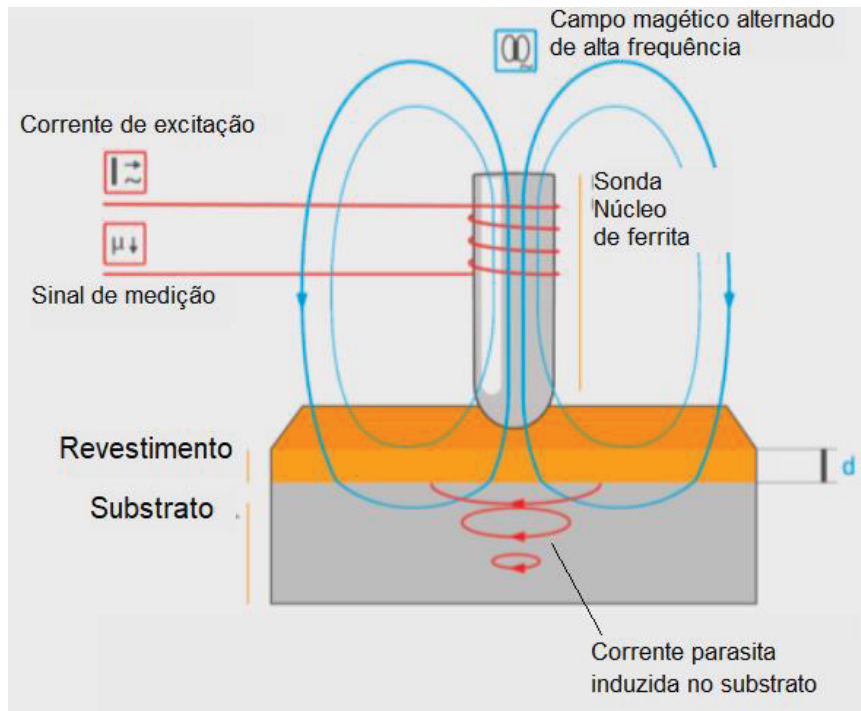


FONTE: O autor.

O princípio físico de funcionamento deste método está ilustrado na FIGURA 73. As sondas usadas para medição de acordo com o método de corrente parasita sensível à amplitude têm um núcleo de ferrita. Uma bobina é enrolada em torno deste núcleo e uma corrente alternada de alta frequência flui por ele. Isso cria um campo magnético alternado de alta frequência em torno da bobina.

Quando o polo da sonda chega perto de um metal, uma corrente parasita é induzida neste metal. Isso, por sua vez, gera outro campo magnético alternado. Como este segundo campo magnético é o oposto do primeiro, o campo magnético original é atenuado. A extensão desta atenuação depende da distância entre o polo da sonda e o substrato de metal. Para peças revestidas, esta distância corresponde exatamente à espessura da camada.

FIGURA 73 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO MÉTODO MEDIÇÃO DE ESPESSURA DE CAMADA POR CORRENTES PARASITAS SENSÍVEIS À AMPLITUDE



FONTE: Adaptado do *website* do fabricante Helmut-Fischer.

Todos os métodos de teste eletromagnético são comparativos. Isso significa que o sinal medido é comparado com uma curva característica que é armazenada no dispositivo. Para que o resultado seja correto, a curva característica deve ser adaptada às condições atuais. Isso é obtido por meio da calibração. Com superfícies curvas, a proporção do campo magnético que passa pelo ar é diferente. Para compensar este efeito, a calibração deve ocorrer em superfície com curvatura similar à que se pretende medir, ou deve-se utilizar uma sonda de compensação de curvatura.

Como a Whirlpool não possui um padrão calibrado na mesma curvatura da superfície das amostras do ensaio Nakajima, e tão pouco foi possível adquirir uma sonda de compensação de curvatura, foram realizadas medições preliminares utilizando o dispositivo e padrões de calibração para superfície plana, e na análise dos resultados, foi constatada uma inconsistência dados. Desta forma, a quantidade de tratamentos submetido a esta análise foi bastante reduzida, conforme mostrado na tabela 08.

TABELA 08 – AMOSTRAS PARA MEDIÇÃO DA ESPESSURA DAS CAMADAS

Lote	Material	Revestimento	Modo deformação	Ensaio imersão em detergente	Amostras	Medições / amostra
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	Sem	1	9
			Deformação Plana	Sem	1	9
				100 hrs	1	9
			Tração Biaxial	Sem	1	9
Total					4	36

FONTE: O autor.

3.4.3 Medição do brilho do revestimento

A medição do brilho do revestimento foi executada utilizando um dispositivo fabricado pela BYK-Gardner modelo Micro-gloss 60° 4501, conforme mostrado na FIGURA 74. Este procedimento foi realizado somente nas amostras de chapa plana, antes do ensaio Nakajima e em diferentes condições de degradação do revestimento induzido pelo ensaio de vida acelerado, conforme TABELA 09. Não foi possível mensurar os efeitos da deformação, pois um dos requisitos é que a amostra a ser medida deve, obrigatoriamente, ser plana, condição essa intangível para o ensaio Nakajima devido a curvatura induzida pela geometria hemisférica.

FIGURA 74 – MEDIDOR DE BRILHO BYK-GARDNER MICRO-GLOSS 60 GRAUS, MODELO 4501



FONTE: O autor.

O princípio de funcionamento do medidor de brilho é fazer com que uma fonte de luz incida sobre a amostra com o revestimento em um ângulo pré-determinado de 60°. A porcentagem de intensidade da luz refletida é medida por meio de uma fotocélula, que converte o resultado em unidades de brilho (UB). Se a superfície não é plana, a intensidade da luz refletida fica comprometida.

TABELA 09 – AMOSTRAS PARA MEDIÇÃO DO BRILHO DO ACABAMENTO

Lote	Material	Revestimento	Modo de deformação	Ensaio imersão em detergente	Amostras	Posição medição	Medições / amostra
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	Sem	2	2	6 + 6
Total					2	2	12

FONTE: O autor.

Para execução dessa medição, foi seguida a ASTM D-523-57, com algumas etapas sendo necessárias. O dispositivo foi calibrado de acordo com o valor indicado numa placa padrão de alto brilho, e sendo observada a correta posição do dispositivo de medição. Este mesmo procedimento foi repetido com a placa padrão de brilho médio. Já nas amostras, livres de poeira e outras impurezas, foram realizadas 3 leituras em pontos diferentes, com um desvio máximo de 2 unidades, sendo descartados os valores divergentes. O dispositivo foi recalibrado e as medições nas amostras foram repetidas giradas em 180° com relação a posição anterior.

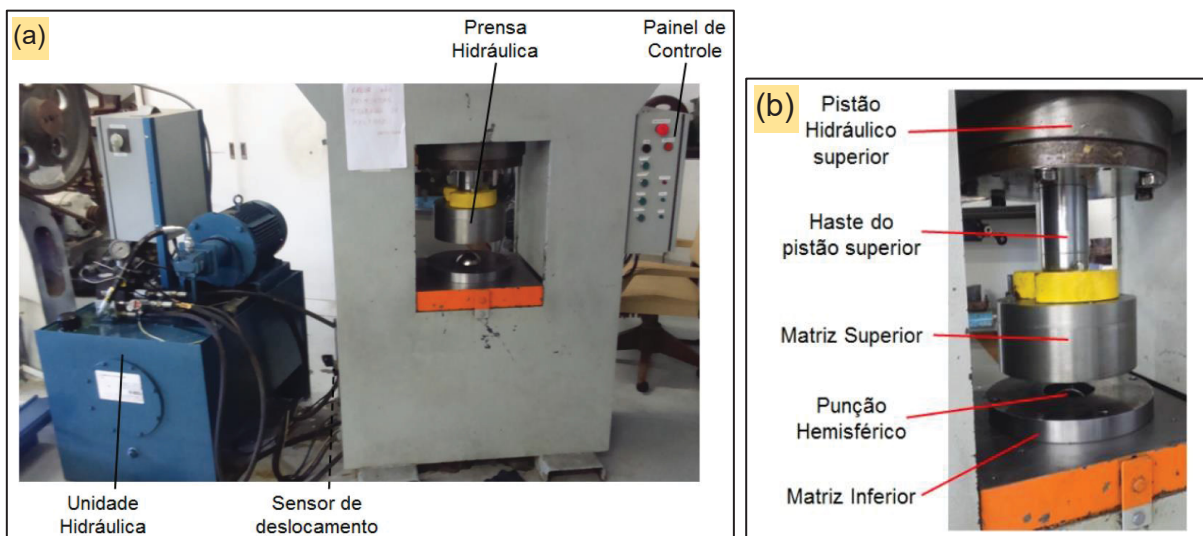
3.4.4 Ensaio Nakajima modificado para obtenção do campo de deformação

A proposta de ensaio para obtenção do campo de deformação para posterior determinação da CLC do revestimento, foi baseada no Ensaio Nakajima e na norma que rege este ensaio, ISO 12004. Diversos ensaios preliminares foram realizados no Laboratório de Conformação Mecânica da UFPR, utilizando a prensa hidráulica e ferramental Nakajima mostrados respectivamente nas FIGURAS 75A e 75B. Os aprendizados, as dificuldades e as limitações encontradas durante a realização destes testes preliminares, ajudaram a desenvolver o método mais adequado para a execução dos ensaios finais, bem como o material final a ser utilizado. Os principais aprendizados, dificuldades e limitações são citados abaixo ou descritos no decorrer desta seção:

- a) baixo nível de deformações principais induzido, causado pela utilização de aço de baixa conformabilidade como substrato, fazendo com que as falhas ocorressem no aço antes do revestimento. O aço de qualidade comercial foi então substituído por aço de estampagem extra profunda como descrito anteriormente;

- b) baixa precisão no controle de parada do ensaio Nakajima por deslocamento do punção da prensa hidráulica do Laboratório de Conformação Mecânica da UFPR, levaram a dificuldades para evitar e parar o ensaio próximo ao início da estricção localizada e sem a ocorrência de qualquer nível de fratura.

FIGURA 75 – LABORATÓRIO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA DA UFPR: (A) PRENSA HIDRÁULICA DE ENSAIOS NAKAJIMA; (B) FERRAMENTAL NAKAJIMA



FONTE: Lima (2017).

Constatou-se uma limitação de disponibilidade de laboratório no Brasil com sistema de fotogrametria para obtenção do campo de deformação nos corpos de prova Nakajima modificado. A título de referência, os corpos de prova de menor largura, 25mm, possuem mais de 1700 elementos, enquanto os corpos de prova de maior largura, 200 mm, possuem mais de 10.000 elementos, tornando impraticável a obtenção do campo de deformação por outros métodos que não a digitalização completa dos corpos de prova e medição das deformações principais por fotogrametria com o sistema Argus.

Os ensaios finais para obtenção do campo de deformação foram então realizados pelo laboratório EWI Forming Center, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América, uma vez que o equipamento lá disponível permitia um controle absoluto do deslocamento do punção e ponto de interrupção do ensaio. O equipamento, o ferramental, os corpos de prova (forma e dimensões), a forma de lubrificação foram os mesmos utilizados nos ensaios para obtenção da CLC do substrato de aço, e,

portanto, já foram descritos na seção 3.3.4. A TABELA 10 descreve os tratamentos considerados para o ensaio de Nakajima modificado.

TABELA 10 – AMOSTRAS ENSAIOS NAKAJIMA MODIFICADO PARA OBTENÇÃO DO CAMPO TOTAL DAS DEFORMAÇÕES

Lote	Material	Revestimento	Dimensões do corpo de prova [mm]	Amostras	Medições/ amostra
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + melamina)	25 x 200	4	1
			50 x 200	4	1
			100 x 200	4	1
			150 x 200	4	1
			200 x 200	4	1
Total				20	20

FONTE: O autor

Os aspectos modificados no ensaio Nakajima para determinação da CLC do substrato em comparação com o ensaio Nakajima para obtenção da CLC do substrato de aço foram:

- a) malha de pontos equidistantes ao invés de padrão estocástico;
- b) interrupção do ensaio pelo deslocamento do punção próxima ao início da estrição localizada e antes de qualquer nível de fratura no corpo de prova;
- c) obtenção do campo de deformação ao fim do ensaio Nakajima através da tecnologia de fotogrametria utilizando o programa GOM Argus, ao invés da Correlação de Imagem Digital (DIC);
- d) definição das deformações principais críticas, com auxílio de ensaio acelerado de vida (imersão em detergente e aderência).

Nos parágrafos a seguir, foram detalhadas estas modificações no ensaio Nakajima para obtenção do campo de deformação.

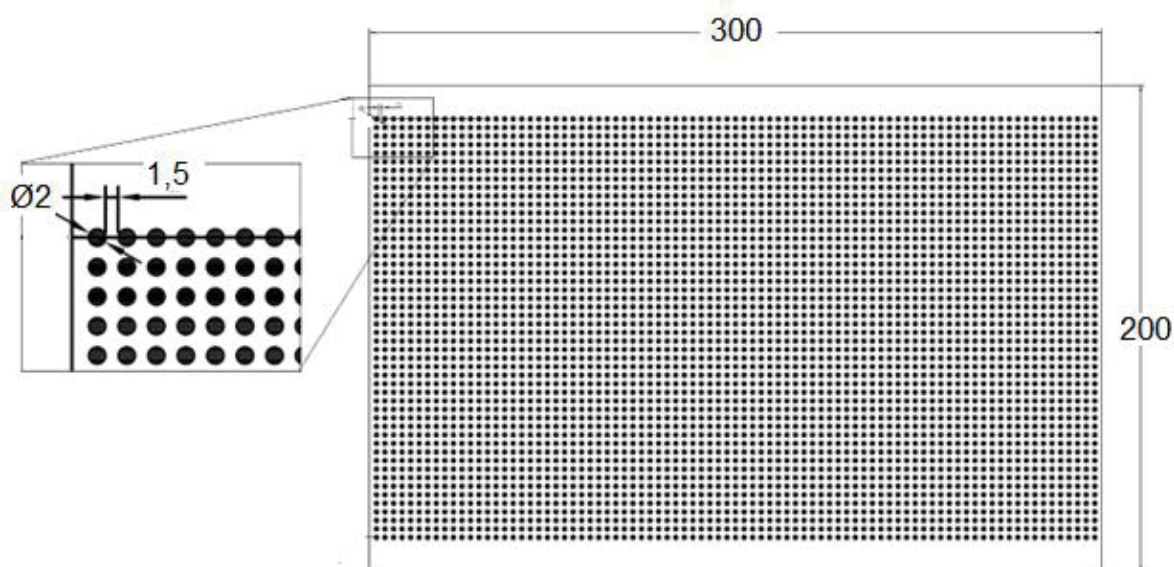
A utilização da malha de pontos equidistantes permitiu a construção de elementos de 4 nós durante o processo de digitalização dos corpos de prova para a medição das deformações e posterior determinação do campo de deformação através do programa GOM Argus. A geometria da malha de pontos, mostrada na FIGURA 76, é composta por pontos de diâmetro de 2 mm, dispostos matricialmente por toda área da chapa e equidistantes com afastamento de 1,5 mm entre pontos nas duas direções (vertical e horizontal).

A gravação desta malha de pontos foi realizada através do processo de serigrafia, por empresa especializada de Curitiba, Vexilom, utilizando uma tinta na cor preta, bicomponente, à base de resina epóxi, de secagem rápida, dureza, flexibilidade

e boa resistência química a álcool 99°GL, detergentes e acetonas. Esta tinta, denominada SSGL, é ideal para aplicação no processo de serigrafia em telas com malha de 120 a 180, e foi desenvolvida pela Tecno Paint, uma indústria de São Paulo especializada em tintas para serigrafia em diversos materiais.

Testes preliminares, realizados no laboratório de conformação da UFPR, atestaram a boa resistência desta serigrafia. Características do ensaio de Nakajima que poderiam danificar ou remover a serigrafia como o atrito com o ferramental, o contato com lubrificação e a própria deformação induzida à chapa, não mostram ser um problema.

FIGURA 76 – PADRÃO DE GRAVAÇÃO DA MALHA DE PONTOS EQUIDISTANTES



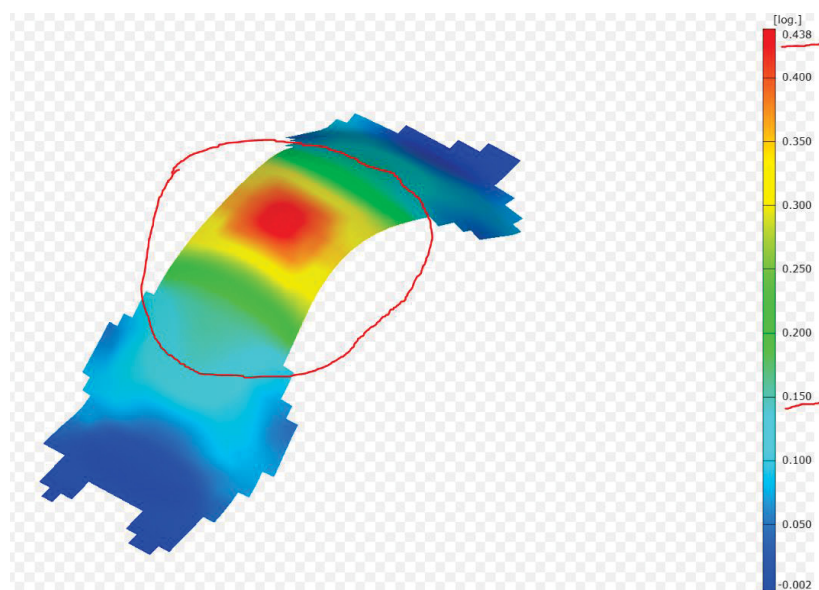
FONTE: O autor.

O critério de falha, ou ponto de interrupção, do ensaio Nakajima modificado foi definido como o deslocamento máximo do punção, sendo que este, por sua vez, foi calculado baseado nos valores do deslocamento do punção, obtidos durante o ensaio Nakajima das diferentes dimensões de corpo de prova, para obtenção da CLC do substrato. Este procedimento foi necessário, uma vez que, não pode haver qualquer nível de fratura nestes corpos de prova ao fim do ensaio Nakajima modificado, pois isto afetaria o resultado dos ensaios de vida acelerada do revestimento.

Desta forma, foram induzidos os maiores níveis possíveis de deformação principal maior e menor, na região crítica de cada corpo de prova, sem que qualquer

nível de fratura ocorresse, ao mesmo tempo que diversos níveis menores de deformações principais também estariam presentes nas demais regiões dos corpos de prova. Isto permitiu testar a integridade do revestimento sob diferentes níveis de deformação sem a necessidade da repetição do ensaio em diferentes cursos do punção. Conforme mostrado na FIGURA 77, a intensidade da deformação principal maior na região crítica, atingiu 0,438 mm/mm, enquanto os valores mínimos desta mesma deformação principal maior chegaram próximos a 0,150 mm/mm.

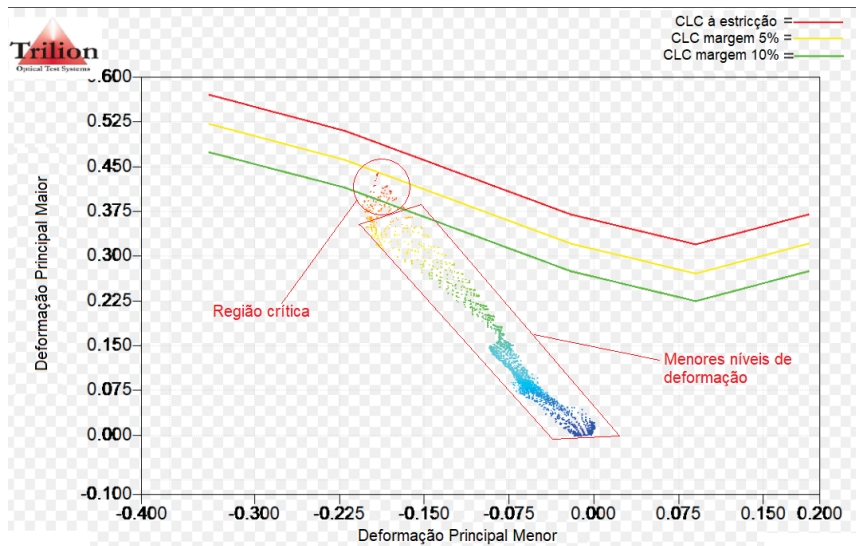
FIGURA 77 – MAPA DE CORES DA DEFORMAÇÃO PRINCIPAL MAIOR EM CORPO DE PROVA NAKAJIMA MOSTRANDO INDUÇÃO DIFERENTES NÍVEIS



FONTE: O autor.

De maneira análoga, na FIGURA 78 também é mostrada a intensidade da deformação principal maior na região crítica, porém, no diagrama de deformações principais.

FIGURA 78 – DIAGRAMA DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS - INDUÇÃO DIFERENTES NÍVEIS DE DEFORMAÇÕES NO ENSAIO NAKAJIMA MODIFICADO

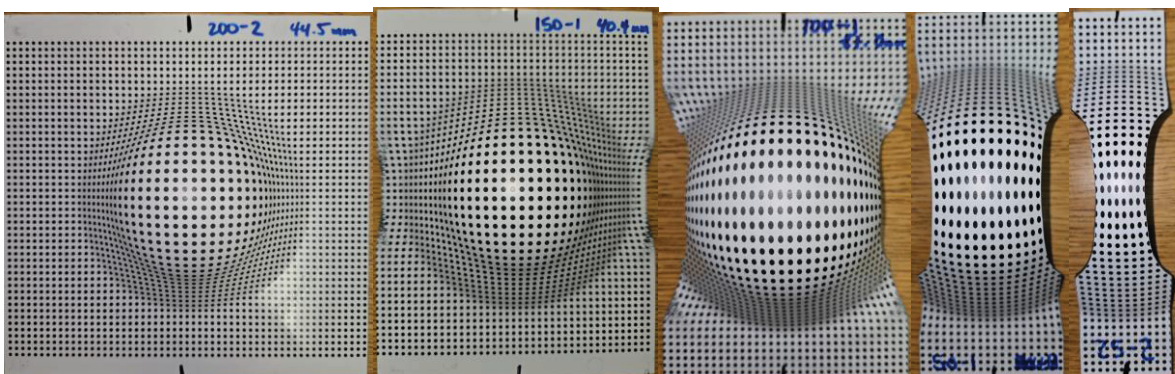


FONTE: O autor.

Ao fim dos ensaios de Nakajima, as amostras conformadas nas 5 diferentes geometrias, mostradas na FIGURA 79, foram posicionadas, uma a uma em uma mesa giratória para digitalização utilizando o Sistema de Inspeção de Conformabilidade Argus. Marcadores codificados foram dispostos em torno da geometria a ser digitalizada, como mostrado na FIGURA 80a, criando assim coordenadas 3D de referência.

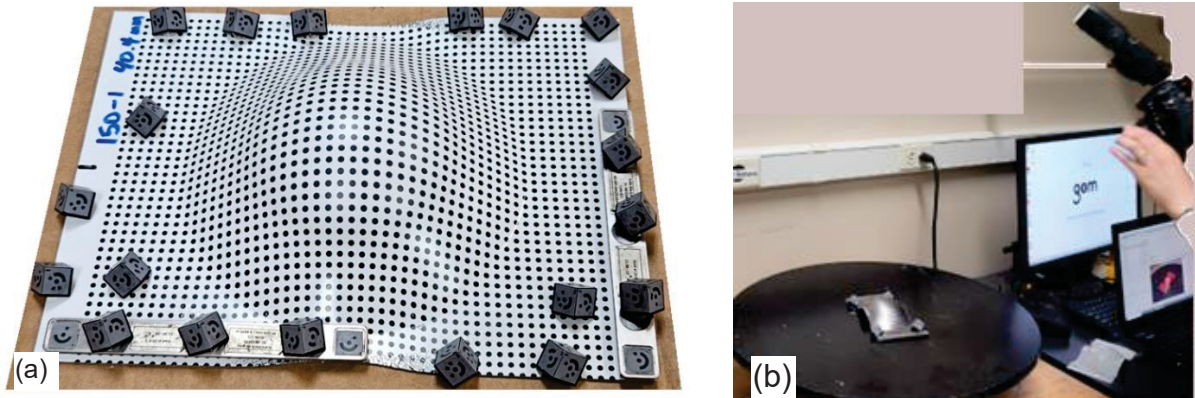
Então, diversas fotos foram tiradas de cada amostra, de 20 a 30 fotos, utilizando a mesa giratória para rotacionar a peça, cobrindo os 360° em torno da amostra e em diferentes ângulos em relação ao plano, conforme ilustrado pela FIGURA 80b. O próprio sistema Argus capta a posição e ângulo em que cada um das fotos é tirada, conforme mostrado na FIGURA 81.

FIGURA 79 – GEOMETRIAS DAS AMOSTRAS CONFORMADAS PELO ENSAIO NAKAJIMA



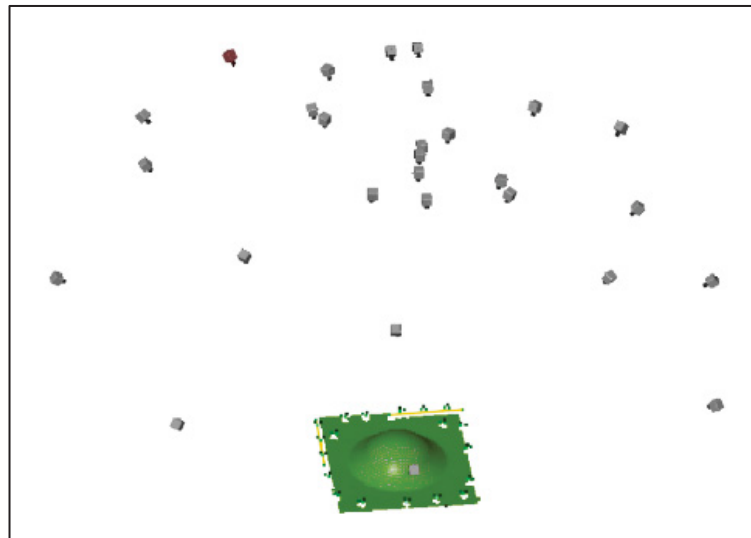
FONTE: O autor.

FIGURA 80 – DIGITALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS PELO ARGUS: (A) MARCADORES CODIFICADOS; (B) MESA GIRATÓRIA



FONTE: O autor.

FIGURA 81 – ÂNGULOS E POSIÇÕES DE FOTOGRAFIAS CAPTADAS



FONTE: O autor.

Cada fotografia captada pela câmera fotográfica era transferida em tempo real e instantaneamente para o computador via WIFI, no qual o programa de análise Argus, utilizando os dados das coordenadas 3D como referência, capturados dos marcadores codificados, fazia a sobreposição das múltiplas imagens de alta resolução captadas pela câmera fotográfica.

Já na etapa de pós-processamento, as mudanças de forma em relação a malha de pontos equidistantes da chapa anterior a deformação, foram calculadas, levando em consideração a teoria da plasticidade, e assim foram obtidas as deformações principais maior e menor para cada nó e/ou elemento. Estes resultados foram disponibilizados na forma de tabela de dados, diagramas, mapas de cores e arquivos de elementos finitos.

Até este ponto, foram obtidos apenas os conjuntos de dados de todos as pares de deformações principais maior x menor, chamado de campo de deformação, para cada dimensão de corpo de prova e cada amostra. Com a realização dos ensaios descritos a seguir, imersão em detergente e de adesão, é que foi possível definir quais os pares de deformações principais maiores e menores apresentaram falhas no revestimento e assim determinar a CLC do revestimento. O procedimento experimental para execução desta etapa será, portanto, descrito após estes ensaios complementares serem detalhados.

3.4.5 Ensaio acelerado de vida do revestimento

Segundo Bastos et al. (2015), para determinar a CLC do revestimento considerando sua performance anticorrosão, são necessários critérios e metodologias diferentes das tradicionais para obtenção da CLC do aço. A melhor escolha deveria ser expor as amostras às condições reais de utilização pelo consumidor, mas isto poderia levar anos para obtenção de dados consistentes. Testes de curto-prazo, ou teste acelerado de vida, ou de falha forçada, são tipicamente preferidos para estas situações, porém isto traz para a discussão a confiabilidade destes testes em prever a performance a longo prazo. O Comitê de Corrosão da Federação das Sociedades para Tecnologias de Revestimentos considera que um teste adequado de curto-prazo deve atentar a quatro aspectos básicos: preparação das amostras, indução da degradação, avaliação da degradação e análise dos dados. Estes aspectos são críticos para garantir a qualidade e representatividade do teste.

Neste trabalho, todas as amostras foram cuidadosamente manipuladas, preparadas e identificadas, seguindo padrões definidos por normas internas da Whirlpool que já regem a execução destes ensaios para peças estampadas e pintadas. Durante a preparação das amostras, o revestimento foi protegido, sempre que possível, com o filme protetivo, zelando assim pelo superfície de acabamento. Os processos de corte das amostras foram os menos agressivos possíveis ao revestimento, guilhotina e corte a jato de água.

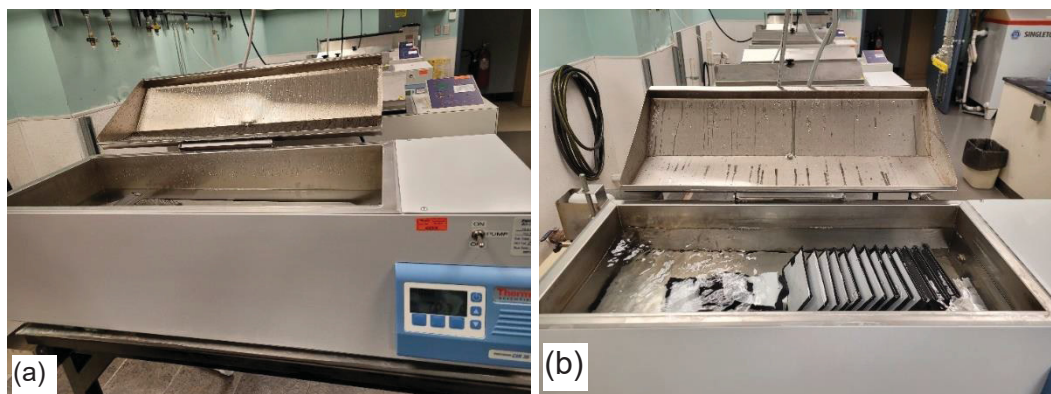
Para a indução da degradação, diversos são os ensaios de vida forçada normalizados e utilizados pela Whirlpool, como, câmara úmida (ASTM D2247), corrosão cíclica (ASTM D6899), névoa salina (ASTM B117), imersão em detergente (ASTM D2248). Como para a etapa de validação da simulação numérica foi

selecionado um componente de lavadora de roupas, e considerando as características e funcionalidades desta aplicação, foi então selecionado o ensaio de imersão em detergente, pois este é o mais pertinente e crítico para este tipo de componente, exigindo do revestimento uma combinação de resistência a temperaturas acima da ambiente, aliada a uma resistência a produtos químicos agressivos, estes normalmente encontrados nos detergentes para lavagem de roupas.

O ensaio de imersão em detergente foi executado baseado na ASTM D2248, ensaio prático para resistência ao detergente de revestimentos orgânicos, e segundo norma interna Whirlpool, que estabelecem que:

- a) o tipo de equipamento deve ser um circulador de banho aquecido da Thermo Scientific, conforme FIGURA 82a, modelo CIR 35;
- b) a temperatura do banho deve ser mantida a $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- c) a duração do banho deve ser de 100 horas. Nos ensaios preliminares, este teste se mostrou bastante agressivo. Para ter um melhor entendimento da velocidade de progressão da falha, optou-se por realizar este ensaio também em um nível intermediário, ficaram estabelecidos portanto 3 níveis para este fator, 0 hora (sem ensaio de imersão), 50 horas e 100 horas;
- d) o tipo de diluição do banho, que para cada litro de água destilada ou deionizada deve conter os seguintes reagentes químicos nas respectivas quantidades:
 - 9,3 g de Pirofosfato de Sódio anidro P.A.;
 - 1,9 g de sulfato de sódio anidro P.A.;
 - 0,7g de meta-silicato de sódio anidro P.A.;
 - 0,1 g de carbonato de sódio anidro P.A.;
 - 2,0 g de dodecilbenzeno sulfonato de sódio (Maranil).

FIGURA 82 – EQUIPAMENTO ENSAIO IMERSÃO EM DETERGENTE: (A) CIRCULADOR DE BANHO AQUECIDO; (B) AMOSTRAS EM IMERSÃO



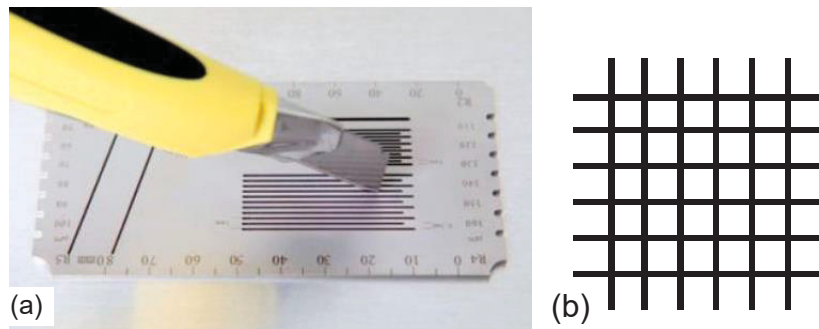
FONTE: O autor.

As amostras foram mantidas completamente imersas no banho durante a duração do ensaio, como mostrado na FIGURA 82b. Após o término do período de ensaio, as amostras foram removidas, enxaguadas e repousaram por 24 horas em temperatura controlada de $21^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, permitindo ao revestimento se estabilizar.

Para a avaliação da degradação, optou-se pelo ensaio de aderência conforme ISO 2409, uma vez que este ensaio testa diretamente um dos principais modos de falha do revestimento, a perda de aderência entre as camadas. Foi observado, durante os ensaios preliminares, que os modos de falha da integridade superficial do revestimento são evidenciados pela combinação do ensaio de imersão em detergente seguido do ensaio de aderência.

A norma ISO 2409 orienta para que, utilizando um estilete e um gabarito, mostrado na FIGURA 83a, sejam executados 6 cortes paralelos distantes de 1 a 3 mm, com cerca de 20mm de comprimento, e depois mais 6 cortes paralelos perpendicularmente aos primeiros, formando assim uma grade de 5 por 5 quadrados, como mostrado na FIGURA 83b. Os cortes devem atingir o substrato, e devem ser executados num único movimento, contínuo e uniforme com velocidade de 2 a 5 cm/s, devendo a lâmina estar posicionada num ângulo de aproximadamente 45° com a superfície. Este processo deve ser repetido mais duas vezes em áreas consideradas críticas e distante ao menos 5 mm das anteriores. Esta estratégia se dá pois espera-se que haja uma pequena variação na superfície, variação esta detectável entre estas localizações medidas.

FIGURA 83 – CORTE EM GRADE ENSAIO ADERÊNCIA SEGUNDO ISO 2409: (A) GABARITO PLANO; (B) CORTE EM GRADE



FONTE: O autor.

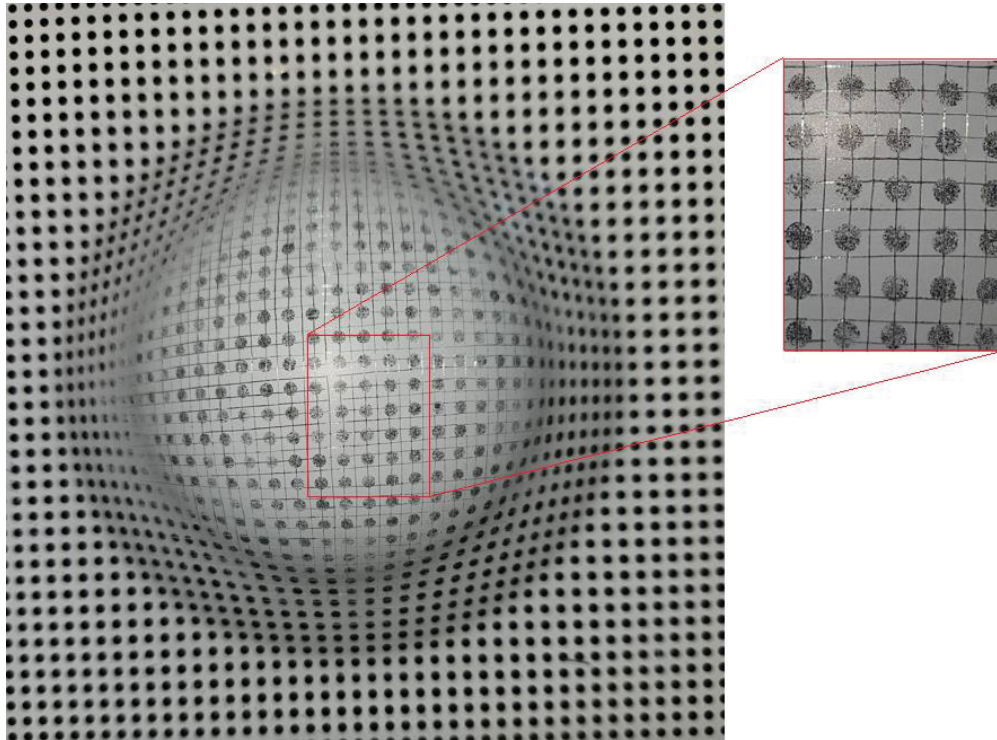
Entretanto, para este trabalho, dado que cada região do corpo de prova estava sujeita a um diferente par de deformação principal maior e menor, fez-se necessário aplicar o corte em grade por toda a área deformada do corpo de prova Nakajima. Desta forma, foi preparado um gabarito que além do formato concavo contemplava a área total do maior corpo de prova do ensaio Nakajima, como ilustrado na figura 84. Isto permitiu que, de forma mais prática, o corte em grade fosse realizado nas amostras Nakajima, como mostrado na figura 85.

FIGURA 84 – GABARITO CORTE EM GRADE PARA CORPOS DE PROVA NAKAJIMA



FONTE: O autor.

FIGURA 85 – CORTE EM GRADE EXECUTADO EM AMOSTRAS NAKAJIMA



FONTE: O autor.

Os resíduos da operação do corte em grade foram cuidadosamente removidos e então, foi aplicada uma fita adesiva da 3M, referência 3557, que atende ao critério de força de aderência mínima de 55 kgf/mm segundo NBR 11003. Esta foi cuidadosamente aplicada sobre a superfície do revestimento, e alisada com a utilização de uma borracha, removendo possíveis bolhas de ar e garantindo assim a aderência em toda a superfície. A fita foi então puxada firmemente em um ângulo aproximado de 90°, sendo removida completamente.

Desta forma, a fita força o deslocamento das regiões do revestimento que tiveram a integridade superficial ou a coesividade das interfaces entre camadas afetadas pela deformação e acentuadas pelo ensaio de imersão em detergente. As falhas no revestimento foram classificadas segundo a ISO 2409, variando entre classe 0, quando não há dano algum na aderência do revestimento, e classe 5 quando o dano afeta mais de 65% da área avaliada, conforme descrito na FIGURA 44c.

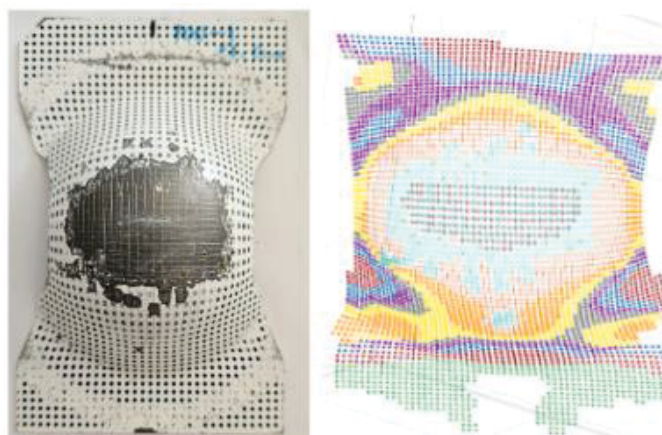
3.4.6 Determinação da CLC do revestimento (CLC-r)

A análise dos dados foi realizada correlacionando os resultados da obtenção do campo de deformação com os resultados da ocorrência do deslocamento do

revestimento pela combinação dos ensaios de imersão em detergente e aderência. Essa correlação foi realizada de forma gráfica, utilizando o programa Minitab em todas as etapas descritas a seguir.

Os dados com o valores das deformações principais e as coordenadas de seus respectivos nós/ elementos foram importados do programa Argus. As superfícies dos corpos de prova foram recriadas digitalmente utilizando a ferramenta para criação de gráficos de dispersão 3D e a partir dos dados das coordenadas dos nós dos elementos. Foram então selecionados manualmente os elementos das regiões dos corpos de prova que sofreram danos críticos no revestimento, por comparação visual, e então classificados como elementos com falha no revestimento. O resultado da seleção de elementos para um corpo de prova é mostrado na FIGURA 86.

FIGURA 86 – SELEÇÃO DE ELEMENTOS COM DANO CRÍTICO AO REVESTIMENTO



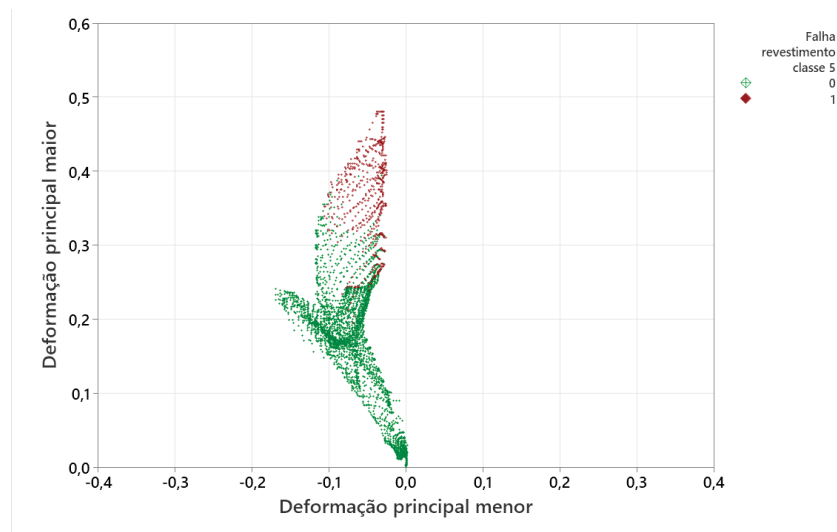
FONTE: O autor.

Foi então plotado um diagrama de dispersão de pontos para os dados das deformações principais, maior x menor, e definido como variável categórica para agrupamento a ocorrência ou não de falha do revestimento no elemento, respectivamente nas cores vermelho e verde. Este resultado é exemplificado no diagrama da FIGURA 87. Este procedimento foi realizado para cada um dos 15 tratamentos mostrados na tabela 11, à exceção das amostras de chapa pré-pintada plana, sem qualquer nível de deformação, a qual foi analisada de forma mais simples e tal qual descrito na norma ISO 2409.

Os dados dos elementos que apresentaram falha no revestimento foram então agrupados por tempo de realização do ensaio de imersão em detergente, e três novos diagramas de dispersão de pontos foram criados, zero hora, cinquenta horas e cem

horas. Foram então selecionados os valores mínimos da deformação principal maior para cada faixa de valor da deformação principal menor, representando assim os menores níveis de deformação nos quais o revestimento apresentou falhas. Foi traçada um linha conectando estes pontos e estabelecendo assim a CLC-r para cada uma das três configurações do ensaio de imersão em detergente, que será apresentado no capítulo de Resultados e Discussões.

FIGURA 87 – DIAGRAMA DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS CRÍTICAS - FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO



FONTE: O autor.

TABELA 11 – AMOSTRAS UTILIZADAS PARA ENSAIO ACELERADO DE VIDA

Lote	Material	Revestimento	Dimensões corpo de prova [mm]	Ensaio imersão em detergente	Amostras
Único	Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	0 hr	1
				100 hrs	1
				100 hrs	1
			25 x 200	0 hr	1
				50 hrs	1
				100 hrs	1
			50 x 200	0 hr	1
				50 hrs	1
				100 hrs	1
			100 x 200	0 hr	1
				50 hrs	1
				100 hrs	1
			150 x 200	0 hr	1
				50 hrs	1
				100 hrs	1
200 x 200	0 hr	1			
	50 hrs	1			
	100 hrs	1			
Total					17

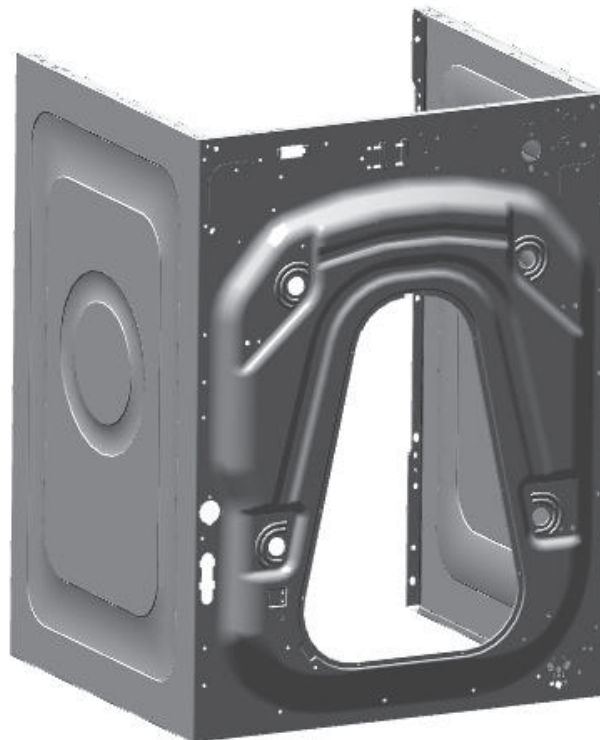
FONTE: O autor.

3.5 PREVISÃO DAS FALHAS DO REVESTIMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Para avaliar a eficiência das CLC-r obtidas quando utilizadas como critério de falha do revestimento na simulação numérica da conformação de peças a partir de chapas com revestimento polimérico, foram selecionadas duas peças que atualmente são fabricadas pela Whirlpool e utilizadas em eletrodomésticos da linha branca, gabinete e painel frontal da lavadora, mostradas na FIGURA 88 e FIGURA 89, respectivamente.

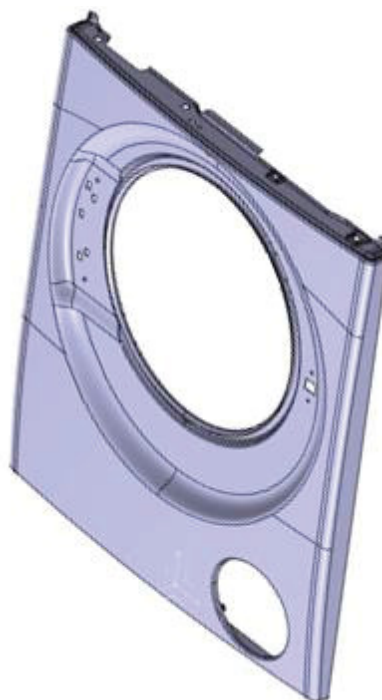
Nesta etapa dois caminhos paralelos foram conduzidos. Por um lado, a simulação numérica foi iniciada utilizando os resultados obtidos na caracterização da chapa de aço revestida, até a obtenção da previsão dos modos de falha do revestimento. Em paralelo, o procedimento de estampagem prático do gabinete e painel frontal da lavadora também foi realizado, assim como uma análise detalhada dos modos de falha evidenciados.

FIGURA 88 – GABINETE LAVADORA



FONTE: O autor.

FIGURA 89 – PAINEL FRONTAL LAVADORA



FONTE: O autor.

3.5.1 Modelamento do material

Utilizando o programa Autoform R8, o material foi modelado como camada única do aço DX54D, devido a incapacidade do Autoform em modelar multicamadas de forma customizada. Para todos os parâmetros de entrada, foram utilizados os valores obtidos na caracterização do substrato de aço após este ter passado pelo processo aplicação do revestimento orgânico, à exceção da curva CLC, que para a qual foi utilizada a CLC-r também obtida na etapa de caracterização do revestimento, ao invés da CLC do substrato, bem como algumas propriedades físicas e mecânicas que são tabeladas e características dos aços baixos carbono, não requerendo ensaios específicos para sua obtenção. Para estas últimas, os valores utilizados estão informados na relação abaixo que descreve todos os parâmetros de entrada.

Esta simplificação no modelamento do material como camada única, segue a indicação dos estudos apresentados na revisão bibliográfica deste trabalho, pois espera-se que isto não comprometeria a acuracidade dos resultados, visto que o início do dano na interface é principalmente dependente da evolução da rugosidade superficial do substrato e da ocorrência da perda de resistência do revestimento

polimérico, fatores que estão diretamente relacionados com o comportamento do aço quando induzido os diferentes modos de deformação.

Soma-se a isto, o fato de que o material objeto da conformação é o próprio substrato de aço, e as camadas do revestimento polimérico apenas acompanham e se remodelam conforme o substrato de aço vai sendo conformado. Toda e qualquer falha do revestimento polimérico será devido ao modo de deformação atingir valores críticos para a deformação principal menor x deformação principal maior, que se presume que foram previamente capturados pelos ensaios para obtenção da CLC-r.

Os parâmetros de entrada e condições utilizadas para o modelamento do material no Autoform, que foram utilizados a partir de valores referenciais para o aço DX54D, fornecidos pelo fabricante CSN, seguem abaixo relacionados:

- a) Módulo de Young: 210 GPa;
- b) Coeficiente de Poisson: 0,3;
- c) Peso Específico: 7,68 kg/m³.

Outros parâmetros de entrada e condições utilizadas são os valores padronizados adotados pelo departamento de simulação de conformação da Whirlpool, obtidos após sucessivas análises de simulação numérica para diversos componentes estampados, semelhantes aos estudados neste trabalho:

- a) Coeficiente de atrito: segundo modelo de atrito de Coulomb e com coeficiente $\mu = 0,06$ para a face do *blank* com revestimento e em contato com matriz, e $\mu = 0,13$ para a face oposta do *blank* e em contato com punção;
- b) Curva de Escoamento: segundo modelo de Swift/Hockett-Sherby, os coeficientes são calculados pelo Autoform ao importar a curva de tensão x deformação verdadeira obtida no ensaio de tração do aço com revestimento polimérico;
- c) Critério de Escoamento Anisotrópico: BBC 2005.

Ao passo que, para os demais parâmetros, foram utilizados diretamente os resultados obtidos com a caracterização proposta e já apresentada neste capítulo, e são eles:

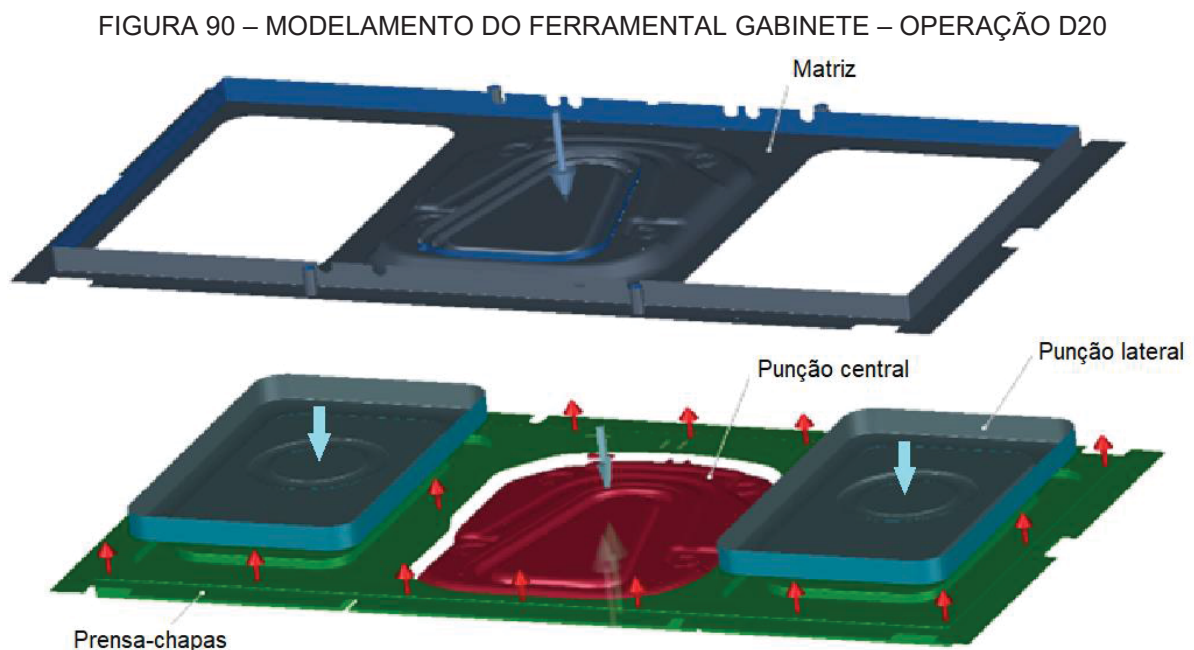
- a) Curva Tensão x Deformação Verdadeira;
- b) Tensão Limite de Escoamento;
- c) Tensão Limite de Resistência;
- d) Valores de r nas três direções;

- e) Curva Limite Conformação: Importado pontos da CLC-r obtida nos ensaios de caracterização do revestimento.

3.5.2 Modelamento e realização da simulação numérica

O modelamento do ferramental foi iniciado importando-se a superfície CAD 3D do projeto do ferramental de estampagem existente. Foi então adicionado o material conforme modelamento descrito na seção anterior, e definida a espessura do material utilizado neste estudo, 0,90mm. Na sequência, foi definido o plano de produção, focando-se apenas na primeira operação de estampagem, a operação de repuxo, denominada D-20, ilustrada na FIGURA 90.

Como a importação fornece apenas a geometria do ferramental, foi necessário definir o comportamento mecânico das partes do ferramental, graus de liberdade e restrições de movimento dos componentes ferramental, representado pelas flechas da FIGURA 90, superfícies de contato do ferramental com o *blank*, reações do ferramental, força do prensa-chapas e método de aplicação, quebra-rugas quando aplicável. Nesta etapa também foi definido o formato e dimensões do *blank*, de acordo com a condição no processo de estampagem real.



FONTE: Departamento de Simulação de Conformação da Whirlpool.

Para o modelamento do ferramental do gabinete buscou-se replicar o funcionamento passo a passo do ferramental real. A matriz, montada na parte superior, desce até iniciar a pressão de contato contra o prensa-chapas, sujeitando o *blank*. O rebaixo do contorno externo é formado para baixo. A matriz continua a se mover para baixo, empurrando junto o prensa-chapas e o *blank*, e assim conformando também a região central da peça para cima. Ao mesmo tempo, os rebaixos das laterais também são conformados para cima, num primeiro momento, até que ao fim de curso do ferramental, os rebaixos laterais são então conformados para baixo. Para replicar estes movimentos, as seguintes condições de contorno foram definidas:

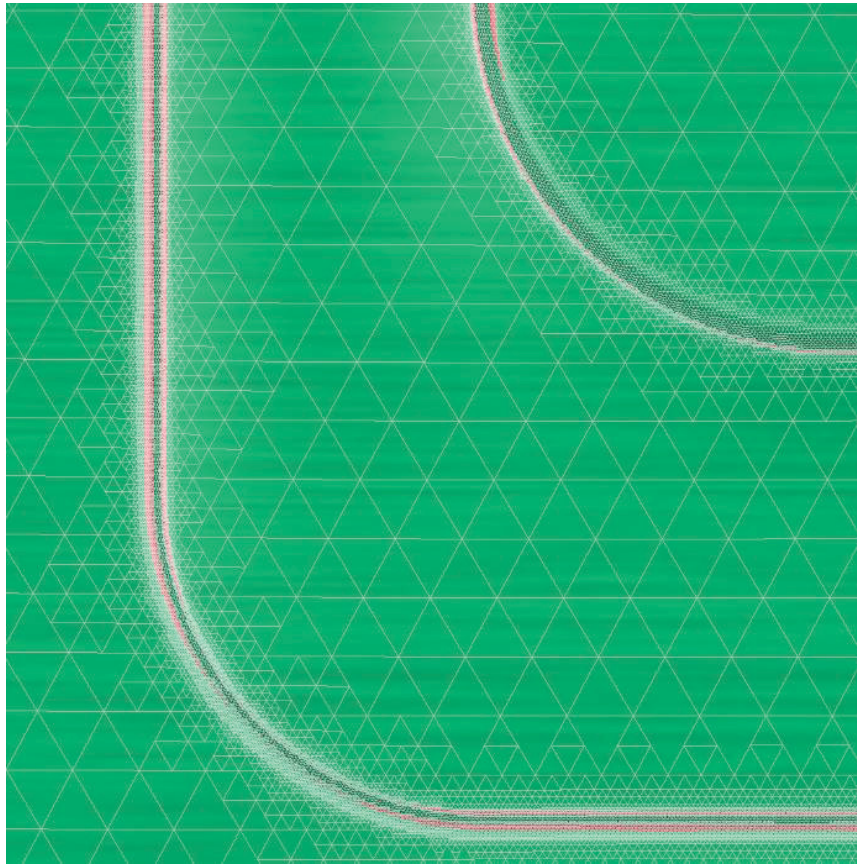
- a) Gravidade aplicada no *blank*;
- b) Matriz superior rígida e fixada no martelo da prensa;
- c) Punção superior lateral fixada na matriz superior e montado com atuadores hidráulicos;
- d) Punção inferior rígido fixado na mesa da prensa;
- e) Prensa-chapas com atuadores hidráulicos e fixado na mesa da prensa;

Do modo análogo, foi realizado o modelamento do ferramental para o painel frontal, seguindo as mesmas etapas executadas para o gabinete, porém este procedimento não foi detalhado por questões de confidencialidade.

Por fim, antes de executar a simulação, foi definida a configuração de precisão mais refinada, denominada como fase de engenharia para Validação Final, que de fato era o propósito desta simulação. Dentro desta configuração, podem ser customizados fatores como tamanho inicial dos elementos, tamanho mínimo dos elementos refinados, controle do incremento de tempo e tipo de elemento.

De fato, o Autoform, que possui uma malha de elementos triangulares, trabalha com um conceito de malha adaptativa, refinando automaticamente a malha a cada incremento de tempo, mas apenas nas regiões que requerem uma maior precisão, otimizando assim o tempo de processamento. Portanto, ao utilizar a configuração da Validação Final, apenas as regiões com maiores níveis de deformações serão refinadas, conforme mostrado na FIGURA 91.

FIGURA 91 – MALHA ADAPTÁVEL DO AUTOFORM



FONTE: Departamento de Simulação de Conformação da Whirlpool.

Em síntese, os parâmetros de malha utilizados para o gabinete foram:

- a) Tipo de elemento: Triangular EPS-11 (casca elasto-plástico com 11 pontos de integração);
- b) Tamanho inicial do elemento: 10 mm;
- c) Tamanho mínimo do elemento: 0,16 mm;
- d) Número inicial de elementos: 31.476;
- e) Número final de elementos (após refinamento): 1.600.000;

Ao passo que para o painel frontal, os parâmetros de malha utilizados foram:

- a) Tipo de elemento: Triangular EPS-11 (casca elasto-plástico com 11 pontos de integração);
- b) Tamanho inicial do elemento: 10 mm;
- c) Tamanho mínimo do elemento: 0,31 mm;
- d) Número inicial de elementos: 13.635;
- e) Número final de elementos (após refinamento): 578.425;

3.5.3 Estampagem prática das peças

Foram fabricadas peças do gabinete a partir do mesmo material utilizado na caracterização. Porém, este material não foi utilizado para o painel frontal, devido a espessura diferente requerida para este componente. Desta forma, foi então utilizado um segundo lote com o substrato na espessura adequada, mas com a mesma configuração e característica do revestimento, sendo assim ainda válida a caracterização realizada no revestimento.

Ambas as peças foram fabricadas em prensa hidráulica de 600 tonf. Para lubrificação do *blank*, foi utilizado uma emulsão lubrificante a base d'água denominado CB 301 da LMI, além do filme protetivo em polietileno que já vem do fornecedor do material aplicado sobre a face do revestimento para proteção, mas que tem um efeito secundário de lubrificação na conformação.

3.5.4 Análise de falhas no revestimento das peças estampadas

As amostras estampadas passaram por uma criteriosa inspeção visual, identificando as falhas do revestimento logo após a estampagem. Na sequência, foi realizada o ensaio de aderência nas regiões críticas identificadas previamente na simulação. E por fim, as seções mais críticas foram recortadas e colocadas em ensaio detergente seguido de ensaio aderência.

3.5.5 Validação da simulação numérica

Nesta última etapa, as previsões dos modos de falhas pela simulação numérica foram comparadas graficamente com os resultados obtidos na estampagem para as peças gabinete e painel frontal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos ensaios realizados para a caracterização das propriedades e conformabilidade do substrato de aço, caracterização das propriedades do aço com revestimento orgânico, bem como os resultados da caracterização da conformabilidade do revestimento polimérico. Por fim, são também apresentados os resultados da simulação numérica e validação destes.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO SUBSTRATO

4.1.1 Análise química

Na tabela 12 é apresentada a composição química do substrato de aço do material utilizado, e esta é comparada com a composição referenciada pela norma EN10327 para este grupo de aços. Pode-se observar que os teores dos elementos químicos estão muito abaixo do máximo permitido, em especial os valores de C. Isto ocorre, pois, esta norma estabelece percentuais máximos para um grupo de aços com grau de conformação que variam de baixo, qualidade DX51D, para dobramento e perfilagem, até o mais alto, qualidade DX57D, para embutimento super profundo.

Entretanto, a partir do DX53D, para atender a aplicação a qual este grau é designado, e bem como para a obtenção de propriedades mecânicas mínimas estabelecidas, forma-se um subgrupo de aços desta norma, o aço livre de interstícios (IF). Desta forma, pode-se justificar o percentual de Ti, adicionado ao aço devido ao seu efeito estabilizante dos átomos intersticiais como C e N, auxiliando a obtenção de níveis de C abaixo de 0,005% e de N abaixo de 0,003%, segundo Hoile (2000).

TABELA 12 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO (%)

<i>Material</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ti</i>	<i>Al</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Cr</i>	<i>N</i>	<i>Nb</i>
EN10327	<0,12	<0,5	<0,6	<0,1	<0,045	<0,3	-	-	-	-	-	-
DX54D	0,0024	0,006	0,115	0,008	0,011	0,042	0,069	0,06	0,04	0,011	0,002	0,001

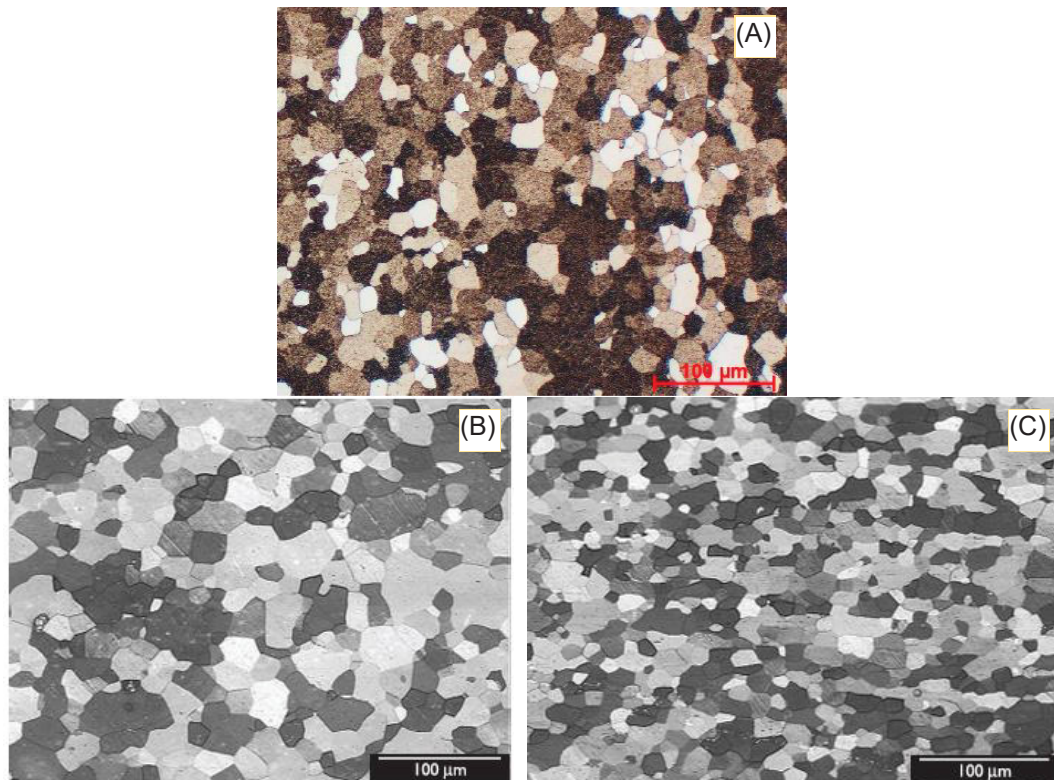
FONTE: O autor.

4.1.2 Análise metalográfica

Na FIGURA 92a é mostrada a morfologia dos grãos do aço DX54D. Observa-se que o núcleo do material apresenta distribuição de grãos homogênea. O tamanho de grão obtido foi entre 8 e 8,5, segundo ASTM E 112. Este valor de tamanho de grão obtido é típico para chapas de aço IF de elevado grau de conformação, portanto, condiz com o aço DX54D.

Buscando-se referências na literatura para tamanhos de grão obtidos para aços similares disponíveis na literatura, encontra-se em Dias (2012), que estudou duas bobinas de IF estabilizado com 0,053% Ti e 0,057% Ti, porém sem revestimento orgânico. Estes aços apresentaram um tamanho de grão de 8 e 8,5, devido a dois patamares diferentes para a temperatura de recozimento, 860°C e 760°C, respectivamente.

FIGURA 92 – MORFOLOGIA DOS GRÃOS. AUMENTO 100X: (A) AÇO DX54D APÓS PINTURA DA BOBINA; (B) AÇO ESTABILIZADO AO TI A 860°C; (C) AÇO ESTABILIZADO AO TI A 760°C.



FONTE: (A) o autor; (B, C) Dias (2012).

Comparando-se as FIGURAS 92 percebe-se que de fato o tamanho de grão do DX54D na FIGURA 92A está entre os tamanhos de grão mostrados nas FIGURAS

92B e 92C. Não foram encontradas diferenças significativas na morfologia dos grãos que possam ser atribuídas ao processo de cura da tinta, o que de fato não era esperado uma vez que esta temperatura de cura da tinta, em torno de 200°C, é muito inferior a temperatura de recristalização do aço.

4.1.3 Ensaio de tração uniaxial

As propriedades mecânicas obtidas nos ensaios das amostras e os valores determinados pela EN 10327 são mostradas na TABELA 13. Foram ensaiadas amostras do aço DX54D coletadas na usina da CSN em Porto Real, portanto, antes do processo de pintura da bobina. Também foram coletadas amostras na CSN Paraná, estas, por sua vez, após o processo de pintura da bobina.

Observa-se uma variação expressiva das propriedades mecânicas obtidas, ao comparar-se a média dos valores antes e após o processo de pintura. O limite de escoamento aumentou de 14 a 23 MPa. O limite de resistência aumentou 14 MPa e 7 MPa para a direção 0° e 45°, respectivamente, mas reduziu 14 MPa para a direção 90°. O alongamento uniforme aumentou para a direção 0°, mas diminuiu para as demais direções. O expoente de encruamento reduziu significativamente em todas as direções. Já o coeficiente de anisotropia mostrou uma variação acentuada, tendo reduzido 50% na direção 0°.

TABELA 13 – PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO DX54D, VALORES MÉDIOS

<i>Pintura</i>	<i>Direção</i>	<i>LE (MPa)</i>	<i>LR (MPa)</i>	<i>AI (%)</i>	<i>Au (%)</i>	<i>r</i>	<i>n</i>
EN 10327	90°	120-220	260-350	>36	-	>1,6	>0,18
Antes	0°	149	265	38	23,7	3,71	0,24
	90°	166	289	37	24,4	3,29	0,24
	45°	166	283	40	26,2	2,47	0,24
Após	0°	184	310	50	25,6	2,26	0,22
	90°	192	306	42	24,5	3,15	0,22
	45°	197	318	43	24,3	2,12	0,22

LE = limite de escoamento
 LR = limite de resistência
 Au = alongamento uniforme
 r = coeficiente de anisotropia
 n = expoente de encruamento

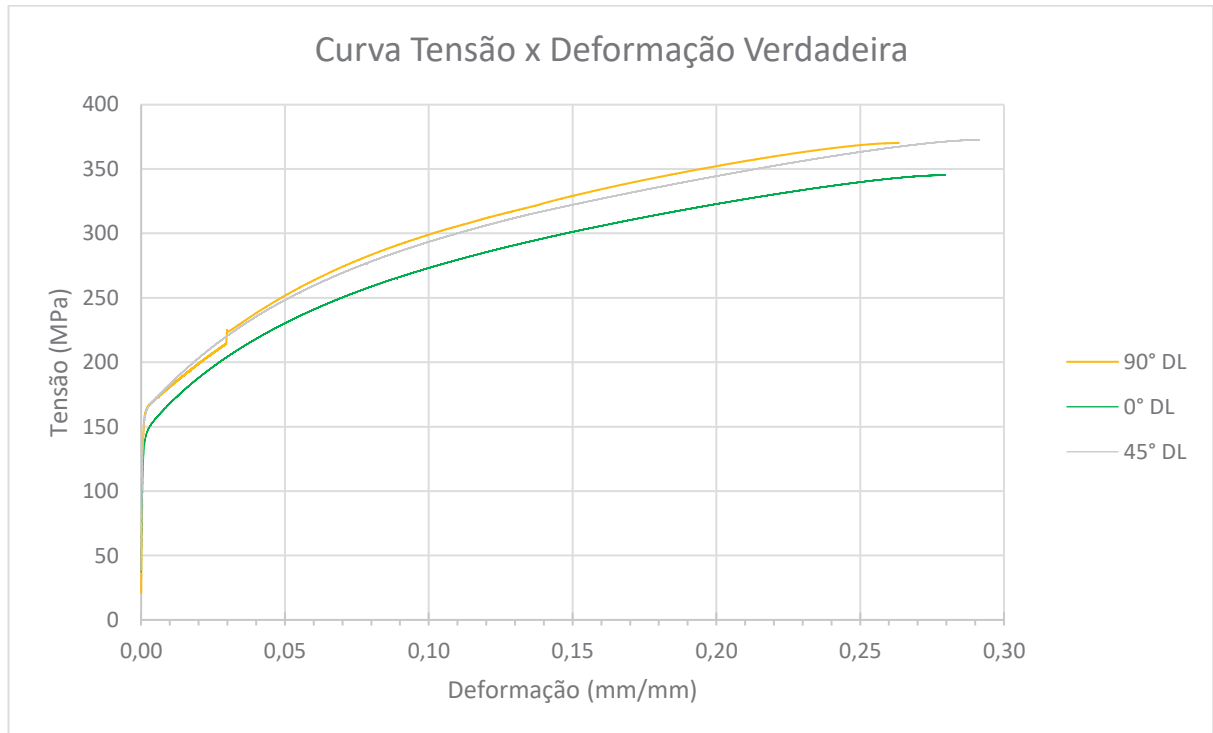
FONTE: O autor.

Apesar disto, tanto os valores obtidos das amostras coletadas antes do processo de pintura quanto os valores obtidos nas amostras coletadas após o processo de pintura, encontram-se dentro do especificado pela norma EN10327.

Porém, deve-se fazer uma importante consideração referente ao procedimento utilizado no ensaio para obtenção do coeficiente de anisotropia, pois, enquanto a CSN adotou os valores no ponto de início da estricção, dado pelo alongamento uniforme de 23,7 a 26,2%, os ensaios realizados pela Metalab nas amostras após o processo de pintura, utilizaram os valores a 18% de deformação verdadeira.

Na FIGURAS 93, são mostradas as curvas de tensão verdadeira x deformação verdadeira das amostras coletadas antes do processo de pintura, comparando-se os resultados obtidos para as diferentes direções. Observa-se um degrau na curva tensão x deformação verdadeira para a direção 90°. Isto ocorreu devido a alteração da velocidade durante o ensaio de 1,0 mm/min para 10 mm/min quando este atingiu 3% de deformação, evidenciando-se o efeito da sensibilidade à taxa de deformação.

FIGURA 93 – CURVAS TENSÃO X DEFORMAÇÃO VERDADEIRA PARA AÇO DX54D, ANTES DO PROCESSO DE PINTURA, E NAS TRÊS DIREÇÕES



FONTE: O autor.

Também se observa nas três direções um comportamento da fase plástica bastante semelhante, justificando o expoente de encruamento igual apresentado pelas amostras. A única diferença apresentada é o leve deslocamento para baixo da amostra à 0°, novamente evidenciado pelo menor nível do limite de escoamento e limite de resistência.

A diferença entre médias dos valores obtidos para as amostras de bobina pintada ensaiada em laboratório terceiro quando comparados aos valores obtidos pela CSN para as amostras da bobina zincada, pode ser atribuível a um provável lote diferente de matéria-prima, uma vez que a coleta de amostras foi pouco criteriosa.

Porém, este comportamento também poderia ser atribuído ao processo de cura acima de 200°C, devido a recuperação parcial da estrutura cristalográfica obtida pela laminação do passe de encruamento, entretanto, para fazer esta inferência, os ruídos na coleta, preparação e execução de ensaio precisariam ser esclarecidos.

Desta feita, como também o desvio padrão dos valores obtidos para o coeficiente de anisotropia nos ensaios realizados pela Metalab após o processo de pintura, apresentou resultados bastante elevados, comprometendo a consistência e confiabilidade dos resultados, optou-se então por descartar os dados obtidos nas amostras após o processo de pintura, e assim, utilizar para o modelamento do material na simulação, as propriedades mecânicas das amostras coletadas antes do processo de pintura. Optou-se também pela utilização da curva tensão x deformação verdadeiras na direção 0°, para a definição da curva de escoamento.

4.1.4 Ensaio de Nakajima para determinação da CLC do substrato de aço

Na FIGURA 95 são mostrados os corpos de prova Nakajima ensaiados. Pode-se constatar que em todas as dimensões de corpo de prova e suas repetições, a trinca ocorreu no polo ou bem próximo ao polo, o que indica uma boa lubrificação, bem como a correta decisão de alterar o formato dos corpos de prova de 25, 50 e 100 mm de retangular para gravata.

FIGURA 95 – CORPOS DE PROVA ENSAIO NAKAJIMA PARA OBTENÇÃO CLC AÇO



FONTE: o autor.

As deformações principais críticas resultantes dos ensaios Nakajima, segundo critério de falha por início da estrição, são apresentadas na TABELA 14.

Observa-se que os dados apresentaram um desvio padrão aceitável, à exceção de uma amostra de largura 25 mm, considerada um *outlier*, por não pertencer a distribuição normal. Aponta-se alguma falha na preparação do ensaio para esta amostra, como uma falha na lubrificação ou mau posicionamento da amostra, como possíveis causas para este desvio. A média e desvio padrão mostrados para a largura da amostra de 25mm, não contempla a amostra considerada um *outlier*.

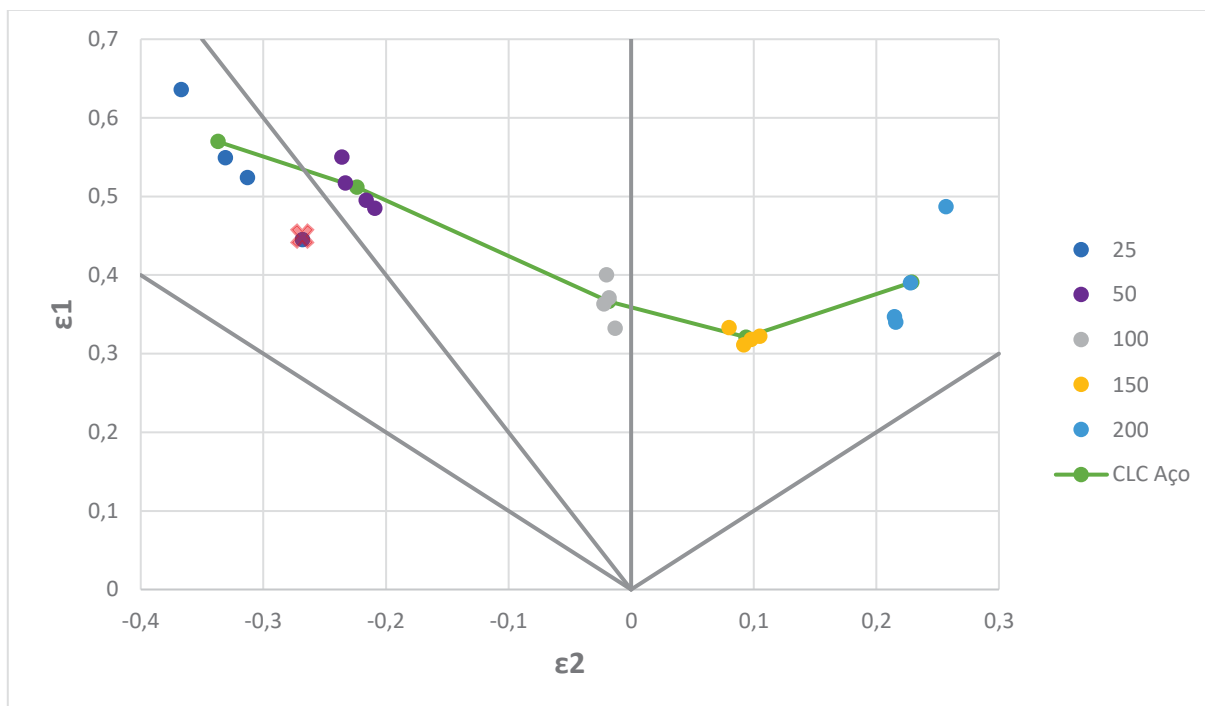
TABELA 14 – DADOS OBTIDOS ENSAIO NAKAJIMA PARA CLC DO AÇO PELO CRITÉRIO DE INÍCIO DA ESTRICÇÃO

Largura CDP (mm)	Repetição	ϵ_1 (mm/mm)	ϵ_2 (mm/mm)
25	1	0,524	-0,313
25	2	0,636	-0,367
25	3	0,445	-0,268
25	4	0,549	-0,331
Média		0,570	-0,337
Desvio padrão		0,0588	0,0275
50	1	0,550	-0,236
50	2	0,517	-0,233
50	3	0,485	-0,209
50	4	0,495	-0,216
Média		0,512	-0,224
Desvio padrão		0,0288	0,0131
100	1	0,371	-0,018
100	2	0,363	-0,022
100	3	0,4	-0,02
100	4	0,332	-0,013
Média		0,367	-0,018
Desvio padrão		0,0280	0,0039
150	1	0,311	0,092
150	2	0,333	0,08
150	3	0,322	0,105
150	4	0,318	0,098
Média		0,321	0,094
Desvio padrão		0,0092	0,0106
200	1	0,487	0,257
200	2	0,347	0,215
200	3	0,390	0,228
200	4	0,340	0,216
Média		0,391	0,229
Desvio padrão		0,0717	0,0215

FONTE: O autor.

Os valores encontrados no ensaio Nakajima são apresentados na forma gráfica na FIGURA 96, na qual também é apresentada a CLC do aço DX54D pré-pintado, construída a partir das médias para cada dimensão de corpo de prova.

FIGURA 96 – CLC DO AÇO DX54D PRÉ-PINTADO



FONTE: O autor.

Observa-se que o ponto de inflexão da CLC, chamado de CLC_0 , está deslocado para a direita e não exatamente sobre o eixo da deformação principal maior. Segundo Paul (2021), este deslocamento do CLC_0 pode ser consequência do caminho da deformação influenciado por uma pequena pré-deformação equi-biaxial.

Este deslocamento pode ainda ter sido causado por outros fatores externos. A realização do ensaio Nakajima utilizando apenas cinco diferentes geometrias, número mínimo segundo ISO 12004, é uma das possíveis causas. A diferença de geometria dos *blanks* também é uma possível causa, uma vez que as amostras com 25, 50 e 100 mm de largura tinha a forma de gravata e para os de largura 150 e 200 mm, tinham a forma retangular. Isto fica mais evidente quando também analisamos o local da fratura, o qual nos corpos de prova em forma de gravata apresentaram a fratura exatamente no topo do domo. Já para os corpos de prova retangular a fratura se apresentou deslocada.

Além disso, o formato retangular do perímetro externo dos *blanks*, segundo a ISO 12004, pode causar uma distribuição menos uniforme dos pontos da CLC quando comparado com a geometria circular que acompanha a geometria do ferramental.

Por sua vez, pode-se também comparar o valor obtido de $CLC_0 = 0,32$ para o DX54D com revestimento polimérico, com outros ensaios experimentais realizados

por outros autores. Kohl e Merklein (2021) obtiveram um $CLC_0 = 0,40$ para um DX54D com espessura 0,80 mm.

Na verdade, o principal objetivo para determinação da CLC do aço era a obtenção dos valores de referência para o deslocamento do punção até o momento do início da estricção localizada. Estes valores são encontrados na TABELA 15, assim como os valores para a altura do domo no momento definido para o início da estricção e o deslocamento então adotado para o ensaio Nakajima do revestimento.

TABELA 15 – DESLOCAMENTO DO PUNÇÃO OBTIDO ENSAIO NAKAJIMA

Largura CDP (mm)	Repetição	Altura domo na estricção	Deslocamento punção até estricção	Deslocamento adotado para Nakajima do revestimento
25	1	28,9	36,4	36,4
25	2	39,2	46,7	
25	3	37,5	45,0	
25	4	28,9	36,4	
Média		32,4	39,9	
Desvio padrão		5,95	5,95	
50	1	36,7	44,2	43,7
50	2	36,2	43,7	
50	3	35,8	43,3	
50	4	35,6	43,1	
Média		36,1	43,6	
Desvio padrão		0,55	0,55	
100	1	42,2	49,7	50,1
100	2	42,9	50,4	
100	3	47,2	54,7	
100	4	41,9	49,4	
Média		43,5	51,0	
Desvio padrão		0,51	0,51	
150	1	32,7	40,2	40,4
150	2	32,1	39,6	
150	3	33,7	41,2	
150	4	32,8	40,3	
Média		32,8	40,3	
Desvio padrão		0,38	0,38	
200	1	37,5	45,0	44,5
200	2	36,0	43,5	
200	3	35,9	44,4	
200	4	35,5	43,0	
Média		35,9	44,4	
Desvio padrão		1,04	1,04	

FONTE: O autor.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E CONFORMABILIDADE DO REVESTIMENTO POLIMÉRICO

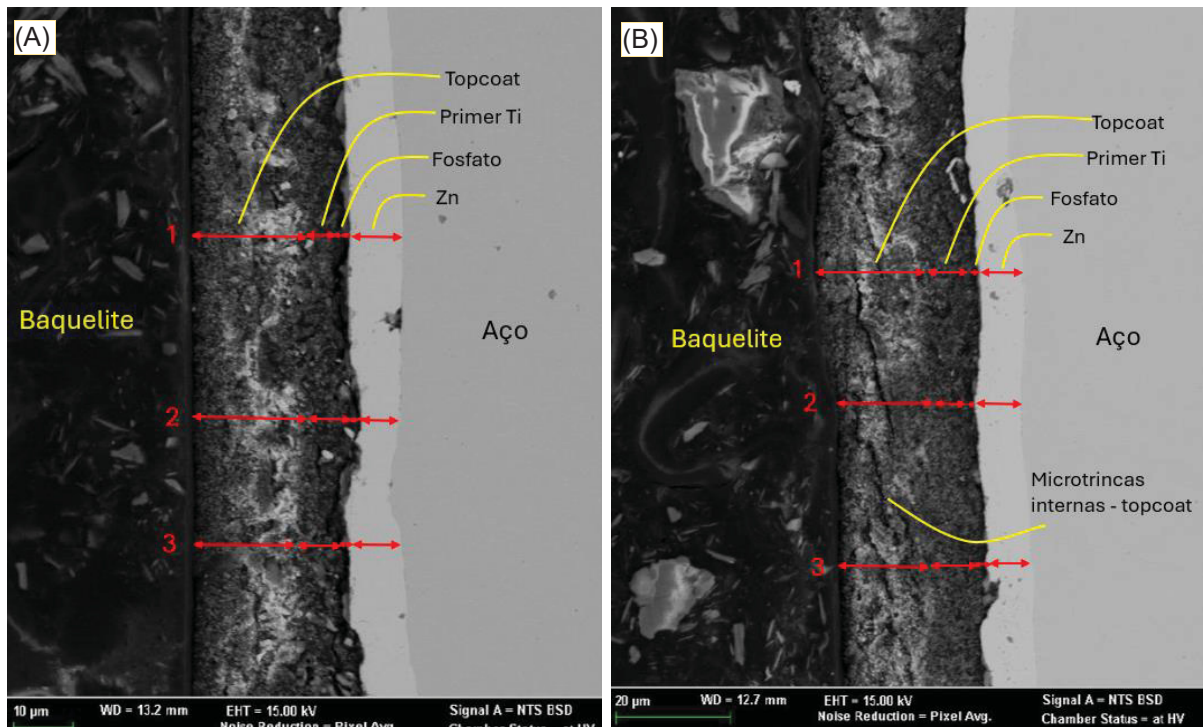
4.2.1 Análise morfológica transversal das camadas

Na FIGURA 97 são mostradas as imagens obtidas por MEV-FEG da morfologia das camadas da face com topcoat. Foi utilizado o detector de elétrons retro espalhados (BSD) e energia (EHT) 15 Kv. Esta análise foi realizada em duas amostras em diferentes configurações, mostradas na FIGURA 97, sendo, (A) amostra plana (não deformada) e (B) amostra após ensaio Nakajima (modo de deformação tração biaxial). A amostra deformada sob tração biaxial foi retirada da região onde foram obtidos os maiores níveis de deformação principal maior, ou seja, próximo ao topo do domo.

Observa-se que enquanto algumas camadas podem ser claramente identificadas, como a do aço, zinco, fosfato e primer Ti + *topcoat*, a distinção entre estas duas últimas foi mais difícil. Os veios brancos nas imagens, que foram atribuídos a uma perda de líquido que ocorreu durante o ensaio devido ao vácuo gerado na câmara do MEV/FEG, dificultaram a definição da interface entre o primer Ti e o topcoat, entretanto, isto não afetou a soma total destas duas camadas.

Pode-se constatar ainda pelas imagens, que comparativamente, as camadas da amostra não deformada são mais bem definidas, contínuas e de espessura mais constante que da amostra deformada. Constata-se na amostra deformada a significativa maior predominância de irregularidades, destacando-se as formações de veios escurecidos, interpretados como microtrincas internas da camada de topcoat. Estas são atribuídas ao dano acumulado no revestimento orgânico causado pela deformação, como já demonstrado neste trabalho na topografia da superfície do revestimento. Presume-se que este é o dano inicial que será propagado pelo ensaio detergente, apresentado mais adiante neste trabalho.

FIGURA 97 – ANÁLISE MORFOLOGIA TRANSVERSAL DAS CAMADAS COM AMPLIAÇÃO DE 1500X: (A) AMOSTRAS NÃO DEFORMADAS; (B) AMOSTRAS SOB TRAÇÃO BIAIXIAL



FONTE: o autor.

Na TABELA 16 são apresentados os valores médios e respectivos desvios padrão para as espessuras das camadas dos revestimentos orgânicos e inorgânico, bem como o percentual de redução de espessura das camadas. A coluna Total Revestimento Orgânico representa a soma das três camadas orgânicas de fosfato, primer Ti e topcoat.

Constata-se que os valores médios obtidos para espessura das camadas são bastante coerentes com os valores esperados e informados pelo fabricante da chapa pré-pintada, 20 µm para topcoat e 5 µm para o primer Ti. Observa-se também que o desvio padrão da espessura total das camadas de revestimento orgânico é significativamente menor na amostra sem deformação.

Destaca-se ainda, a redução de espessura encontrada na camada de zinco e na camada total do revestimento orgânico. Por esta análise microscópica, foi identificado uma redução de 5,8% na espessura da camada de zinco e de 6,8% na espessura total do revestimento orgânico. Enquanto no modo de deformação por tração biaxial, que é esperado o maior nível de afinamento dentre todos os modos, pois $\epsilon_3 = -2\epsilon_1$. Considerando que os menores valores críticos encontrados foram de

$\epsilon_1 = 0,2$, tem-se que a redução de espessura do aço pode chegar a 33% na tração equi-biaxial.

TABELA 16 – VALORES DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS EM AMOSTRAS COM E SEM DEFORMAÇÃO NAKAJIMA OBTIDA POR MEV FEG.

Amostra	Medida	Espessura das camadas (μm)				
		Zinco	Fosfato	Primer Ti	Topcoat	Total Revestimento Orgânico
Sem deformação	1	9,88	1,72	5,69	19,51	26,92
	2	6,34	1,48	7,81	19,28	28,57
	3	8,78	1,93	6,73	18,41	27,07
	Média	8,33	1,71	6,74	19,07	27,52
	Desvio padrão	1,81	0,23	1,06	0,58	0,91
Tração biaxial	1	7,93	1,58	7,32	18,39	27,29
	2	7,81	1,59	5,87	16,59	24,05
	3	7,81	1,83	8,17	15,61	25,62
	Média	7,85	1,67	7,12	16,86	25,65
	Desvio padrão	0,07	0,14	1,16	1,41	1,62
Redução de espessura		5,8%	2,6%	-5,6%	11,6%	6,8%

FONTE: O autor.

4.2.2 Análise morfológica da superfície do revestimento orgânico

Na TABELA 17 são mostrados os valores obtidos dos parâmetros de rugosidade superficial S_a e S_z para 10 tratamentos que combinaram diferentes modos de deformação e ensaio de imersão em detergente. O parâmetro S_a expressa, em valor absoluto, o desvio de altura em cada ponto tomando-se como referência a superfície média aritmética, e por sua vez, S_z é definido como a soma do maior pico e do maior vale na área analisada. Ambos os parâmetros foram medidos em microns e em diferentes posições das amostras. Além disso, os dados dos tratamentos com deformação foram obtidos das amostras do ensaio Nakajima, e em posições onde a deformação principal maior era máxima.

A partir de uma análise prática dos dados da tabela, não se evidencia nenhum efeito sistemático e direto do ensaio de imersão em detergente no parâmetro S_a , pois as médias pouco foram afetadas pelo ensaio detergente. Entretanto o desvio padrão entre posições da medição parece indicar um certo efeito. Isto poderia significar que

na média os desvios de altura não foram afetados, mas as poucas amostras afetadas, foram bastante impactadas negativamente.

TABELA 17 – VALORES DOS PARAMETROS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Modo de deformação	Imersão em detergente	Posição/ Medição	Sa (μm)	Média Sa (μm)	Desvio padrão Sa (μm)	Sz (μm)	Média Sz (μm)	Desvio padrão Sz (μm)	
Sem deformação	Sem	1	0,864	0,883	0,018	24,735	17,100	7,249	
		2	0,884			10,312			
		3	0,901			16,253			
	50 hrs	1	0,986	1,007	0,034	39,654	25,513	15,001	
		2	1,046			27,105			
		3	0,988			9,780			
	100 hrs	1	0,892	0,922	0,089	35,521	35,107	17,101	
		2	1,055			39,664			
		3	0,862			53,165			
		4	0,881			12,078			
	Tração uniaxial	Sem	1	3,137	3,110	0,056	36,972	37,009	3,577
			2	3,045			33,451		
3			3,147	40,605					
50 hrs		1	3,165	3,064	0,162	34,537	49,337	13,491	
		2	2,877			52,523			
		3	3,149			60,949			
100 hrs		1	2,601	5,343	3,290	29,430	52,123	24,638	
		2	3,075			34,656			
		3	5,942			62,338			
		4	9,753			82,067			
Deformação Plana		Sem	1	2,674	2,542	0,154	29,362	28,323	1,261
			2	2,578			28,685		
	3		2,373	26,920					
	100 hrs	1	2,834	2,656	0,124	36,023	41,604	11,907	
		2	2,627			31,188			
		3	2,619			40,724			
		4	2,546			58,482			
	Tração Biaxial	Sem	1	3,264	3,143	0,171	43,657	45,81	3,045
2			3,022	47,963					
100 hrs		1	3,398	4,256	1,213	66,668	93,141	37,437	
		2	5,113			119,613			

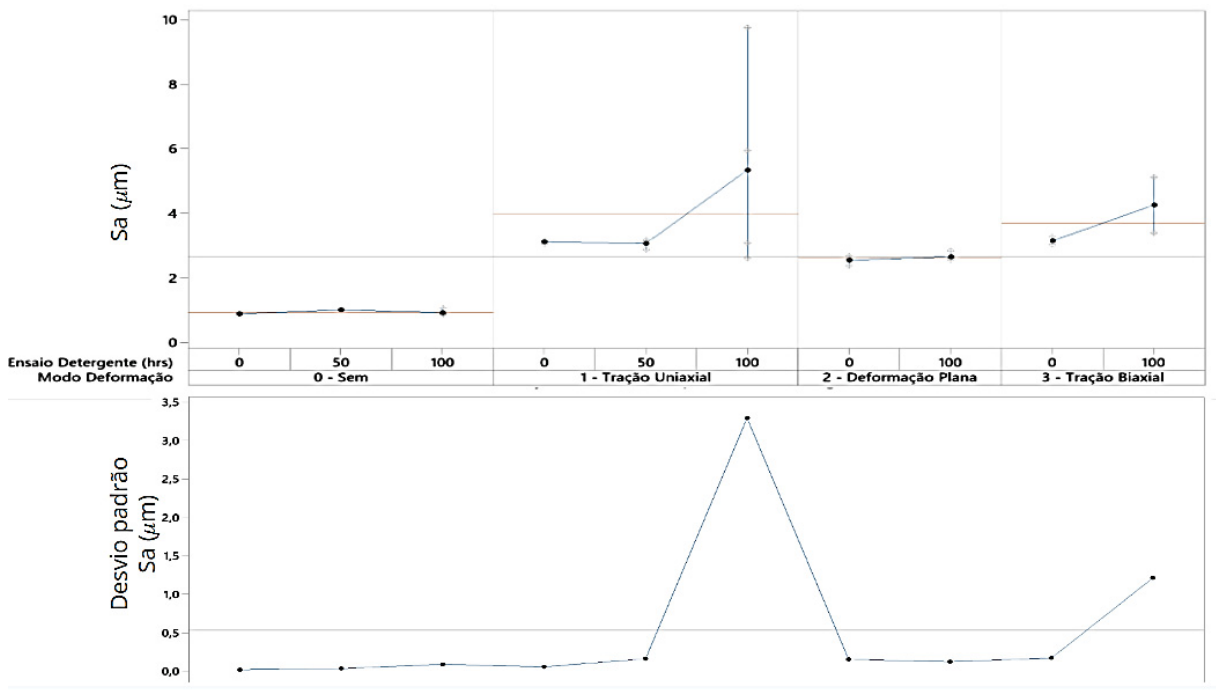
FONTE: O autor.

Por sua vez, para o parâmetro Sz, a análise prática dos dados mostra um claro efeito do ensaio de imersão em detergente, tanto na média quanto no desvio padrão. Isto significa que o ensaio detergente potencializa os danos mais significativos presentes já no revestimento.

Do mesmo modo, com a análise prática para o efeito do modo de deformação, constatou-se que o efeito da deformação e do modo de deformação são bastante significativos e afetam negativa e intensamente os parâmetros indicativos de rugosidade, Sa e Sz.

Nas FIGURA 98 e 99, são mostrados os mesmos dados da TABELA 17, mas na forma de gráficos de variabilidade, sendo respectivamente para o parâmetro Sa e Sz.

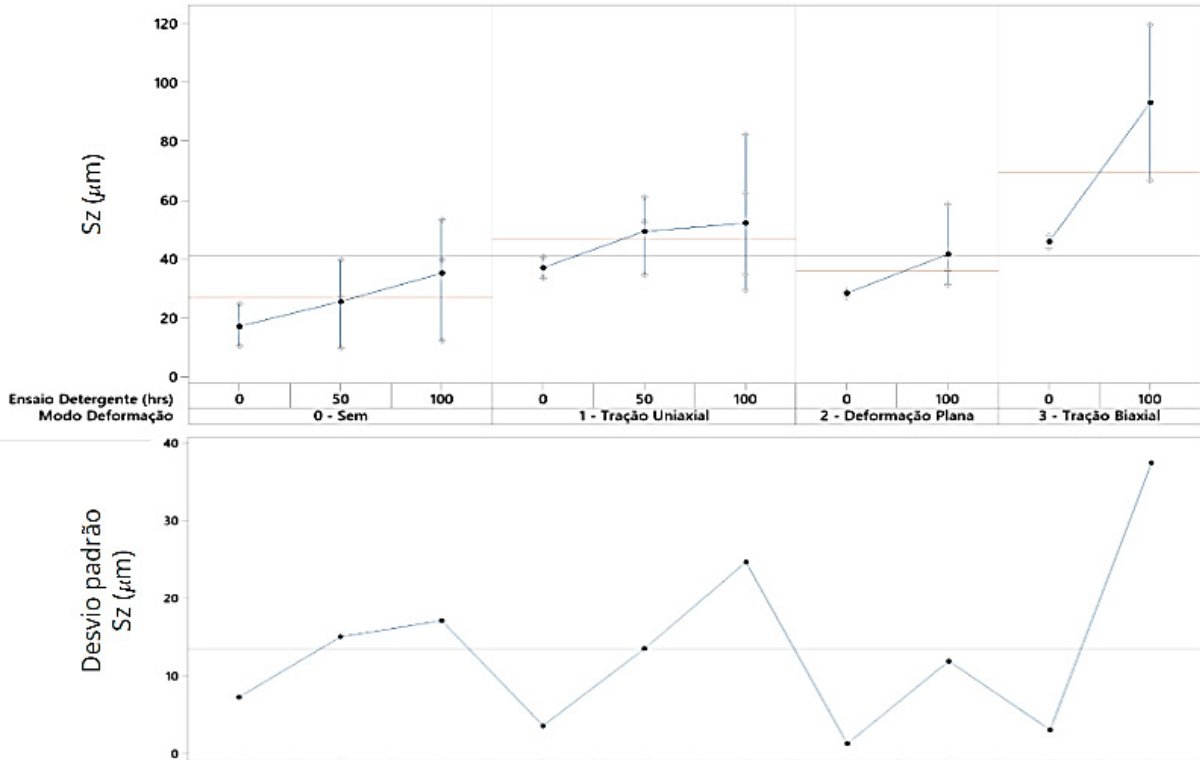
FIGURA 98 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA PARAMETRO Sa (µm)



FONTE: O autor.

A partir da análise gráfica dos dados referentes ao parâmetro Sa, FIGURA 98, constata-se que o efeito da deformação é bastante significativo e impacta diretamente nos valores de Sa. Também se constata que o ensaio de imersão em detergente por 100 horas causou desvios bastante acentuados para algumas combinações de posição e modo de deformação, especificamente em uma posição para os modos de deformação tração uniaxial e biaxial.

FIGURA 99 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA PARAMETRO S_z (μm)

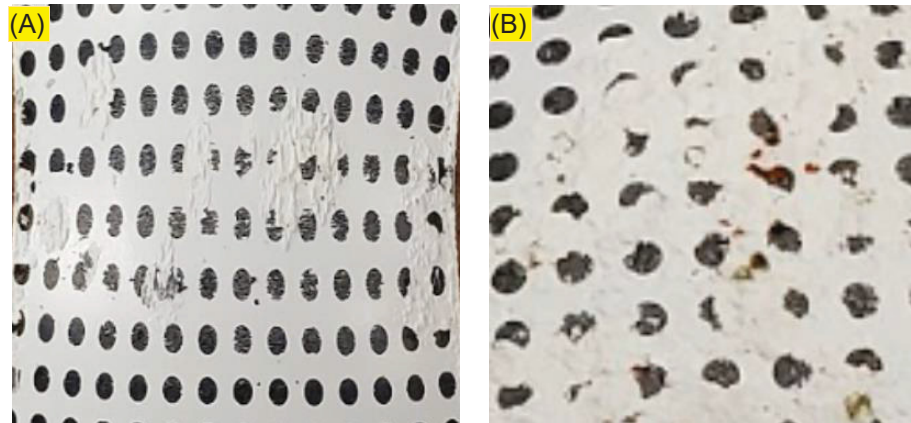


FONTE: O autor.

Por outro lado, a partir da análise gráfica dos dados referentes ao parâmetro S_z , FIGURA 99, constata-se que tanto a deformação e o modo de deformação quanto o ensaio de imersão em detergente, apresentaram efeito significativo nos valores de maior pico e maior vale nas áreas analisadas. Mais especificamente, aumentar o tempo de ensaio de imersão em detergente e induzir deformação resulta em picos e vales mais pronunciados. Nota-se também, que o desvio padrão entre medidas em diferentes pontos da mesma amostra, também é diretamente afetado por estes fatores.

De fato, foram observadas nas amostras submetidas a tração uniaxial e biaxial, e após o ensaio de imersão em detergente por 100 horas, formações isoladas de empolamento do revestimento visíveis a olho nu, como ilustrado na FIGURA 100. Estas formações certamente aumentam pontualmente o desvio de altura da superfície.

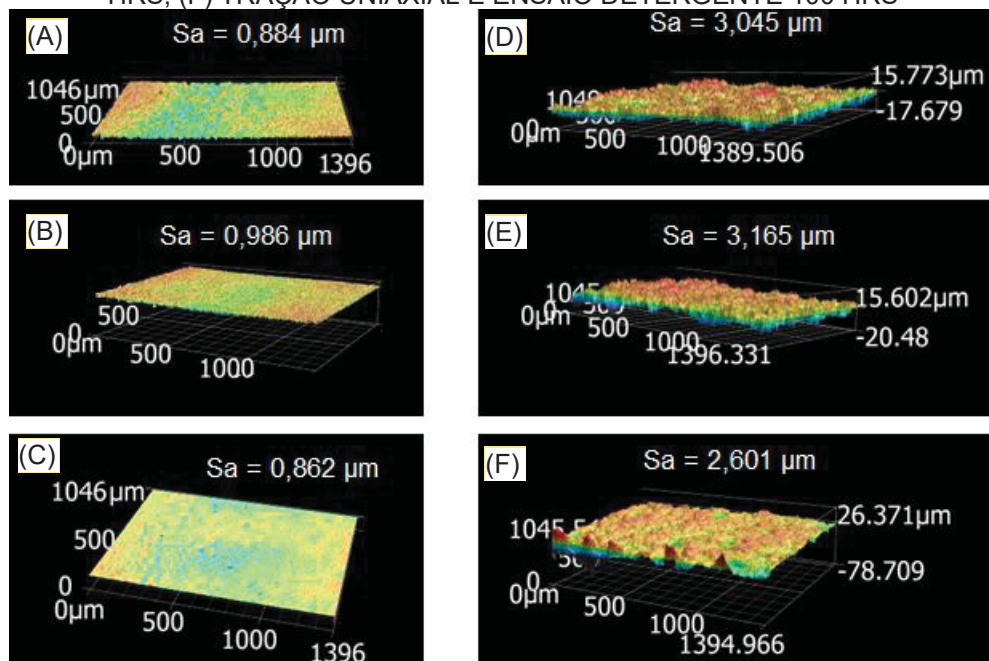
FIGURA 100 – FORMAÇÃO DE EMPOLAMENTO APÓS ENSAIO DETERGENTE 100 HORAS: (A) TRAÇÃO UNIAXIAL; (B) TRAÇÃO BIAIXIAL



FONTE: O autor.

Na FIGURA 101 são mostradas algumas imagens da topografia de superfície do revestimento, que ilustram o efeito da deformação, do modo de deformação e do ensaio de imersão na rugosidade superficial.

FIGURA 101 – TOPOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DO REVESTIMENTO COM AMPLIAÇÃO 25X: (A) SEM DEFORMAÇÃO/ SEM ENSAIO DETERGENTE; (B) SEM DEFORMAÇÃO E ENSAIO DETERGENTE 50 HRS; (C) SEM DEFORMAÇÃO E ENSAIO DETERGENTE 100 HRS; (D) TRAÇÃO UNIAXIAL SEM ENSAIO DETERGENTE; (E) TRAÇÃO UNIAXIAL E ENSAIO DETERGENTE 50 HRS; (F) TRAÇÃO UNIAXIAL E ENSAIO DETERGENTE 100 HRS



FONTE: O AUTOR.

As FIGURAS 101 (A), (B) e (C) mostram a topografia do revestimento orgânico sem deformação, enquanto as FIGURAS 101 (D), (E) e (F) mostram a topografia do

revestimento orgânico submetidos ao modo de deformação tração uniaxial. Por outro lado, a primeira linha, (A) e (D), são de amostras sem ensaio detergente; a segunda linha, (B) e (E), são referentes às amostras após ensaio detergente 50 hrs; e a última linha, (C) e (F), são referentes às amostras após o ensaio detergente 100 hrs.

Evidencia-se, mais uma vez, que a existência da deformação, neste caso induzida pela tração uniaxial, tem efeito significativo na alteração da superfície, aumentando significativamente a quantidade e intensidade dos desvios de superfície.

Por fim, nenhuma análise quantitativa foi realizada, uma vez que a obtenção da equação reduzida e a consequente previsão matemática dos efeitos não são objetivos deste trabalho e tão pouco contribuiriam para estes objetivos.

4.2.3 Medição da espessura das camadas

Na TABELA 18 são apresentados os resultados da medição de espessura de camadas com o medidor por corrente parasita. Os mesmos dados são também apresentados na forma de gráfico de variabilidades na FIGURA 102. Foram utilizadas amostras em três diferentes modos de deformação (sem deformação, deformação plana e tração biaxial), duas configurações de ensaio de imersão em detergente (0 hora e 100 horas), as leituras foram realizadas em diferentes três posições para cada amostra e três medidas foram tomadas em cada ponto de medição.

Como explicado no procedimental experimental, devido à superfície curva das amostras deformadas, é necessário a calibração também em amostra aferida em padrão superior e com curvatura semelhante às amostras a serem medidas ou utilizar uma sonda de compensação de curvatura. Como estas opções não estavam disponíveis, o experimento de medição da espessura de camada foi executado em experimento com quantidade reduzida de amostras e apenas para verificar o estado inicial da chapa e entender o erro associado a curvatura.

Os dados, conforme mostrados na TABELA 18 e na FIGURA 102, mostram que apenas nas amostras planas o desvio padrão foi mantido em valores aceitáveis, em torno de 0,4 microns, enquanto nas amostras sem ensaio detergente, mas submetidas aos modos de deformação plana e tração biaxial, apresentaram desvio acima de 1,0 microns. O ensaio detergente afetou ainda mais o desvio padrão das amostras, chegando a 2,3 microns.

TABELA 18 – MEDIDAS ESPESSURA DAS CAMADAS

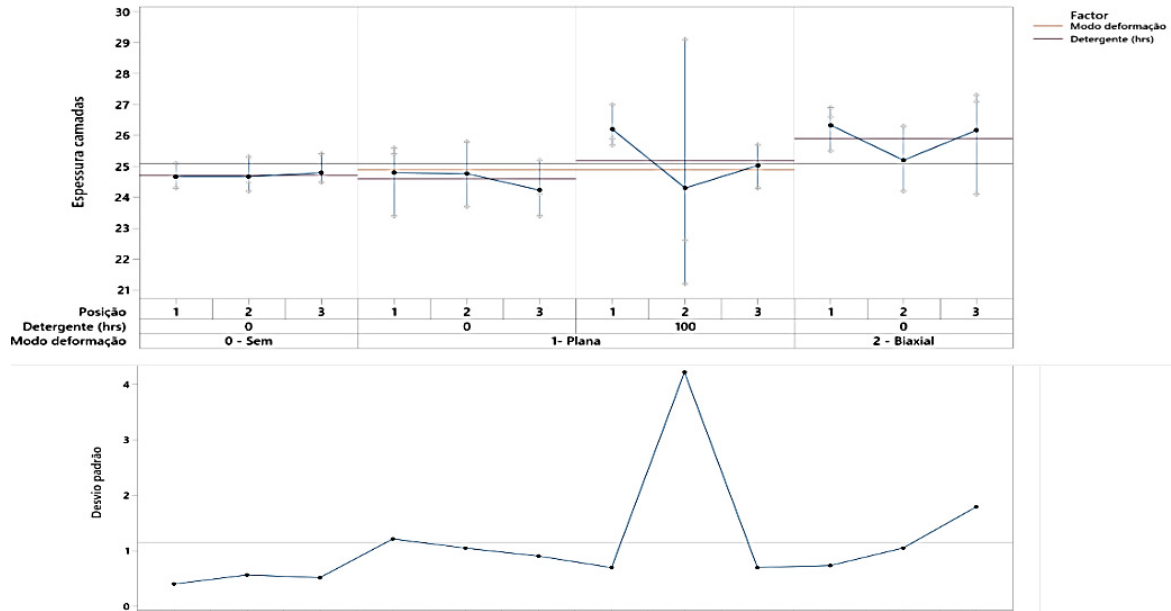
Modo de deformação	Imersão em detergente (hrs)	Posição	Medida	Espessura total camadas (μm)	Média (μm)	Desvio padrão (μm)
Sem deformação	0	1	1	25,1	24,7	0,4
			2	24,3		
			3	24,6		
		2	1	25,3		
			2	24,2		
			3	24,5		
		3	1	24,5		
			2	24,5		
			3	25,4		
Deformação Plana	0	1	1	25,6	24,6	1,0
			2	25,4		
			3	23,4		
		2	4	23,7		
			5	24,8		
			6	25,8		
		3	7	25,2		
			8	23,4		
			9	24,1		
	100	1	1	25,9	25,2	2,3
			2	27,0		
			3	25,7		
		2	4	22,6		
			5	21,2		
			6	29,1		
3	7	24,3				
	8	25,7				
	9	25,1				
Tração Biaxial	0	1	1	25,5	25,9	1,2
			2	26,6		
			3	26,9		
		2	4	25,1		
			5	26,3		
			6	24,2		
		3	7	27,3		
			8	27,1		
			9	24,1		

FONTE: O autor.

Entretanto o maior impacto da superfície curva ocorreu nos valores de média da espessura das camadas, que apresentou valores de espessura iguais ou até 5% maiores do que as amostras sem deformações, enquanto o esperado era redução de espessura em torno de 6,8%, que foi obtido na análise morfológica transversal das

camadas. Desta forma, foi considerado válido apenas os valores obtidos para a amostra sem deformação.

FIGURA 102 – GRÁFICO DE VARIABILIDADE PARA MEDIDAS DE ESPESSURA DAS CAMADAS



FONTE: O autor.

4.2.4 Medição do brilho do revestimento

Na TABELA 19, encontram-se os valores medidos para o brilho apenas das amostras planas e sem deformação, pois como detalhado no procedimento experimental, não é possível obter valores em superfícies não planas.

TABELA 19 – BRILHO DO REVESTIMENTO PARA AMOSTRAS PLANAS E SEM DEFORMAÇÃO

Modo de deformação	Imersão em detergente	Amostra	Posição	Medida	Brilho (UB)	Média (UB)	Desvio padrão (UB)
Sem deformação	0 hr	1	0°	1	91,1	90,9	0,4
				2	91,7		
				3	91,2		
			90°	4	90,0		
				5	90,7		
				6	90,7		
		2	0°	1	90,5		
				2	90,8		
				3	91,1		
			90°	4	91,3		
				5	91,3		
				6	90,9		

FONTE: O autor.

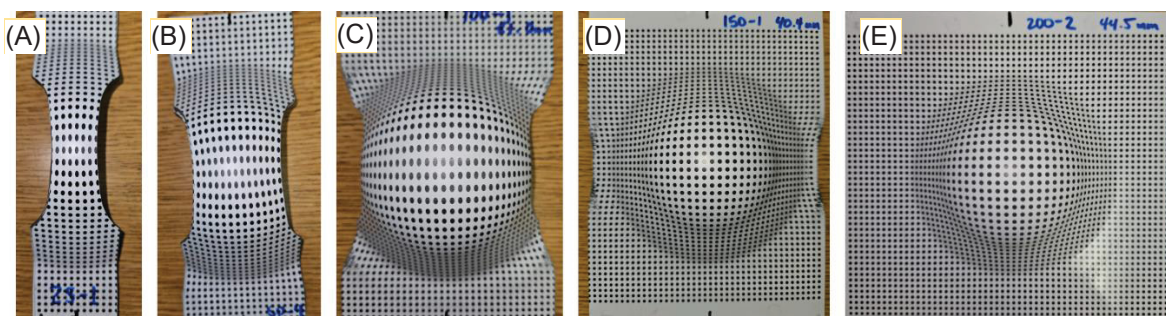
Entretanto, estes são apresentados apenas em carácter informativo, uma vez que não foi possível aferir o brilho nas amostras deformadas devido a geometria curva da mesma após ensaio Nakajima.

4.2.5 Ensaio Nakajima modificado para obtenção do campo de deformação

O ensaio Nakajima foi realizado nas amostras de chapas com revestimento polimérico nas quais foi previamente impresso por serigrafia a malha de pontos para posterior determinação do campo de deformação com o sistema Argus. O ensaio Nakajima foi executado utilizando como critério de interrupção do ensaio os deslocamentos do punção apresentados na TABELA 15, que por sua vez foram obtidos dos resultados do ensaio Nakajima para determinação da CLC do aço apresentados na seção 4.1.4.

Apresentam-se na FIGURA 103 as imagens dos corpos de prova obtidos através do ensaio Nakajima para determinação do campo de deformação. Foram induzidos os modos de deformação tração uniaxial, deformação plana e tração biaxial variando a largura do *blank*, e assim os corpos de prova foram classificados: (A) 25 mm; (B) 50 mm; (C) 100 mm; (D) 150 mm; (E) 200 mm. Além disso, como para cada largura de *blank* foram realizadas quatro repetições, os corpos de prova foram então identificados combinando a largura e a repetição, por exemplo, 25-1, 25-2, 25-3, 25-4, 50-1,... e assim por diante.

FIGURA 103 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA PARA DETERMINAÇÃO DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO



FONTE: O autor.

Os resultados da obtenção dos campos de deformação para cada amostra foram capturados em três distintas formas. Devido a elevada quantidade de

elementos, conforme mostrado na TABELA 20, a apresentação destes resultados se dará da seguinte forma:

- a) Mapa de cores com resultados individualizados da deformação principal maior e deformação principal menor: para melhor visualização, será apresentado nesta seção apenas uma amostra por dimensão de corpo de prova, dada também a similaridade dos resultados, as interpretações e discussões são equivalentes;
- b) diagrama do campo de deformação, isto é, diagrama das deformações principais maior (ε_1) x deformações principais menor (ε_2): serão apresentados na íntegra somente para uma amostra por dimensão de corpo de prova. Entretanto, um diagrama com todos os dados condensados, chamado de Diagrama do Campo de Deformação Geral, será também apresentado na sequência;
- c) tabela de dados com as coordenadas de cada elemento e as respectivas deformações principais: apesar de ter sido esta a principal fonte de dados para as análises de falha, correlações e determinação da CLC-r, devido à grande quantidade de dados nesta tabela, como mostrado na TABELA 20, estes dados serão apresentados no Apêndice 1 para apenas uma amostra.

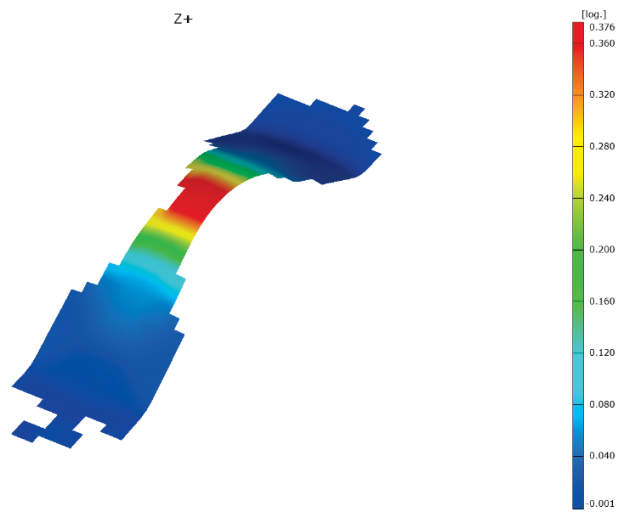
TABELA 20 – AMOSTRAS E N° DE ELEMENTOS FINITOS PARA CAMPO DE DEFORMAÇÃO

Dimensões do Corpo de Prova	Identificação da Amostra	N° de elementos finitos
25 x 200	25-1	1695
	25-2	1756
	25-3	1767
	25-4	1745
50 x 200	50-1	2683
	50-2	2705
	50-3	2677
	50-4	2793
100 x 200	100-1	4385
	100-2	5061
	100-3	5114
	100-4	4925
150 x 200	150-1	7265
	150-2	7320
	150-3	7118
	150-4	7443
200 x 200	200-1	10172
	200-2	10366
	200-3	10353
	200-4	10253

FONTE: O autor.

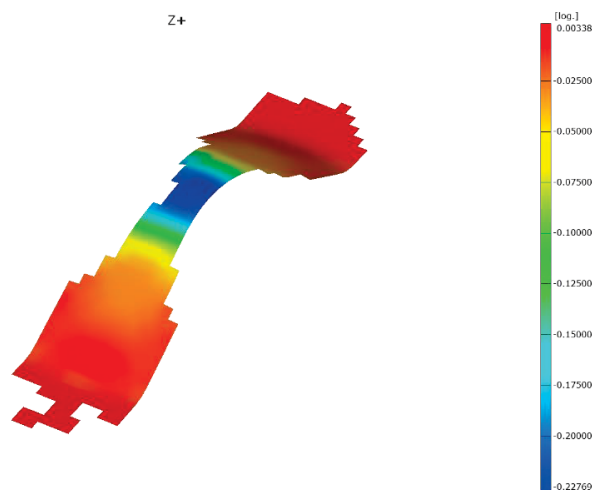
Apresentam-se nas FIGURAS 104 e 105, as deformações principais maior e menor, respectivamente, para a amostra 25-1. Destacam-se os maiores níveis de deformação principal maior por tração (0,376) e os maiores níveis de deformação principal menor por compressão (-0,228), que indicam deformações no modo de deformação por tração uniaxial. Isto é comprovado pela representação dos mesmos resultados, mas no diagrama de campo de deformação plotado contra a CLC do aço, mostrado na FIGURA 106.

FIGURA 104 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 25-1



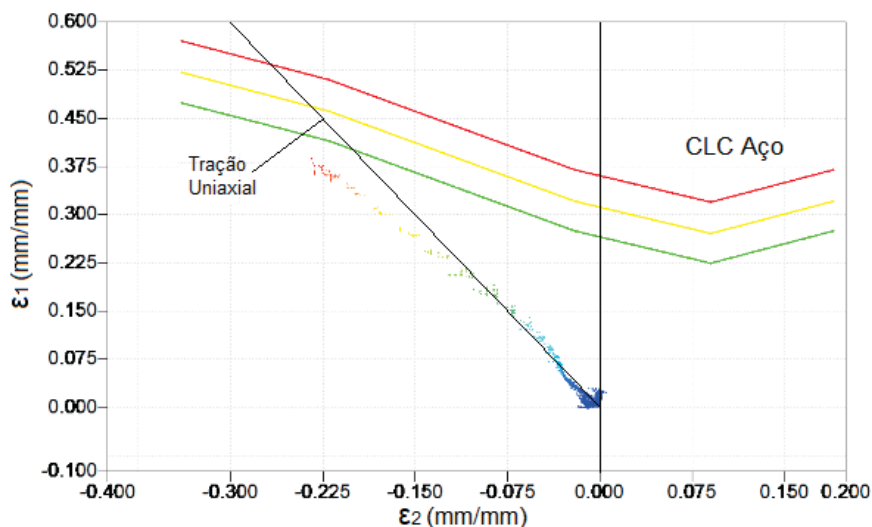
FONTE: O autor.

FIGURA 105 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 25-1



FONTE: O autor.

FIGURA 106 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 25-1



FONTE: O autor.

Do mesmo modo, apresentam-se nas FIGURAS 107 a 118, as deformações principais maior e menor, bem como o diagrama do campo de deformação, para as amostras 50-1, 100-1, 150-1 e 200-1.

A amostra 50-1 também apresentou o campo de deformação próximo ao modo de tração uniaxial, tal qual a amostra 25-1, porém com uma distribuição mais espalhada em torno do modo de tração uniaxial, bem como um comportamento ainda mais linear para o caminho da deformação.

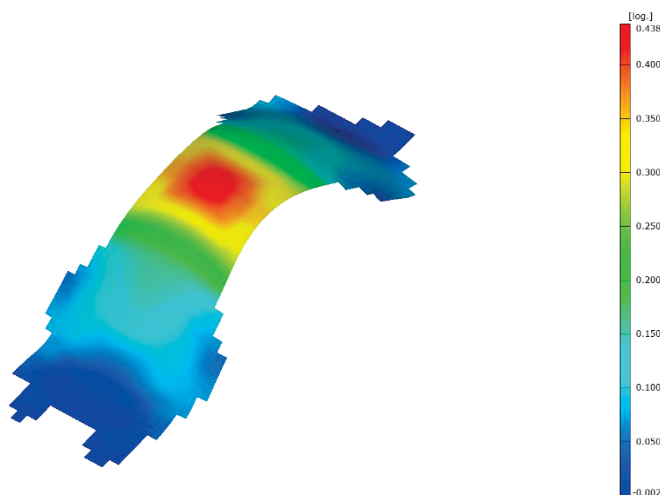
Ao passo que a amostra 100-1, apresentou um campo de deformação distribuído entre o modo de deformação tração uniaxial e deformação plana, e diferentemente, mostrou um comportamento não linear. Nesta amostra, o campo de deformação obtido foi o mais crítico, com alguns elementos inclusive excedendo a CLC, indicando início da estrição localizada, fato este comprovado por uma análise minuciosa das amostras tipo 100 mm.

Por sua vez, a amostra 150-1 apresentou um campo de deformação que cobriu desde o modo de deformação tração uniaxial até tração biaxial, o que impossibilita determinar o comportamento do caminho de deformação, sendo para este caso, se necessário obter o comportamento, executar o ensaio Nakajima em níveis intermediários.

Por fim, a amostra 200-1 apresentou um campo de deformação concentrado formando um caminho em grande parte paralelo ao modo de deformação tração biaxial, mas no fim, se desviou em direção ao modo tração equi-biaxial. Outra característica foi verificada tanto na amostra 200-1 quanto na 150-1, os valores

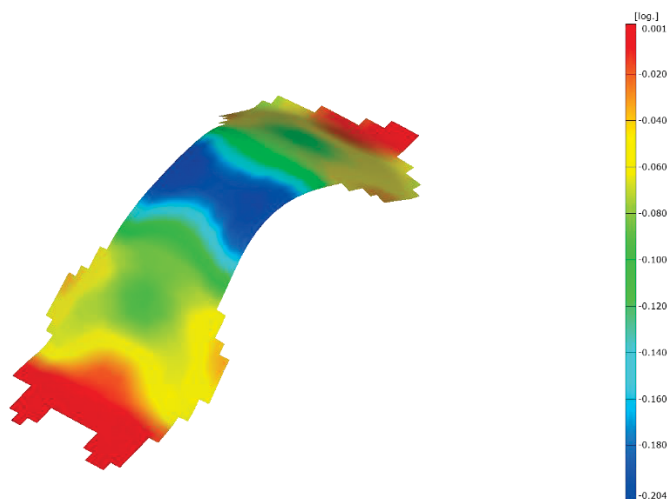
máximos de deformação principal maior e menor não ocorreram no topo do domo. Este comportamento está bastante coerente com o comportamento da fratura identificado nos ensaios Nakajima para obtenção da CLC do aço, no qual a fratura dos corpos de prova tipo 150 mm e 200 mm também não ocorreram no topo do domo.

FIGURA 107 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 50-1



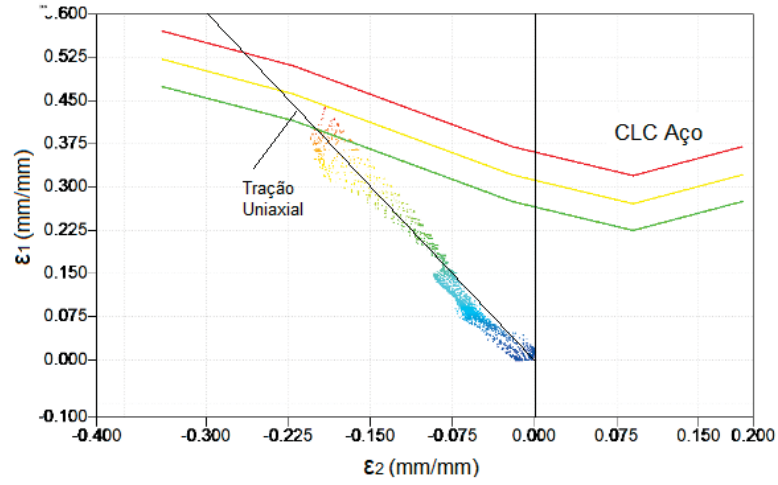
FONTE: O autor.

FIGURA 108 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 50-1



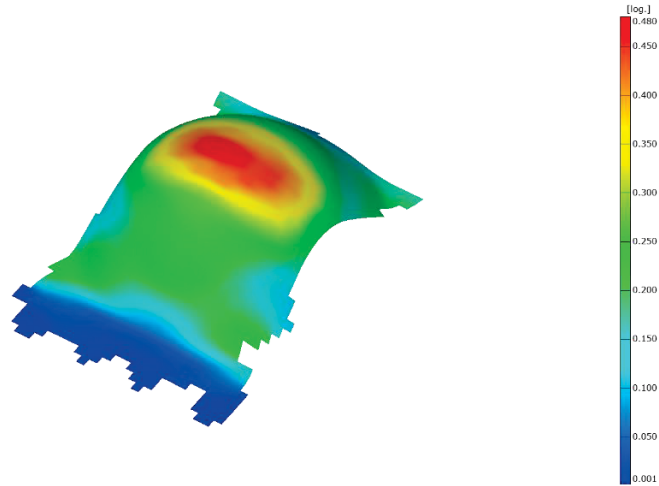
FONTE: O autor.

FIGURA 109 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 50-1



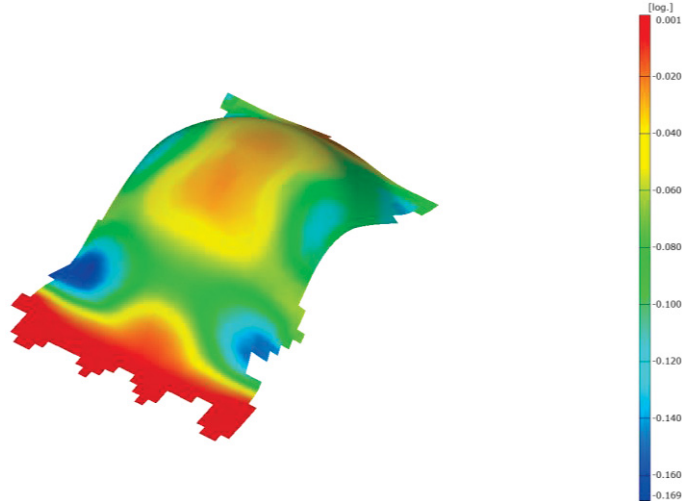
FONTE: O autor.

FIGURA 110 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 100-1



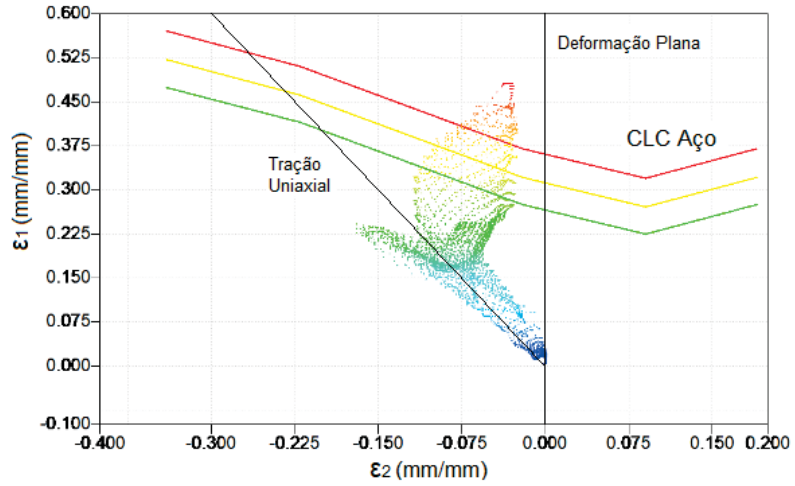
FONTE: O autor.

FIGURA 111 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 100-1



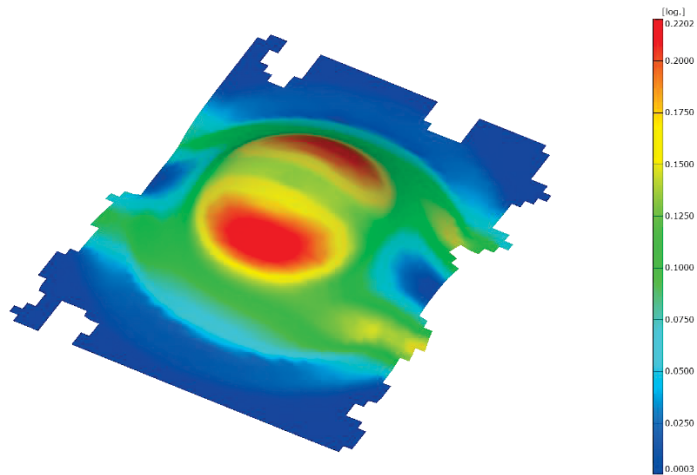
FONTE: O autor.

FIGURA 112 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 100-1



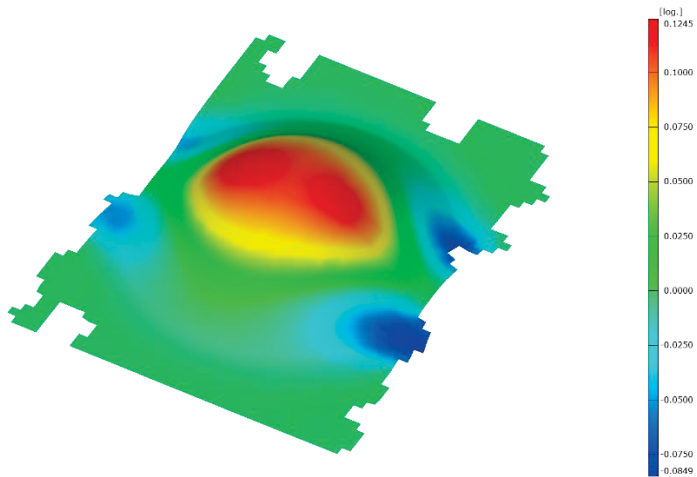
FONTE: O autor.

FIGURA 113 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 150-1



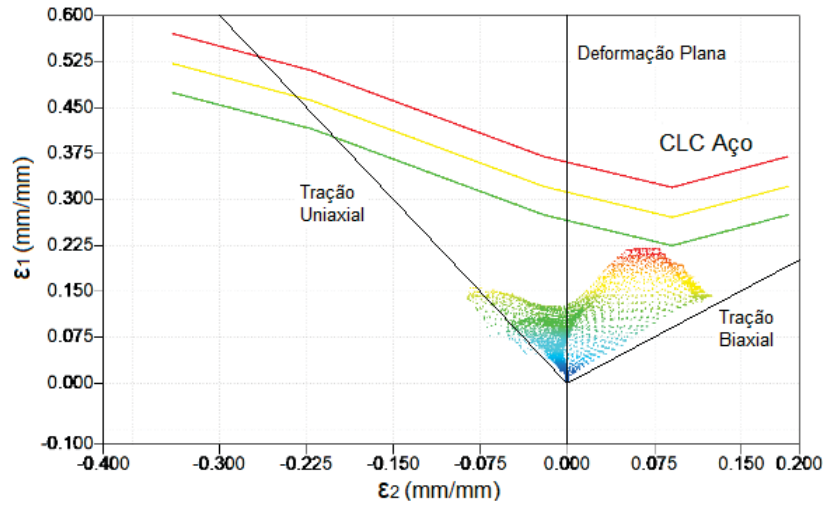
FONTE: O autor.

FIGURA 114 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 150-1



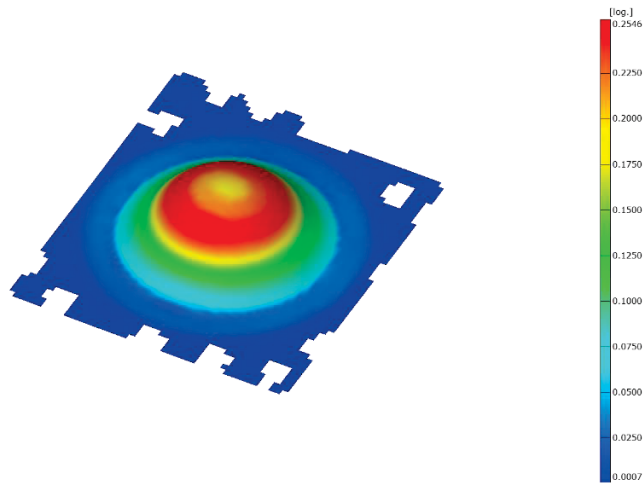
FONTE: O autor.

FIGURA 115 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 150-1



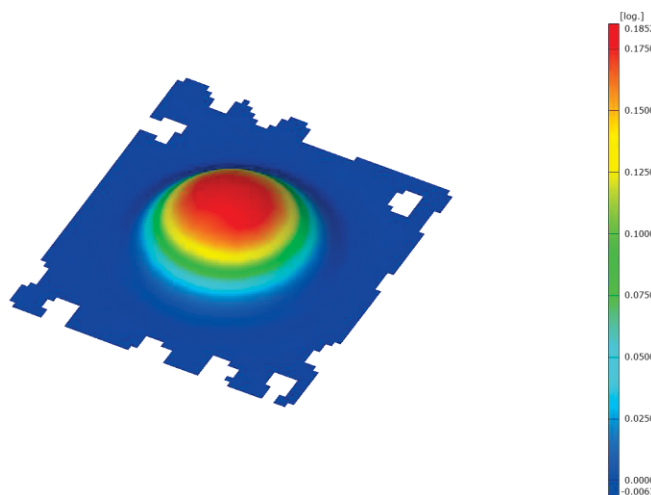
FONTE: O autor.

FIGURA 116 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MAIOR AMOSTRA 200-1



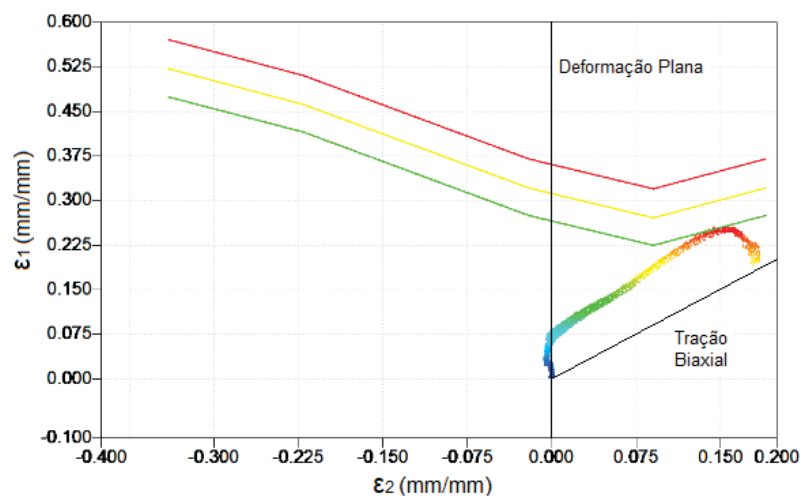
FONTE: O autor.

FIGURA 117 – DEFORMAÇÕES PRINCIPAIS MENOR AMOSTRA 200-1



FONTE: O autor.

FIGURA 118 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO DA AMOSTRA 200-1



FONTE: O autor.

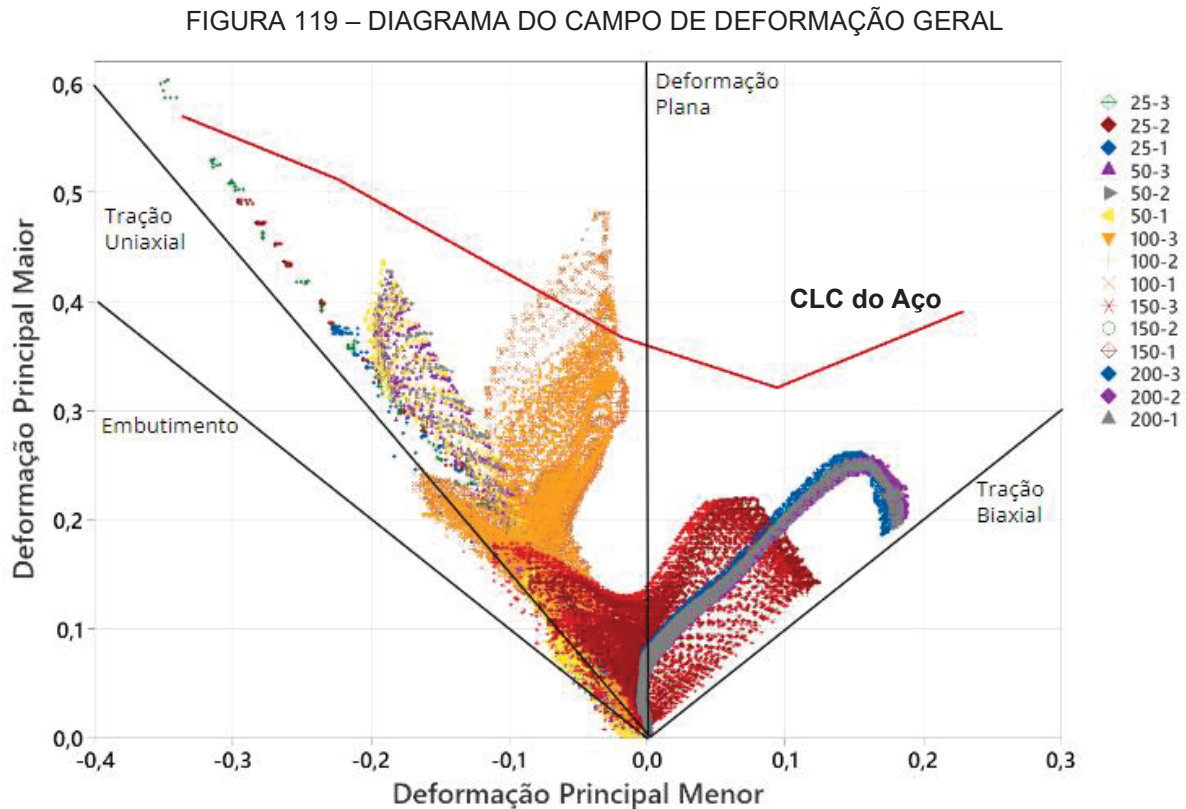
Os campos de deformação, na forma da tabela de dados, foram importados para o programa Minitab, permitindo assim o tratamento estatístico dos dados e posterior correlação com os resultados dos ensaios de vida acelerada e falha forçada do revestimento.

A primeira análise gráfica é mostrada na FIGURA 119, o diagrama do campo de deformação geral, condensando os dados de todas as amostras. Constata-se que grande parte da área sob a CLC do aço foi abrangida pelos diferentes corpos de prova, constituindo assim um espaço de inferência estatística adequado. Entende-se com isto, que os campos de deformação representam satisfatoriamente qualquer deformação principal maior x menor entre a tração uniaxial e tração.

Evidencia-se também, mais uma vez, que as diferentes repetições para cada tipo de corpo de prova, apresentaram uma assinatura deformacional bastante similar. Considera-se, portanto, que as amostras terão comportamento semelhante e fazem parte de uma mesma distribuição normal, podendo assim, cada grupo de amostra ser direcionado para fluxos de ensaios distintos, e ainda assim, os resultados serem válidos para definir o comportamento do revestimento.

Aponta-se também um comportamento distinto das deformações do lado esquerdo do diagrama para o lado direito. Enquanto no lado esquerdo, para deformações principais menores negativas, as deformações se aproximaram bastante da CLC do aço, até ultrapassando em alguns corpos de prova, no lado direito, quando as deformações principais menores são positivas, houve um maior afastamento da

CLC do aço. Por quê? Precisão no deslocamento do punção? Erro medição Argus x DIC? Sensibilidade da estricção?



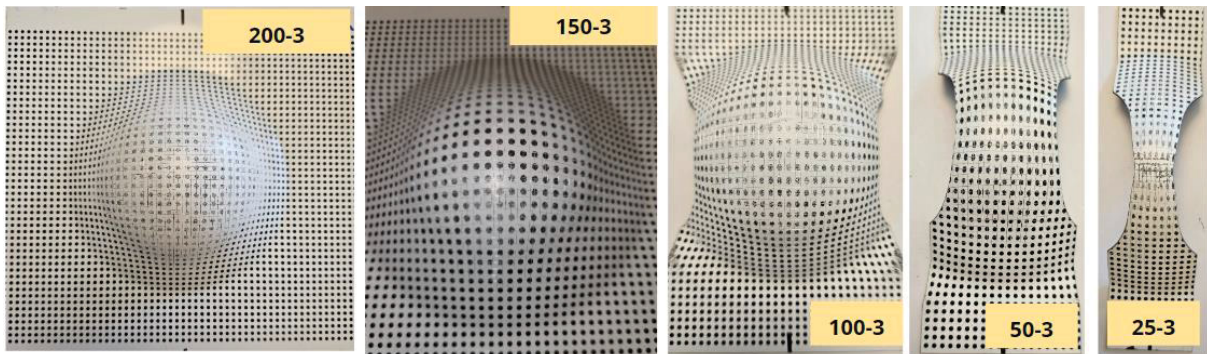
FONTE: O autor.

4.2.6 Ensaio acelerado de vida do revestimento

Após ensaio Nakajima e determinação do campo de deformação, as amostras foram separadas em três grupos, sendo que o primeiro grupo, composto pelas amostras 25-1, 50-1, 100-1, 150-1 e 200-1, seguiu para o ensaio de imersão em detergente por 100 horas. O segundo grupo, composto pelas amostras 25-2, 50-2, 100-2, 150-2 e 200-2, também seguiu para o ensaio de imersão detergente, mas com duração de 50 horas. Já no grupo composto pelas amostras 25-3, 50-3, 100-3, 150-3 e 200-3, foi realizado o ensaio de aderência por corte em grade. O quarto grupo de amostras, foi separado e guardado como backup caso fosse necessário repetir algum ensaio.

Na FIGURA 120 são mostrados os corpos de prova Nakajima modificado do grupo de amostras 25-3, 50-3, 100-3, 150-3 e 200-3 após a realização do ensaio de aderência por corte em grade.

FIGURA 120 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE ADERÊNCIA

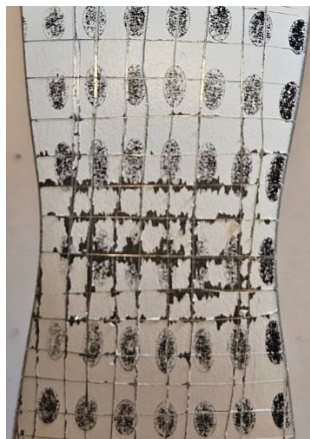


FONTE: O AUTOR.

Os corpos de prova foram então inspecionados para verificação do dano causado ao revestimento. Diferentemente de Heinzl (2015), o dano no revestimento por microtrincas não foi visível a olho nu.

Na sequência, este dano foi classificado segundo ISO 2409. Apenas a amostra 25-3 apresentou danos consideráveis ao revestimento, de classe 3, como mostrado na FIGURA 121. As amostras 50-3 e 100-3 apresentaram danos leves de classe 1. Já as amostras 150-3 e 200-3 não apresentaram danos, portanto, foram definidas como classe 0. Danos ao revestimento segundo ISO 2409 de classe 0 e classe 1 são considerados aceitáveis.

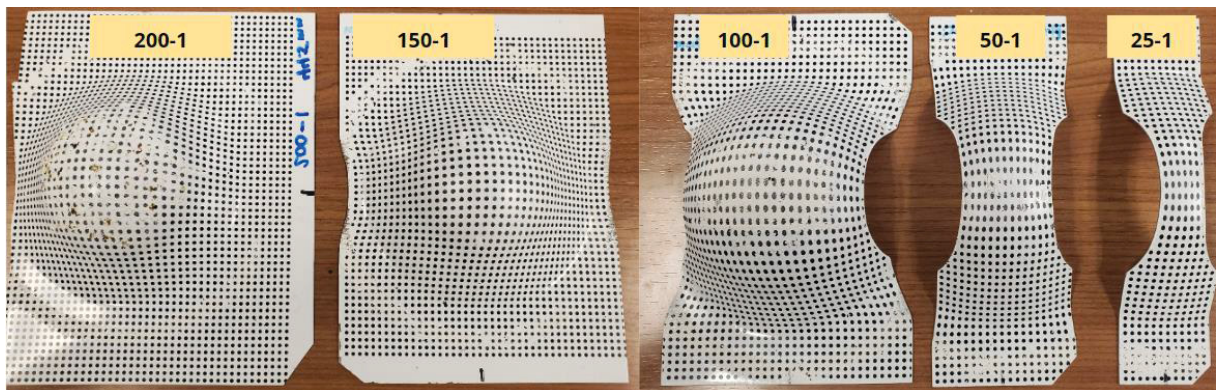
FIGURA 121 – DANO CLASSE 3 AO REVESTIMENTO DA AMOSTRA 25-3



FONTE: O autor.

Por sua vez, na FIGURA 122 são mostrados os corpos de prova Nakajima do grupo de amostras 25-1, 50-1, 100-1, 150-1 e 200-1 após a realização do ensaio de imersão em detergente por 100 horas.

FIGURA 122 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS

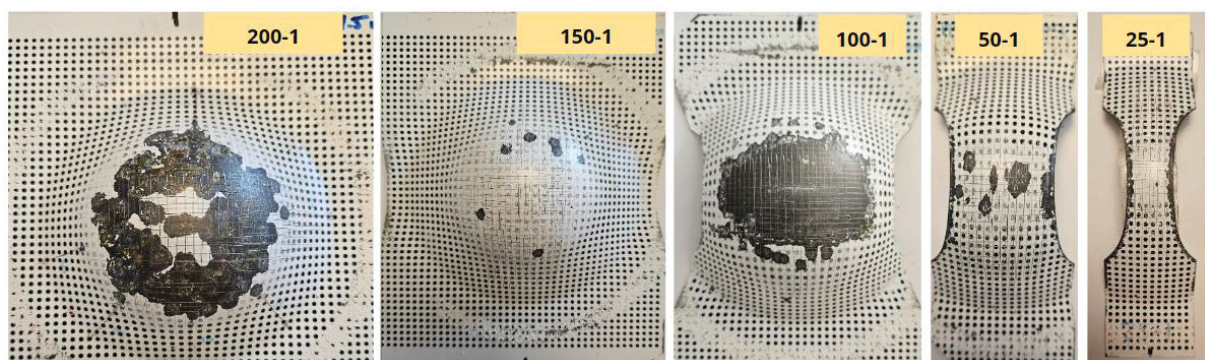


FONTE: O autor.

Através de uma inspeção preliminar da superfície das amostras após o ensaio de imersão, mas antes do ensaio de aderência, formações de empolamento foram constatadas nas regiões deformadas dos corpos de prova. Os corpos de prova 100-1 e 200-1 foram os que apresentaram as maiores intensidades de formações de empolamento, sendo que o 200-1 chegou a apresentar até um princípio de corrosão vermelha.

Dando continuidade, as amostras foram então submetidas ao ensaio de aderência por corte em grade, e na FIGURA 123 são mostrados os resultados nos corpos de prova após a execução deste ensaio.

FIGURA 123 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA



FONTE: O autor.

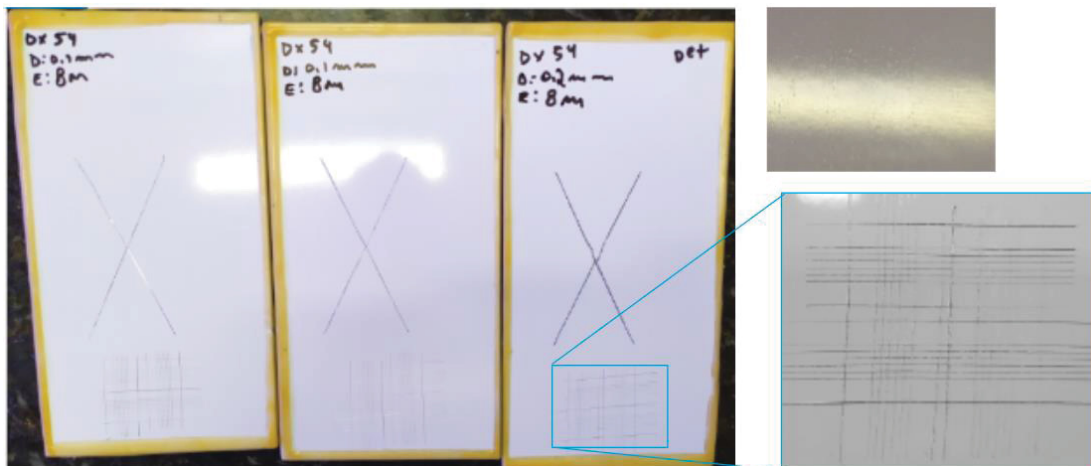
Certamente, ao inspecionar os corpos de prova Nakajima submetidos ao ensaio de detergente por 100 horas após o ensaio de aderência, fica bastante evidente que os modos de deformação presente nos corpos de prova 200-1 e 100-1 causaram grandes danos ao revestimento, como previamente analisado nos corpos de prova

antes do ensaio de aderência, sendo classificado como classe 5. Entretanto, o dano ao revestimento nos demais corpos de prova foi também significativo, tendo sido as amostras 150-1 e 50-1 classificadas como classe 4, e a amostra 25-1 como classe 3.

A propósito, para assegurar que o dano no revestimento, revelado após a combinação do ensaio de imersão em detergente com o ensaio de aderência, é um dano acumulado e proveniente da deformação induzida durante ensaio Nakajima, amostras do mesmo aço DX54D com revestimento orgânico, porém plano e sem qualquer deformação, foram também submetidos ao mesmo ensaio de vida acelerado por 100 horas. O resultado pode ser verificado na FIGURA 124.

Constata-se, pela imagem aumentada do corte em grade no canto direito inferior da FIGURA 124, que a classificação do dano no revestimento após o ensaio de vida acelerado foi classe 0, portanto, nenhum dano no revestimento foi gerado apenas pelo simples efeito do ensaio de imersão em detergente. Leves e esparsos empolamentos podem ser constatados no canto direito superior da FIGURA 127.

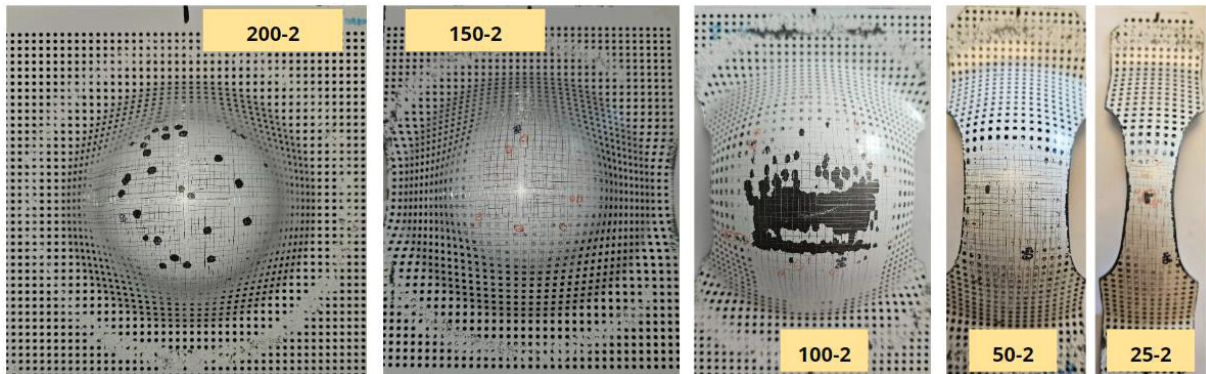
FIGURA 124 – ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 100 HORAS, SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA EM AMOSTRA PLANA E SEM DEFORMAÇÃO DO DX54D PRÉ-PINTADO



FONTE: O autor.

Por sua vez, para as amostras submetidas ao ensaio de imersão em detergente por 50 horas, também foram constatados danos significativos ao revestimento em todas as amostras, porém, em menor intensidade e menor área afetada, como ilustrado na FIGURA 125. Conclui-se, então, que a duração do ensaio detergente tem efeito significativo em revelar o dano acumulado inicial ao revestimento.

FIGURA 125 – CORPOS DE PROVA NAKAJIMA APÓS ENSAIO DE IMERSÃO EM DETERGENTE POR 50 HORAS SEGUIDO DE ENSAIO DE ADERÊNCIA



FONTE: O autor.

De fato, nas amostras submetidas ao ensaio detergente 50 horas, a inspeção visual e atribuição da classificação do dano ao revestimento evidenciam a diferença em relação às amostras submetidas ao ensaio de detergente por 100 horas.

Um resumo comparativo da classificação de dano ao revestimento para todas as amostras, é mostrado na TABELA 21. Conclui-se que isoladamente o ensaio de imersão em detergente ou a deformação, não resultaram em danos significativos ao revestimento. Por outro lado, com a combinação de ambos, fica evidente a dano causado ao revestimento, que aumenta tanto em intensidade quanto em área afetada.

TABELA 21 – CLASSIFICAÇÃO DO DANO AO REVESTIMENTO NAS AMOSTRAS

Material	Revestimento	Dimensões corpo de prova [mm]	Ensaio imersão em detergente	Classificação dano revestimento (ISO 2409)
Chapa zincada DX54D	Acabamento (Poliéster + Melamina)	Sem deformação	0 hr	Classe 0
			100 hrs	Classe 0
		25 x 200	0 hr	Classe 3
			50 hrs	Classe 3
			100 hrs	Classe 3
		50 x 200	0 hr	Classe 1
			50 hrs	Classe 3
			100 hrs	Classe 4
		100 x 200	0 hr	Classe 1
			50 hrs	Classe 5
			100 hrs	Classe 5
		150 x 200	0 hr	Classe 0
			50 hrs	Classe 1
			100 hrs	Classe 4
		200 x 200	0 hr	Classe 0
			50 hrs	Classe 4
			100 hrs	Classe 5

FONTE: O autor.

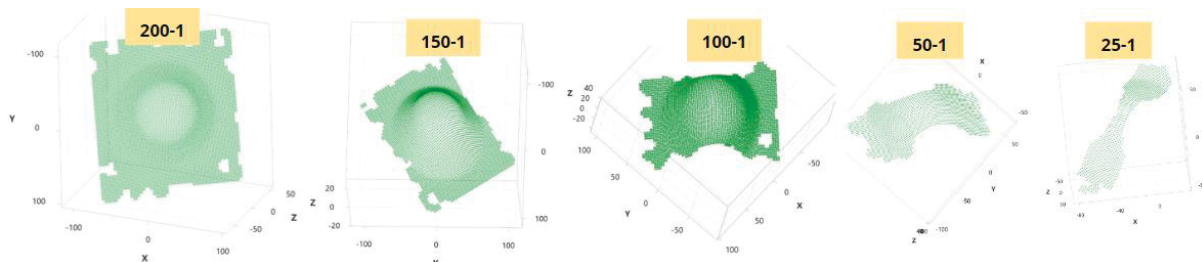
Uma explicação plausível para isto, é que o dano causado inicialmente e acumulado pela deformação, precisa de algum catalisador externo para causar o deslocamento, seja este uma variação de temperatura, o decorrer do tempo ou algum agente químico. Todos estes fatores estão presentes no ensaio acelerado de vida realizado neste trabalho, através do ensaio de imersão em detergente.

4.2.7 Determinação das curvas limite de conformação do revestimento (CLC-r)

Na FIGURA 126 são mostradas as superfícies dos corpos de prova Nakajima recriadas digitalmente no Minitab, a partir das coordenadas dos elementos finitos provenientes da medição dos campos de deformação. Este processo foi aplicado a todos os tipos corpos de prova e a todas as amostras.

Este passo permitiu selecionar os elementos diretamente na superfície digitalizada que correspondiam aos elementos que apresentaram falha do revestimento no corpo de prova após os ensaios acelerados de vida, e assim correlacionar com as deformações principais críticas que causaram o dano no revestimento.

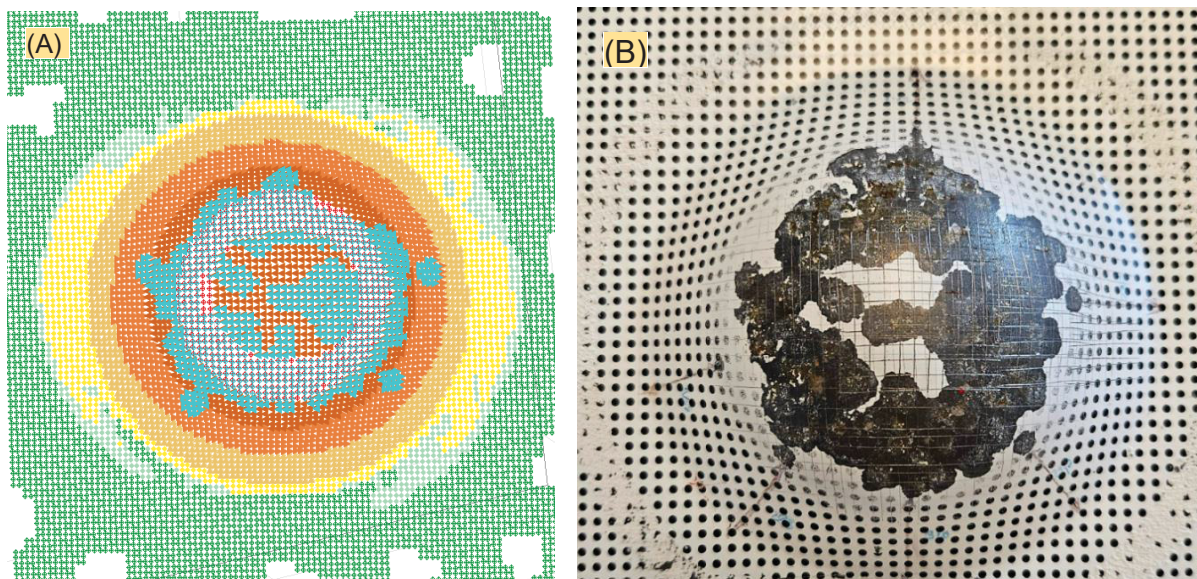
FIGURA 126 – SUPERFÍCIES DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA



FONTE: O autor.

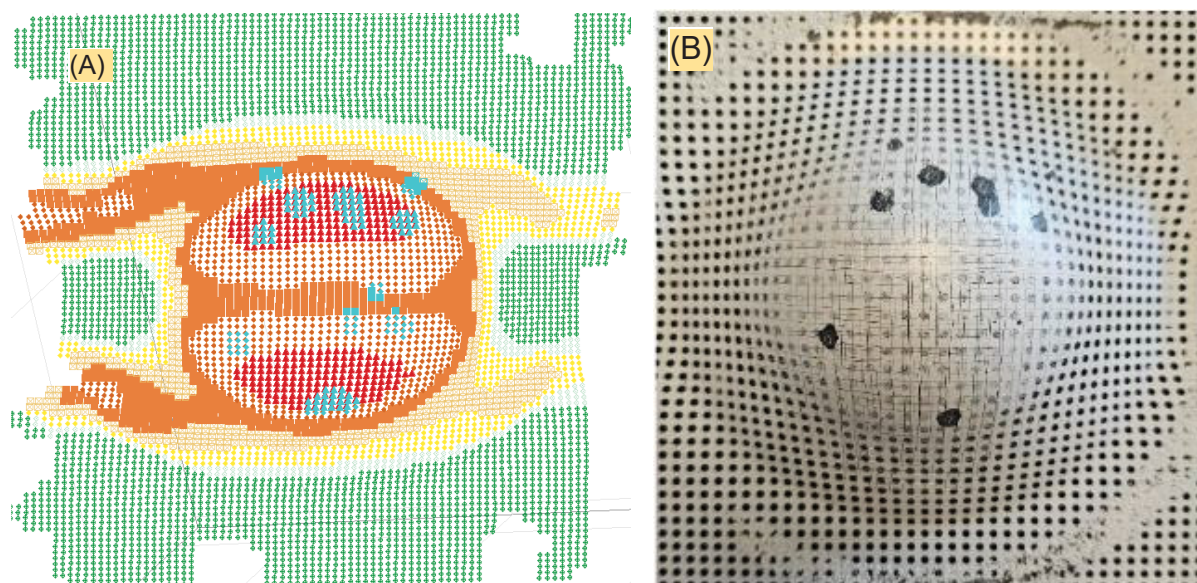
O resultado da seleção dos elementos é mostrado nas figuras 127 a 131, para cada tipo de corpo de prova, mas apenas para as amostras submetidas ao ensaio de imersão em detergente por 100 horas, pois as falhas do revestimento foram mais evidentes, tornando mais simples a visualização dos elementos selecionados nas imagens. Entretanto, o mesmo procedimento também foi realizado para as outras configurações de ensaios acelerado de vida, e os resultados deste processo de seleção dos elementos serão mostrados mais adiante nesta seção.

FIGURA 127 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 200-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL



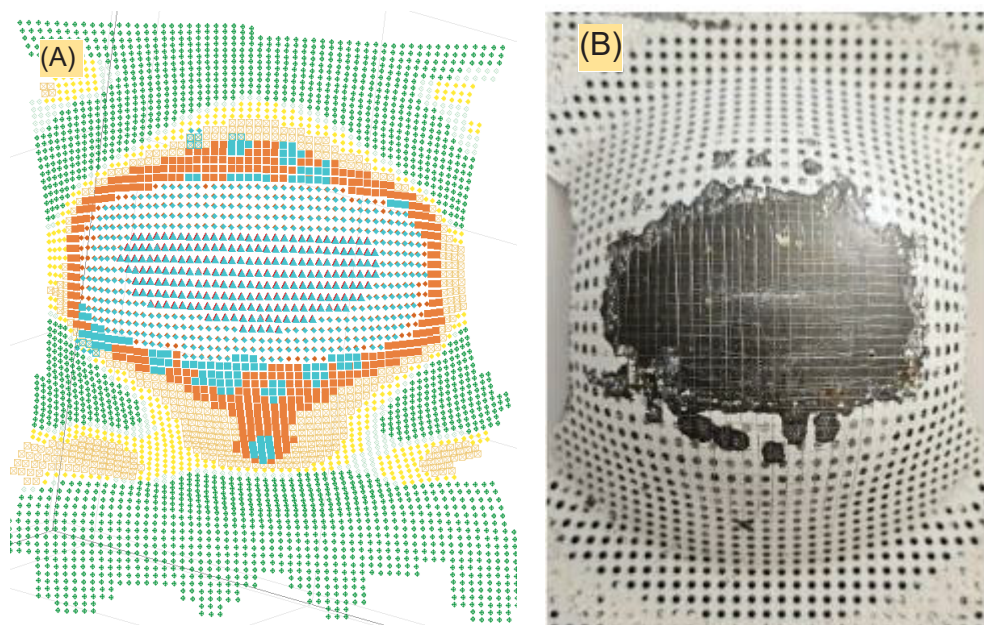
FONTE: O autor.

FIGURA 128 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 150-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL



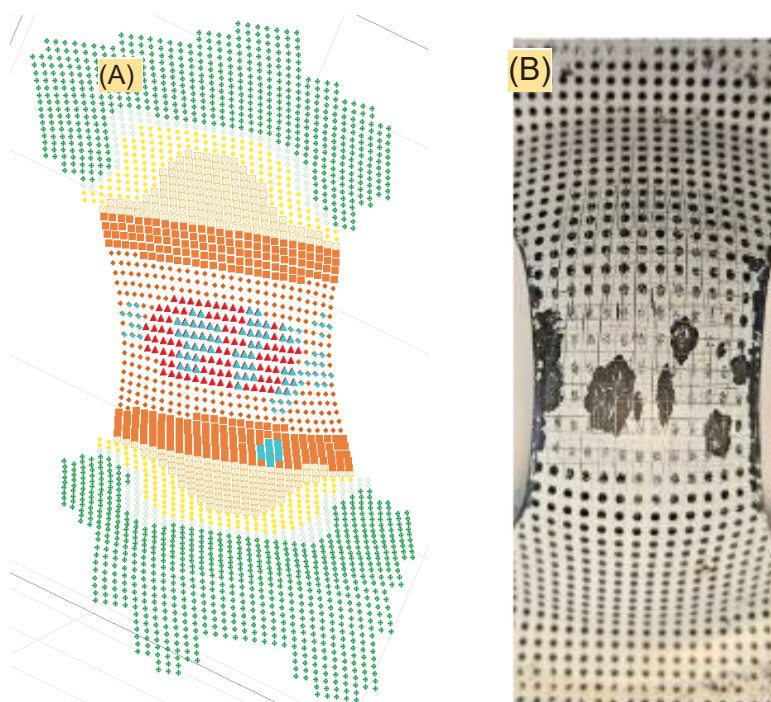
FONTE: O autor.

FIGURA 129 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 100-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL



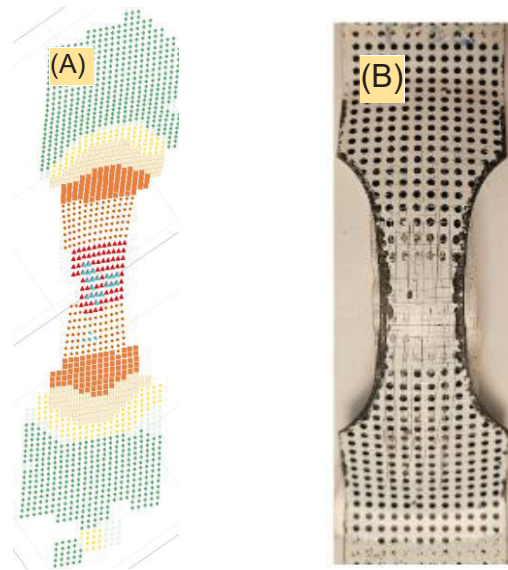
FONTE: O autor.

FIGURA 130 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 50-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL



FONTE: O autor.

FIGURA 131 – ELEMENTOS COM FALHA DO REVESTIMENTO SELECIONADOS NA SUPERFÍCIE DOS CORPOS DE PROVA NAKAJIMA 25-1: (A) MODELO DIGITAL; (B) AMOSTRA REAL



FONTE: O autor.

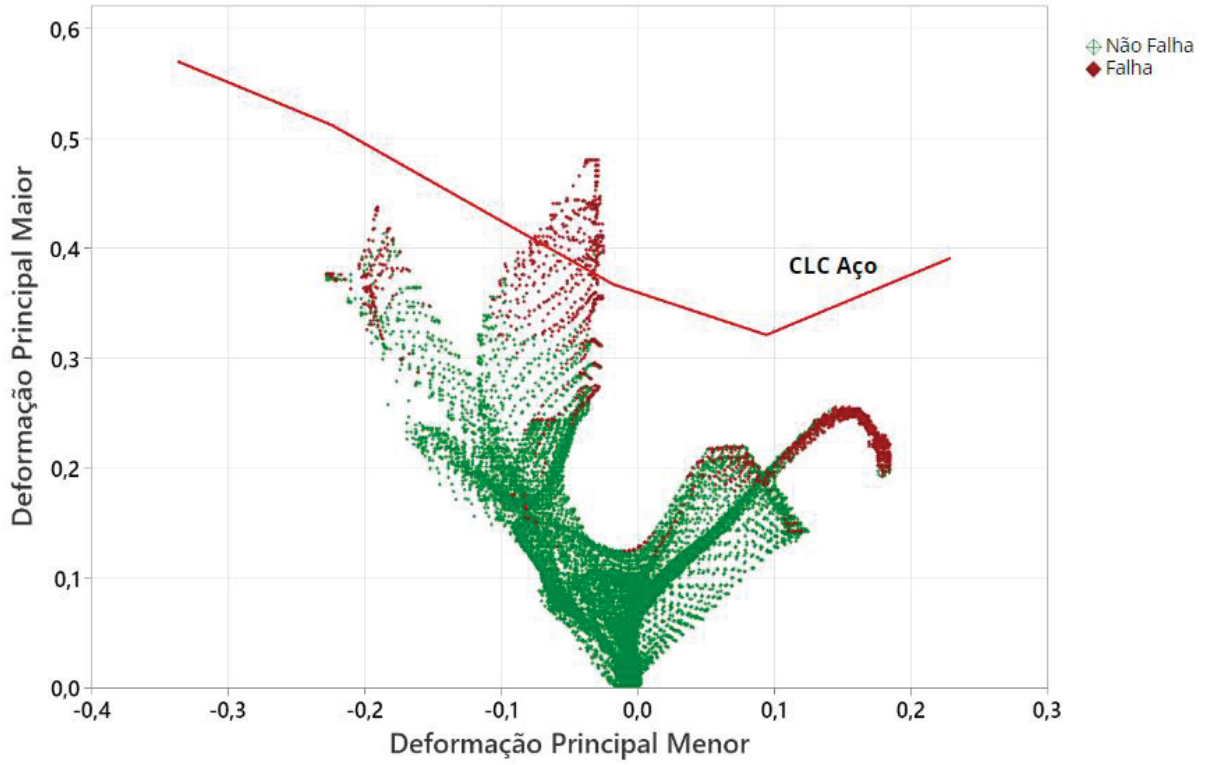
As imagens dos modelos digitais apresentam os elementos em escala de cores, indicando as diferentes faixas de deformação principal maior, exceto para a cor azul, que indica que o elemento foi selecionado como em falha, através da comparação com a amostra real.

Constata-se que a grande maioria das falhas no revestimento ocorreram em elementos onde a deformação principal maior é máxima. Sabe-se, porém, que a deformação principal menor também tem considerável importância, e por isso, não está correto fazer inferências apenas analisando o deformação principal maior.

Desta forma, os diagramas dos campos de deformação foram reconstruídos através de gráficos de dispersão de pontos utilizando-se os dados das deformações principais, maior x menor, mas definindo-se como variável categórica para agrupamento a ocorrência ou não de falha do revestimento no elemento, respectivamente nas cores vermelho e verde. Estes diagramas foram construídos para cada um dos corpos de prova nas diferentes configurações de ensaio acelerado de vida.

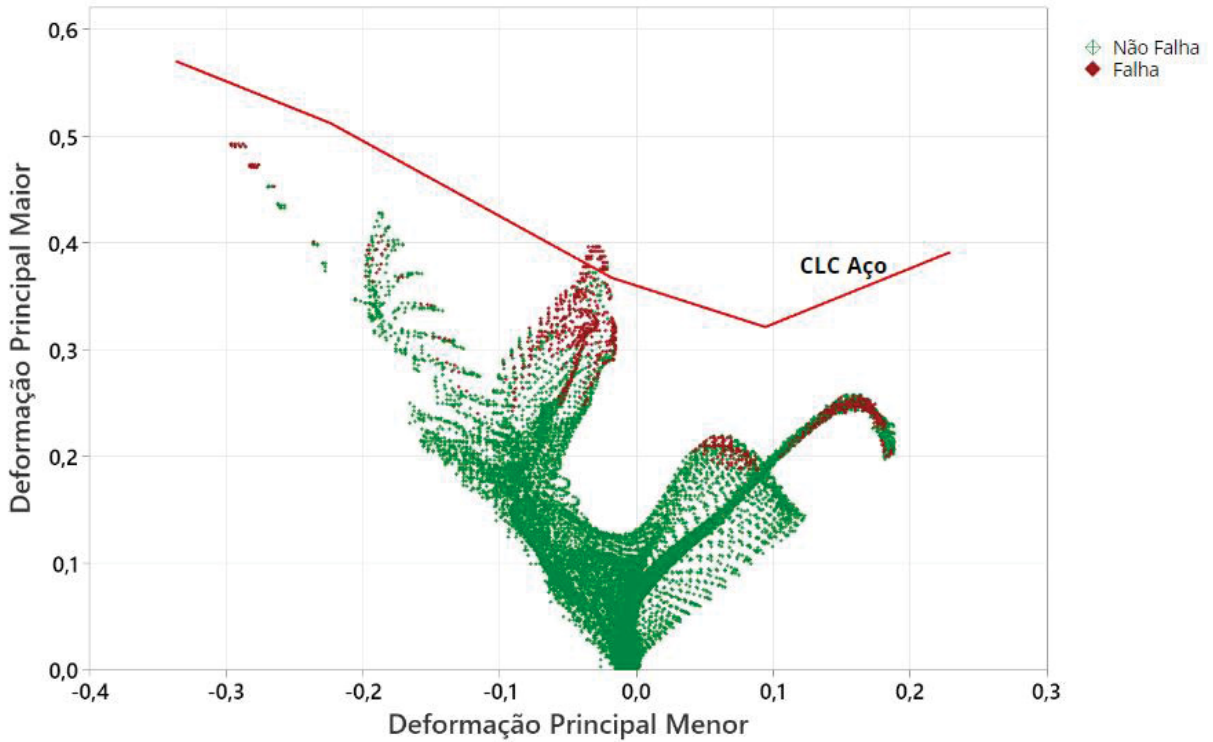
Entretanto, estes diagramas serão apresentados e analisados com os dados condensados por configuração de ensaio acelerado. Sendo assim, a FIGURAS 132 apresenta o diagrama para o ensaio de imersão em detergente por 100 horas, a FIGURA 133 para o ensaio de imersão em detergente por 50 horas e a FIGURA 134 para os corpos de sem qualquer ensaio detergente (0 hora).

FIGURA 132 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 100 HORAS



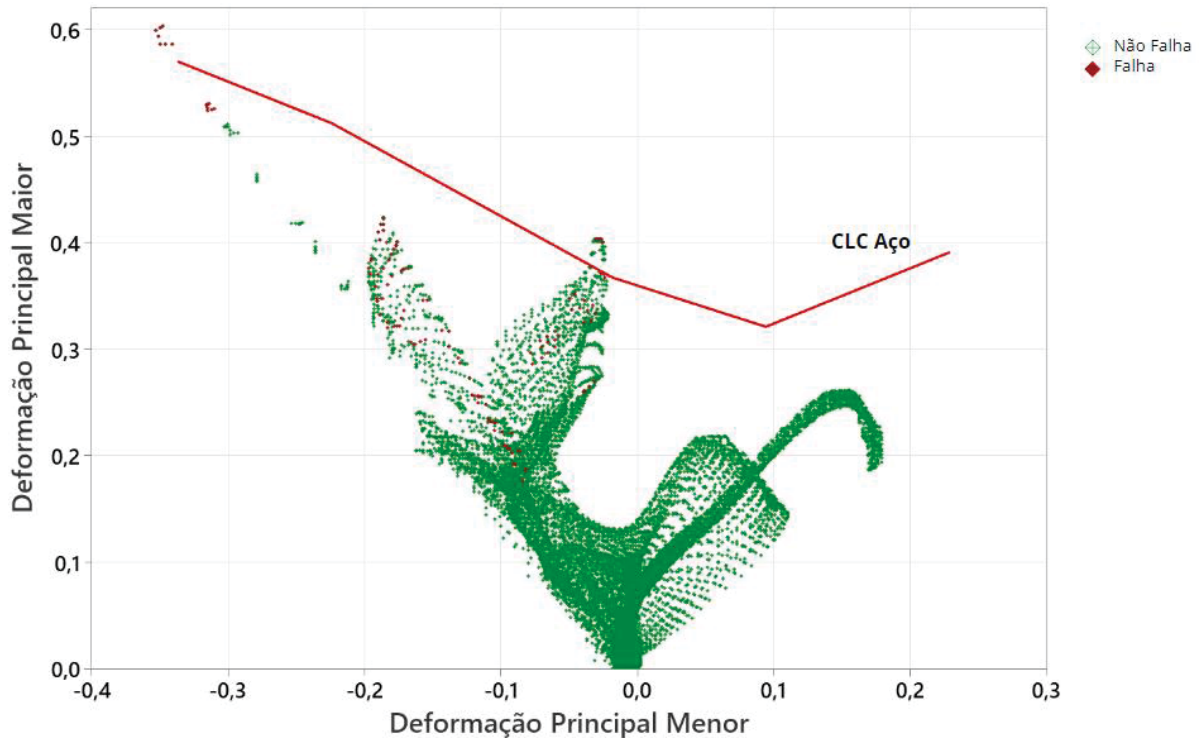
FONTE: O autor.

FIGURA 133 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 50 HORAS



FONTE: O autor.

FIGURA 134 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO CATEGORIZADO FALHA/ NÃO FALHA DO REVESTIMENTO – ENSAIO DE DETERGENTE 0 HORA



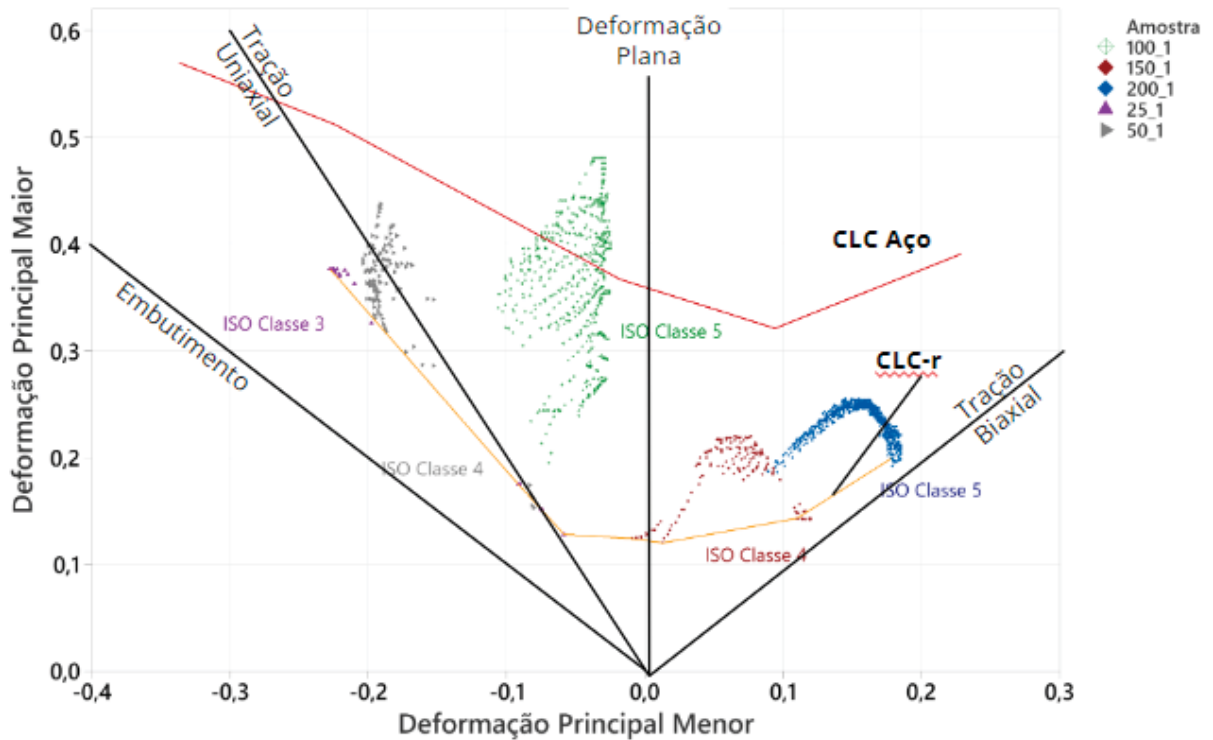
FONTE: O autor.

Constata-se mais uma vez que quanto maior foi a duração do ensaio de imersão em detergente, maiores foram os níveis de deformação e também maior a quantidade de elementos que falharam.

Observa-se também que o nível de intensidade da deformação principal maior, na qual o revestimento apresentou falhas, depende do nível da deformação principal menor, indicando que o modo de deformação também tem um forte efeito.

Por fim, foram então construídas as CLCs-r a partir dos valores mínimos da deformação principal maior em cada modo de deformação, induzido pelos respectivos tipos de corpos de prova. Desta forma, apresentam-se na FIGURA 135 a CLC-r segundo ensaio detergente por 100 horas, na FIGURA 136 a CLC-r segundo ensaio detergente 50 horas e na FIGURA 137 a CLC-r sem ensaio detergente, também chamada de CLC-r zero hora.

FIGURA 135 – CLC-R SEGUNDO ENSAIO DE DETERGENTE 100 HORAS

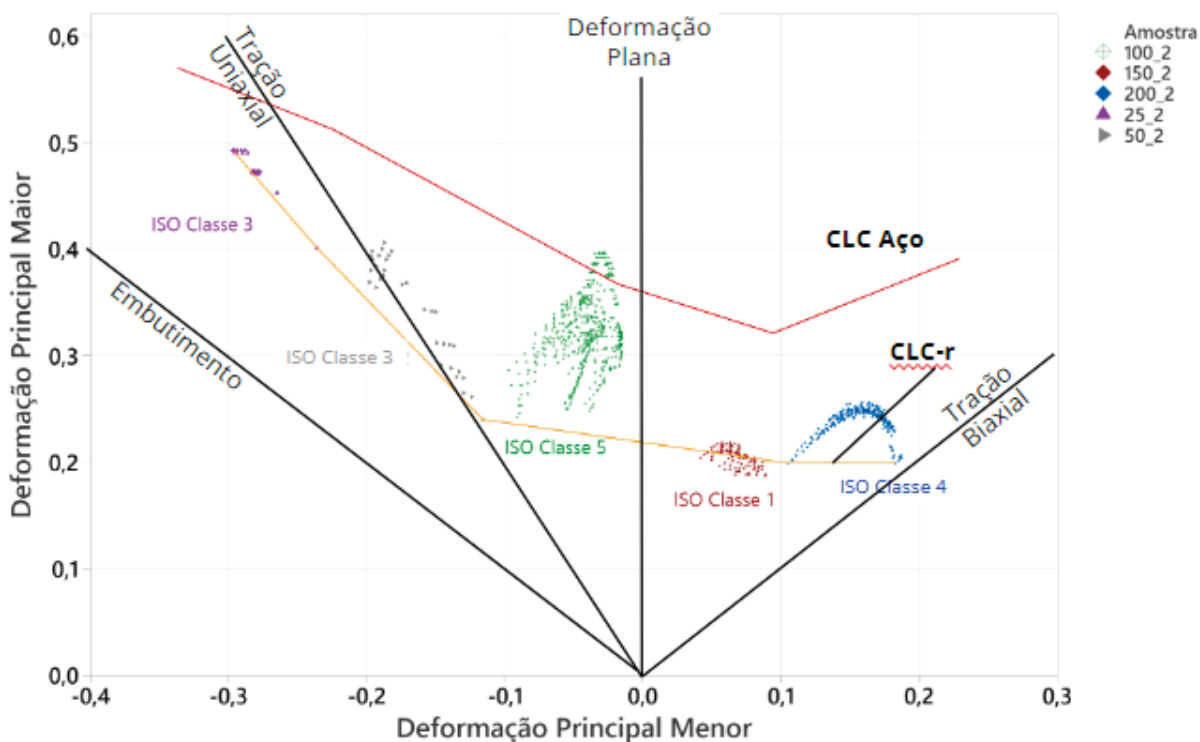


FONTE: O autor.

Observa-se, pela FIGURA 135, que a CLC-r para ensaio detergente 100 horas apresenta a forma típica das CLC's dos aços, inclusive com seu valor mínimo de deformação principal maior próximo ao modo de deformação plana. A propósito, este valor mínimo encontrado para a CLC-r, $\varepsilon_1 = 0,12$, é significativamente menor que o valor mínimo da CLC do aço, $\varepsilon_1 = 0,32$, assim como a CLC-r na sua totalidade apresenta um afastamento significativo da CLC do aço, evidenciando a esperada falha do revestimento em níveis de deformações principais muito inferior às deformações críticas que causariam falha no aço. Os cinco tipos de corpos de prova utilizados ajudaram a descrever muito bem a forma da CLC-r entre os modos de deformação tração uniaxial e tração biaxial.

Por sua vez, na FIGURA 136, observa-se que a CLC-r para ensaio detergente 50 horas mantém a forma de uma CLC típica, entretanto, o valor mínimo da deformação principal ε_1 foi bastante deslocado para a direita, sendo que este segmento final é levemente decrescente.

FIGURA 136 – CLC-R SEGUNDO ENSAIO DE DETERGENTE 50 HORAS



FONTE: O autor.

O que possivelmente explica esta característica é a ausência de elementos com dano significativo no modo deformação plana, que apresentou apenas falhas classe 1 após ensaio de aderência. Este fato, por sua vez é decorrente da deformação insuficiente no ensaio Nakajima para os corpos de prova com 150 mm de largura como pode-se observar nos diagramas das FIGURAS 132, 133 e 134, onde para todas as amostras desta largura, 150-1, 150-2 e 150-3, observa-se a maior distância para a CLC do aço.

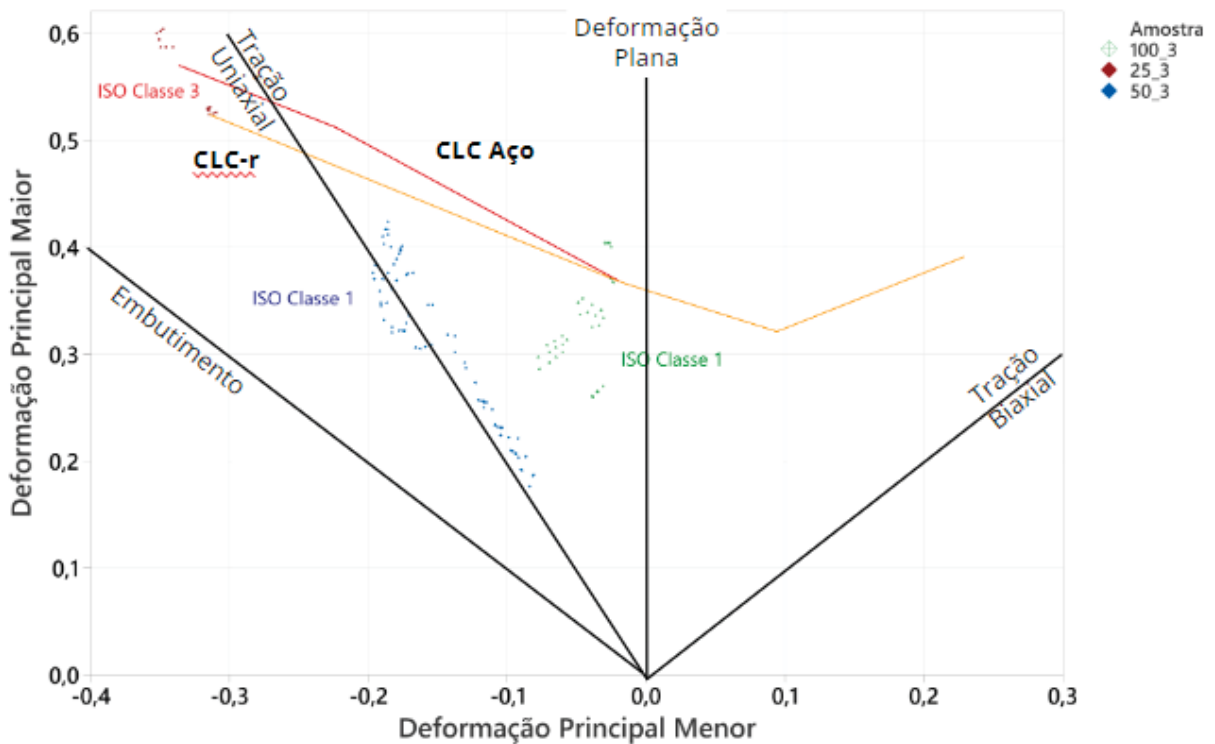
De qualquer forma, como um todo, a CLC-r para o ensaio detergente 50 horas se moveu para cima, portanto, a mínima deformação principal menor aumentou para $\varepsilon_1 = 0,2$, ainda assim muito abaixo da CLC do aço.

Também se constata que o lado esquerdo da CLC-r apresentou um pequeno aumento da inclinação em relação ao modo tração uniaxial, isto pois, as deformações críticas no corpo de prova de 25 mm foram maiores tanto para ε_1 quanto para ε_2 .

Tal qual a CLC-r para ensaio detergente 100 horas, a de 50 horas cobriu satisfatoriamente do modo tração uniaxial até tração biaxial, apesar da ausência de dados na deformação plana.

Ao passo que a CLC-r obtida sem o ensaio detergente, ou zero hora, apresentada na FIGURA 137, não pode ser bem caracterizada na maioria dos modos de deformação, pois apenas na tração uniaxial foram reveladas as falhas do revestimento. Como demonstrado anteriormente, isso não significa que o revestimento não apresenta dano acumulado, mas sim que este dano ainda não foi suficiente para causar a deplacagem do revestimento. Entretanto fatores como tempo, temperatura, esforços mecânicos e contato com produtos químicos farão este dano, acumulado internamente, ser revelado.

FIGURA 137 – CLC-R SEM ENSAIO DE DETERGENTE (0 HORA)



FONTE: O autor.

4.3 PREVISÃO DAS FALHAS DO REVESTIMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

4.3.1 Modelamento do material

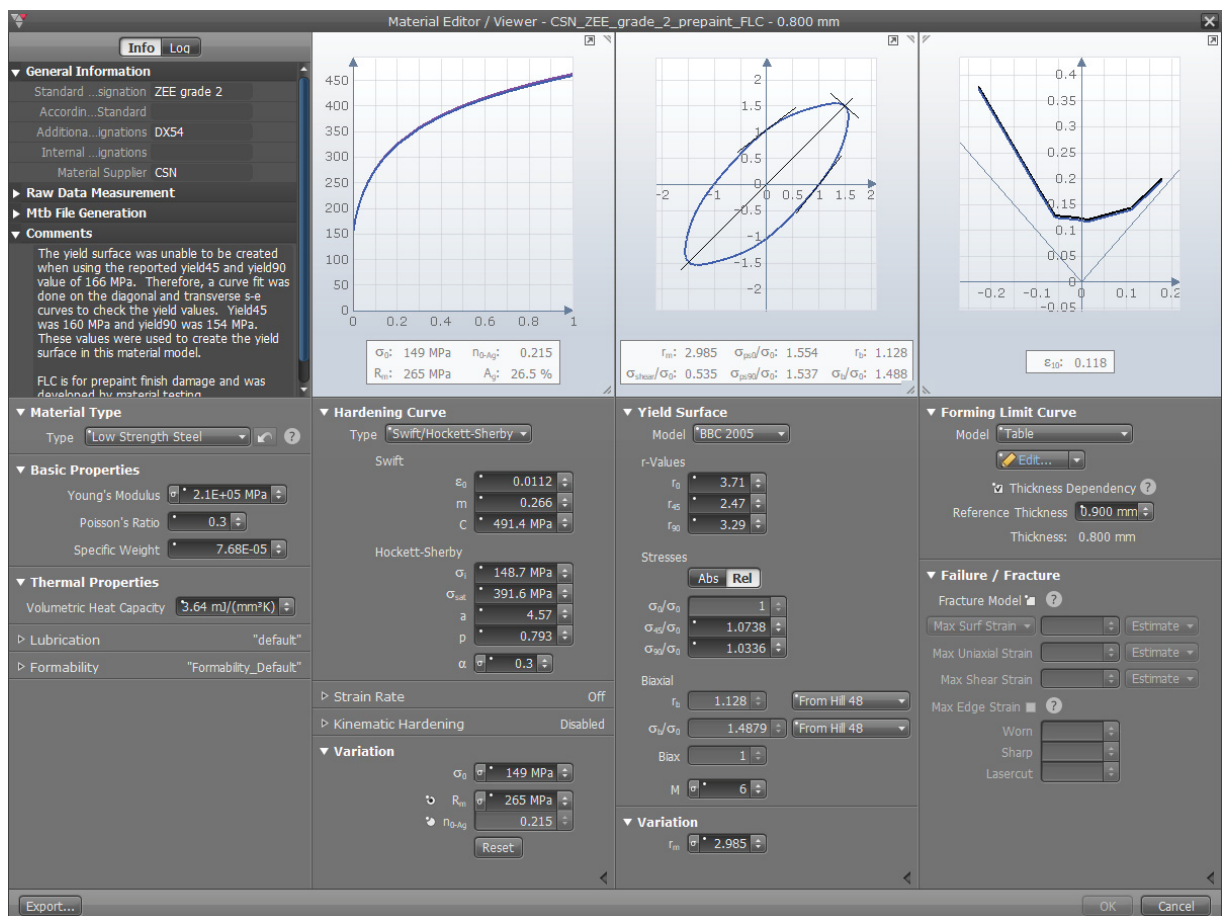
Os parâmetros de entrada utilizados para modelamento do material no Autoform R8 foram descritos na seção 3.5.1.

Como já apresentado nos resultados do ensaio de tração, optou-se pela utilização dos dados de propriedades mecânicas e curvas tensão x deformação verdadeiras, que foram obtidos nos ensaios das amostras coletadas antes da aplicação do revestimento. Especificamente para o LE e LR, foram adotados os valores obtidos para a direção 0°.

Por outro lado, para a definição do critério de escoamento, como descrito e explicado na seção 3.5.1, foi utilizado o modelo BBC 2005. Para tal, foram utilizados os valores de coeficiente de anisotropia nas três direções.

Além disso, através de um algoritmo interno do programa Autoform, ao importar os dados das curvas tensão x deformação verdadeiras, e selecionando o modelo de curva de escoamento de Swift/Hockett-Sherby, os respectivos coeficientes foram automaticamente calculados e são mostrados na FIGURA 138, que mostra a captura da tela do modelamento do material no Autoform.

FIGURA 138 – MODELAMENTO DO MATERIAL NO AUTOFORM



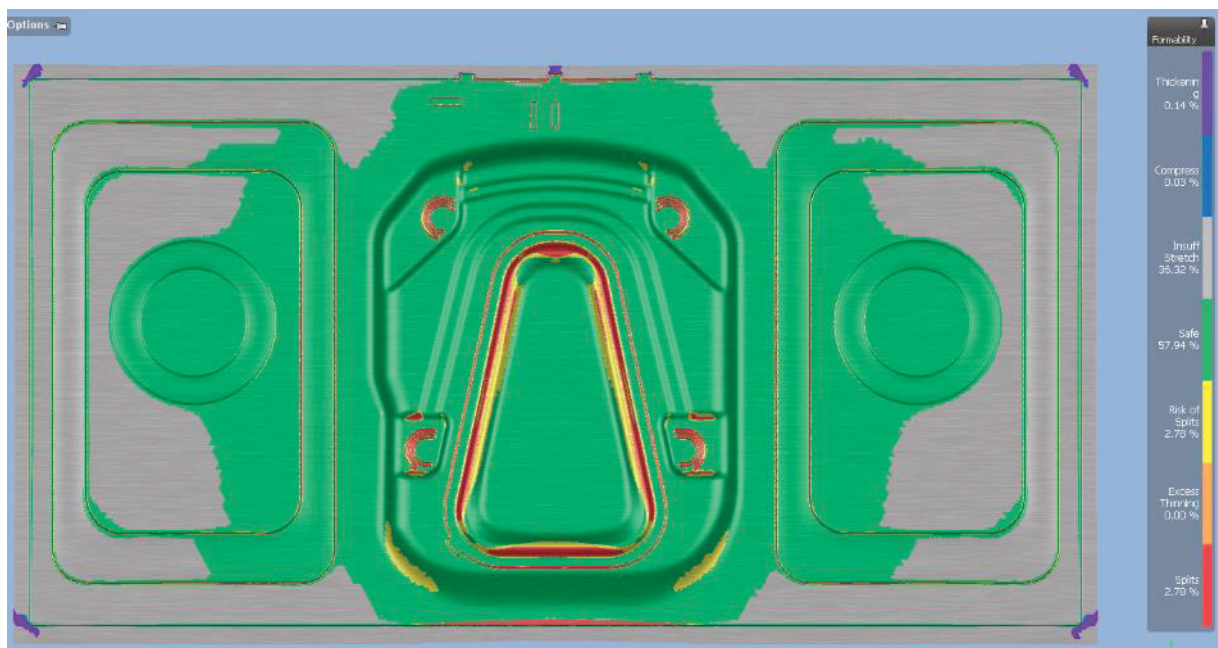
FONTE: o autor

Também pela FIGURA 138, observa-se no gráfico do canto direito superior destinado a CLC do material, que foi utilizada a CLC-r para ensaio detergente 100 horas. Optou-se por essa CLC-r devido ao critério de aprovação da estampagem real, que também submete as regiões críticas dos componentes estampados a partir de chapa com revestimento orgânico, ao ensaio de imersão em detergente por 100 horas. Ter-se-ia desta forma, tanto a simulação numérica quando a estampagem real, induzido o revestimento as mesmas condições.

4.3.2 Modelamento e realização da simulação numérica

A FIGURA 139 apresenta o resultado da simulação numérica da conformação para o gabinete lavadora. Trata-se de uma análise gráfica padrão do Autoform que mostra em escala de cores os diferentes resultados e riscos de falha, mas que devido à forma como o material foi modelado, a interpretação deve levar em conta apenas a ocorrência de *splits* ou rachaduras. E ainda assim, como ao invés da CLC do aço, foi carregada a CLC-r, a ocorrência de rachaduras na verdade indica a falha de revestimento.

FIGURA 139 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO GABINETE LAVADORA – ANÁLISE DE CONFORMABILIDADE



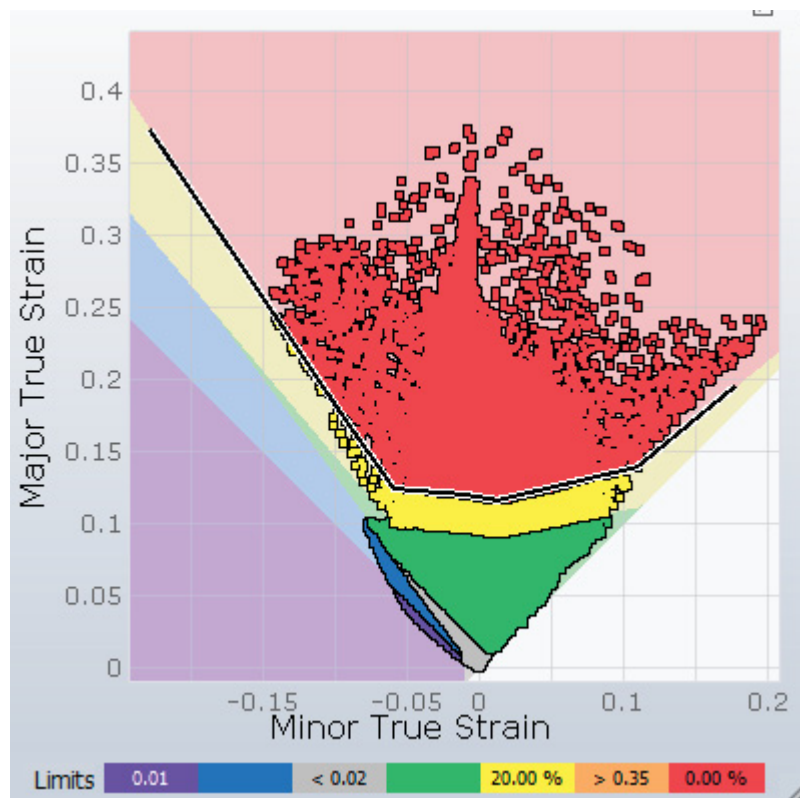
FONTE: O autor.

Observa-se que predominantemente, predominam as cores verde e cinza, que significam, respectivamente, segura/ sem risco e estiramento insuficiente. Na sequência, várias regiões, em especial próximas a raios da peça, apresentam falha do revestimento ou risco de falha, respectivamente nas cores vermelha e amarela. O risco de falha é calculado pela proximidade à CLC-r, mas como a definição da CLC-r já considerou os menores valores da deformação principal crítica, este risco inicialmente será ignorado como falha.

Por sua vez, na FIGURA 140, o risco da falha do revestimento é apresentado na forma de diagrama do campo de deformação versus a CLC-r. Entende-se que os elementos representados em vermelho na FIGURA 139, são classificados como em falha, pois, o par de deformação principal $\varepsilon_1 \times \varepsilon_2$, estão situados acima da CLC-r.

Contata-se que quase a totalidade do campo de deformação está dentro do espaço de inferência dos ensaios que determinaram a CLC-r, o que confere um bom grau de confiança para previsão dos efeitos, a ser avaliada na seção de validação.

FIGURA 140 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO GABINETE LAVADORA – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLC-R 100 HORAS



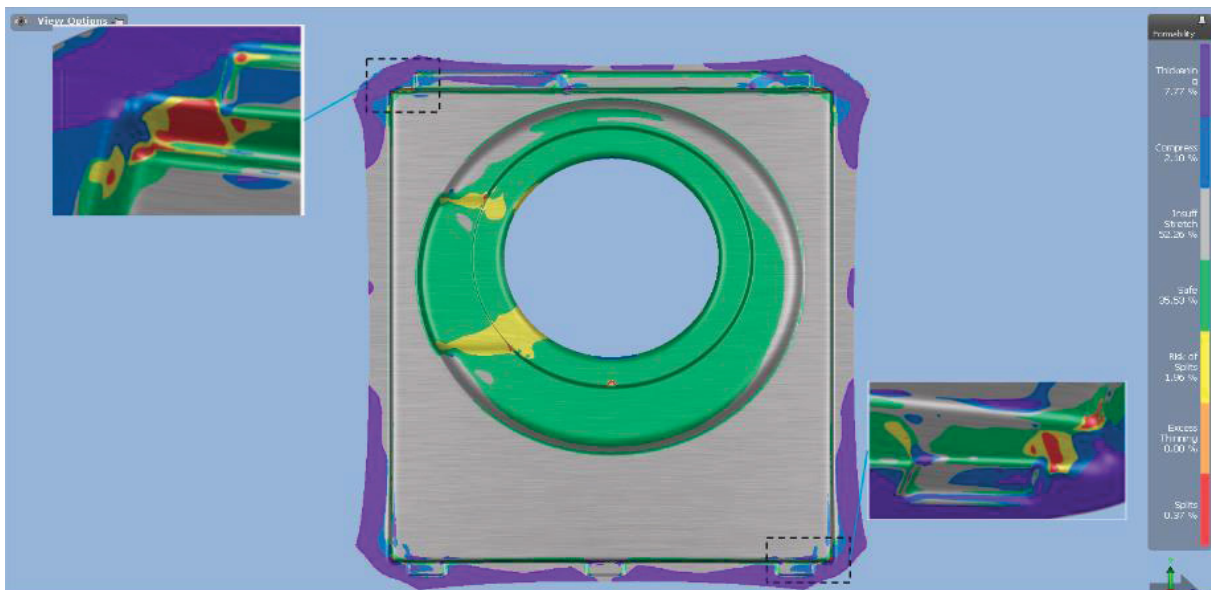
FONTE: O autor.

Do mesmo modo, na FIGURA 141 é apresentado o resultado da simulação numérica da conformação para o painel frontal. Entretanto, o perfil de cores é bastante distinto. Para esta peça, predomina o estiramento insuficiente. Já na área de rebaixo central, predominada uma região sem riscos de ocorrência de falhas, com uma pequena parte em amarelo, risco de falha, mas que de maneira análoga a outra peça, isto será ignorado e tratado como região segura.

Também, nas paredes laterais, mostradas nos detalhes ampliados nos cantos esquerdo superior e direito inferior, observa-se uma combinação de efeitos, sendo a região mais crítica os cantos, com predominância de aumento de espessura, compressão uniaxial e falha do revestimento.

Por sua vez, na região do flange da peça predomina a cor roxa, que indica um aumento de espessura. Através do diagrama da FIGURA 142, observa-se que esta escala de cor está diretamente associada ao modo de falha compressão uniaxial.

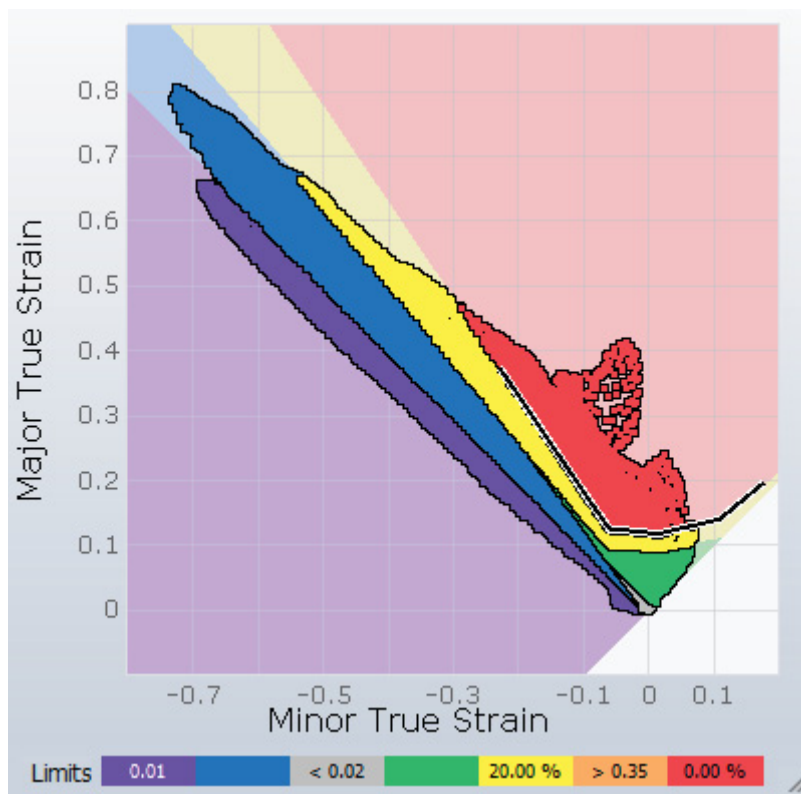
FIGURA 141 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PAINEL FRONTAL – ANÁLISE DE CONFORMABILIDADE



FONTE: O autor.

De fato, constata-se que o campo de deformação característico desta peça apresenta uma grande quantidade de elementos na região de embutimento e de compressão uniaxial, e que estas excedem significativamente o espaço de inferência sobre a CLC-r.

FIGURA 142 – RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO PAINEL FRONTAL – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO X CLC-R 100 HORAS



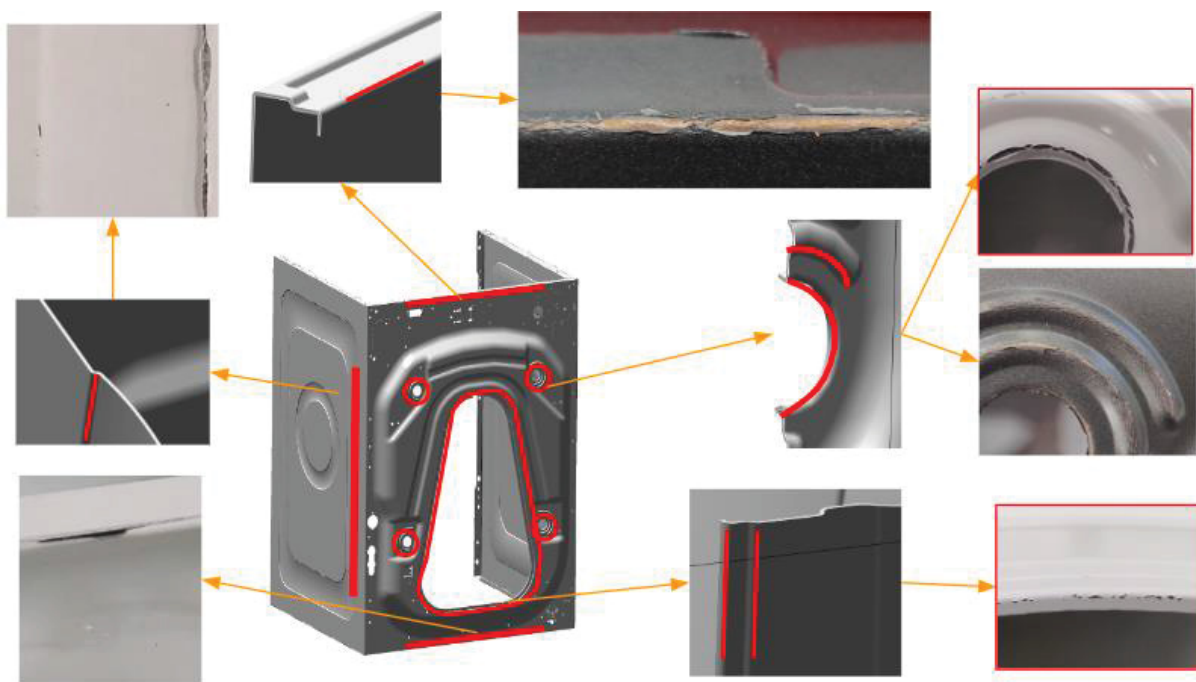
FONTE: O autor.

4.3.3 Análise de falhas no revestimento das peças estampadas

Na FIGURA 143 é apresentada um compilado de falhas do revestimento identificadas na estampagem do gabinete lavadora a partir do aço DX54D com revestimento polimérico utilizado na caracterização apresentada neste trabalho. Estas amostras após o processo de estampagem, já no ferramental final de produção, foram submetidas aos mesmos ensaios acelerados de vida adotados na caracterização, ensaio de imersão em detergente e ensaio de aderência.

Constata-se que em diversas regiões o revestimento falha significativamente, comprometendo a estética e funcionalidade do componente.

FIGURA 143 – MODOS DE FALHA DO REVESTIMENTO ENCONTRADOS NA ESTAMPAGEM REAL DO GABINETE



FONTE: O autor.

Do mesmo modo, na FIGURA 144, é apresentada a região dos cantos do painel frontal, que apresentou falhas significativas após a estampagem seguido de ensaio acelerado de vida.

FIGURA 144 – MODOS DE FALHA DO REVESTIMENTO ENCONTRADOS NA ESTAMPAGEM REAL DO PAINEL FRONTAL



FONTE: O autor.

4.3.4 Validação da simulação numérica

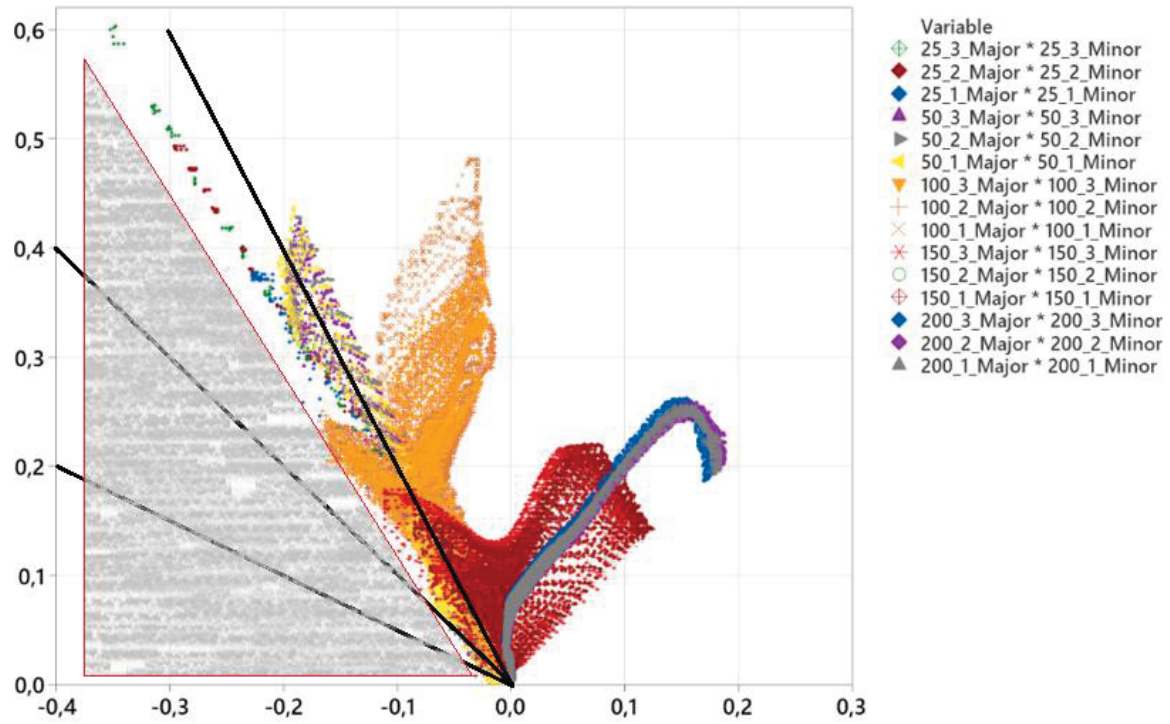
Evidenciou-se que os modos de falha previstos pela simulação numérica para o gabinete lavadora com a utilização da CLC-r proposta e caracterizada neste trabalho, apresentou grande correlação com as falhas apresentadas pelo processo real. Ao comparar-se as FIGURAS 139 e 143, verifica-se que a simulação numérica previu com grande acuracidade a ocorrência da falha do revestimento nas mesmas regiões em que elas ocorreram de fato nas peças conformadas e submetidas ao ensaio de imersão em detergente por 100 horas.

Por sua vez para o painel frontal, também foi prevista a ocorrência de falhas do revestimento na região dos cantos da peça através da simulação numérica, ilustrado na FIGURA 141, tal qual se manifestou no processo real, mostrado na FIGURA 144. Entretanto, a extensão da falha na estampagem real foi além da região indicada pela simulação numérica, afetando também as regiões submetidas a elevados níveis de deformação dos modos embutimento e compressão uniaxial, como mostrado no diagrama do campo de deformação da FIGURA 143.

De fato, o campo de deformação induzido pelo ensaio Nakajima não é capaz de induzir deformações no modo de deformação embutimento e compressão uniaxial, como ilustrado pelo diagrama do campo de deformação da FIGURA 145. Este “vazio” no espaço de inferência do ensaio Nakajima, representado pela área do triângulo hachurado na cor cinza, inviabiliza qualquer extrapolação da CLC-r nesta direção.

Desta forma, faz-se necessário incorporar um novo tipo de ensaio que seja capaz de induzir estes modos de deformação e assim permitir estabelecer um limite de conformação do revestimento nesta região, tal qual o limite de falha por cisalhamento puro que a CLC dos aços na forma mais completa também apresenta, como na CLC.

FIGURA 145 – DIAGRAMA DO CAMPO DE DEFORMAÇÃO ENSAIO NAKAJIMA – “VAZIO”
ESPAÇO DE INFERÊNCIA



FONTE: O autor.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que a CLC-r obtida para o ensaio de 100 horas em detergente, quando utilizada para prever, através de simulação numérica, os modos de falha do revestimento na conformação de peças de geometria complexa e com a grande maioria dos modos de deformação, apresentou excelente correlação com as falhas encontradas na estampagem real destas mesmas peças. Isto confere aos times de desenvolvimento uma poderosa ferramenta para assim efetuar alterações de design de produto, configurações de processo ou otimização do material, e assim evitar a ocorrência de falhas no revestimento.

Durante a execução dos ensaios preliminares, ficou bastante evidente, ao examinar as amostras imediatamente após o ensaio de conformação, que foram raras as falhas observáveis a olho nu. Mesmo em análises um pouco mais aprofundadas, como no ensaio de aderência, o impacto imediatamente após a conformação foi bastante limitado.

Isto demonstra que as falhas do revestimento, normalmente, não se revelam, quando este revestimento, que deveria conferir proteção e acabamento ao substrato, sofre com a ação do tempo, variações de temperatura, reação à outras substâncias químicas e esforços mecânicos.

As microtrincas após a deformação, que foram visualizadas a olho nu em trabalhos anteriores, como Heinzl *et al.* (2015), Hattori *et al.* (2008), neste trabalho foram identificadas somente através de microscopia, tanto na análise morfológica de topo quanto na transversal das camadas. Considera-se que a flexibilidade do revestimento utilizado neste trabalho era significativamente superior aos dos materiais utilizados nestes trabalhos anteriores.

Demonstrou-se que o dano no revestimento gerado pela deformação é acumulado, e a quantidade e a intensidade deste dano depende diretamente do modo de deformação. Isto demonstra que um comportamento identificado em determinado modo de deformação não deve ser inferido aos demais modos.

Conclui-se também que o ensaio acelerado de vida proposto neste trabalho como os ensaios de imersão em detergente e sua duração, combinados com ensaios de aderência por corte em grade, foram bastante eficientes em revelar os danos previamente acumulados durante a deformação.

Por sua vez os ensaio de tração realizados no material após a aplicação do revestimento, caracterizou adequadamente as propriedades mecânicas e o comportamento plástico do aço.

A obtenção da CLC do aço foi fundamental ao determinar os parâmetros a serem utilizados no ensaio Nakajima modificado do revestimento, bem como ao estabelecer uma referência para a CLC-r.

Com os resultados das análises morfológicas, tanto de topo quanto a transversal, apontou-se os danos acumulados no revestimento após as deformações induzidas e o efeito dos diversos modos de deformação, que não eram visíveis a olho nu, antes do ensaio acelerado de vida.

A medição da espessura das camadas e medição do brilho produziram resultados pouco efetivos para esta análise. Aponta-se a curvatura dos corpos de prova submetidos ao ensaio Nakajima como o fator preponderante para tal limitação.

O ensaio de Nakajima modificado foi bastante efetivo e gerou dados na maioria dos modos de deformação e em diversos níveis de intensidade, e graças a medição das deformações em toda superfície do corpo de prova, otimizou-se a quantidade de ensaios necessários ao evitar a execução do ensaios em diferentes níveis discretos do deslocamento do punção, como foi utilizado por trabalhos anteriores como Sorce *et al.* (2019), Bastos *et al.* (2015), Behrens *et al.* (2017) e van Beeck *et al.* (2015a).

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a execução dos experimentos e análise dos resultados, surgiram alguns questionamentos e possíveis melhorias foram identificadas para serem analisadas e possivelmente implementadas, dando continuidade a este estudo, mas que não puderam ser confirmados neste trabalho. Seguem abaixo listadas essas recomendações, por ordem de importância, pelo entendimento deste autor:

- Incluir ensaio de embutimento de copo com seção quadrada para induzir no revestimento os modos de deformação embutimento e compressão uniaxial, o que não foi possível com o ensaio Nakajima. Com isto espera-se definir melhor a forma da CLC-r, melhorando ainda mais a previsibilidade da real intensidade das falhas no revestimento para peças repuxadas que apresentam o modo de deformação

embutimento e compressão uniaxial, como as de geometria retangular com cantos repuxados, como o painel frontal estudado neste trabalho.

- Desenvolver o ensaio Nakajima modificado com indução de dano ao revestimento através do controle da pressão de contato para estudar as falhas no revestimento a zero hora, ou seja, imediatamente após a conformação. Matriz de borracha, placa de sacrifício de uretano sobre o blank ou blank invertido com face revestida em contato com o punção seguem como sugestões a serem exploradas.
- Executar o procedimento de caracterização proposto neste trabalho, mas utilizando o ensaio Marciniak ao invés do Nakajima, desta forma, tal qual Behrens *et al.* (2017), seria possível também analisar o comportamento da variável brilho, além de permitir explorar métodos de ensaio de aderência que geram resultados quantitativos como o *pull-off* segundo ASTM D4541.
- Utilizar o mesmo software de medição das deformações que foi utilizado neste trabalho com o sistema Argus, GOM Zeiss *Correlate*, para definir as regiões que apresentaram dano no revestimento e assim correlacionar com as deformações principais previamente medidas. Isto evitaria todo o tratamento estatístico e utilização de grande volume de dados não tratados.
- Estudar processos de gravação da malha Argus no revestimento que permitam a medição da deformação pelo sistema Argus, mas após a execução do ensaio detergente, sem que isto comprometa as propriedades do revestimento. Foram realizados testes exploratórios com a gravação a laser, e os resultados foram promissores.
- Otimizar o nível de deformação nos corpos de prova de 150 mm de largura, pois estes apresentaram o maior afastamento para a CLC do aço. Aumentar deformação diretamente pelo aumento do deslocamento do punção, ou alterar a geometria do corpo de prova tal qual executado para os corpos de prova de menor largura, e assim mover o caminho de deformação para mais próximo do modo de deformação plana.

- Elaborar um estudo dedicado, com planejamento estatístico e tratamento de ruídos adequado, para determinar se de fato existe alguma variação nas propriedades mecânicas do aço que pode ser atribuída ao processo de pintura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. L.; NETO, D. M.; WAGRE, D.; SANTOS, A. D.; OLIVEIRA, M. C. *Issues on the Correlation between Experimental and Numerical Results in Sheet Metal Forming Benchmarks*. In: *Metals*, Volume 10, 2020. p. 1595.

ARCELOR MITTAL. *Forming prefinished Steels*, 2012.

AL-QURESHI, H.A. *Apostila de conformação e instabilidade plástica de chapas metálicas e vasos de pressão*, 2003.

BASTOS, A.C.; GRUNDMEIER, G; SIMÕES, A.M.P. *A forming limit curve for the corrosion resistance of coil-coatings based on electrochemical measurements*. In: *Progress in Organic Coatings*, 80, 2015. P. 156-163.

BASTOS, A.L. *Análise do Processo de Estampagem de Chapas de Aço Através da Curva Limite de Conformação*. Msc Ciência e Engenharia de Materiais, UFSC, 2009.

VAN BEECK, J.; NEGGERS, J.; SCHREURS, P.J.G.; HOEFNAGELS, J.P.M.; GEERS, M.G.D. *Quantification of Three-Dimensional Surface Deformation Using Global Digital Image Correlation*. In: *Experimental Mechanics*, Volume 54, 2014. p. 557–570.

VAN BEECK, J.; SCHREURS, P.J.G.; GEERS, M.G.D. *Numerical-Experimental Assessment of Roughness-Induced Metal-Polymer Interface Failure*. *Mechanics of Materials*, Volume 80, 2015a. p. 234–245.

VAN BEECK, J.; VAN BREEMEN, L.C.A.; SCHREURS, P.J.G.; GEERS, M.G.D. *Preventing Interface Damage by Pre-Conditioning Polymer-Coated Steels via Rolling*. *International Journal of Solids and Structures*, Volume 58, 2015b. p. 1–11.

BEHRENS, B.A.; GAEBEL, C. M. *Formability of an anti-fingerprint clear coating on satin stainless steel sheet metal*. *Production Engineering*, Volume 7, 2013. p. 275-281.

BEHRENS, B.A.; HUBNER, S.; GAEBEL, C. M. *Forming-induced Gloss Reduction of Coil Coated Sheets for White Goods*. In: *Procedia Engineering*, Volume 183, 2017. p. 107–112.

VAN DEN BOSCH, M. J.; SCHREURS, P. J. G.; GEERS, M. G. D. *An improved description of the exponential Xu and Needleman cohesive zone law for mixed-mode decohesion*. In: *Eng. Fract. Mech.* Volume 73, 2006. p. 1220–1234.

VAN DEN BOSCH, M. J.; SCHREURS, P. J. G.; GEERS, M. G. D. *Identification and characterization of delamination in polymer coated metal sheet*. In: *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Volume 56, No. 11, 2008. p. 3259-3276.

VAN DEN BOSCH, M. J.; SCHREURS, P. J. G.; GEERS, M. G. D. *On the prediction of delamination during deep drawing of PCM sheet*. In: J. Mater. Process. Technol. Volume 209, 2009. p. 297–302.

BREPOHL, D.; *Caracterização das camadas formadas no processo de galvanização à quente sobre uma chapa de aço IF*. Dissertação de Mestrado, PPGEM, UTFPR, Curitiba, 2013.

CHANG, T.; SPROAT, E. A.; LAI, Y. H.; SHEPARD, N. E.; DILLARD, D. A. *A test method for accelerated humidity conditioning and estimation of adhesive bond durability*. In: Journal of Adhesion, Volume 69, 1999. p. 99-120.

CHEONG, Z.; SORCE, F.S.; NGO, S.; LOWE, C.; TAYLOR, A.C. *The effect of substrate material properties on the failure behavior of coatings in the Erichsen cupping test*. In: Progress in Organic Coatings 151, 2021. P.

CHEZAN, A.R. *et al. Accurate sheet metal forming modeling for cost effective automotive part production*. In: IDDRG, 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Qualidade do Ar*. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em 3 fev. 2021.

CONI, N.H.S. *Estudo das Propriedades Mecânicas do Aço Zincado por Imersão à Quente e a Galvalume® Produzidos na CSN-PR*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba, 2004.

CSN. *Catálogo Técnico Aços Planos Pré-Pintado*. 2013.

DIAS, F.M.S.; FONSECA, F.A.V.; HAUEGEN, C.G.; LINS, J.F.C; CAMPOS, M.F. *Textura e Comportamento Mecânico de Aços IF Estabilizados ao Ti e Nb-Ti*. Tecnol. Metal. Mater. Miner., São Paulo, Volume 9, p. 294-301, 2012.

DONG, J.; LOCQUET, A.; CITRIN, D. S. *Terahertz Quantitative Nondestructive Evaluation of Failure Modes in Polymer-Coated Steel*. In: IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. Volume 23, No. 4, 2017.

FARIAS, A.; *Avaliação do Processamento por Atrito Linear em Chapas da Liga de Titânio Ti-6Al-4V*, Tese de doutorado, Engenharia Mecânica, USP, São Paulo, 2015.

FELICE NETO, F. R. *Simulação de Microindentação de Material Multicamada pelo Método dos Elementos Finitos*. M.S., Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

FORCELESE, A.; MANCIA, T.; SIMONCINI, M. *Tensile Behavior and Formability of Pre-Painted Steel Sheets*. In: Metals Volume 10, No. 53, 2020.

FLORES, P. *Development of Experimental Equipment and Identification Procedures for Sheet Metal Constitutive Laws*. PhD Thesis, University of Liege, Liege, 2005.

GLOBAL MARKET INSIGHTS. Relatório Mercado Global de Bobinas de Aço com Revestimento PET. 2024.

HATTORI, N.; TANIGAWA, M.; OKIDO, M. *Effect of Baked Temperature on the Coating Film Formability of Pre-Coated Aluminum Sheets Under Drawing*. In: Journal of Japan Institute of Light Metals, Volume 56, No. 8, 2006. p. 448–453.

HATTORI, N.; TANIGAWA, M.; OKIDO, M. *Effects of Glass Transition Temperatures of Films on the Corrosion Resistance after Forming of Pre-Coated Aluminum Sheets*. In: Materials Transactions, Volume 49, No. 5, 2008. p. 1180-1185.

HEINZEL, H.; RAMEZANI, M.; NEITZERT, T. *Experimental Investigation of the Formability of Organic Coated Steel Sheet Metal*. In: 43rd Proceedings of the North American Manufacturing Research, Volume 30, 2015. p. 1–12.

HOILE, S. *Processing and properties of mild steel interstitial free steels*. Materials Science and Technology, October 2000, p. 1079-1093.

HOL, J. *et al. Friction modelling in sheet metal forming simulations for aluminium body parts at Daimler AG*. IDDRG 2019.

HOLMBERG, S.A *et al. Evaluation of Sheet Metal Formability by Tensile Tests*. Department of Structural Mechanics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden 2003.

HOSFORD, W.F.; CADDELL, R.M. *Metal Forming - Mechanics and Metallurgy*, Cambridge University Press, 3ª edição, 2007.

HUANG, C. H.; SCHIMID, S. R.; WANG, J. E. *Thermal Effects on Polymer Laminated Steel Formability in Ironing*. In: Journal of Manufacturing Science and Engineering, Volume 123, 2001. p.1-6.

HUANG, Y. *On Coating Durability of Polymer Coated Sheet Metal Under Plastic Deformation*. Ph.D., Mechanical Engineering, - Texas A&M University, College Station, Texas, 2010.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Mini Anuário 2020. Disponível em: https://acobrasil.org.br/site/wpcontent/uploads/2020/04/Mini_anuario_2020_completo.pdf. Acesso em mar. 2021.

JAWORSKI, J.A. e SCHMID, S. R. *Survivability of Laminated Polymer Lubricant Films in Ironing*. In: Tribology Transactions, Volume 42, 1999. p. 32-38.

JEON Y.P.; SEO H.Y.; KIM J.D.; KANG C.G. *Experimental analysis of coating layer behavior of Al-Si coated boron steel in a hot bending process for IT applications*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2013; 67(5-8): 1693-1700.

KEELER, S.P. *The Science of Forming*, Vol. 1, Precision Metalforming Association, 2003.

KIM, D. H.; KIM, B. M.; LEE, Y. *Scratch characteristics for non-vinyl pre-coated metal sheet using the simple U-bending process*. In: Journal of Materials Processing Technology, Volume 139, 2003. p. 414–421.

LI H, CHEN J.; YANG J. *Experimental and numerical investigation of laminated steel sheet in V bending process considering nonlinear visco-elasticity of polymer layer*. Journal of Materials Processing Technology 2012; 212 (1): 36-45.

LIMA, E. *Avaliação do limite de estrição de aços avançados de alta resistência*. Dissertação de Mestrado, Engenharia Mecânica, UFPR, 2017.

LISIECKA-GRACA, P.; KWIECIEN, M.; MADEJ, L.; MAJTA, J.; MUSZKA, K. *Application of the DIC System to Build a Forming Limit Diagram (FLD) of Multilayer Materials*. Key Engineering Materials 2022; v. 926, p. 963-969.

LIU, J.; ZHANG, Q.; ZHANG, B.; YU, M. *The Bonding Mechanism of the Micro-Interface of Polymer Coated Steel*. In: Polymers, Volume 12, 2020.

MARCINIAK, Z.; DUNCAN, J. L.; HU, S. J. *Mechanics of Sheet Metal Forming*. 2.ed. Great Britain: Butterworth-Heinemann, 2002.

MARKET RESEARCH FUTURE. *Global Flat Steel Market, 2024*. Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/flat-steel-market-1885>. Acesso em jan. 2021.

METALS HANDBOOK ASM, vol. 14 – *Forming and Forging*, ASM International, 1993.

ORTEU, J.-J. *3-D computer vision in experimental mechanics*. Optics and Lasers in Engineering, v. 47, n. 3-4, p. 282–291, 2009.

PAUL, S. K. *Controlling factors of forming limit curve: A review*. Advances in Industrial and Manufacturing Engineering 2, 2021.

PEREIRA, M. P.; YANB, W.; ROLFEC, B. F. *Contact pressure evolution and its relation to wear in sheet metal forming*. In: Wear 265, 2008. p. 1687–1699.

PIMENTEL, A. M. F.; ALVES, J. L. C. M.; MERENDEIRO, N. M. S.; VIEIRA, D. M. F. *Comprehensive benchmark study of commercial sheet metal forming simulation software used in the automotive industry*. In: International Journal of Material Forming. Volume 11, 2018. p. 879–899.

PUROHIT, Z. *Performance of Polymer Coatings Under Forming Conditions*. M.S., Mechanical Engineering, Texas A&M University, College Station, Texas, 2010.

QATTAWI, A. e ABLAT, M. A. *Numerical simulation of sheet metal forming: a review*. In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Volume 89, 2017. p. 1235–1250.

RAABE, D.; SACHTLEBER, M.; WEILAND, H.; SCHEELE, G.; ZHAO, Z. *Grain-scale micromechanics of polycrystal surfaces during plastic straining*. In: Acta Mater. Volume 51, 2003. p.1539–1560.

ROCHA, M.R. *Aço ABNT 1045 esferoidizado: estudo da cinética de coalescimento e correlações entre microestruturas e propriedades mecânicas*. Dissertação de Mestrado – PGMAT – UFSC, Florianópolis, 2003.

ROCHA, M.R. *Avaliação do efeito das transformações martensíticas na conformabilidade dos aços 304N e 304H*. Tese de doutorado, PGMAT, UFSC, Florianópolis, 2006

SAMYANG STEEL. Catálogo de produtos on line. Disponível em: http://www.samyangchem.co.kr/eng/bbs/content.php?co_id=goods_steel. Acesso em jan. 2021.

SELLES, M.A.; SCHMID, S.R.; SANCHEZ-CABALLERO, S.; RAMEZANI, M.; PEREZ-BERNABEU, E. *Use of a Novel Polymer-Coated Steel as na Alternative to Traditional Can Manufacturing in the Food Industry*. Polymers 2021, 13, 222.

SON, Y.; LEE, C.; LEE, J.; BYOEN, S.; LEE, S; KIM, B. *Experimental Evaluation of Coating Delamination in Vinyl-Coated Metal Forming*. In: Journal of Mechanical Science and Technology, Volume 26, 2012. p. 3223-3230.

SON, Y.; LEE, KO, D.; KIM, B. *Prediction of Delamination and Tearing During Stamping of Polymer-Coated Metal Sheet*. In: Journal of Materials Processing Technology, Volume 220, 2015, p.146(11).

SORCE, F.S.; NGO, S.; LOWE, C.; TAYLOR, A.C. *Quantification of coating surface strains in Erichsen cupping tests*. In: J Mater Sci, 2019, 54. P. 7997-8009.

SROUR, E.H.Jr. *Determinação do grau de conformabilidade de chapa de aço para suporte de coluna de direção e identificação de similar nacional*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFPR, Curitiba, 2002.

TEKKAYA, A. E.; TROMPETER, M.; PHAM, H. D. *On the reduction of the gloss property of organic coated sheet metal after forming*, in: Prod. Eng. Res. Devel. Volume 4, Issue 5, 2010, p. 483–489.

TURAZI, A. *Estudo de Novas Rotas de Processamento para Refino de Grão e seu Efeito na Estampabilidade de Aços ARBL*. Dissertação de Mestrado – PGMAT – UFSC, Florianópolis, 2008.

VAYEDA R.; WANG J. *Adhesion of coatings to sheet metal under plastic deformation*. International Journal of Adhesion and Adhesives 2007; 27(6): 480-492.

VOLK, W., HORA, P. *New algorithm for a robust user-independent evaluation of beginning instability for the experimental FLC determination*. International Journal of Material Forming, 2011, Volume 4, p. 339-346.

WANG, J.; ALEXANDER, R. *An experimental investigation of coating durability in forming pre-coated sheet metal*. In: North American Manufacturing Research Institution of the Society of Manufacturing Engineers, 2003 57-63.

WIEBENGA, J. H. *et al. Friction and lubrication in sheet metal forming simulations: Application to the Renault Talisman trunk lid inner part*. In: IDDRG, 2019.

WONG, J. S. S.; SUE, H. J.; ZENG, K. Y.; LI, R. K. Y.; MAI, Y. W. *Scratch damage of polymers in nanoscale*. Acta Materialia, Volume 52, no. 2, 2004. p. 431-443.

WORLDSTEEL ASSOCIATION. Total Production of Crude Steel, 2024. Disponível em: https://worldsteel.org/data/annual-production-steel-data/?ind=P1_crude_steel_total_pub/CHN/IND/WORLD_ALL . Acesso em mai. 2024.

XU, S.; WEINMANN, K.J.; CHANDRA, A. *Analysis of Forming Limits Using the Hill Yield Criterion*. Journal of Engineering Materials and Technology, v. 120, p.236-238, 1998.

XUA, S.; WEINMANNB, K.J. *On Predicting Forming Limits Using Hill's Yield Criteria*. Journal of Materials Engineering and Performance, v. 9, n. 2, p. 174-182, 2000.

APÊNDICE 1 – TABELA DE DADOS

Dados de medição do campo de deformação pelo sistema Argus para os corpos de prova de 25 mm.

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1	-72,59	-46,86	46,49	1,37E-02	6,33E-04	0	55,96	44,61	-52,85	2,47E-02	2,93E-03	0	-79,46	10,63	-3,34	8,77E-03	1,30E-03	0
2	-74,09	-46,26	45,83	1,37E-02	6,33E-04	0	54,64	43,77	-51,93	2,47E-02	2,93E-03	0	-78,85	12,07	-4,11	8,77E-03	1,30E-03	0
3	-75,59	-45,66	45,17	1,01E-02	-3,54E-04	0	53,32	42,94	-51,02	2,47E-02	7,12E-04	0	-78,23	13,52	-4,89	9,74E-03	1,30E-03	0
4	-77,09	-45,06	44,50	6,51E-03	-1,34E-03	0	52,00	42,12	-50,11	2,47E-02	-1,50E-03	0	-77,61	14,97	-5,65	1,07E-02	1,30E-03	0
5	-78,60	-44,46	43,83	6,51E-03	-1,34E-03	0	50,68	41,30	-49,20	2,10E-02	-4,49E-03	0	-77,00	16,42	-6,42	1,12E-02	4,23E-04	0
6	-71,68	-45,88	45,35	1,37E-02	6,33E-04	0	49,35	40,48	-48,29	1,72E-02	-7,48E-03	0	-76,39	17,87	-7,19	1,16E-02	-4,57E-04	0
7	-73,18	-45,28	44,69	1,37E-02	6,33E-04	0	48,02	39,65	-47,38	1,56E-02	-1,20E-02	0	-75,77	19,31	-7,96	1,16E-02	-1,30E-03	0
8	-74,68	-44,68	44,02	1,01E-02	-3,54E-04	0	46,71	38,88	-46,44	1,40E-02	-1,64E-02	0	-75,15	20,78	-8,74	1,16E-02	-2,13E-03	0
9	-76,19	-44,08	43,36	6,51E-03	-1,34E-03	0	45,40	38,10	-45,50	1,56E-02	-1,76E-02	0	-74,53	22,24	-9,51	1,32E-02	-2,73E-03	0
10	-77,70	-43,47	42,70	6,51E-03	-1,34E-03	0	44,20	37,66	-44,30	1,72E-02	-1,88E-02	0	-73,92	23,67	-10,28	1,48E-02	-3,32E-03	0
11	-61,74	-48,50	48,20	2,29E-02	-2,80E-03	0	43,00	37,22	-43,09	1,99E-02	-1,88E-02	0	-73,31	25,11	-11,04	1,48E-02	-3,32E-03	0
12	-63,25	-47,91	47,54	2,29E-02	-2,80E-03	0	41,94	37,13	-41,63	2,26E-02	-1,87E-02	0	-77,83	10,00	-3,21	8,77E-03	1,30E-03	0
13	-64,75	-47,31	46,88	2,34E-02	-2,09E-03	0	40,89	37,04	-40,18	2,32E-02	-1,61E-02	0	-77,21	11,44	-3,99	8,77E-03	1,30E-03	0
14	-66,24	-46,71	46,23	2,38E-02	-1,39E-03	0	39,88	37,04	-38,68	2,38E-02	-1,34E-02	0	-76,59	12,89	-4,76	9,74E-03	1,30E-03	0
15	-67,73	-46,11	45,58	2,44E-02	-1,59E-03	0	38,86	37,04	-37,18	2,32E-02	-1,30E-02	0	-75,97	14,34	-5,53	1,07E-02	1,30E-03	0
16	-69,25	-45,50	44,89	2,50E-02	-1,79E-03	0	37,85	37,06	-35,70	2,26E-02	-1,26E-02	0	-75,35	15,78	-6,30	1,12E-02	4,23E-04	0
17	-70,77	-44,89	44,20	2,00E-02	1,04E-04	0	36,83	37,07	-34,22	2,18E-02	-1,26E-02	0	-74,74	17,23	-7,07	1,16E-02	-4,57E-04	0
18	-72,28	-44,29	43,54	1,74E-02	1,05E-03	0	35,82	37,09	-32,75	2,10E-02	-1,25E-02	0	-74,13	18,68	-7,84	1,16E-02	-1,30E-03	0
19	-73,78	-43,69	42,88	1,20E-02	-1,44E-04	0	34,80	37,10	-31,29	2,09E-02	-1,21E-02	0	-73,52	20,13	-8,60	1,16E-02	-2,13E-03	0
20	-75,29	-43,09	42,22	6,51E-03	-1,34E-03	0	33,80	37,11	-29,84	2,08E-02	-1,17E-02	0	-72,91	21,58	-9,37	1,32E-02	-2,73E-03	0
21	-76,81	-42,49	41,56	6,51E-03	-1,34E-03	0	32,79	37,12	-28,39	2,10E-02	-1,37E-02	0	-72,29	23,03	-10,14	1,48E-02	-3,32E-03	0
22	-60,85	-47,50	47,05	2,29E-02	-2,80E-03	0	31,79	37,12	-26,94	2,13E-02	-1,57E-02	0	-71,67	24,47	-10,92	1,48E-02	-3,32E-03	0
23	-62,35	-46,91	46,37	2,29E-02	-2,80E-03	0	30,79	37,11	-25,49	2,13E-02	-1,57E-02	0	-76,73	6,81	-1,66	9,48E-03	1,69E-03	0
24	-63,85	-46,31	45,70	2,34E-02	-2,09E-03	0	-24,46	1,81	14,49	2,65E-02	-1,70E-02	0	-76,46	8,09	-2,37	9,48E-03	1,69E-03	0
25	-65,35	-45,70	45,05	2,38E-02	-1,39E-03	0	-25,57	0,45	14,52	2,65E-02	-1,70E-02	0	-76,19	9,37	-3,09	1,02E-02	1,43E-03	0
26	-66,84	-45,09	44,39	2,44E-02	-1,59E-03	0	-26,68	-0,92	14,56	2,50E-02	-1,43E-02	0	-75,57	10,81	-3,86	1,05E-02	1,30E-03	0
27	-68,35	-44,49	43,70	2,50E-02	-1,79E-03	0	-27,78	-2,30	14,59	2,34E-02	-1,17E-02	0	-74,95	12,26	-4,63	1,10E-02	1,14E-03	0
28	-69,86	-43,89	43,02	2,31E-02	-1,60E-04	0	-28,89	-3,69	14,62	2,26E-02	-1,20E-02	0	-74,33	13,70	-5,41	1,15E-02	9,75E-04	0
29	-71,37	-43,30	42,37	2,11E-02	1,47E-03	0	-29,99	-5,08	14,65	2,19E-02	-1,23E-02	0	-73,71	15,15	-6,19	1,17E-02	2,59E-04	0
30	-72,87	-42,71	41,72	1,38E-02	6,54E-05	0	-31,09	-6,48	14,68	2,19E-02	-1,23E-02	0	-73,09	16,59	-6,95	1,20E-02	-4,57E-04	0
31	-74,38	-42,10	41,07	6,51E-03	-1,34E-03	0	-32,20	-7,88	14,70	2,19E-02	-1,23E-02	0	-72,48	18,04	-7,71	1,28E-02	-1,29E-03	0
32	-75,90	-41,50	40,41	6,51E-03	-1,34E-03	0	-33,31	-9,29	14,73	2,19E-02	-1,23E-02	0	-71,88	19,49	-8,47	1,37E-02	-2,13E-03	0
33	-59,96	-46,50	45,89	2,29E-02	-5,51E-03	0	-34,43	-10,70	14,74	2,19E-02	-1,23E-02	0	-71,28	20,93	-9,23	1,45E-02	-2,73E-03	0
34	-61,45	-45,91	45,21	2,29E-02	-5,51E-03	0	-35,55	-12,11	14,76	2,38E-02	-1,27E-02	0	-70,66	22,38	-10,01	1,53E-02	-3,32E-03	0
35	-62,95	-45,31	44,53	2,34E-02	-2,26E-03	0	-36,69	-13,51	14,79	2,58E-02	-1,32E-02	0	-70,03	23,83	-10,79	1,62E-02	-2,32E-03	0
36	-64,45	-44,70	43,87	2,38E-02	9,95E-04	0	-37,83	-14,91	14,81	2,37E-02	-1,47E-02	0	-69,42	25,28	-11,58	1,79E-02	-3,09E-04	0
37	-65,95	-44,08	43,21	2,41E-02	-1,45E-03	0	-39,01	-16,26	14,95	2,17E-02	-1,62E-02	0	-68,80	26,73	-12,36	1,79E-02	-3,09E-04	0
38	-67,45	-43,48	42,52	2,44E-02	-3,90E-03	0	-40,20	-17,61	15,10	1,94E-02	-1,62E-02	0	-75,42	6,01	-1,49	9,48E-03	1,69E-03	0
39	-68,96	-42,89	41,84	2,33E-02	-2,11E-03	0	-41,43	-18,72	15,65	1,71E-02	-1,62E-02	0	-74,97	7,37	-2,23	9,48E-03	1,69E-03	0
40	-70,46	-42,30	41,20	2,11E-02	1,47E-03	0	-42,67	-19,84	16,21	1,44E-02	-1,43E-02	0	-74,53	8,73	-2,97	1,09E-02	1,49E-03	0
41	-71,96	-41,72	40,56	1,38E-02	6,54E-05	0	-43,94	-20,74	17,09	1,17E-02	-1,24E-02	0	-73,91	10,17	-3,74	1,23E-02	1,30E-03	0
42	-73,48	-41,12	39,91	6,51E-03	-1,34E-03	0	-45,21	-21,63	17,98	1,44E-02	-8,39E-03	0	-73,29	11,62	-4,52	1,23E-02	9,75E-04	0
43	-75,00	-40,52	39,27	6,51E-03	-1,34E-03	0	-46,48	-22,52	18,90	1,71E-02	-4,40E-03	0	-72,68	13,07	-5,29	1,23E-02	6,45E-04	0
44	-59,05	-45,51	44,73	2,29E-02	-8,22E-03	0	-47,76	-23,41	19,81	2,03E-02	-2,20E-03	0	-72,06	14,52	-6,05	1,23E-02	9,42E-05	0
45	-60,56	-44,90	44,04	2,29E-02	-8,22E-03	0	-49,04	-24,28	20,71	2,36E-02	-1,28E-05	0	-71,45	15,97	-6,82	1,23E-02	-4,57E-04	0
46	-62,07	-44,30	43,36	2,34E-02	-2,42E-03	0	-50,31	-25,16	21,61	2,36E-02	-1,28E-05	0	-70,83	17,41	-7,59	1,40E-02	-1,29E-03	0
47	-63,54	-43,68	42,70	2,38E-02	3,38E-03	0	54,72	45,61	-53,65	2,47E-02	2,93E-03	0	-70,23	18,85	-8,36	1,58E-02	-2,12E-03	0
48	-65,01	-43,06	42,04	2,38E-02	-1,31E-03	0	53,41	44,76	-52,74	2,47E-02	2,93E-03	0	-69,62	20,29	-9,13	1,58E-02	-2,72E-03	0
49	-66,53	-42,48	41,37	2,38E-02	-6,01E-03	0	52,11	43,91	-51,82	2,47E-02	7,12E-04	0	-69,00	21,75	-9,90	1,58E-02	-3,32E-03	0
50	-68,06	-41,90	40,70	2,38E-02	-6,01E-03	0	50,81	43,10	-50,91	2,47E-02	-1,50E-03	0	-68,38	23,20	-10,67	1,69E-02	-1,82E-03	0
51	-58,14	-44,51	43,57	2,29E-02	-8,22E-03	0	49,51	42,28	-50,01	2,10E-02	-4,49E-03	0	-67,77	24,65	-11,43	1,79E-02	-3,09E-04	0
52	-59,66	-43,89	42,88	2,29E-02	-8,22E-03	0	48,19	41,46	-49,10	1,72E-02	-7,48E-03	0	-67,16	26,09	-12,20	1,79E-02	-3,09E-04	0
53	-61,18	-43,28	42,19	2,26E-02	-1,04E-03	0	46,87	40,63	-48,19	1,56E-02	-1,20E-02	0	-75,28	2,32	0,24	9,48E-03	-7,86E-04	0
54	-62,62	-42,66	41,53	2,25E-02	2,56E-03	0	45,58	39,89	-47,24	1,40E-02	-1,64E-02	0	-74,69	3,76	-0,54	9,48E-03	-7,86E-04	0
55	-64,06	-42,03	40,87	2,08E-02	-1,04E-05	0	44,28	39,14	-46,28	1,56E-02	-1,76E-02	0	-74,10	5,20	-1,32	1,25E-02	1,53E-04	0
56	-65,61	-41,47	40,21	1,91E-02	-2,58E-03	0	43,11	38,76	-45,03	1,72E-02	-1,88E-02	0	-73,48	6,64	-2,08	1,40E-02	6,23E-04	0

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
57	-67,16	-40,92	39,56	1,91E-02	-2,58E-03	0	41,93	38,37	-43,79	1,99E-02	-1,88E-02	0	-72,86	8,08	-2,85	1,46E-02	6,30E-04	0
58	-60,23	-42,29	41,03	2,12E-02	1,74E-03	0	40,89	38,29	-42,33	2,26E-02	-1,87E-02	0	-72,25	9,54	-3,62	1,52E-02	6,37E-04	0
59	-61,70	-41,68	40,37	2,12E-02	1,74E-03	0	39,85	38,21	-40,87	2,32E-02	-1,61E-02	0	-71,64	10,99	-4,40	1,53E-02	6,12E-04	0
60	-63,17	-41,06	39,70	1,78E-02	1,29E-03	0	38,83	38,21	-39,38	2,38E-02	-1,34E-02	0	-71,03	12,44	-5,16	1,54E-02	5,86E-04	0
61	-64,71	-40,48	39,04	1,44E-02	8,48E-04	0	37,81	38,21	-37,90	2,32E-02	-1,30E-02	0	-70,42	13,90	-5,92	1,53E-02	-7,44E-05	0
62	-66,24	-39,90	38,38	1,44E-02	8,48E-04	0	36,80	38,22	-36,42	2,26E-02	-1,26E-02	0	-69,80	15,34	-6,70	1,52E-02	-7,35E-04	0
63	-47,30	-46,20	45,24	1,78E-02	-5,11E-03	0	35,78	38,23	-34,95	2,18E-02	-1,26E-02	0	-69,18	16,78	-7,47	1,60E-02	-1,17E-03	0
64	-48,77	-45,56	44,57	1,78E-02	-5,11E-03	0	34,76	38,25	-33,48	2,10E-02	-1,25E-02	0	-68,57	18,21	-8,25	1,69E-02	-1,60E-03	0
65	-50,25	-44,92	43,89	1,78E-02	-3,88E-03	0	33,75	38,27	-32,02	2,09E-02	-1,21E-02	0	-67,96	19,65	-9,04	1,68E-02	-2,06E-03	0
66	-51,79	-44,31	43,22	1,78E-02	-2,66E-03	0	32,73	38,28	-30,57	2,08E-02	-1,17E-02	0	-67,34	21,11	-9,79	1,67E-02	-2,51E-03	0
67	-53,32	-43,70	42,54	1,78E-02	-2,66E-03	0	31,72	38,28	-29,11	2,10E-02	-1,37E-02	0	-66,72	22,58	-10,54	1,87E-02	-1,06E-03	0
68	-59,28	-41,30	39,87	1,20E-02	1,04E-03	0	30,72	38,28	-27,66	2,13E-02	-1,57E-02	0	-66,11	24,01	-11,29	2,07E-02	4,01E-04	0
69	-60,78	-40,70	39,21	1,20E-02	1,04E-03	0	29,71	38,28	-26,20	2,13E-02	-1,57E-02	0	-65,51	25,45	-12,04	2,20E-02	6,38E-04	0
70	-62,29	-40,10	38,54	1,13E-02	8,17E-04	0	-25,72	2,86	13,92	2,65E-02	-1,70E-02	0	-64,90	26,91	-12,83	2,47E-02	1,11E-03	0
71	-63,81	-39,49	37,87	1,07E-02	5,95E-04	0	-26,84	1,49	13,95	2,65E-02	-1,70E-02	0	-64,28	28,37	-13,62	2,47E-02	1,11E-03	0
72	-65,33	-38,89	37,20	9,41E-03	5,10E-04	0	-27,96	0,12	13,99	2,50E-02	-1,43E-02	0	-73,67	1,68	0,37	9,48E-03	-7,86E-04	0
73	-66,81	-38,30	36,56	6,90E-03	3,42E-04	0	-29,06	-1,28	14,02	2,34E-02	-1,17E-02	0	-73,07	3,12	-0,41	9,48E-03	-7,86E-04	0
74	-68,29	-37,72	35,92	5,33E-03	-1,68E-04	0	-30,17	-2,67	14,06	2,26E-02	-1,20E-02	0	-72,46	4,57	-1,19	1,40E-02	-6,13E-04	0
75	-69,82	-37,09	35,23	3,75E-03	-6,78E-04	0	-31,27	-4,07	14,09	2,19E-02	-1,23E-02	0	-71,84	6,01	-1,96	1,85E-02	-4,39E-04	0
76	-71,34	-36,47	34,54	3,75E-03	-6,78E-04	0	-32,38	-5,47	14,12	2,19E-02	-1,23E-02	0	-71,22	7,45	-2,73	1,83E-02	-2,34E-04	0
77	-46,38	-45,16	44,07	1,78E-02	-5,11E-03	0	-33,48	-6,87	14,14	2,19E-02	-1,23E-02	0	-70,60	8,90	-3,50	1,81E-02	-2,93E-05	0
78	-47,87	-44,54	43,40	1,78E-02	-5,11E-03	0	-34,59	-8,27	14,17	2,19E-02	-1,23E-02	0	-69,98	10,34	-4,27	1,83E-02	2,49E-04	0
79	-49,35	-43,93	42,74	1,78E-02	-3,88E-03	0	-35,71	-9,68	14,19	2,19E-02	-1,23E-02	0	-69,36	11,79	-5,03	1,85E-02	5,26E-04	0
80	-50,87	-43,32	42,07	1,78E-02	-2,66E-03	0	-36,82	-11,08	14,21	2,38E-02	-1,27E-02	0	-68,75	13,24	-5,79	1,83E-02	-2,43E-04	0
81	-52,39	-42,71	41,40	1,78E-02	-2,66E-03	0	-37,96	-12,48	14,24	2,58E-02	-1,32E-02	0	-68,14	14,69	-6,57	1,81E-02	-1,01E-03	0
82	-58,38	-40,31	38,73	2,74E-03	3,42E-04	0	-39,09	-13,88	14,27	2,37E-02	-1,47E-02	0	-67,53	16,14	-7,35	1,80E-02	-1,05E-03	0
83	-59,88	-39,71	38,07	2,74E-03	3,42E-04	0	-40,27	-15,23	14,39	2,17E-02	-1,62E-02	0	-66,90	17,57	-8,12	1,79E-02	-1,09E-03	0
84	-61,39	-39,11	37,40	4,82E-03	3,42E-04	0	-41,44	-16,58	14,51	1,94E-02	-1,62E-02	0	-66,28	19,01	-8,89	1,77E-02	-1,39E-03	0
85	-62,90	-38,51	36,73	6,90E-03	3,42E-04	0	-42,67	-17,73	15,00	1,71E-02	-1,62E-02	0	-65,66	20,46	-9,65	1,76E-02	-1,70E-03	0
86	-64,41	-37,91	36,07	6,90E-03	3,42E-04	0	-43,90	-18,87	15,49	1,44E-02	-1,43E-02	0	-65,05	21,92	-10,41	2,05E-02	-2,95E-04	0
87	-65,90	-37,31	35,41	6,90E-03	3,42E-04	0	-45,16	-19,78	16,35	1,17E-02	-1,24E-02	0	-64,44	23,36	-11,17	2,35E-02	1,11E-03	0
88	-67,40	-36,72	34,76	5,33E-03	-1,68E-04	0	-46,42	-20,69	17,21	1,44E-02	-8,39E-03	0	-63,84	24,80	-11,93	2,41E-02	1,11E-03	0
89	-68,91	-36,10	34,08	3,75E-03	-6,78E-04	0	-47,69	-21,56	18,11	1,71E-02	-4,40E-03	0	-63,23	26,26	-12,72	2,47E-02	1,11E-03	0
90	-70,42	-35,49	33,40	3,75E-03	-6,78E-04	0	-48,97	-22,44	19,02	2,03E-02	-2,20E-03	0	-62,62	27,72	-13,50	2,47E-02	1,11E-03	0
91	-45,46	-44,12	42,90	1,78E-02	-5,53E-03	0	-50,24	-23,30	19,91	2,36E-02	-1,28E-05	0	-72,06	1,04	0,49	1,36E-02	-7,86E-04	0
92	-46,96	-43,53	42,24	1,78E-02	-5,53E-03	0	-51,52	-24,17	20,80	2,36E-02	-1,28E-05	0	-71,44	2,49	-0,28	1,36E-02	-7,86E-04	0
93	-48,46	-42,93	41,58	1,68E-02	-4,92E-03	0	56,09	48,23	-56,31	2,83E-02	2,93E-03	0	-70,82	3,93	-1,05	1,50E-02	-6,28E-04	0
94	-49,96	-42,33	40,92	1,57E-02	-4,31E-03	0	54,79	47,42	-55,38	2,83E-02	2,93E-03	0	-70,20	5,37	-1,83	1,64E-02	-4,70E-04	0
95	-51,46	-41,73	40,25	1,17E-02	-3,76E-03	0	53,48	46,61	-54,45	2,44E-02	1,73E-03	0	-69,57	6,82	-2,61	1,64E-02	-3,68E-04	0
96	-52,97	-41,13	39,59	3,67E-03	-2,66E-03	0	52,19	45,75	-53,54	2,24E-02	1,12E-03	0	-68,95	8,26	-3,37	1,63E-02	-2,65E-04	0
97	-54,47	-40,53	38,92	2,51E-03	-1,64E-03	0	50,90	44,89	-52,63	2,18E-02	-5,52E-04	0	-68,32	9,70	-4,14	1,73E-02	-1,38E-05	0
98	-55,98	-39,93	38,26	1,35E-03	-6,14E-04	0	49,62	44,07	-51,72	2,12E-02	-2,23E-03	0	-67,70	11,14	-4,90	1,83E-02	2,38E-04	0
99	-57,48	-39,33	37,59	1,81E-03	9,70E-06	0	48,33	43,25	-50,81	1,71E-02	-4,85E-03	0	-67,07	12,59	-5,66	1,82E-02	-1,47E-04	0
100	-58,99	-38,73	36,93	2,04E-03	3,22E-04	0	47,03	42,43	-49,91	1,30E-02	-7,48E-03	0	-66,47	14,04	-6,45	1,81E-02	-5,32E-04	0
101	-60,49	-38,13	36,26	3,03E-03	7,68E-05	0	45,72	41,62	-49,00	1,12E-02	-1,19E-02	0	-65,87	15,50	-7,23	1,79E-02	-5,91E-04	0
102	-61,99	-37,52	35,59	4,01E-03	-1,68E-04	0	44,44	40,90	-48,03	9,46E-03	-1,64E-02	0	-65,23	16,93	-7,99	1,77E-02	-6,51E-04	0
103	-63,50	-36,92	34,93	4,01E-03	-1,68E-04	0	43,16	40,19	-47,06	1,18E-02	-1,70E-02	0	-64,59	18,37	-8,75	1,76E-02	-8,28E-04	0
104	-65,00	-36,32	34,26	4,00E-03	-1,68E-04	0	42,02	39,85	-45,77	1,42E-02	-1,76E-02	0	-63,99	19,81	-9,52	1,75E-02	-1,00E-03	0
105	-66,50	-35,72	33,60	3,29E-03	-5,83E-04	0	40,87	39,51	-44,48	1,67E-02	-1,68E-02	0	-63,38	21,26	-10,28	1,90E-02	-2,71E-04	0
106	-68,00	-35,11	32,93	2,57E-03	-9,97E-04	0	39,84	39,44	-43,03	1,93E-02	-1,61E-02	0	-62,77	22,71	-11,06	2,04E-02	4,62E-04	0
107	-69,51	-34,51	32,26	2,96E-03	-2,12E-03	0	38,81	39,38	-41,57	2,08E-02	-1,45E-02	0	-62,17	24,16	-11,83	2,23E-02	7,11E-04	0
108	-71,01	-33,91	31,60	3,75E-03	-4,36E-03	0	37,79	39,38	-40,09	2,24E-02	-1,30E-02	0	-61,56	25,61	-12,60	2,41E-02	9,61E-04	0
109	-72,51	-33,30	30,93	6,66E-03	-6,33E-03	0	36,77	39,37	-38,61	2,21E-02	-1,28E-02	0	-60,95	27,07	-13,37	2,39E-02	5,78E-04	0
110	-74,00	-32,70	30,26	9,58E-03	-8,30E-03	0	35,75	39,39	-37,14	2,18E-02	-1,26E-02	0	-60,35	28,52	-14,15	2,35E-02	-1,87E-04	0
111	-75,50	-32,10	29,59	1,44E-02	-9,23E-03	0	34,73	39,40	-35,67	2,14E-02	-1,28E-02	0	-59,75	29,97	-14,92	2,35E-02	-1,87E-04	0
112	-76,99	-31,50	28,92	1,92E-02	-1,02E-02	0	33,71	39,41	-34,21	2,10E-02	-1,30E-02	0	-70,39	0,39	0,60	1,78E-02	-7,86E-04	0
113	-78,48	-30,90	28,25	1,92E-02	-1,02E-02	0	32,69	39,43	-32,75	2,10E-02	-1,34E-02	0	-69,76	1,84	-0,17	1,78E-02	-7,86E-04	0
114	-44,57	-43,11	41,72	1,78E-02	-5,95E-03	0	31,67	39,44	-31,29	2,10E-02	-1,37E-02	0	-69,14	3,28	-0,93	1,61E-02	-6,44E-04	0
115	-46,07	-42,52	41,07	1,78E-02	-5,95E-03	0	30,65	39,45	-29,84	2,20E-02	-1,48E-02	0	-68,52	4,73	-1,71	1,44E-02	-5,01E-04	0
116	-47,56	-41,93	40,42	1,57E-02	-5,95E-03	0	29,64	39,45	-28,38	2,30E-02	-1,59E-02	0	-67,90	6,17	-2,48	1,44E-02	-5,01E-04	0
117	-49,07	-41,34	39,76	1,37E-02	-5,95E-03	0	28,63	39,44	-26,91	2,61E-02	-1,70E-02	0	-67,28	7,61	-3,25	1,44E-02	-5,01E-04	0
118	-50,57	-40,74	39,11	8,67E-03	-4,31E-03	0	27,62	39,43	-25,									

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
119	-52,07	-40,14	38,44	3,67E-03	-2,66E-03	0	26,62	39,41	-23,98	3,35E-02	-2,15E-02	0	-66,04	10,50	-4,78	1,81E-02	-5,10E-05	0
120	-53,58	-39,54	37,78	2,51E-03	-1,64E-03	0	25,60	39,39	-22,51	3,48E-02	-2,38E-02	0	-65,42	11,95	-5,55	1,81E-02	-5,10E-05	0
121	-55,08	-38,94	37,12	1,35E-03	-6,14E-04	0	24,59	39,36	-21,05	3,48E-02	-2,38E-02	0	-64,81	13,40	-6,33	1,81E-02	-5,10E-05	0
122	-56,59	-38,34	36,45	1,35E-03	-1,56E-04	0	-24,72	6,67	13,28	3,88E-02	-1,87E-02	0	-64,21	14,85	-7,10	1,78E-02	-1,34E-04	0
123	-58,09	-37,74	35,79	1,35E-03	3,02E-04	0	-25,86	5,29	13,31	3,88E-02	-1,87E-02	0	-63,58	16,29	-7,86	1,76E-02	-2,16E-04	0
124	-59,59	-37,14	35,12	1,24E-03	-1,88E-04	0	-26,99	3,92	13,35	3,24E-02	-1,80E-02	0	-62,95	17,73	-8,63	1,75E-02	-2,63E-04	0
125	-61,10	-36,54	34,46	1,13E-03	-6,78E-04	0	-28,12	2,54	13,38	2,91E-02	-1,76E-02	0	-62,34	19,18	-9,40	1,74E-02	-3,09E-04	0
126	-62,60	-35,94	33,79	1,12E-03	-6,78E-04	0	-29,24	1,15	13,42	2,71E-02	-1,60E-02	0	-61,73	20,62	-10,16	1,74E-02	-2,48E-04	0
127	-64,10	-35,33	33,13	1,11E-03	-6,78E-04	0	-30,34	-0,25	13,46	2,50E-02	-1,43E-02	0	-61,12	22,07	-10,93	1,74E-02	-1,87E-04	0
128	-65,60	-34,73	32,46	1,25E-03	-9,97E-04	0	-31,45	-1,65	13,49	2,38E-02	-1,36E-02	0	-60,50	23,52	-11,70	2,04E-02	3,11E-04	0
129	-67,10	-34,13	31,79	1,40E-03	-1,32E-03	0	-32,55	-3,05	13,53	2,26E-02	-1,29E-02	0	-59,89	24,97	-12,47	2,35E-02	8,10E-04	0
130	-68,61	-33,53	31,12	2,57E-03	-2,84E-03	0	-33,66	-4,45	13,56	2,22E-02	-1,28E-02	0	-59,28	26,42	-13,24	2,35E-02	3,11E-04	0
131	-70,10	-32,92	30,46	3,75E-03	-4,36E-03	0	-34,76	-5,85	13,58	2,19E-02	-1,26E-02	0	-58,67	27,87	-14,01	2,35E-02	-1,87E-04	0
132	-71,60	-32,32	29,79	6,66E-03	-6,33E-03	0	-35,87	-7,26	13,61	2,18E-02	-1,25E-02	0	-58,06	29,32	-14,78	2,35E-02	-1,87E-04	0
133	-73,09	-31,71	29,12	9,58E-03	-8,30E-03	0	-36,98	-8,66	13,64	2,18E-02	-1,23E-02	0	-68,71	-0,26	0,71	2,02E-02	-1,15E-03	0
134	-74,58	-31,11	28,44	1,44E-02	-9,23E-03	0	-38,10	-10,06	13,67	2,27E-02	-1,25E-02	0	-68,08	1,19	-0,05	2,02E-02	-1,15E-03	0
135	-76,06	-30,50	27,77	1,92E-02	-1,02E-02	0	-39,22	-11,45	13,70	2,36E-02	-1,27E-02	0	-67,46	2,64	-0,81	1,81E-02	-1,08E-03	0
136	-77,54	-29,90	27,10	1,92E-02	-1,02E-02	0	-40,35	-12,85	13,73	2,11E-02	-1,37E-02	0	-66,84	4,08	-1,58	1,61E-02	-1,01E-03	0
137	-43,68	-42,09	40,54	1,31E-02	-7,53E-03	0	-41,52	-14,20	13,83	1,85E-02	-1,47E-02	0	-66,22	5,52	-2,35	1,34E-02	-9,75E-04	0
138	-45,18	-41,51	39,90	1,31E-02	-7,53E-03	0	-42,68	-15,55	13,93	1,50E-02	-1,47E-02	0	-65,61	6,97	-3,12	1,07E-02	-9,45E-04	0
139	-46,67	-40,93	39,27	1,12E-02	-7,53E-03	0	-43,90	-16,73	14,35	1,14E-02	-1,47E-02	0	-64,99	8,41	-3,89	1,08E-02	-7,38E-04	0
140	-48,17	-40,34	38,61	9,27E-03	-7,53E-03	0	-45,13	-17,91	14,78	9,66E-03	-1,34E-02	0	-64,38	9,86	-4,66	1,08E-02	-5,32E-04	0
141	-49,67	-39,75	37,96	5,60E-03	-6,56E-03	0	-46,38	-18,82	15,61	7,87E-03	-1,22E-02	0	-63,77	11,31	-5,43	1,05E-02	-5,50E-04	0
142	-51,18	-39,15	37,30	1,93E-03	-5,59E-03	0	-47,63	-19,74	16,44	1,11E-02	-8,29E-03	0	-63,15	12,75	-6,20	1,01E-02	-5,68E-04	0
143	-52,68	-38,56	36,64	1,58E-03	-5,72E-03	0	-48,90	-20,61	17,33	1,44E-02	-4,40E-03	0	-62,54	14,20	-6,97	9,99E-03	-6,09E-04	0
144	-54,19	-37,96	35,98	1,24E-03	-5,85E-03	0	-50,18	-21,47	18,23	1,74E-02	-2,58E-03	0	-61,92	15,65	-7,74	9,85E-03	-6,51E-04	0
145	-55,69	-37,36	35,31	1,23E-03	-6,12E-03	0	-51,45	-22,33	19,11	2,04E-02	-7,64E-04	0	-61,31	17,09	-8,51	9,81E-03	-5,28E-04	0
146	-57,20	-36,76	34,65	1,23E-03	-6,39E-03	0	-52,72	-23,18	19,99	1,93E-02	-1,01E-03	0	-60,69	18,54	-9,28	9,77E-03	-4,05E-04	0
147	-58,70	-36,16	33,98	1,11E-03	-7,22E-03	0	-54,02	-24,04	20,89	1,72E-02	-1,51E-03	0	-60,07	19,99	-10,04	1,01E-02	-3,03E-04	0
148	-60,20	-35,55	33,32	9,85E-04	-8,06E-03	0	-55,32	-24,90	21,80	1,72E-02	-1,51E-03	0	-59,46	21,44	-10,81	1,04E-02	-2,02E-04	0
149	-61,71	-34,95	32,65	7,12E-04	-7,89E-03	0	54,87	49,22	-57,10	2,83E-02	2,93E-03	0	-58,84	22,88	-11,58	1,27E-02	5,49E-05	0
150	-63,21	-34,35	31,99	4,38E-04	-7,72E-03	0	53,56	48,40	-56,18	2,83E-02	2,93E-03	0	-58,22	24,33	-12,35	1,51E-02	3,11E-04	0
151	-64,71	-33,75	31,32	4,93E-04	-6,83E-03	0	52,26	47,58	-55,27	2,42E-02	1,12E-03	0	-57,61	25,78	-13,11	1,74E-02	-3,17E-04	0
152	-66,21	-33,14	30,65	5,49E-04	-5,95E-03	0	50,98	46,72	-54,35	2,01E-02	-6,82E-04	0	-56,99	27,23	-13,88	1,98E-02	-9,46E-04	0
153	-67,71	-32,54	29,99	9,24E-04	-6,71E-03	0	49,69	45,87	-53,43	1,89E-02	-1,82E-03	0	-56,37	28,68	-14,65	2,12E-02	-1,20E-03	0
154	-69,20	-31,94	29,32	1,30E-03	-7,47E-03	0	48,42	45,05	-52,53	1,77E-02	-2,95E-03	0	-55,77	30,12	-15,41	2,42E-02	-1,71E-03	0
155	-70,70	-31,33	28,65	3,98E-03	-8,46E-03	0	47,14	44,24	-51,62	1,33E-02	-5,21E-03	0	-55,16	31,56	-16,18	2,42E-02	-1,71E-03	0
156	-72,18	-30,72	27,97	6,66E-03	-9,44E-03	0	45,85	43,42	-50,72	8,83E-03	-7,48E-03	0	-67,03	-0,88	0,84	2,26E-02	-1,51E-03	0
157	-73,66	-30,12	27,30	1,05E-02	-9,98E-03	0	44,56	42,60	-49,82	6,86E-03	-1,19E-02	0	-66,42	0,56	0,08	2,26E-02	-1,51E-03	0
158	-75,13	-29,51	26,62	1,44E-02	-1,05E-02	0	43,29	41,92	-48,82	4,89E-03	-1,64E-02	0	-65,81	2,01	-0,69	2,02E-02	-1,51E-03	0
159	-76,59	-28,90	25,95	1,44E-02	-1,05E-02	0	42,03	41,23	-47,81	8,06E-03	-1,64E-02	0	-65,20	3,45	-1,45	1,78E-02	-1,51E-03	0
160	-42,79	-41,07	39,36	8,36E-03	-9,11E-03	0	40,91	40,94	-46,51	1,12E-02	-1,64E-02	0	-64,59	4,90	-2,22	1,24E-02	-1,45E-03	0
161	-44,29	-40,49	38,74	8,36E-03	-9,11E-03	0	39,79	40,64	-45,20	1,36E-02	-1,49E-02	0	-63,97	6,34	-2,99	7,06E-03	-1,39E-03	0
162	-45,79	-39,91	38,12	6,62E-03	-9,11E-03	0	38,76	40,58	-43,74	1,59E-02	-1,34E-02	0	-63,36	7,79	-3,76	5,29E-03	-1,20E-03	0
163	-47,29	-39,32	37,49	4,88E-03	-9,11E-03	0	37,73	40,52	-42,29	1,84E-02	-1,30E-02	0	-62,75	9,23	-4,53	3,52E-03	-1,01E-03	0
164	-48,79	-38,72	36,86	2,54E-03	-8,82E-03	0	36,72	40,52	-40,82	2,10E-02	-1,26E-02	0	-62,14	10,68	-5,30	2,84E-03	-1,05E-03	0
165	-50,30	-38,12	36,22	1,90E-04	-8,53E-03	0	35,70	40,52	-39,34	2,10E-02	-1,26E-02	0	-61,52	12,13	-6,07	2,16E-03	-1,09E-03	0
166	-51,80	-37,51	35,59	6,58E-04	-9,81E-03	0	34,68	40,53	-37,87	2,10E-02	-1,26E-02	0	-60,91	13,57	-6,84	2,15E-03	-1,09E-03	0
167	-53,31	-36,91	34,93	1,13E-03	-1,11E-02	0	33,66	40,54	-36,41	2,10E-02	-1,31E-02	0	-60,29	15,02	-7,61	2,13E-03	-1,09E-03	0
168	-54,81	-36,30	34,28	1,12E-03	-1,21E-02	0	32,64	40,56	-34,94	2,10E-02	-1,35E-02	0	-59,67	16,47	-8,38	2,13E-03	-7,93E-04	0
169	-56,32	-35,69	33,63	1,11E-03	-1,31E-02	0	31,62	40,57	-33,48	2,11E-02	-1,46E-02	0	-59,06	17,91	-9,14	2,13E-03	-5,01E-04	0
170	-57,83	-35,08	32,99	9,75E-04	-1,43E-02	0	30,60	40,58	-32,02	2,13E-02	-1,57E-02	0	-58,44	19,36	-9,91	2,77E-03	-3,59E-04	0
171	-59,33	-34,48	32,32	8,45E-04	-1,54E-02	0	29,58	40,59	-30,55	2,30E-02	-1,59E-02	0	-57,82	20,81	-10,68	3,41E-03	-2,16E-04	0
172	-60,83	-33,87	31,66	3,07E-04	-1,51E-02	0	28,56	40,59	-29,08	2,47E-02	-1,60E-02	0	-57,21	22,26	-11,45	5,05E-03	-2,02E-04	0
173	-62,33	-33,28	30,98	-2,31E-04	-1,48E-02	0	27,54	40,59	-27,61	2,85E-02	-1,77E-02	0	-56,59	23,70	-12,21	6,70E-03	-1,87E-04	0
174	-63,83	-32,68	30,31	-2,66E-04	-1,27E-02	0	26,53	40,58	-26,14	3,22E-02	-1,93E-02	0	-55,97	25,15	-12,98	1,14E-02	-9,46E-04	0
175	-65,33	-32,09	29,62	-3,01E-04	-1,06E-02	0	25,52	40,56	-24,66	3,35E-02	-2,15E-02	0	-55,35	26,59	-13,75	1,61E-02	-1,71E-03	0
176	-66,82	-31,50	28,94	-7,24E-04	-1,06E-02	0	24,50	40,54	-23,18	3,48E-02	-2,38E-02	0	-54,73	28,04	-14,52	2,01E-02	-1,71E-03	0
177	-68,30	-30,90	28,25	-1,15E-03	-1,06E-02	0	23,48	40,51	-21,70	3,48E-02	-2,38E-02	0	-54,12	29,47	-15,28	2,42E-02	-1,71E-03	0
178	-69,79	-30,31	27,56	1,30E-03	-1,06E-02	0	-25,95	7,75	12,71	3,88E-02	-1,87E-02	0	-53,50	30,91	-16,04	2,42E-02	-1,71E-03	0
179	-71,26	-29,71	26,86	3,75E-03	-1,06E-02	0	-27,09	6,36	12,74	3,88E-02	-1,87E-02	0	-65,35	-1,50	0,97	2,02E-02	-3,47E-03	0
180	-72,73	-29,11	26,17															

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
181	-74,19	-28,51	25,48	9,58E-03	-1,09E-02	0	-29,36	3,58	12,81	3,18E-02	-1,83E-02	0	-64,17	1,38	-0,56	1,63E-02	-3,47E-03	0
182	-75,64	-27,90	24,79	9,58E-03	-1,09E-02	0	-30,49	2,19	12,85	2,91E-02	-1,76E-02	0	-63,56	2,82	-1,33	1,24E-02	-3,47E-03	0
183	-41,90	-40,05	38,18	1,12E-02	-1,26E-02	0	-31,60	0,78	12,88	2,65E-02	-1,70E-02	0	-62,95	4,27	-2,09	8,86E-03	-2,74E-03	0
184	-43,40	-39,47	37,57	1,12E-02	-1,26E-02	0	-32,72	-0,62	12,92	2,50E-02	-1,52E-02	0	-62,34	5,72	-2,86	5,29E-03	-2,02E-03	0
185	-44,90	-38,89	36,97	8,32E-03	-1,14E-02	0	-33,82	-2,03	12,95	2,34E-02	-1,35E-02	0	-61,73	7,16	-3,63	3,52E-03	-1,71E-03	0
186	-46,41	-38,29	36,36	5,47E-03	-1,02E-02	0	-34,93	-3,43	12,98	2,26E-02	-1,32E-02	0	-61,11	8,61	-4,40	1,75E-03	-1,39E-03	0
187	-47,91	-37,69	35,76	2,83E-03	-1,00E-02	0	-36,04	-4,84	13,00	2,19E-02	-1,30E-02	0	-60,50	10,05	-5,17	1,58E-03	-1,37E-03	0
188	-49,42	-37,08	35,15	1,90E-04	-9,81E-03	0	-37,14	-6,24	13,03	2,18E-02	-1,26E-02	0	-59,89	11,50	-5,94	1,41E-03	-1,35E-03	0
189	-50,93	-36,46	34,53	6,67E-04	-1,04E-02	0	-38,25	-7,64	13,05	2,17E-02	-1,23E-02	0	-59,27	12,95	-6,71	1,40E-03	-1,34E-03	0
190	-52,43	-35,85	33,89	1,14E-03	-1,11E-02	0	-39,36	-9,04	13,08	2,16E-02	-1,22E-02	0	-58,66	14,39	-7,48	1,40E-03	-1,34E-03	0
191	-53,93	-35,24	33,24	1,14E-03	-1,21E-02	0	-40,49	-10,43	13,11	2,15E-02	-1,22E-02	0	-58,04	15,84	-8,24	1,40E-03	-1,13E-03	0
192	-55,44	-34,62	32,62	1,13E-03	-1,31E-02	0	-41,61	-11,82	13,14	1,84E-02	-1,27E-02	0	-57,43	17,29	-9,01	1,40E-03	-9,20E-04	0
193	-56,96	-34,00	31,99	1,07E-03	-1,43E-02	0	-42,77	-13,17	13,23	1,53E-02	-1,32E-02	0	-56,81	18,73	-9,78	1,48E-03	-8,49E-04	0
194	-58,46	-33,40	31,32	1,00E-03	-1,54E-02	0	-43,92	-14,53	13,31	1,06E-02	-1,32E-02	0	-56,19	20,18	-10,55	1,57E-03	-7,78E-04	0
195	-59,96	-32,80	30,66	3,87E-04	-1,51E-02	0	-45,13	-15,72	13,69	5,83E-03	-1,32E-02	0	-55,57	21,63	-11,32	3,05E-03	-9,04E-04	0
196	-61,46	-32,21	29,97	-2,31E-04	-1,48E-02	0	-46,35	-16,92	14,06	4,93E-03	-1,26E-02	0	-54,95	23,07	-12,08	4,52E-03	-1,03E-03	0
197	-62,96	-31,61	29,29	-2,66E-04	-1,27E-02	0	-47,60	-17,85	14,86	4,03E-03	-1,20E-02	0	-54,33	24,52	-12,85	7,95E-03	-2,74E-03	0
198	-64,44	-31,03	28,59	-3,01E-04	-1,06E-02	0	-48,85	-18,78	15,65	7,87E-03	-8,19E-03	0	-53,71	25,96	-13,62	1,14E-02	-4,44E-03	0
199	-65,93	-30,45	27,89	-7,24E-04	-1,07E-02	0	-50,12	-19,64	16,54	1,17E-02	-4,40E-03	0	-53,09	27,40	-14,38	1,58E-02	-4,44E-03	0
200	-67,41	-29,87	27,18	-1,15E-03	-1,07E-02	0	-51,38	-20,50	17,43	1,45E-02	-2,95E-03	0	-52,47	28,82	-15,14	2,01E-02	-4,44E-03	0
201	-68,88	-29,29	26,47	2,54E-03	-1,09E-02	0	-52,66	-21,35	18,30	1,72E-02	-1,51E-03	0	-51,84	30,25	-15,90	2,01E-02	-4,44E-03	0
202	-70,34	-28,70	25,76	6,23E-03	-1,11E-02	0	-53,93	-22,20	19,18	1,72E-02	-1,51E-03	0	-63,67	-2,12	1,08	1,78E-02	-5,43E-03	0
203	-71,79	-28,10	25,04	9,19E-03	-1,22E-02	0	-55,23	-23,06	20,08	1,72E-02	-1,51E-03	0	-63,08	-0,68	0,32	1,78E-02	-5,43E-03	0
204	-73,24	-27,50	24,34	1,22E-02	-1,34E-02	0	-56,52	-23,92	20,98	1,72E-02	-1,51E-03	0	-62,50	0,76	-0,44	1,24E-02	-5,43E-03	0
205	-74,70	-26,90	23,64	1,22E-02	-1,34E-02	0	53,64	50,21	-57,89	2,65E-02	2,19E-03	0	-61,90	2,20	-1,20	7,06E-03	-5,43E-03	0
206	-41,03	-38,87	37,21	1,40E-02	-1,60E-02	0	52,34	49,38	-56,99	2,65E-02	2,19E-03	0	-61,31	3,65	-1,96	5,29E-03	-4,04E-03	0
207	-42,54	-38,25	36,67	1,40E-02	-1,60E-02	0	51,04	48,54	-56,08	2,27E-02	7,56E-04	0	-60,70	5,10	-2,73	3,52E-03	-2,65E-03	0
208	-44,04	-37,64	36,12	1,00E-02	-1,36E-02	0	49,76	47,70	-55,16	1,89E-02	-6,82E-04	0	-60,10	6,54	-3,50	1,75E-03	-2,21E-03	0
209	-45,55	-37,01	35,56	6,05E-03	-1,13E-02	0	48,49	46,85	-54,24	1,61E-02	-1,45E-03	0	-59,48	7,99	-4,26	-2,07E-05	-1,78E-03	0
210	-47,06	-36,38	35,01	3,12E-03	-1,12E-02	0	47,22	46,03	-53,33	1,33E-02	-2,23E-03	0	-58,87	9,44	-5,03	3,19E-04	-1,70E-03	0
211	-48,58	-35,75	34,43	1,90E-04	-1,11E-02	0	45,95	45,22	-52,43	9,85E-03	-3,72E-03	0	-58,26	10,88	-5,80	6,59E-04	-1,62E-03	0
212	-50,09	-35,12	33,86	6,77E-04	-1,11E-02	0	44,67	44,41	-51,53	6,42E-03	-5,21E-03	0	-57,65	12,33	-6,57	6,59E-04	-1,60E-03	0
213	-51,60	-34,49	33,24	1,16E-03	-1,11E-02	0	43,39	43,59	-50,63	4,53E-03	-9,48E-03	0	-57,03	13,78	-7,33	6,59E-04	-1,59E-03	0
214	-53,11	-33,87	32,63	1,16E-03	-1,21E-02	0	42,14	42,94	-49,60	2,65E-03	-1,38E-02	0	-56,41	15,22	-8,10	6,59E-04	-1,46E-03	0
215	-54,62	-33,24	32,01	1,16E-03	-1,31E-02	0	40,90	42,28	-48,57	5,35E-03	-1,38E-02	0	-55,80	16,67	-8,87	6,59E-04	-1,34E-03	0
216	-56,13	-32,62	31,38	1,16E-03	-1,43E-02	0	39,80	42,03	-47,24	8,05E-03	-1,39E-02	0	-55,18	18,11	-9,64	1,98E-04	-1,34E-03	0
217	-57,64	-32,02	30,72	1,16E-03	-1,54E-02	0	38,70	41,77	-45,91	1,10E-02	-1,25E-02	0	-54,56	19,56	-10,41	-2,63E-04	-1,34E-03	0
218	-59,14	-31,42	30,05	4,67E-04	-1,51E-02	0	37,68	41,72	-44,46	1,39E-02	-1,11E-02	0	-53,95	21,00	-11,18	1,04E-03	-1,61E-03	0
219	-60,63	-30,83	29,36	-2,31E-04	-1,48E-02	0	36,65	41,67	-43,01	1,67E-02	-1,12E-02	0	-53,32	22,44	-11,95	2,34E-03	-1,87E-03	0
220	-62,13	-30,24	28,66	-2,66E-04	-1,27E-02	0	35,64	41,66	-41,54	1,95E-02	-1,12E-02	0	-52,70	23,88	-12,71	4,52E-03	-4,53E-03	0
221	-63,61	-29,67	27,94	-3,01E-04	-1,06E-02	0	34,63	41,66	-40,07	2,02E-02	-1,19E-02	0	-52,07	25,31	-13,48	6,70E-03	-7,18E-03	0
222	-65,09	-29,10	27,22	-7,24E-04	-1,07E-02	0	33,61	41,68	-38,61	2,09E-02	-1,26E-02	0	-51,44	26,74	-14,24	1,14E-02	-7,18E-03	0
223	-66,56	-28,53	26,48	-1,15E-03	-1,09E-02	0	32,60	41,69	-37,14	2,10E-02	-1,34E-02	0	-50,81	28,16	-15,00	1,61E-02	-7,18E-03	0
224	-68,02	-27,97	25,74	3,78E-03	-1,12E-02	0	31,58	41,71	-35,67	2,11E-02	-1,42E-02	0	-50,17	29,57	-15,76	1,61E-02	-7,18E-03	0
225	-69,47	-27,41	24,98	8,70E-03	-1,15E-02	0	30,55	41,72	-34,21	2,23E-02	-1,51E-02	0	-61,98	-2,73	1,20	1,49E-02	-9,56E-03	0
226	-70,92	-26,86	24,22	1,17E-02	-1,38E-02	0	29,53	41,73	-32,74	2,35E-02	-1,61E-02	0	-61,41	-1,30	0,44	1,49E-02	-9,56E-03	0
227	-72,35	-26,30	23,47	1,47E-02	-1,60E-02	0	28,51	41,74	-31,27	2,58E-02	-1,72E-02	0	-60,84	0,14	-0,31	1,04E-02	-9,50E-03	0
228	-73,79	-25,74	22,71	1,47E-02	-1,60E-02	0	27,48	41,74	-29,79	2,82E-02	-1,83E-02	0	-60,25	1,58	-1,07	5,86E-03	-9,44E-03	0
229	-40,17	-37,70	36,25	1,67E-02	-1,60E-02	0	26,46	41,74	-28,31	3,08E-02	-1,99E-02	0	-59,66	3,03	-1,83	3,76E-03	-8,61E-03	0
230	-41,67	-37,04	35,76	1,67E-02	-1,60E-02	0	25,44	41,72	-26,83	3,35E-02	-2,15E-02	0	-59,06	4,47	-2,60	1,66E-03	-7,78E-03	0
231	-43,18	-36,38	35,27	1,34E-02	-1,36E-02	0	24,43	41,71	-25,34	3,62E-02	-2,31E-02	0	-58,47	5,92	-3,36	7,05E-04	-7,56E-03	0
232	-44,70	-35,73	34,76	1,00E-02	-1,13E-02	0	23,40	41,69	-23,85	3,89E-02	-2,47E-02	0	-57,86	7,37	-4,13	-2,53E-04	-7,34E-03	0
233	-46,21	-35,07	34,26	7,36E-03	-1,10E-02	0	22,38	41,67	-22,36	4,56E-02	-2,67E-02	0	-57,25	8,82	-4,89	-1,04E-05	-8,54E-03	0
234	-47,73	-34,42	33,72	4,71E-03	-1,07E-02	0	21,32	41,65	-20,86	5,89E-02	-3,08E-02	0	-56,63	10,27	-5,66	2,32E-04	-9,74E-03	0
235	-49,25	-33,77	33,18	3,90E-03	-9,83E-03	0	20,25	41,64	-19,36	7,04E-02	-3,55E-02	0	-56,02	11,71	-6,42	2,00E-04	-9,81E-03	0
236	-50,77	-33,13	32,60	3,08E-03	-8,95E-03	0	19,12	41,63	-17,82	8,18E-02	-4,01E-02	0	-55,40	13,16	-7,19	1,68E-04	-9,88E-03	0
237	-52,29	-32,49	32,02	2,36E-03	-8,42E-03	0	17,98	41,62	-16,28	8,18E-02	-4,01E-02	0	-54,78	14,61	-7,96	2,88E-06	-9,38E-03	0
238	-53,80	-31,86	31,39	1,64E-03	-7,90E-03	0	-20,19	17,60	11,58	1,04E-01	-4,83E-02	0	-54,17	16,05	-8,73	-1,62E-04	-8,88E-03	0
239	-55,31	-31,24	30,77	1,61E-03	-8,40E-03	0	-21,36	16,09	11,74	1,04E-01	-4,83E-02	0	-53,56	17,49	-9,50	-5,78E-04	-7,46E-03	0
240	-56,81	-30,64	30,11	1,58E-03	-8,91E-03	0	-22,52	14,58	11,89	9,05E-02	-4,14E-02	0	-52,94	18,93	-10,27	-9,94E-04	-6,05E-03	0
241	-58,32	-30,04	29,44	1,23E-03	-9,12E-03	0	-23,68	13,11	11,97	7,66E-02	-3,45E-02	0	-52,32	20,38	-11,04	2,31E-05	-6,18E-03	0
242	-59,81	-29,45	28,74	8,82E-														

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
243	-61,30	-28,87	28,04	1,62E-03	-9,06E-03	0	-26,01	10,23	12,09	5,06E-02	-2,85E-02	0	-51,06	23,24	-12,58	3,05E-03	-8,35E-03	0
244	-62,77	-28,30	27,29	2,35E-03	-8,77E-03	0	-27,17	8,83	12,14	4,52E-02	-2,46E-02	0	-50,43	24,67	-13,34	5,05E-03	-1,04E-02	0
245	-64,25	-27,74	26,55	3,31E-03	-9,75E-03	0	-28,32	7,43	12,17	4,25E-02	-2,26E-02	0	-49,79	26,09	-14,10	9,53E-03	-1,06E-02	0
246	-65,71	-27,20	25,78	4,27E-03	-1,07E-02	0	-29,47	6,03	12,21	3,89E-02	-2,16E-02	0	-49,15	27,49	-14,86	1,40E-02	-1,09E-02	0
247	-67,16	-26,66	25,01	7,72E-03	-1,11E-02	0	-30,61	4,62	12,24	3,53E-02	-2,07E-02	0	-48,51	28,89	-15,61	1,40E-02	-1,09E-02	0
248	-68,60	-26,13	24,20	1,12E-02	-1,15E-02	0	-31,74	3,22	12,27	3,22E-02	-1,92E-02	0	-60,29	-3,33	1,34	1,19E-02	-1,37E-02	0
249	-70,04	-25,61	23,40	1,44E-02	-1,40E-02	0	-32,86	1,81	12,31	2,90E-02	-1,78E-02	0	-59,73	-1,89	0,60	1,19E-02	-1,37E-02	0
250	-71,46	-25,10	22,60	1,76E-02	-1,65E-02	0	-33,99	0,40	12,34	2,70E-02	-1,65E-02	0	-59,17	-0,44	-0,13	8,29E-03	-1,36E-02	0
251	-72,88	-24,58	21,79	1,76E-02	-1,65E-02	0	-35,10	-1,01	12,37	2,50E-02	-1,52E-02	0	-58,60	1,02	-0,86	4,65E-03	-1,34E-02	0
252	-39,34	-36,22	35,68	1,94E-02	-1,60E-02	0	-36,20	-2,42	12,39	2,38E-02	-1,41E-02	0	-58,03	2,48	-1,60	2,23E-03	-1,32E-02	0
253	-40,85	-35,55	35,22	1,94E-02	-1,60E-02	0	-37,31	-3,82	12,42	2,26E-02	-1,30E-02	0	-57,44	3,94	-2,33	-1,96E-04	-1,29E-02	0
254	-42,37	-34,89	34,76	1,67E-02	-1,36E-02	0	-38,42	-5,23	12,44	2,21E-02	-1,26E-02	0	-56,85	5,40	-3,06	-3,40E-04	-1,29E-02	0
255	-43,89	-34,23	34,27	1,40E-02	-1,13E-02	0	-39,52	-6,63	12,46	2,16E-02	-1,22E-02	0	-56,25	6,86	-3,80	-4,85E-04	-1,29E-02	0
256	-45,41	-33,56	33,79	1,16E-02	-1,08E-02	0	-40,63	-8,02	12,49	2,07E-02	-1,12E-02	0	-55,65	8,32	-4,54	-3,40E-04	-1,54E-02	0
257	-46,93	-32,91	33,26	9,23E-03	-1,03E-02	0	-41,75	-9,41	12,52	1,98E-02	-1,01E-02	0	-55,04	9,78	-5,30	-1,96E-04	-1,79E-02	0
258	-48,45	-32,26	32,73	7,11E-03	-8,58E-03	0	-42,87	-10,79	12,55	1,65E-02	-1,06E-02	0	-54,43	11,23	-6,05	-2,60E-04	-1,80E-02	0
259	-49,97	-31,62	32,15	5,00E-03	-6,81E-03	0	-44,02	-12,15	12,62	1,32E-02	-1,11E-02	0	-53,82	12,68	-6,82	-3,24E-04	-1,82E-02	0
260	-51,49	-30,99	31,58	3,56E-03	-4,77E-03	0	-45,16	-13,50	12,69	8,49E-03	-1,18E-02	0	-53,20	14,13	-7,58	-6,54E-04	-1,73E-02	0
261	-53,00	-30,36	30,96	2,12E-03	-2,73E-03	0	-46,36	-14,72	13,02	3,75E-03	-1,25E-02	0	-52,58	15,57	-8,36	-9,83E-04	-1,64E-02	0
262	-54,52	-29,74	30,34	2,06E-03	-2,55E-03	0	-47,57	-15,93	13,35	3,06E-03	-1,17E-02	0	-51,96	17,00	-9,14	-1,35E-03	-1,36E-02	0
263	-56,02	-29,14	29,67	1,99E-03	-2,38E-03	0	-48,81	-16,88	14,11	2,37E-03	-1,09E-02	0	-51,34	18,43	-9,92	-1,72E-03	-1,08E-02	0
264	-57,52	-28,54	29,01	1,99E-03	-3,15E-03	0	-50,06	-17,82	14,87	5,12E-03	-7,05E-03	0	-50,71	19,86	-10,71	-9,94E-04	-1,08E-02	0
265	-59,01	-27,95	28,30	1,99E-03	-3,92E-03	0	-51,33	-18,67	15,75	7,87E-03	-3,21E-03	0	-50,08	21,27	-11,50	-2,63E-04	-1,08E-02	0
266	-60,50	-27,37	27,60	3,50E-03	-5,44E-03	0	-52,59	-19,52	16,63	1,16E-02	-2,30E-03	0	-49,44	22,68	-12,30	1,57E-03	-1,22E-02	0
267	-61,97	-26,80	26,85	5,00E-03	-6,95E-03	0	-53,86	-20,37	17,50	1,53E-02	-1,40E-03	0	-48,80	24,08	-13,08	3,41E-03	-1,36E-02	0
268	-63,44	-26,24	26,10	7,34E-03	-8,77E-03	0	-55,13	-21,22	18,38	1,64E-02	-1,08E-03	0	-48,16	25,47	-13,87	7,68E-03	-1,41E-02	0
269	-64,90	-25,70	25,32	9,88E-03	-1,06E-02	0	-56,43	-22,08	19,27	1,75E-02	-7,64E-04	0	-47,50	26,86	-14,65	1,20E-02	-1,46E-02	0
270	-66,35	-25,16	24,54	1,17E-02	-1,11E-02	0	-57,73	-22,94	20,16	1,85E-02	-7,94E-04	0	-46,85	28,24	-15,42	1,20E-02	-1,46E-02	0
271	-67,78	-24,63	23,72	1,37E-02	-1,15E-02	0	-59,02	-23,80	21,04	2,06E-02	-8,54E-04	0	-58,61	-3,94	1,48	1,39E-02	-1,61E-02	0
272	-69,22	-24,11	22,90	1,71E-02	-1,43E-02	0	-60,32	-24,66	21,93	1,88E-02	-8,54E-04	0	-58,06	-2,47	0,76	1,39E-02	-1,61E-02	0
273	-70,63	-23,61	22,07	2,05E-02	-1,70E-02	0	-61,60	-25,49	22,83	1,70E-02	-8,54E-04	0	-57,51	-1,01	0,05	9,96E-03	-1,49E-02	0
274	-72,04	-23,10	21,24	2,05E-02	-1,70E-02	0	-62,87	-26,32	23,74	1,70E-02	-8,54E-04	0	-56,95	0,46	-0,65	6,01E-03	-1,37E-02	0
275	-38,51	-34,74	35,11	2,06E-02	-1,36E-02	0	52,45	51,19	-58,71	2,47E-02	1,46E-03	0	-56,39	1,93	-1,36	3,43E-03	-1,35E-02	0
276	-40,03	-34,07	34,69	2,06E-02	-1,36E-02	0	51,14	50,35	-57,79	2,47E-02	1,46E-03	0	-55,82	3,40	-2,06	8,52E-04	-1,33E-02	0
277	-41,55	-33,39	34,26	1,87E-02	-1,25E-02	0	49,83	49,51	-56,88	2,12E-02	3,88E-04	0	-55,24	4,87	-2,76	1,84E-04	-1,31E-02	0
278	-43,08	-32,73	33,79	1,67E-02	-1,13E-02	0	48,56	48,67	-55,96	1,77E-02	-6,82E-04	0	-54,65	6,35	-3,48	-4,85E-04	-1,29E-02	0
279	-44,60	-32,06	33,32	1,44E-02	-1,04E-02	0	47,28	47,83	-55,05	1,33E-02	-1,09E-03	0	-54,05	7,82	-4,20	-2,24E-04	-1,54E-02	0
280	-46,13	-31,41	32,80	1,22E-02	-9,57E-03	0	46,01	47,01	-54,14	8,83E-03	-1,50E-03	0	-53,45	9,29	-4,94	3,59E-05	-1,79E-02	0
281	-47,66	-30,76	32,27	1,01E-02	-8,04E-03	0	44,75	46,20	-53,24	6,42E-03	-2,23E-03	0	-52,85	10,75	-5,68	3,83E-06	-1,80E-02	0
282	-49,18	-30,12	31,71	8,00E-03	-6,52E-03	0	43,48	45,39	-52,34	4,00E-03	-2,95E-03	0	-52,23	12,20	-6,44	-2,83E-05	-1,82E-02	0
283	-50,70	-29,48	31,14	6,48E-03	-4,62E-03	0	42,20	44,58	-51,43	2,21E-03	-7,03E-03	0	-51,62	13,65	-7,20	-1,93E-04	-1,73E-02	0
284	-52,21	-28,86	30,52	4,96E-03	-2,73E-03	0	40,98	43,95	-50,38	4,17E-04	-1,11E-02	0	-50,99	15,08	-7,99	-3,58E-04	-1,64E-02	0
285	-53,72	-28,24	29,90	4,88E-03	-2,55E-03	0	39,75	43,32	-49,34	2,65E-03	-1,13E-02	0	-50,37	16,52	-8,77	-1,04E-03	-1,36E-02	0
286	-55,23	-27,64	29,24	4,80E-03	-2,38E-03	0	38,66	43,10	-47,99	4,88E-03	-1,14E-02	0	-49,74	17,93	-9,58	-1,72E-03	-1,08E-02	0
287	-56,73	-27,04	28,57	4,80E-03	-3,15E-03	0	37,58	42,87	-46,65	8,35E-03	-1,01E-02	0	-49,10	19,34	-10,38	-3,61E-04	-1,10E-02	0
288	-58,22	-26,45	27,86	4,80E-03	-3,92E-03	0	36,56	42,82	-45,20	1,18E-02	-8,82E-03	0	-48,47	20,73	-11,20	1,00E-03	-1,12E-02	0
289	-59,70	-25,87	27,15	6,13E-03	-5,29E-03	0	35,54	42,77	-43,75	1,50E-02	-9,34E-03	0	-47,83	22,12	-12,01	2,94E-03	-1,25E-02	0
290	-61,17	-25,30	26,40	7,45E-03	-6,66E-03	0	34,54	42,77	-42,29	1,81E-02	-9,85E-03	0	-47,17	23,49	-12,82	4,89E-03	-1,39E-02	0
291	-62,64	-24,74	25,65	9,83E-03	-8,06E-03	0	33,53	42,77	-40,82	1,94E-02	-1,12E-02	0	-46,52	24,86	-13,64	9,84E-03	-1,52E-02	0
292	-64,09	-24,20	24,86	1,22E-02	-9,46E-03	0	32,52	42,79	-39,35	2,08E-02	-1,25E-02	0	-45,86	26,22	-14,44	1,48E-02	-1,65E-02	0
293	-65,54	-23,66	24,07	1,42E-02	-1,05E-02	0	31,51	42,80	-37,88	2,10E-02	-1,37E-02	0	-45,19	27,59	-15,24	1,48E-02	-1,65E-02	0
294	-66,96	-23,14	23,24	1,62E-02	-1,15E-02	0	30,49	42,82	-36,41	2,13E-02	-1,48E-02	0	-56,97	-4,36	1,92	1,59E-02	-1,85E-02	0
295	-68,39	-22,62	22,41	1,87E-02	-1,29E-02	0	29,47	42,83	-34,94	2,35E-02	-1,57E-02	0	-56,44	-2,87	1,27	1,59E-02	-1,85E-02	0
296	-69,79	-22,12	21,55	2,12E-02	-1,43E-02	0	28,44	42,85	-33,46	2,57E-02	-1,65E-02	0	-55,91	-1,38	0,62	1,16E-02	-1,62E-02	0
297	-71,19	-21,62	20,69	2,12E-02	-1,43E-02	0	27,42	42,86	-31,99	2,87E-02	-1,85E-02	0	-55,37	0,12	-0,03	7,37E-03	-1,39E-02	0
298	-37,71	-33,18	34,69	2,18E-02	-1,13E-02	0	26,40	42,86	-30,50	3,17E-02	-2,06E-02	0	-54,82	1,62	-0,68	4,64E-03	-1,38E-02	0
299	-39,24	-32,51	34,27	2,18E-02	-1,13E-02	0	25,37	42,86	-29,01	3,32E-02	-2,22E-02	0	-54,26	3,12	-1,35	1,90E-03	-1,37E-02	0
300	-40,76	-31,84	33,84	2,06E-02	-1,13E-02	0	24,35	42,85	-27,52	3,48E-02	-2,38E-02	0	-53,70	4,61	-2,02	7,07E-04	-1,33E-02	0
301	-42,29	-31,18	33,37	1,94E-02	-1,13E-02	0	23,33	42,83	-26,03	3,89E-02	-2,47E-02	0	-53,12	6,10	-2,72	-4,85E-04	-1,29E-02	0
302	-43,82	-30,52	32,90	1,73E-02	-1,00E-02	0	22,30	42,81	-24,53	4,30E-02	-2,56E-02	0	-52,54	7,59	-3,41	-1,09E-04	-1,54E-02	0
303	-45,35	-29,87	32,39	1,51E-02	-8,79E-03	0	21,28	42,79	-23,03	5,10E-02	-2,82E-02	0	-51,95	9,07	-4,14	2,68E-04	-1,79E-02	0
304	-46,88	-29,22	31,87	1,31E-02	-7,51E-03	0	20,22	42,78	-21,51	5,89E-02	-3,08E-02	0	-51,35	10,54	-			

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
305	-48,40	-28,58	31,31	1,10E-02	-6,23E-03	0	19,17	42,76	-20,00	7,04E-02	-3,55E-02	0	-50,74	11,99	-5,63	2,68E-04	-1,82E-02	0
306	-49,92	-27,95	30,74	9,40E-03	-4,48E-03	0	18,05	42,75	-18,46	8,18E-02	-4,01E-02	0	-50,12	13,44	-6,39	2,68E-04	-1,73E-02	0
307	-51,43	-27,33	30,13	7,79E-03	-2,73E-03	0	16,93	42,74	-16,92	8,18E-02	-4,01E-02	0	-49,49	14,87	-7,18	2,68E-04	-1,64E-02	0
308	-52,94	-26,71	29,51	7,70E-03	-2,55E-03	0	-21,34	18,66	11,09	1,04E-01	-4,83E-02	0	-48,87	16,30	-7,97	-7,29E-04	-1,36E-02	0
309	-54,44	-26,11	28,85	7,61E-03	-2,38E-03	0	-22,52	17,15	11,22	1,04E-01	-4,83E-02	0	-48,22	17,70	-8,79	-1,72E-03	-1,08E-02	0
310	-55,94	-25,51	28,19	7,61E-03	-3,15E-03	0	-23,71	15,63	11,36	9,05E-02	-4,14E-02	0	-47,58	19,10	-9,60	2,71E-04	-1,12E-02	0
311	-57,43	-24,93	27,48	7,61E-03	-3,92E-03	0	-24,88	14,17	11,42	7,66E-02	-3,45E-02	0	-46,92	20,47	-10,44	2,27E-03	-1,16E-02	0
312	-58,91	-24,34	26,77	8,76E-03	-5,15E-03	0	-26,05	12,71	11,48	6,36E-02	-3,15E-02	0	-46,27	21,84	-11,28	4,32E-03	-1,29E-02	0
313	-60,37	-23,78	26,01	9,91E-03	-6,37E-03	0	-27,22	11,29	11,52	5,06E-02	-2,85E-02	0	-45,60	23,17	-12,13	6,37E-03	-1,42E-02	0
314	-61,84	-23,21	25,26	1,23E-02	-7,35E-03	0	-28,39	9,88	11,56	4,84E-02	-2,75E-02	0	-44,94	24,51	-12,98	1,20E-02	-1,63E-02	0
315	-63,28	-22,67	24,46	1,47E-02	-8,34E-03	0	-29,54	8,47	11,59	4,62E-02	-2,64E-02	0	-44,26	25,83	-13,83	1,76E-02	-1,84E-02	0
316	-64,73	-22,12	23,67	1,68E-02	-9,94E-03	0	-30,70	7,07	11,62	4,25E-02	-2,47E-02	0	-43,58	27,15	-14,69	1,76E-02	-1,84E-02	0
317	-66,15	-21,60	22,83	1,88E-02	-1,15E-02	0	-31,84	5,65	11,65	3,88E-02	-2,30E-02	0	-55,32	-4,79	2,36	1,93E-02	-1,87E-02	0
318	-67,58	-21,07	22,00	2,04E-02	-1,15E-02	0	-32,98	4,24	11,68	3,52E-02	-2,08E-02	0	-54,81	-3,27	1,78	1,93E-02	-1,87E-02	0
319	-68,98	-20,57	21,14	2,20E-02	-1,16E-02	0	-34,10	2,83	11,71	3,16E-02	-1,87E-02	0	-54,30	-1,74	1,19	1,52E-02	-1,63E-02	0
320	-70,38	-20,06	20,28	2,20E-02	-1,16E-02	0	-35,23	1,41	11,73	2,90E-02	-1,78E-02	0	-53,78	-0,21	0,59	1,11E-02	-1,39E-02	0
321	-36,92	-31,61	34,27	2,19E-02	-1,22E-02	0	-36,35	0,00	11,76	2,65E-02	-1,70E-02	0	-53,25	1,31	-0,01	8,54E-03	-1,35E-02	0
322	-38,45	-30,95	33,84	2,19E-02	-1,22E-02	0	-37,46	-1,41	11,78	2,50E-02	-1,50E-02	0	-52,71	2,83	-0,64	5,96E-03	-1,30E-02	0
323	-39,98	-30,28	33,42	2,13E-02	-1,22E-02	0	-38,57	-2,81	11,80	2,34E-02	-1,30E-02	0	-52,17	4,35	-1,28	4,09E-03	-1,17E-02	0
324	-41,51	-29,63	32,95	2,06E-02	-1,22E-02	0	-39,67	-4,22	11,82	2,24E-02	-1,26E-02	0	-51,60	5,86	-1,95	2,23E-03	-1,03E-02	0
325	-43,04	-28,97	32,49	1,94E-02	-1,11E-02	0	-40,78	-5,62	11,83	2,15E-02	-1,21E-02	0	-51,04	7,36	-2,63	1,88E-03	-1,04E-02	0
326	-44,57	-28,32	31,98	1,82E-02	-1,00E-02	0	-41,89	-7,01	11,85	1,98E-02	-1,01E-02	0	-50,44	8,84	-3,35	1,53E-03	-1,06E-02	0
327	-46,10	-27,68	31,47	1,62E-02	-8,76E-03	0	-43,01	-8,39	11,87	1,81E-02	-8,12E-03	0	-49,85	10,32	-4,07	1,53E-03	-1,05E-02	0
328	-47,62	-27,05	30,91	1,42E-02	-7,51E-03	0	-44,12	-9,78	11,90	1,46E-02	-8,56E-03	0	-49,24	11,78	-4,82	1,53E-03	-1,05E-02	0
329	-49,14	-26,41	30,35	1,30E-02	-6,26E-03	0	-45,26	-11,13	11,97	1,11E-02	-8,99E-03	0	-48,63	13,23	-5,58	1,62E-03	-1,06E-02	0
330	-50,65	-25,80	29,74	1,19E-02	-5,00E-03	0	-46,40	-12,48	12,04	6,41E-03	-1,04E-02	0	-47,99	14,66	-6,37	1,72E-03	-1,06E-02	0
331	-52,16	-25,18	29,13	1,16E-02	-4,69E-03	0	-47,59	-13,71	12,23	1,66E-03	-1,19E-02	0	-47,36	16,08	-7,16	1,98E-03	-1,01E-02	0
332	-53,66	-24,58	28,46	1,14E-02	-4,37E-03	0	-48,78	-14,94	12,32	1,19E-03	-1,08E-02	0	-46,71	17,47	-8,00	2,25E-03	-9,53E-03	0
333	-55,16	-23,98	27,80	1,14E-02	-4,99E-03	0	-50,03	-15,89	13,35	7,09E-04	-8,82E-03	0	-46,05	18,86	-8,83	4,52E-03	-1,01E-02	0
334	-56,64	-23,40	27,09	1,14E-02	-5,60E-03	0	-51,27	-16,84	14,07	2,37E-03	-5,92E-03	0	-45,38	20,20	-9,69	6,78E-03	-1,07E-02	0
335	-58,12	-22,81	26,38	1,20E-02	-6,48E-03	0	-52,54	-17,69	14,95	4,03E-03	-2,02E-03	0	-44,71	21,55	-10,55	9,06E-03	-1,24E-02	0
336	-59,58	-22,25	25,62	1,26E-02	-7,35E-03	0	-53,80	-18,54	15,82	8,73E-03	-1,65E-03	0	-44,03	22,86	-11,44	1,13E-02	-1,42E-02	0
337	-61,04	-21,68	24,87	1,47E-02	-8,52E-03	0	-55,08	-19,40	16,71	1,34E-02	-1,29E-03	0	-43,35	24,17	-12,32	1,61E-02	-1,63E-02	0
338	-62,48	-21,14	24,07	1,68E-02	-9,69E-03	0	-56,36	-20,25	17,59	1,56E-02	-6,51E-04	0	-42,66	25,45	-13,23	2,09E-02	-1,84E-02	0
339	-63,92	-20,59	23,27	1,82E-02	-1,06E-02	0	-57,66	-21,11	18,48	1,77E-02	-1,28E-05	0	-41,97	26,72	-14,14	2,09E-02	-1,84E-02	0
340	-65,34	-20,06	22,43	1,97E-02	-1,15E-02	0	-58,95	-21,96	19,38	1,91E-02	-4,34E-04	0	-53,78	-4,97	3,25	2,28E-02	-1,89E-02	0
341	-66,76	-19,53	21,59	2,06E-02	-1,16E-02	0	-60,23	-22,82	20,26	2,06E-02	-8,54E-04	0	-53,29	-3,43	2,69	2,28E-02	-1,89E-02	0
342	-68,16	-19,02	20,73	2,14E-02	-1,16E-02	0	-61,51	-23,68	21,14	1,88E-02	-8,54E-04	0	-52,79	-1,89	2,13	1,88E-02	-1,64E-02	0
343	-69,56	-18,50	19,87	2,14E-02	-1,16E-02	0	-62,80	-24,52	22,03	1,70E-02	-8,54E-04	0	-52,28	-0,35	1,54	1,49E-02	-1,39E-02	0
344	-36,14	-30,04	33,86	2,21E-02	-1,31E-02	0	-64,09	-25,36	22,93	1,70E-02	-8,54E-04	0	-51,77	1,19	0,96	1,24E-02	-1,31E-02	0
345	-37,67	-29,38	33,44	2,21E-02	-1,31E-02	0	53,80	53,82	-61,33	1,81E-02	1,46E-03	0	-51,24	2,72	0,33	1,00E-02	-1,23E-02	0
346	-39,21	-28,72	33,01	2,20E-02	-1,31E-02	0	52,53	52,99	-60,43	1,81E-02	1,46E-03	0	-50,70	4,24	-0,30	7,48E-03	-1,00E-02	0
347	-40,74	-28,06	32,55	2,19E-02	-1,31E-02	0	51,25	52,16	-59,53	2,02E-02	1,46E-03	0	-50,14	5,75	-0,98	4,94E-03	-7,72E-03	0
348	-42,28	-27,41	32,09	2,16E-02	-1,22E-02	0	49,94	51,32	-58,60	2,12E-02	1,46E-03	0	-49,58	7,26	-1,65	3,87E-03	-5,49E-03	0
349	-43,80	-26,76	31,59	2,13E-02	-1,12E-02	0	48,63	50,48	-57,67	1,85E-02	6,54E-04	0	-48,99	8,74	-2,37	2,79E-03	-3,25E-03	0
350	-45,33	-26,12	31,08	1,93E-02	-1,00E-02	0	47,35	49,64	-56,76	1,58E-02	-1,49E-04	0	-48,41	10,22	-3,08	2,79E-03	-3,06E-03	0
351	-46,85	-25,49	30,53	1,74E-02	-8,79E-03	0	46,08	48,81	-55,85	1,11E-02	-7,79E-04	0	-47,79	11,68	-3,84	2,79E-03	-2,88E-03	0
352	-48,37	-24,86	29,97	1,67E-02	-8,03E-03	0	44,81	47,99	-54,95	6,42E-03	-1,41E-03	0	-47,18	13,14	-4,60	2,98E-03	-3,82E-03	0
353	-49,88	-24,24	29,36	1,60E-02	-7,27E-03	0	43,54	47,18	-54,05	4,31E-03	-2,18E-03	0	-46,54	14,56	-5,39	3,17E-03	-4,77E-03	0
354	-51,39	-23,63	28,75	1,56E-02	-6,82E-03	0	42,28	46,37	-53,14	2,21E-03	-2,95E-03	0	-45,91	15,98	-6,18	4,69E-03	-6,54E-03	0
355	-52,88	-23,03	28,09	1,52E-02	-6,37E-03	0	41,02	45,57	-52,24	9,12E-04	-6,64E-03	0	-45,25	17,37	-7,01	6,22E-03	-8,31E-03	0
356	-54,37	-22,43	27,44	1,52E-02	-6,82E-03	0	39,81	44,97	-51,17	-3,86E-04	-1,03E-02	0	-44,60	18,75	-7,84	8,76E-03	-9,04E-03	0
357	-55,85	-21,85	26,72	1,52E-02	-7,27E-03	0	38,60	44,37	-50,10	7,29E-04	-1,04E-02	0	-43,92	20,10	-8,70	1,13E-02	-9,76E-03	0
358	-57,32	-21,27	26,01	1,53E-02	-7,81E-03	0	37,53	44,17	-48,75	1,84E-03	-1,05E-02	0	-43,24	21,44	-9,57	1,38E-02	-1,20E-02	0
359	-58,78	-20,71	25,25	1,54E-02	-8,34E-03	0	36,46	43,97	-47,39	5,63E-03	-9,23E-03	0	-42,55	22,74	-10,46	1,63E-02	-1,42E-02	0
360	-60,23	-20,14	24,49	1,71E-02	-9,69E-03	0	35,45	43,93	-45,95	9,42E-03	-7,96E-03	0	-41,86	24,05	-11,35	2,02E-02	-1,63E-02	0
361	-61,67	-19,60	23,69	1,88E-02	-1,10E-02	0	34,43	43,88	-44,50	1,23E-02	-8,57E-03	0	-41,15	25,31	-12,27	2,41E-02	-1,84E-02	0
362	-63,11	-19,05	22,89	1,97E-02	-1,13E-02	0	33,43	43,88	-43,04	1,53E-02	-9,17E-03	0	-40,45	26,57	-13,19	2,41E-02	-1,84E-02	0
363	-64,52	-18,52	22,05	2,05E-02	-1,16E-02	0	32,43	43,88	-41,57	1,78E-02	-1,02E-02	0	-52,23	-5,15	4,14	2,28E-02	-1,64E-02	0
364	-65,94	-17,99	21,21	2,07E-02	-1,16E-02	0	31,42	43,90	-40,10	2,03E-02	-1,12E-02	0	-51,76	-3,60	3,61	2,28E-02	-1,64E-02	0
365	-67,34	-17,47	20,35	2,09E-02	-1,16E-02	0	30,41	43,91	-38,63	2,19E-02	-1,31E-02	0	-51,29	-2,04	3,07	2,03E-02	-1,48E-02	0
366	-68,75	-16,95	19,48	2,09E-02	-1,1													

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
367	-35,36	-28,47	33,45	2,21E-02	-1,31E-02	0	28,38	43,95	-35,67	2,61E-02	-1,68E-02	0	-50,29	1,07	1,92	1,54E-02	-1,16E-02	0
368	-36,90	-27,81	33,03	2,21E-02	-1,31E-02	0	27,36	43,96	-34,19	2,87E-02	-1,85E-02	0	-49,76	2,60	1,29	1,30E-02	-1,02E-02	0
369	-38,44	-27,15	32,60	2,20E-02	-1,32E-02	0	26,34	43,97	-32,71	3,09E-02	-2,04E-02	0	-49,24	4,13	0,67	1,02E-02	-8,54E-03	0
370	-39,97	-26,50	32,15	2,20E-02	-1,32E-02	0	25,31	43,97	-31,21	3,32E-02	-2,22E-02	0	-48,68	5,64	-0,01	7,51E-03	-6,91E-03	0
371	-41,51	-25,85	31,69	2,22E-02	-1,29E-02	0	24,28	43,97	-29,72	3,59E-02	-2,36E-02	0	-48,13	7,15	-0,68	6,33E-03	-5,08E-03	0
372	-43,04	-25,20	31,19	2,25E-02	-1,25E-02	0	23,26	43,97	-28,22	3,86E-02	-2,50E-02	0	-47,54	8,64	-1,39	5,14E-03	-3,25E-03	0
373	-44,56	-24,56	30,69	2,18E-02	-1,19E-02	0	22,23	43,96	-26,72	4,23E-02	-2,61E-02	0	-46,96	10,12	-2,10	5,14E-03	-3,06E-03	0
374	-46,08	-23,93	30,14	2,10E-02	-1,13E-02	0	21,20	43,94	-25,20	4,60E-02	-2,73E-02	0	-46,34	11,58	-2,86	5,14E-03	-2,88E-03	0
375	-47,60	-23,30	29,59	2,07E-02	-1,08E-02	0	20,18	43,92	-23,69	5,26E-02	-2,91E-02	0	-45,73	13,05	-3,62	5,33E-03	-3,82E-03	0
376	-49,10	-22,69	28,99	2,03E-02	-1,03E-02	0	19,13	43,90	-22,16	5,92E-02	-3,08E-02	0	-45,09	14,46	-4,40	5,51E-03	-4,77E-03	0
377	-50,61	-22,07	28,38	2,01E-02	-9,84E-03	0	18,08	43,89	-20,64	7,05E-02	-3,44E-02	0	-44,46	15,88	-5,19	7,21E-03	-6,20E-03	0
378	-52,10	-21,48	27,73	1,99E-02	-9,37E-03	0	16,98	43,87	-19,10	8,18E-02	-3,80E-02	0	-43,80	17,26	-6,02	8,91E-03	-7,62E-03	0
379	-53,58	-20,88	27,07	1,98E-02	-9,84E-03	0	15,88	43,86	-17,55	9,17E-02	-4,24E-02	0	-43,14	18,65	-6,85	1,16E-02	-8,41E-03	0
380	-55,06	-20,30	26,35	1,98E-02	-1,03E-02	0	14,66	43,81	-15,99	1,11E-01	-5,11E-02	0	-42,45	19,99	-7,72	1,44E-02	-9,19E-03	0
381	-56,53	-19,73	25,64	1,96E-02	-1,05E-02	0	13,44	43,76	-14,43	1,36E-01	-6,12E-02	0	-41,77	21,33	-8,58	1,71E-02	-1,11E-02	0
382	-57,98	-19,16	24,88	1,93E-02	-1,07E-02	0	12,08	43,63	-12,88	1,61E-01	-7,12E-02	0	-41,07	22,63	-9,48	1,99E-02	-1,31E-02	0
383	-59,43	-18,60	24,12	1,96E-02	-1,14E-02	0	10,72	43,49	-11,33	1,92E-01	-9,00E-02	0	-40,36	23,93	-10,39	2,25E-02	-1,47E-02	0
384	-60,86	-18,06	23,31	1,99E-02	-1,20E-02	0	9,21	43,27	-9,75	2,23E-01	-1,09E-01	0	-39,64	25,17	-11,31	2,52E-02	-1,63E-02	0
385	-62,29	-17,52	22,50	2,03E-02	-1,21E-02	0	7,71	43,04	-8,17	2,57E-01	-1,36E-01	0	-38,92	26,42	-12,24	2,52E-02	-1,63E-02	0
386	-63,71	-16,98	21,66	2,07E-02	-1,21E-02	0	6,00	42,61	-6,59	2,92E-01	-1,63E-01	0	-50,75	-5,23	5,18	2,28E-02	-1,39E-02	0
387	-65,12	-16,45	20,83	2,08E-02	-1,18E-02	0	4,29	42,18	-5,02	3,37E-01	-1,96E-01	0	-50,28	-3,67	4,64	2,28E-02	-1,39E-02	0
388	-66,53	-15,92	19,96	2,09E-02	-1,16E-02	0	2,39	41,49	-3,52	3,81E-01	-2,30E-01	0	-49,81	-2,11	4,10	2,18E-02	-1,31E-02	0
389	-67,93	-15,40	19,09	2,09E-02	-1,16E-02	0	0,49	40,80	-2,01	4,35E-01	-2,58E-01	0	-49,32	-0,56	3,52	2,09E-02	-1,23E-02	0
390	-34,60	-26,90	33,05	2,21E-02	-1,31E-02	0	-1,59	39,78	-0,51	4,90E-01	-2,86E-01	0	-48,83	1,00	2,94	1,84E-02	-1,02E-02	0
391	-36,14	-26,25	32,62	2,21E-02	-1,31E-02	0	-3,67	38,76	0,99	4,90E-01	-2,86E-01	0	-48,31	2,53	2,31	1,59E-02	-8,05E-03	0
392	-37,68	-25,59	32,19	2,21E-02	-1,32E-02	0	-5,67	37,34	2,42	4,90E-01	-2,86E-01	0	-47,79	4,06	1,68	1,30E-02	-7,08E-03	0
393	-39,21	-24,94	31,74	2,21E-02	-1,33E-02	0	-7,67	35,93	3,86	4,71E-01	-2,78E-01	0	-47,24	5,58	1,01	1,01E-02	-6,10E-03	0
394	-40,75	-24,28	31,29	2,29E-02	-1,36E-02	0	-9,44	34,32	5,07	4,52E-01	-2,70E-01	0	-46,69	7,09	0,34	8,79E-03	-4,67E-03	0
395	-42,27	-23,64	30,79	2,38E-02	-1,39E-02	0	-11,22	32,72	6,27	3,98E-01	-2,34E-01	0	-46,11	8,57	-0,37	7,49E-03	-3,25E-03	0
396	-43,80	-22,99	30,30	2,42E-02	-1,39E-02	0	-12,81	31,03	7,11	3,44E-01	-1,99E-01	0	-45,53	10,06	-1,08	7,49E-03	-3,06E-03	0
397	-45,31	-22,36	29,75	2,47E-02	-1,39E-02	0	-14,40	29,34	7,95	3,01E-01	-1,69E-01	0	-44,92	11,51	-1,83	7,49E-03	-2,88E-03	0
398	-46,82	-21,73	29,21	2,47E-02	-1,36E-02	0	-15,83	27,69	8,56	2,58E-01	-1,39E-01	0	-44,30	12,97	-2,58	7,67E-03	-3,82E-03	0
399	-48,32	-21,12	28,61	2,47E-02	-1,33E-02	0	-17,27	26,04	9,18	2,24E-01	-1,15E-01	0	-43,67	14,39	-3,37	7,84E-03	-4,77E-03	0
400	-49,82	-20,50	28,01	2,46E-02	-1,29E-02	0	-18,60	24,44	9,63	1,90E-01	-9,07E-02	0	-43,03	15,81	-4,16	9,72E-03	-5,85E-03	0
401	-51,31	-19,91	27,36	2,45E-02	-1,24E-02	0	-19,94	22,84	10,08	1,59E-01	-8,00E-02	0	-42,37	17,19	-4,99	1,16E-02	-6,93E-03	0
402	-52,79	-19,32	26,70	2,44E-02	-1,29E-02	0	-21,21	21,28	10,34	1,28E-01	-6,94E-02	0	-41,70	18,57	-5,81	1,45E-02	-7,78E-03	0
403	-54,26	-18,74	25,99	2,43E-02	-1,33E-02	0	-22,48	19,72	10,60	1,12E-01	-5,32E-02	0	-41,01	19,91	-6,68	1,75E-02	-8,62E-03	0
404	-55,72	-18,17	25,27	2,38E-02	-1,32E-02	0	-23,69	18,20	10,71	1,04E-01	-4,51E-02	0	-40,33	21,25	-7,54	2,04E-02	-1,03E-02	0
405	-57,17	-17,61	24,51	2,33E-02	-1,30E-02	0	-24,90	16,69	10,82	8,92E-02	-3,98E-02	0	-39,61	22,54	-8,44	2,34E-02	-1,19E-02	0
406	-58,61	-17,06	23,74	2,21E-02	-1,30E-02	0	-26,08	15,23	10,87	7,40E-02	-3,45E-02	0	-38,90	23,84	-9,33	2,49E-02	-1,31E-02	0
407	-60,04	-16,52	22,93	2,09E-02	-1,30E-02	0	-27,26	13,78	10,92	6,37E-02	-3,20E-02	0	-38,18	25,09	-10,26	2,64E-02	-1,42E-02	0
408	-61,47	-15,98	22,12	2,09E-02	-1,28E-02	0	-28,43	12,36	10,95	5,34E-02	-2,95E-02	0	-37,45	26,34	-11,18	2,64E-02	-1,42E-02	0
409	-62,88	-15,44	21,28	2,08E-02	-1,27E-02	0	-29,60	10,94	10,98	5,08E-02	-2,85E-02	0	-49,27	-5,31	6,22	2,28E-02	-1,31E-02	0
410	-64,30	-14,91	20,44	2,08E-02	-1,21E-02	0	-30,76	9,52	11,01	4,82E-02	-2,75E-02	0	-48,81	-3,74	5,67	2,28E-02	-1,31E-02	0
411	-65,70	-14,39	19,58	2,08E-02	-1,16E-02	0	-31,92	8,11	11,03	4,45E-02	-2,61E-02	0	-48,34	-2,18	5,13	2,20E-02	-1,27E-02	0
412	-67,11	-13,86	18,71	2,08E-02	-1,16E-02	0	-33,07	6,68	11,06	4,08E-02	-2,47E-02	0	-47,85	-0,63	4,54	2,12E-02	-1,23E-02	0
413	-33,83	-25,34	32,64	2,21E-02	-1,31E-02	0	-34,21	5,26	11,09	3,80E-02	-2,28E-02	0	-47,37	0,92	3,95	1,98E-02	-1,10E-02	0
414	-35,37	-24,68	32,21	2,21E-02	-1,31E-02	0	-35,35	3,85	11,11	3,52E-02	-2,08E-02	0	-46,86	2,46	3,33	1,83E-02	-9,72E-03	0
415	-36,92	-24,03	31,78	2,25E-02	-1,34E-02	0	-36,48	2,43	11,13	3,21E-02	-1,93E-02	0	-46,34	4,00	2,70	1,57E-02	-8,32E-03	0
416	-38,45	-23,37	31,33	2,29E-02	-1,38E-02	0	-37,60	1,02	11,15	2,90E-02	-1,77E-02	0	-45,80	5,51	2,03	1,30E-02	-6,91E-03	0
417	-39,98	-22,72	30,88	2,43E-02	-1,47E-02	0	-38,71	-0,40	11,16	2,66E-02	-1,54E-02	0	-45,25	7,02	1,36	1,21E-02	-5,84E-03	0
418	-41,51	-22,07	30,39	2,56E-02	-1,56E-02	0	-39,82	-1,80	11,18	2,43E-02	-1,31E-02	0	-44,67	8,51	0,66	1,12E-02	-4,78E-03	0
419	-43,03	-21,42	29,90	2,70E-02	-1,60E-02	0	-40,93	-3,21	11,19	2,20E-02	-1,16E-02	0	-44,10	9,99	-0,05	1,12E-02	-4,68E-03	0
420	-44,54	-20,79	29,37	2,84E-02	-1,65E-02	0	-42,04	-4,61	11,20	1,98E-02	-1,01E-02	0	-43,49	11,44	-0,80	1,12E-02	-4,59E-03	0
421	-46,05	-20,16	28,83	2,88E-02	-1,64E-02	0	-43,15	-6,00	11,21	1,72E-02	-8,87E-03	0	-42,88	12,90	-1,55	1,15E-02	-5,22E-03	0
422	-47,54	-19,55	28,23	2,92E-02	-1,63E-02	0	-44,26	-7,38	11,23	1,47E-02	-7,61E-03	0	-42,24	14,31	-2,34	1,18E-02	-5,85E-03	0
423	-49,04	-18,93	27,64	2,92E-02	-1,60E-02	0	-45,38	-8,76	11,25	1,15E-02	-7,83E-03	0	-41,60	15,73	-3,12	1,32E-02	-6,82E-03	0
424	-50,52	-18,34	26,99	2,91E-02	-1,58E-02	0	-46,51	-10,11	11,32	8,41E-03	-8,05E-03	0	-40,94	17,11	-3,95	1,45E-02	-7,78E-03	0
425	-52,00	-17,75	26,33	2,88E-02	-1,60E-02	0	-47,64	-11,46	11,38	4,45E-03	-9,45E-03	0	-40,27	18,49	-4,78	1,74E-02	-9,00E-03	0
426	-53,46	-17,18	25,62	2,84E-02	-1,62E-02	0	-48,82	-12,70	11,64	4,86E-04	-1,08E-02	0	-39,57	19,82	-5,64	2,02E-02	-1,02E-02	0
427	-54,92	-16,61	24,90	2,75E-02	-1,60E-02	0	-50,00	-13,94	11,90	2,47E-04	-1,03E-02	0	-38,88	21,16	-6,50	2,19E-02	-1,14E-02	0
428	-56,36	-16,06	24,14	2,66E-02	-1,59E-02	0	-51,25	-14,91	12,59									

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
429	-57,80	-15,51	23,37	2,43E-02	-1,54E-02	0	-52,49	-15,87	13,28	1,19E-03	-5,79E-03	0	-37,44	23,75	-8,28	2,44E-02	-1,32E-02	0
430	-59,22	-14,97	22,56	2,21E-02	-1,49E-02	0	-53,75	-16,72	14,15	2,37E-03	-1,77E-03	0	-36,71	25,01	-9,20	2,52E-02	-1,38E-02	0
431	-60,65	-14,43	21,75	2,15E-02	-1,39E-02	0	-55,01	-17,57	15,02	7,90E-03	-1,53E-03	0	-35,98	26,26	-10,12	2,52E-02	-1,38E-02	0
432	-62,06	-13,91	20,90	2,09E-02	-1,28E-02	0	-56,30	-18,42	15,91	1,34E-02	-1,29E-03	0	-47,80	-5,36	7,27	2,28E-02	-1,23E-02	0
433	-63,47	-13,38	20,06	2,08E-02	-1,19E-02	0	-57,59	-19,28	16,80	1,56E-02	-1,01E-03	0	-47,34	-3,80	6,71	2,28E-02	-1,23E-02	0
434	-64,88	-12,85	19,20	2,08E-02	-1,09E-02	0	-58,88	-20,13	17,70	1,77E-02	-7,25E-04	0	-46,88	-2,23	6,16	2,22E-02	-1,23E-02	0
435	-66,29	-12,32	18,33	2,08E-02	-1,09E-02	0	-60,16	-20,99	18,60	1,95E-02	-8,89E-04	0	-46,39	-0,68	5,57	2,16E-02	-1,23E-02	0
436	-33,07	-23,78	32,23	2,21E-02	-1,31E-02	0	-61,44	-21,84	19,47	2,13E-02	-1,05E-03	0	-45,91	0,88	4,98	2,12E-02	-1,18E-02	0
437	-34,62	-23,12	31,80	2,21E-02	-1,31E-02	0	-62,71	-22,69	20,35	1,93E-02	-7,21E-04	0	-45,40	2,41	4,36	2,07E-02	-1,14E-02	0
438	-36,16	-22,46	31,37	2,29E-02	-1,37E-02	0	-64,01	-23,55	21,23	1,73E-02	-3,90E-04	0	-44,89	3,95	3,73	1,83E-02	-9,55E-03	0
439	-37,69	-21,80	30,92	2,38E-02	-1,42E-02	0	-65,30	-24,40	22,12	1,72E-02	-2,36E-04	0	-44,35	5,46	3,07	1,60E-02	-7,72E-03	0
440	-39,22	-21,14	30,47	2,56E-02	-1,57E-02	0	-66,58	-25,25	23,00	1,70E-02	7,35E-05	0	-43,81	6,97	2,41	1,55E-02	-7,01E-03	0
441	-40,74	-20,49	29,99	2,75E-02	-1,72E-02	0	-67,85	-26,10	23,87	1,70E-02	7,35E-05	0	-43,24	8,46	1,70	1,50E-02	-6,30E-03	0
442	-42,25	-19,84	29,50	2,97E-02	-1,82E-02	0	52,59	54,80	-62,14	1,81E-02	1,46E-03	0	-42,67	9,94	1,00	1,50E-02	-6,30E-03	0
443	-43,76	-19,21	28,97	3,20E-02	-1,92E-02	0	51,30	53,97	-61,23	1,81E-02	1,46E-03	0	-42,06	11,39	0,25	1,50E-02	-6,30E-03	0
444	-45,27	-18,58	28,44	3,29E-02	-1,92E-02	0	50,02	53,15	-60,33	1,79E-02	1,46E-03	0	-41,45	12,84	-0,49	1,54E-02	-6,62E-03	0
445	-46,76	-17,96	27,85	3,37E-02	-1,92E-02	0	48,73	52,30	-59,40	1,77E-02	1,46E-03	0	-40,81	14,25	-1,28	1,57E-02	-6,93E-03	0
446	-48,25	-17,35	27,26	3,37E-02	-1,92E-02	0	47,43	51,44	-58,48	1,58E-02	9,21E-04	0	-40,18	15,66	-2,06	1,66E-02	-7,78E-03	0
447	-49,72	-16,76	26,60	3,37E-02	-1,92E-02	0	46,15	50,62	-57,57	1,38E-02	3,84E-04	0	-39,51	17,04	-2,89	1,75E-02	-8,62E-03	0
448	-51,19	-16,17	25,95	3,31E-02	-1,91E-02	0	44,87	49,79	-56,66	8,88E-03	-4,66E-04	0	-38,84	18,41	-3,72	2,02E-02	-1,02E-02	0
449	-52,65	-15,61	25,24	3,25E-02	-1,90E-02	0	43,61	48,97	-55,76	4,00E-03	-1,32E-03	0	-38,14	19,74	-4,58	2,30E-02	-1,18E-02	0
450	-54,11	-15,04	24,52	3,12E-02	-1,89E-02	0	42,34	48,16	-54,86	2,21E-03	-2,13E-03	0	-37,44	21,07	-5,44	2,33E-02	-1,26E-02	0
451	-55,54	-14,50	23,76	2,98E-02	-1,88E-02	0	41,08	47,36	-53,95	4,17E-04	-2,95E-03	0	-36,72	22,37	-6,33	2,36E-02	-1,33E-02	0
452	-56,98	-13,95	22,99	2,66E-02	-1,78E-02	0	39,82	46,55	-53,04	-3,86E-04	-6,25E-03	0	-36,00	23,66	-7,22	2,38E-02	-1,33E-02	0
453	-58,40	-13,42	22,18	2,33E-02	-1,68E-02	0	38,62	45,98	-51,96	-1,19E-03	-9,55E-03	0	-35,26	24,92	-8,14	2,41E-02	-1,33E-02	0
454	-59,83	-12,89	21,36	2,21E-02	-1,49E-02	0	37,43	45,40	-50,88	-1,19E-03	-9,55E-03	0	-34,53	26,18	-9,05	2,41E-02	-1,33E-02	0
455	-61,24	-12,37	20,52	2,09E-02	-1,30E-02	0	36,37	45,22	-49,52	-1,19E-03	-9,55E-03	0	-46,34	-5,42	8,32	2,18E-02	-1,19E-02	0
456	-62,65	-11,85	19,68	2,09E-02	-1,17E-02	0	35,31	45,03	-48,15	2,91E-03	-8,32E-03	0	-45,87	-3,85	7,75	2,18E-02	-1,19E-02	0
457	-64,06	-11,32	18,81	2,08E-02	-1,03E-02	0	34,30	44,99	-46,71	7,02E-03	-7,10E-03	0	-45,41	-2,29	7,18	2,15E-02	-1,22E-02	0
458	-65,47	-10,80	17,95	2,08E-02	-1,03E-02	0	33,29	44,95	-45,27	9,72E-03	-7,80E-03	0	-44,93	-0,73	6,59	2,12E-02	-1,25E-02	0
459	-32,32	-22,23	31,82	2,32E-02	-1,24E-02	0	32,29	44,95	-43,80	1,24E-02	-8,49E-03	0	-44,45	0,83	6,00	2,10E-02	-1,22E-02	0
460	-33,86	-21,57	31,39	2,32E-02	-1,24E-02	0	31,30	44,95	-42,34	1,61E-02	-9,17E-03	0	-43,95	2,36	5,38	2,08E-02	-1,19E-02	0
461	-35,40	-20,90	30,96	2,44E-02	-1,41E-02	0	30,29	44,97	-40,86	1,98E-02	-9,85E-03	0	-43,45	3,90	4,77	2,02E-02	-1,10E-02	0
462	-36,93	-20,24	30,51	2,56E-02	-1,57E-02	0	29,29	44,99	-39,39	2,28E-02	-1,26E-02	0	-42,91	5,41	4,11	1,95E-02	-1,01E-02	0
463	-38,46	-19,57	30,06	2,77E-02	-1,70E-02	0	28,28	45,00	-37,91	2,57E-02	-1,53E-02	0	-42,38	6,92	3,45	1,96E-02	-9,66E-03	0
464	-39,97	-18,92	29,58	2,97E-02	-1,82E-02	0	27,27	45,02	-36,43	2,87E-02	-1,79E-02	0	-41,81	8,41	2,75	1,96E-02	-9,27E-03	0
465	-41,48	-18,26	29,10	3,25E-02	-2,00E-02	0	26,25	45,03	-34,94	3,17E-02	-2,06E-02	0	-41,24	9,89	2,05	1,97E-02	-9,27E-03	0
466	-42,98	-17,63	28,58	3,52E-02	-2,17E-02	0	25,23	45,05	-33,45	3,32E-02	-2,22E-02	0	-40,63	11,33	1,31	1,97E-02	-9,27E-03	0
467	-44,48	-16,99	28,05	3,68E-02	-2,18E-02	0	24,20	45,05	-31,94	3,48E-02	-2,38E-02	0	-40,03	12,78	0,57	2,00E-02	-9,58E-03	0
468	-45,97	-16,38	27,46	3,85E-02	-2,19E-02	0	23,18	45,05	-30,44	3,86E-02	-2,50E-02	0	-39,39	14,19	-0,22	2,03E-02	-9,90E-03	0
469	-47,46	-15,77	26,87	3,85E-02	-2,19E-02	0	22,15	45,05	-28,93	4,25E-02	-2,62E-02	0	-38,75	15,60	-1,00	2,07E-02	-1,04E-02	0
470	-48,92	-15,18	26,22	3,85E-02	-2,19E-02	0	21,12	45,04	-27,42	4,58E-02	-2,76E-02	0	-38,08	16,96	-1,83	2,12E-02	-1,09E-02	0
471	-50,39	-14,59	25,57	3,80E-02	-2,18E-02	0	20,09	45,03	-25,90	4,91E-02	-2,90E-02	0	-37,41	18,33	-2,66	2,23E-02	-1,17E-02	0
472	-51,84	-14,03	24,86	3,75E-02	-2,17E-02	0	19,07	45,01	-24,38	5,42E-02	-2,99E-02	0	-36,71	19,66	-3,52	2,35E-02	-1,26E-02	0
473	-53,30	-13,47	24,15	3,52E-02	-2,12E-02	0	18,02	45,00	-22,85	5,94E-02	-3,08E-02	0	-36,01	20,99	-4,38	2,35E-02	-1,30E-02	0
474	-54,73	-12,93	23,38	3,29E-02	-2,08E-02	0	16,98	44,98	-21,32	7,06E-02	-3,34E-02	0	-35,28	22,28	-5,27	2,36E-02	-1,34E-02	0
475	-56,16	-12,39	22,61	2,97E-02	-1,93E-02	0	15,89	44,97	-19,77	8,18E-02	-3,60E-02	0	-34,56	23,57	-6,16	2,37E-02	-1,34E-02	0
476	-57,58	-11,87	21,79	2,66E-02	-1,78E-02	0	14,80	44,96	-18,22	9,66E-02	-4,36E-02	0	-33,81	24,84	-7,07	2,38E-02	-1,33E-02	0
477	-59,00	-11,35	20,98	2,43E-02	-1,64E-02	0	13,60	44,90	-16,66	1,11E-01	-5,11E-02	0	-33,07	26,11	-7,98	2,38E-02	-1,33E-02	0
478	-60,41	-10,83	20,14	2,21E-02	-1,49E-02	0	12,41	44,84	-15,10	1,36E-01	-6,12E-02	0	-44,87	-5,46	9,35	2,09E-02	-1,16E-02	0
479	-61,83	-10,32	19,29	2,14E-02	-1,22E-02	0	11,07	44,69	-13,54	1,61E-01	-7,12E-02	0	-44,41	-3,89	8,78	2,09E-02	-1,16E-02	0
480	-63,24	-9,79	18,43	2,08E-02	-9,52E-03	0	9,74	44,53	-11,99	1,92E-01	-9,00E-02	0	-43,95	-2,33	8,21	2,09E-02	-1,21E-02	0
481	-64,66	-9,27	17,56	2,08E-02	-9,52E-03	0	8,27	44,29	-10,40	2,23E-01	-1,09E-01	0	-43,47	-0,77	7,62	2,09E-02	-1,27E-02	0
482	-31,55	-20,69	31,41	2,44E-02	-1,17E-02	0	6,79	44,04	-8,81	2,57E-01	-1,36E-01	0	-42,99	0,78	7,03	2,09E-02	-1,25E-02	0
483	-33,09	-20,02	30,98	2,44E-02	-1,17E-02	0	5,12	43,58	-7,24	2,92E-01	-1,63E-01	0	-42,49	2,32	6,42	2,09E-02	-1,24E-02	0
484	-34,63	-19,34	30,54	2,59E-02	-1,45E-02	0	3,44	43,12	-5,67	3,37E-01	-1,96E-01	0	-41,99	3,86	5,80	2,20E-02	-1,24E-02	0
485	-36,16	-18,67	30,09	2,75E-02	-1,72E-02	0	1,55	42,40	-4,14	3,81E-01	-2,30E-01	0	-41,46	5,37	5,15	2,31E-02	-1,24E-02	0
486	-37,68	-18,00	29,65	2,97E-02	-1,82E-02	0	-0,33	41,69	-2,61	4,35E-01	-2,58E-01	0	-40,93	6,88	4,50	2,36E-02	-1,23E-02	0
487	-39,19	-17,34	29,17	3,20E-02	-1,92E-02	0	-2,42	40,63	-1,07	4,90E-01	-2,86E-01	0	-40,36	8,36	3,81	2,42E-02	-1,22E-02	0
488	-40,70	-16,68	28,70	3,52E-02	-2,17E-02	0	-4,51	39,57	0,47	4,90E-01	-2,86E-01	0	-39,79	9,84	3,11	2,43E-02	-1,22E-02	0
489	-42,19	-16,04	28,17	3,84E-02	-2,42E-02	0	-6,56	38,13	1,93	4,90E-01	-2,86E-01	1	-39,19	11,28	2,37	2,45E-02	-1,22E-02	0
490	-43,69	-15,40	27,65	4,08E-02	-2,44E-02	0	-8,61	3										

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
491	-45,17	-14,79	27,07	4,32E-02	-2,47E-02	0	-10,43	35,09	4,60	4,52E-01	-2,70E-01	0	-37,95	14,12	0,85	2,49E-02	-1,29E-02	0
492	-46,65	-14,17	26,48	4,32E-02	-2,47E-02	0	-12,24	33,50	5,80	3,98E-01	-2,34E-01	0	-37,31	15,53	0,07	2,49E-02	-1,30E-02	0
493	-48,12	-13,59	25,83	4,32E-02	-2,47E-02	0	-13,87	31,84	6,63	3,44E-01	-1,99E-01	0	-36,64	16,89	-0,76	2,49E-02	-1,32E-02	0
494	-49,58	-13,00	25,18	4,28E-02	-2,45E-02	0	-15,49	30,18	7,46	3,01E-01	-1,69E-01	0	-35,97	18,25	-1,59	2,44E-02	-1,33E-02	0
495	-51,03	-12,45	24,47	4,24E-02	-2,44E-02	0	-16,95	28,56	8,06	2,58E-01	-1,39E-01	0	-35,27	19,57	-2,45	2,40E-02	-1,33E-02	0
496	-52,48	-11,89	23,76	3,92E-02	-2,36E-02	0	-18,41	26,94	8,66	2,24E-01	-1,15E-01	0	-34,57	20,89	-3,31	2,38E-02	-1,34E-02	0
497	-53,91	-11,36	22,99	3,59E-02	-2,27E-02	0	-19,76	25,37	9,09	1,90E-01	-9,07E-02	0	-33,85	22,18	-4,21	2,36E-02	-1,35E-02	0
498	-55,34	-10,83	22,22	3,29E-02	-2,08E-02	0	-21,11	23,80	9,53	1,59E-01	-8,00E-02	0	-33,12	23,47	-5,10	2,36E-02	-1,34E-02	0
499	-56,76	-10,31	21,40	2,98E-02	-1,88E-02	0	-22,39	22,27	9,78	1,28E-01	-6,94E-02	0	-32,38	24,74	-6,00	2,36E-02	-1,33E-02	0
500	-58,18	-9,80	20,59	2,65E-02	-1,78E-02	0	-23,66	20,73	10,03	1,16E-01	-5,56E-02	0	-31,64	26,01	-6,91	2,36E-02	-1,33E-02	0
501	-59,60	-9,29	19,74	2,33E-02	-1,68E-02	0	-24,88	19,23	10,13	1,04E-01	-4,19E-02	0	-43,41	-5,50	10,38	2,08E-02	-1,15E-02	0
502	-61,01	-8,79	18,90	2,20E-02	-1,28E-02	0	-26,09	17,73	10,24	8,79E-02	-3,82E-02	0	-42,95	-3,94	9,80	2,08E-02	-1,15E-02	0
503	-62,43	-8,27	18,04	2,08E-02	-8,75E-03	0	-27,28	16,27	10,27	7,15E-02	-3,45E-02	0	-42,48	-2,37	9,23	2,10E-02	-1,22E-02	0
504	-63,85	-7,75	17,17	2,08E-02	-8,75E-03	0	-28,46	14,82	10,31	6,39E-02	-3,25E-02	0	-42,01	-0,81	8,64	2,12E-02	-1,29E-02	0
505	-30,79	-19,15	31,00	2,59E-02	-1,45E-02	0	-29,63	13,39	10,33	5,63E-02	-3,05E-02	0	-41,53	0,74	8,05	2,17E-02	-1,35E-02	0
506	-32,33	-18,47	30,56	2,59E-02	-1,45E-02	0	-30,81	11,97	10,36	5,32E-02	-2,95E-02	0	-41,03	2,28	7,45	2,21E-02	-1,40E-02	0
507	-33,87	-17,79	30,13	2,78E-02	-1,60E-02	0	-31,97	10,54	10,38	5,01E-02	-2,85E-02	0	-40,53	3,81	6,84	2,41E-02	-1,46E-02	0
508	-35,38	-17,11	29,68	2,97E-02	-1,76E-02	0	-33,13	9,12	10,40	4,64E-02	-2,75E-02	0	-40,00	5,32	6,19	2,62E-02	-1,51E-02	0
509	-36,90	-16,43	29,23	3,25E-02	-1,97E-02	0	-34,28	7,70	10,42	4,27E-02	-2,64E-02	0	-39,48	6,83	5,55	2,72E-02	-1,51E-02	0
510	-38,41	-15,76	28,76	3,52E-02	-2,17E-02	0	-35,43	6,27	10,44	4,08E-02	-2,47E-02	0	-38,91	8,31	4,86	2,82E-02	-1,52E-02	0
511	-39,91	-15,10	28,29	3,80E-02	-2,34E-02	0	-36,57	4,85	10,46	3,88E-02	-2,30E-02	0	-38,35	9,79	4,17	2,85E-02	-1,54E-02	0
512	-41,40	-14,45	27,77	4,08E-02	-2,50E-02	0	-37,71	3,43	10,47	3,52E-02	-2,08E-02	0	-37,75	11,23	3,44	2,88E-02	-1,56E-02	0
513	-42,89	-13,81	27,25	4,35E-02	-2,58E-02	0	-38,83	2,02	10,48	3,16E-02	-1,85E-02	0	-37,15	12,66	2,70	2,89E-02	-1,57E-02	0
514	-44,37	-13,19	26,67	4,62E-02	-2,66E-02	0	-39,95	0,60	10,50	2,83E-02	-1,58E-02	0	-36,51	14,06	1,92	2,90E-02	-1,59E-02	0
515	-45,85	-12,58	26,09	4,62E-02	-2,66E-02	0	-41,06	-0,80	10,50	2,51E-02	-1,32E-02	0	-35,87	15,46	1,14	2,86E-02	-1,59E-02	0
516	-47,31	-11,99	25,44	4,62E-02	-2,66E-02	0	-42,18	-2,21	10,51	2,16E-02	-1,06E-02	0	-35,20	16,81	0,31	2,82E-02	-1,60E-02	0
517	-48,77	-11,41	24,79	4,57E-02	-2,65E-02	0	-43,28	-3,60	10,51	1,81E-02	-8,12E-03	0	-34,53	18,16	-0,52	2,71E-02	-1,59E-02	0
518	-50,22	-10,86	24,08	4,53E-02	-2,63E-02	0	-44,39	-5,00	10,52	1,47E-02	-7,61E-03	0	-33,84	19,48	-1,38	2,59E-02	-1,57E-02	0
519	-51,66	-10,31	23,37	4,22E-02	-2,50E-02	0	-45,50	-6,37	10,54	1,13E-02	-7,11E-03	0	-33,14	20,80	-2,25	2,48E-02	-1,46E-02	0
520	-53,09	-9,78	22,59	3,92E-02	-2,37E-02	0	-46,62	-7,75	10,55	8,47E-03	-7,11E-03	0	-32,41	22,09	-3,14	2,38E-02	-1,36E-02	0
521	-54,52	-9,26	21,82	3,60E-02	-2,22E-02	0	-47,75	-9,10	10,61	5,68E-03	-7,11E-03	0	-31,69	23,38	-4,03	2,37E-02	-1,34E-02	0
522	-55,94	-8,75	21,01	3,29E-02	-2,08E-02	0	-48,88	-10,44	10,67	2,49E-03	-8,46E-03	0	-30,94	24,65	-4,94	2,36E-02	-1,33E-02	0
523	-57,36	-8,25	20,19	2,96E-02	-1,90E-02	0	-50,05	-11,69	10,91	-6,92E-04	-9,82E-03	0	-30,20	25,92	-5,84	2,36E-02	-1,33E-02	0
524	-58,78	-7,75	19,35	2,63E-02	-1,73E-02	0	-51,22	-12,94	11,15	-6,92E-04	-9,82E-03	0	-41,96	-5,55	11,39	2,07E-02	-1,14E-02	0
525	-60,19	-7,25	18,51	2,42E-02	-1,51E-02	0	-52,46	-13,92	11,81	-6,92E-04	-9,82E-03	0	-41,49	-3,98	10,82	2,07E-02	-1,14E-02	0
526	-61,62	-6,74	17,65	2,20E-02	-1,29E-02	0	-53,70	-14,89	12,48	8,60E-06	-5,67E-03	0	-41,02	-2,41	10,24	2,12E-02	-1,23E-02	0
527	-63,04	-6,23	16,78	2,20E-02	-1,29E-02	0	-54,96	-15,74	13,35	7,09E-04	-1,51E-03	0	-40,55	-0,86	9,66	2,16E-02	-1,32E-02	0
528	-30,01	-17,62	30,59	2,75E-02	-1,72E-02	0	-56,22	-16,59	14,22	7,07E-03	-1,40E-03	0	-40,07	0,70	9,08	2,25E-02	-1,44E-02	0
529	-31,55	-16,93	30,15	2,75E-02	-1,72E-02	0	-57,50	-17,44	15,10	1,34E-02	-1,29E-03	0	-39,57	2,23	8,48	2,33E-02	-1,57E-02	0
530	-33,08	-16,24	29,71	2,97E-02	-1,76E-02	0	-58,78	-18,29	15,98	1,56E-02	-1,36E-03	0	-39,07	3,77	7,88	2,63E-02	-1,68E-02	0
531	-34,60	-15,55	29,26	3,20E-02	-1,80E-02	0	-60,07	-19,15	16,87	1,77E-02	-1,44E-03	0	-38,54	5,28	7,24	2,93E-02	-1,78E-02	0
532	-36,11	-14,86	28,81	3,52E-02	-2,11E-02	0	-61,37	-20,00	17,76	1,99E-02	-1,34E-03	0	-38,01	6,78	6,61	3,07E-02	-1,80E-02	0
533	-37,61	-14,18	28,34	3,84E-02	-2,42E-02	0	-62,65	-20,86	18,65	2,21E-02	-1,25E-03	0	-37,45	8,26	5,92	3,22E-02	-1,81E-02	0
534	-39,11	-13,51	27,87	4,08E-02	-2,50E-02	0	-63,93	-21,72	19,54	1,99E-02	-5,88E-04	0	-36,89	9,73	5,24	3,26E-02	-1,85E-02	0
535	-40,60	-12,86	27,36	4,32E-02	-2,58E-02	0	-65,22	-22,57	20,43	1,77E-02	7,35E-05	0	-36,29	11,17	4,51	3,31E-02	-1,89E-02	0
536	-42,09	-12,21	26,84	4,62E-02	-2,72E-02	0	-66,52	-23,43	21,31	1,73E-02	7,35E-05	0	-35,69	12,60	3,78	3,31E-02	-1,89E-02	0
537	-43,56	-11,59	26,27	4,91E-02	-2,86E-02	0	-67,79	-24,27	22,19	1,70E-02	7,35E-05	0	-35,06	13,99	3,00	3,31E-02	-1,89E-02	0
538	-45,04	-10,97	25,69	4,91E-02	-2,86E-02	0	-69,06	-25,12	23,07	1,70E-02	7,35E-05	0	-34,42	15,38	2,21	3,23E-02	-1,88E-02	0
539	-46,50	-10,39	25,04	4,91E-02	-2,86E-02	0	53,93	57,45	-64,77	1,72E-02	1,78E-03	0	-33,76	16,73	1,39	3,16E-02	-1,88E-02	0
540	-47,96	-9,81	24,40	4,87E-02	-2,84E-02	0	52,65	56,61	-63,86	1,72E-02	1,78E-03	0	-33,09	18,08	0,56	2,97E-02	-1,84E-02	0
541	-49,40	-9,26	23,68	4,82E-02	-2,82E-02	0	51,37	55,78	-62,94	1,78E-02	1,57E-03	0	-32,39	19,39	-0,31	2,79E-02	-1,81E-02	0
542	-50,85	-8,71	22,97	4,53E-02	-2,64E-02	0	50,08	54,95	-62,04	1,81E-02	1,46E-03	0	-31,70	20,70	-1,18	2,59E-02	-1,59E-02	0
543	-52,27	-8,20	22,19	4,24E-02	-2,47E-02	0	48,79	54,13	-61,13	1,78E-02	1,46E-03	0	-30,97	21,99	-2,08	2,40E-02	-1,36E-02	0
544	-53,70	-7,68	21,42	3,92E-02	-2,37E-02	0	47,51	53,27	-60,21	1,74E-02	1,46E-03	0	-30,25	23,27	-2,97	2,38E-02	-1,35E-02	0
545	-55,12	-7,19	20,60	3,59E-02	-2,27E-02	0	46,23	52,41	-59,29	1,53E-02	9,21E-04	0	-29,51	24,55	-3,88	2,36E-02	-1,33E-02	0
546	-56,55	-6,69	19,79	3,27E-02	-2,02E-02	0	44,95	51,59	-58,38	1,32E-02	3,84E-04	0	-28,77	25,82	-4,78	2,36E-02	-1,33E-02	0
547	-57,97	-6,21	18,95	2,94E-02	-1,77E-02	0	43,67	50,77	-57,47	8,21E-03	-4,66E-04	0	-40,50	-5,59	12,41	2,06E-02	-1,10E-02	0
548	-59,39	-5,72	18,10	2,63E-02	-1,73E-02	0	42,40	49,95	-56,57	3,25E-03	-1,32E-03	0	-40,03	-4,02	11,83	2,06E-02	-1,10E-02	0
549	-60,82	-5,22	17,24	2,33E-02	-1,70E-02	0	41,14	49,14	-55,66	1,79E-03	-2,24E-03	0	-39,56	-2,46	11,26	2,15E-02	-1,27E-02	0
550	-62,25	-4,71	16,38	2,33E-02	-1,70E-02	0	39,88	48,34	-54,75	3,29E-04	-3,17E-03	0	-39,08	-0,90	10,68	2,25E-02	-1,44E-02	0
551	-29,24	-16,09	30,18	2,75E-02	-1,72E-02	0	38,62	47,54	-53,84	-3,29E-04	-6,36E-03	0	-38,60	0,66	10,10	2,44E-02	-1,57E-02	0
552	-30,77	-15,39	29,74	2,75E-02	-1,72E-02	0	37,44	46,99	-52,									

	25-1						25-2						25-3						
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	
553	-32.30	-14.69	29.30	3.26E-02	-1.79E-02	0	36.26	46.43	-51.65	-9.87E-04	-9.55E-03	0	-37.60	3.72	8.92	2.93E-02	-1.88E-02	0	
554	-33.81	-13.99	28.85	3.52E-02	-1.83E-02	0	35.21	46.26	-50.29	-9.87E-04	-9.55E-03	0	-37.07	5.23	8.29	3.23E-02	-2.07E-02	0	
555	-35.32	-13.29	28.40	3.86E-02	-2.17E-02	0	34.16	46.09	-48.92	2.48E-03	-8.01E-03	0	-36.55	6.73	7.66	3.46E-02	-2.09E-02	0	
556	-36.82	-12.60	27.93	4.20E-02	-2.50E-02	0	33.15	46.06	-47.48	5.95E-03	-6.47E-03	0	-35.99	8.21	6.98	3.70E-02	-2.11E-02	0	
557	-38.31	-11.92	27.46	4.43E-02	-2.61E-02	0	32.15	46.02	-46.03	8.43E-03	-6.82E-03	0	-35.43	9.68	6.31	3.75E-02	-2.15E-02	0	
558	-39.80	-11.26	26.95	4.65E-02	-2.72E-02	0	31.16	46.02	-44.57	1.09E-02	-7.16E-03	0	-34.83	11.11	5.58	3.79E-02	-2.19E-02	0	
559	-41.28	-10.61	26.44	4.92E-02	-2.81E-02	0	30.16	46.02	-43.11	1.49E-02	-8.42E-03	0	-34.24	12.54	4.85	3.79E-02	-2.19E-02	0	
560	-42.76	-9.99	25.86	5.20E-02	-2.90E-02	0	29.16	46.04	-41.63	1.89E-02	-9.67E-03	0	-33.61	13.92	4.07	3.79E-02	-2.19E-02	0	
561	-44.23	-9.37	25.29	5.20E-02	-2.91E-02	0	28.17	46.06	-40.15	2.26E-02	-1.25E-02	0	-32.97	15.31	3.29	3.68E-02	-2.16E-02	0	
562	-45.69	-8.79	24.65	5.20E-02	-2.91E-02	0	27.16	46.08	-38.66	2.63E-02	-1.53E-02	0	-32.31	16.65	2.46	3.58E-02	-2.12E-02	0	
563	-47.14	-8.21	24.00	5.14E-02	-2.90E-02	0	26.15	46.09	-37.18	2.96E-02	-1.81E-02	0	-31.64	17.99	1.63	3.27E-02	-2.01E-02	0	
564	-48.59	-7.67	23.28	5.08E-02	-2.88E-02	0	25.14	46.11	-35.68	3.30E-02	-2.09E-02	0	-30.95	19.30	0.76	2.97E-02	-1.90E-02	0	
565	-50.03	-7.12	22.57	4.82E-02	-2.76E-02	0	24.12	46.12	-34.18	3.58E-02	-2.29E-02	0	-30.25	20.60	-0.11	2.78E-02	-1.74E-02	0	
566	-51.45	-6.61	21.79	4.55E-02	-2.64E-02	0	23.09	46.12	-32.68	3.86E-02	-2.50E-02	0	-29.54	21.89	-1.01	2.59E-02	-1.59E-02	0	
567	-52.88	-6.11	21.02	4.28E-02	-2.46E-02	0	22.07	46.13	-31.17	4.19E-02	-2.60E-02	0	-28.82	23.17	-1.91	2.49E-02	-1.44E-02	0	
568	-54.31	-5.62	20.20	4.01E-02	-2.28E-02	0	21.04	46.12	-29.65	4.52E-02	-2.71E-02	0	-28.08	24.45	-2.82	2.40E-02	-1.29E-02	0	
569	-55.73	-5.14	19.38	3.64E-02	-2.05E-02	0	20.02	46.12	-28.13	4.84E-02	-2.82E-02	0	-27.34	25.72	-3.73	2.40E-02	-1.29E-02	0	
570	-57.16	-4.66	18.54	3.27E-02	-1.83E-02	0	18.99	46.11	-26.61	5.15E-02	-2.92E-02	0	-26.59	27.00	-4.64	2.40E-02	-1.29E-02	0	
571	-58.59	-4.18	17.70	2.95E-02	-1.79E-02	0	17.96	46.10	-25.08	5.59E-02	-3.00E-02	0	-25.85	28.28	-5.55	2.40E-02	-1.29E-02	0	
572	-60.02	-3.69	16.84	2.33E-02	-1.70E-02	0	16.92	46.09	-23.54	6.02E-02	-3.08E-02	0	-25.11	29.56	-6.46	2.40E-02	-1.29E-02	0	
573	-61.45	-3.20	15.98	2.33E-02	-1.70E-02	0	15.88	46.08	-22.00	7.02E-02	-3.28E-02	0	-24.37	30.84	-7.37	2.33E-02	-1.57E-02	0	
574	-31.50	-13.15	28.88	3.84E-02	-1.86E-02	0	14.80	46.07	-20.44	8.01E-02	-3.47E-02	0	-23.63	32.12	-8.28	2.33E-02	-1.69E-02	0	
575	-33.01	-12.43	28.43	3.84E-02	-1.86E-02	0	13.73	46.06	-18.89	9.58E-02	-4.18E-02	0	-22.89	33.40	-9.19	2.33E-02	-1.81E-02	0	
576	-34.52	-11.72	27.98	4.20E-02	-2.22E-02	0	12.65	45.99	-17.32	1.11E-01	-4.89E-02	0	-22.15	34.68	-10.10	2.33E-02	-2.08E-02	0	
577	-36.01	-11.03	27.51	4.57E-02	-2.58E-02	0	11.57	45.92	-15.76	1.32E-01	-6.01E-02	0	-21.41	35.96	-11.01	2.33E-02	-2.35E-02	0	
578	-37.50	-10.33	27.05	4.78E-02	-2.72E-02	0	10.47	45.74	-14.21	1.53E-01	-7.12E-02	0	-20.67	37.24	-11.92	2.33E-02	-2.62E-02	0	
579	-38.98	-9.67	26.54	4.98E-02	-2.86E-02	0	9.37	45.57	-12.65	1.86E-01	-9.00E-02	0	-19.93	38.52	-12.83	2.33E-02	-2.89E-02	0	
580	-40.47	-9.01	26.03	5.23E-02	-2.90E-02	0	8.27	45.31	-11.05	2.19E-01	-1.09E-01	0	-19.19	39.80	-13.74	2.33E-02	-3.16E-02	0	
581	-41.94	-8.38	25.46	5.48E-02	-2.95E-02	0	7.17	45.05	-9.44	2.53E-01	-1.36E-01	0	-18.45	41.08	-14.65	2.33E-02	-3.43E-02	0	
582	-43.41	-7.76	24.88	5.48E-02	-2.96E-02	0	6.07	44.56	-7.88	2.87E-01	-1.63E-01	0	-17.71	42.36	-15.56	2.33E-02	-3.70E-02	0	
583	-44.87	-7.18	24.24	5.48E-02	-2.97E-02	0	4.97	44.07	-6.31	3.34E-01	-1.96E-01	0	-16.97	43.64	-16.47	2.33E-02	-3.97E-02	0	
584	-46.33	-6.60	23.60	5.40E-02	-2.96E-02	0	3.87	43.32	-4.76	3.81E-01	-2.30E-01	0	-16.23	44.92	-17.38	2.33E-02	-4.24E-02	0	
585	-47.77	-6.06	22.88	5.33E-02	-2.95E-02	0	2.77	42.57	-3.20	4.35E-01	-2.60E-01	0	-15.49	46.20	-18.29	2.33E-02	-4.51E-02	0	
586	-49.21	-5.52	22.16	5.10E-02	-2.88E-02	0	1.67	41.48	-1.63	4.90E-01	-2.90E-01	0	-14.75	47.48	-19.20	2.33E-02	-4.78E-02	0	
587	-50.64	-5.02	21.38	4.87E-02	-2.82E-02	0	0.57	40.38	-0.06	4.90E-01	-2.90E-01	0	-14.01	48.76	-20.11	2.33E-02	-5.05E-02	0	
588	-52.07	-4.52	20.60	4.64E-02	-2.55E-02	0	-0.53	38.92	1.44	4.90E-01	-2.90E-01	1	-13.27	50.04	-21.02	2.33E-02	-5.32E-02	0	
589	-53.50	-4.05	19.78	4.42E-02	-2.29E-02	0	-1.43	37.45	2.93	4.71E-01	-2.80E-01	1	-12.53	51.32	-21.93	2.33E-02	-5.59E-02	0	
590	-54.92	-3.58	18.96	4.01E-02	-2.09E-02	0	-2.33	35.87	4.43	4.52E-01	-2.70E-01	1	-11.79	52.60	-22.84	2.33E-02	-5.86E-02	0	
591	-56.35	-3.11	18.12	3.59E-02	-1.89E-02	0	-3.23	34.28	5.93	3.98E-01	-2.34E-01	0	-11.05	53.88	-23.75	2.33E-02	-6.13E-02	0	
592	-57.79	-2.65	17.28	3.59E-02	-1.89E-02	0	-4.13	32.65	7.43	3.44E-01	-1.99E-01	0	-10.31	55.16	-24.66	2.33E-02	-6.40E-02	0	
593	-30.71	-11.60	28.46	3.84E-02	-1.86E-02	0	-5.03	31.02	8.93	2.99E-01	-1.69E-01	0	-9.57	56.44	-25.57	2.33E-02	-6.67E-02	0	
594	-32.21	-10.88	28.01	3.84E-02	-1.86E-02	0	-5.93	29.43	10.43	2.53E-01	-1.39E-01	0	-8.83	57.72	-26.48	2.33E-02	-6.94E-02	0	
595	-33.71	-10.15	27.56	4.57E-02	-2.47E-02	0	-6.83	27.83	11.93	2.18E-01	-1.15E-01	0	-8.09	59.00	-27.39	2.33E-02	-7.21E-02	0	
596	-35.20	-9.45	27.09	4.94E-02	-2.77E-02	0	-7.73	26.30	13.43	1.83E-01	-9.07E-02	0	-7.35	60.28	-28.30	2.33E-02	-7.48E-02	0	
597	-36.69	-8.75	26.63	5.13E-02	-2.84E-02	0	-8.63	24.76	14.93	1.56E-01	-7.72E-02	0	-6.61	61.56	-29.21	2.33E-02	-7.75E-02	0	
598	-38.17	-8.07	26.12	5.32E-02	-2.91E-02	0	-9.53	23.26	16.43	1.28E-01	-6.37E-02	0	-5.87	62.84	-30.12	2.33E-02	-8.02E-02	0	
599	-39.65	-7.40	25.62	5.50E-02	-2.94E-02	0	-10.43	21.75	17.93	9.46	1.14E-01	-5.21E-02	0	-5.13	64.12	-31.03	2.33E-02	-8.29E-02	0
600	-41.13	-6.78	25.05	5.69E-02	-2.97E-02	0	-11.33	20.26	19.43	9.56	1.01E-01	-4.05E-02	0	-4.39	65.40	-31.94	2.33E-02	-8.56E-02	0
601	-42.60	-6.15	24.48	5.69E-02	-2.99E-02	0	-12.23	18.77	20.93	8.65	8.60E-02	-3.66E-02	0	-3.65	66.68	-32.85	2.33E-02	-8.83E-02	0
602	-44.05	-5.57	23.83	5.69E-02	-3.00E-02	0	-13.13	17.31	22.43	7.74	7.12E-02	-3.28E-02	0	-2.91	67.96	-33.76	2.33E-02	-9.10E-02	0
603	-45.51	-4.99	23.19	5.64E-02	-3.00E-02	0	-14.03	15.86	23.93	6.47E-02	-3.17E-02	0	-2.17	69.24	-34.67	2.33E-02	-9.37E-02	0	
604	-46.95	-4.46	22.47	5.60E-02	-2.99E-02	0	-14.93	14.43	25.43	5.82E-02	-3.06E-02	0	-1.43	70.52	-35.58	2.33E-02	-9.64E-02	0	
605	-48.39	-3.92	21.75	5.36E-02	-2.96E-02	0	-15.83	13.00	26.93	5.56E-02	-2.98E-02	0	-0.69	71.80	-36.49	2.33E-02	-9.91E-02	0	
606	-49.82	-3.43	20.97	5.12E-02	-2.93E-02	0	-16.73	11.57	28.43	5.30E-02	-2.90E-02	0	0.05	73.08	-37.40	2.33E-02	-1.01E-01	0	
607	-51.25	-2.94	20.19	4.90E-02	-2.74E-02	0	-17.63	10.13	29.93	4.96E-02	-2.82E-02	0	0.81	74.36	-38.31	2.33E-02	-1.03E-01	0	
608	-52.68	-2.48	19.37	4.69E-02	-2.55E-02	0	-18.53	8.71	31.43	4.63E-02	-2.73E-02	0	1.57	75.64	-39.22	2.33E-02	-1.06E-01	0	
609	-54.11	-2.02	18.55	4.32E-02	-2.33E-02	0	-19.43	7.28	32.93	4.35E-02	-2.57E-02	0	2.33	76.92	-40.13	2.33E-02	-1.09E-01	0	
610	-55.55	-1.56	17.71	3.59E-02	-1.89E-02	0	-20.33	5.86	34.43	4.08E-02	-2.41E-02	0	3.09	78.20	-41.04	2.33E-02	-1.12E-01	0	
611	-56.99	-1.11	16.87	3.59E-02	-1.89E-02	0	-21.23	4.43	35.93	3.68E-02	-2.15E-02	0	3.85	79.48	-41.95	2.33E-02	-1.15E-01	0	
612	-32.91	-8.57	27.12	5.30E-02	-2.96E-02	0	-22.13	3.02	37.43	3.29E-02	-1.89E-02	0	4.61	80.76	-42.86	2.33E-02	-1.18E-01	0	
613	-34.39	-7.86	26.67	5.30E-02	-2.96E-02	0	-23.03	1.60	38.93	2.92E-02	-1.60E-02	0	5.37	82.04	-43.77	2.33E-02	-1.21E-01	0	
614	-35.87	-7.15	26.21	5.48E-02	-2.96E-02	0	-23.93	0.20	40.43	2.54E-02	-1.31E-02	0	6.13	83.32	-44.68	2.33E			

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
615	-37,35	-6,47	25,71	5,66E-02	-2,97E-02	0	-43,42	-1,21	9,83	2,14E-02	-1,04E-02	0	-24,49	25,53	-1,64	2,61E-02	-1,56E-02	0
616	-38,83	-5,79	25,21	5,78E-02	-2,98E-02	0	-44,53	-2,60	9,83	1,74E-02	-7,79E-03	0	-36,16	-5,78	15,42	2,33E-02	-1,57E-02	0
617	-40,30	-5,16	24,64	5,90E-02	-2,99E-02	0	-45,63	-4,00	9,83	1,33E-02	-6,41E-03	0	-35,67	-4,20	14,86	2,33E-02	-1,57E-02	0
618	-41,78	-4,53	24,07	5,90E-02	-3,02E-02	0	-46,75	-5,37	9,84	9,19E-03	-5,04E-03	0	-35,18	-2,63	14,29	2,55E-02	-1,61E-02	0
619	-43,23	-3,95	23,43	5,90E-02	-3,04E-02	0	-47,86	-6,74	9,85	7,18E-03	-5,04E-03	0	-34,68	-1,07	13,73	2,78E-02	-1,66E-02	0
620	-44,69	-3,37	22,78	5,88E-02	-3,04E-02	0	-48,98	-8,09	9,91	5,17E-03	-5,04E-03	0	-34,17	0,48	13,18	3,15E-02	-2,01E-02	0
621	-46,13	-2,84	22,06	5,87E-02	-3,04E-02	0	-50,11	-9,43	9,97	2,50E-03	-8,15E-03	0	-33,66	2,01	12,61	3,52E-02	-2,35E-02	0
622	-47,57	-2,31	21,34	5,62E-02	-3,04E-02	0	-51,28	-10,68	10,18	-1,76E-04	-1,13E-02	0	-33,15	3,55	12,04	3,85E-02	-2,38E-02	0
623	-49,01	-1,83	20,54	5,37E-02	-3,04E-02	0	-52,44	-11,94	10,40	-2,92E-04	-1,13E-02	0	-32,62	5,05	11,44	4,19E-02	-2,42E-02	0
624	-50,45	-1,35	19,75	5,16E-02	-2,93E-02	0	-53,67	-12,93	11,04	-4,08E-04	-1,13E-02	0	-32,09	6,55	10,84	4,52E-02	-2,64E-02	0
625	-51,86	-0,89	18,94	4,95E-02	-2,82E-02	0	-54,91	-13,92	11,68	9,87E-05	-6,36E-03	0	-31,54	8,02	10,19	4,85E-02	-2,87E-02	0
626	-53,27	-0,44	18,13	4,95E-02	-2,82E-02	0	-56,17	-14,76	12,55	6,05E-04	-1,47E-03	0	-30,98	9,49	9,53	4,96E-02	-2,92E-02	0
627	-32,10	-6,99	26,69	6,52E-02	-3,28E-02	0	-57,43	-15,61	13,41	6,92E-03	-1,25E-03	0	-30,39	10,91	8,81	5,07E-02	-2,97E-02	0
628	-33,58	-6,27	26,24	6,52E-02	-3,28E-02	0	-58,69	-16,46	14,29	1,32E-02	-1,04E-03	0	-29,80	12,33	8,09	5,07E-02	-2,96E-02	0
629	-35,05	-5,55	25,78	6,47E-02	-3,28E-02	0	-59,96	-17,30	15,16	1,55E-02	-1,19E-03	0	-29,17	13,70	7,31	5,07E-02	-2,96E-02	0
630	-36,53	-4,87	25,29	6,43E-02	-3,28E-02	0	-61,26	-18,16	16,05	1,77E-02	-1,34E-03	0	-28,55	15,07	6,53	4,68E-02	-2,77E-02	0
631	-38,01	-4,18	24,80	6,41E-02	-3,19E-02	0	-62,57	-19,02	16,93	2,02E-02	-1,20E-03	0	-27,89	16,40	5,69	4,30E-02	-2,59E-02	0
632	-39,48	-3,55	24,23	6,39E-02	-3,09E-02	0	-63,85	-19,88	17,84	2,26E-02	-1,05E-03	0	-27,23	17,73	4,84	4,14E-02	-2,48E-02	0
633	-40,95	-2,91	23,67	6,36E-02	-3,10E-02	0	-65,14	-20,75	18,74	2,09E-02	-4,89E-04	0	-26,56	19,02	3,96	3,99E-02	-2,37E-02	0
634	-42,41	-2,33	23,02	6,33E-02	-3,11E-02	0	-66,43	-21,60	19,62	1,91E-02	7,35E-05	0	-25,88	20,31	3,07	3,61E-02	-2,18E-02	0
635	-43,87	-1,75	22,38	6,32E-02	-3,11E-02	0	-67,73	-22,45	20,51	1,90E-02	7,35E-05	0	-25,18	21,59	2,15	3,24E-02	-1,98E-02	0
636	-45,31	-1,23	21,65	6,31E-02	-3,11E-02	0	-69,00	-23,29	21,38	1,88E-02	7,35E-05	0	-24,49	22,87	1,24	3,01E-02	-1,92E-02	0
637	-46,75	-0,70	20,92	6,29E-02	-3,13E-02	0	-70,26	-24,14	22,26	1,88E-02	7,35E-05	0	-23,77	24,16	0,31	2,79E-02	-1,87E-02	0
638	-48,20	-0,23	20,12	6,27E-02	-3,15E-02	0	52,72	58,43	-65,58	1,72E-02	1,78E-03	0	-23,05	25,44	-0,61	2,79E-02	-1,87E-02	0
639	-49,65	0,25	19,32	6,16E-02	-3,27E-02	0	51,45	57,59	-64,66	1,72E-02	1,78E-03	0	-34,71	-5,85	16,43	2,33E-02	-1,57E-02	0
640	-51,04	0,69	18,52	6,06E-02	-3,38E-02	0	50,17	56,75	-63,74	1,76E-02	1,62E-03	0	-34,22	-4,28	15,86	2,33E-02	-1,57E-02	0
641	-52,43	1,13	17,72	6,06E-02	-3,38E-02	0	48,88	55,92	-62,84	1,81E-02	1,46E-03	0	-33,72	-2,70	15,30	2,88E-02	-1,66E-02	0
642	-31,31	-5,35	26,22	7,75E-02	-3,60E-02	0	47,59	55,10	-61,93	1,76E-02	1,46E-03	0	-33,21	-1,15	14,75	3,15E-02	-1,70E-02	0
643	-32,78	-4,63	25,78	7,75E-02	-3,60E-02	0	46,30	54,25	-61,01	1,71E-02	1,46E-03	0	-32,70	0,41	14,20	3,54E-02	-2,04E-02	0
644	-34,24	-3,92	25,34	7,47E-02	-3,60E-02	0	45,01	53,40	-60,10	1,48E-02	9,21E-04	0	-32,18	1,94	13,64	3,92E-02	-2,38E-02	0
645	-35,71	-3,24	24,86	7,20E-02	-3,60E-02	0	43,73	52,57	-59,19	1,26E-02	3,84E-04	0	-31,66	3,48	13,09	4,22E-02	-2,51E-02	0
646	-37,19	-2,55	24,38	7,04E-02	-3,39E-02	0	42,46	51,75	-58,28	7,53E-03	-4,66E-04	0	-31,13	4,98	12,49	4,52E-02	-2,64E-02	0
647	-38,66	-1,92	23,82	6,88E-02	-3,19E-02	0	41,20	50,93	-57,37	2,49E-03	-1,32E-03	0	-30,60	6,49	11,90	4,84E-02	-2,79E-02	0
648	-40,13	-1,28	23,26	6,82E-02	-3,19E-02	0	39,93	50,12	-56,47	1,37E-03	-2,35E-03	0	-30,05	7,95	11,26	5,16E-02	-2,94E-02	0
649	-41,59	-0,70	22,62	6,76E-02	-3,19E-02	0	38,68	49,32	-55,56	2,40E-04	-3,38E-03	0	-29,49	9,42	10,61	5,24E-02	-2,98E-02	0
650	-43,05	-0,12	21,97	6,76E-02	-3,19E-02	0	37,42	48,53	-54,65	-2,72E-04	-6,46E-03	0	-28,90	10,84	9,89	5,32E-02	-3,03E-02	0
651	-44,49	0,40	21,24	6,76E-02	-3,19E-02	0	36,25	47,98	-53,55	-7,85E-04	-9,55E-03	0	-28,31	12,26	9,18	5,32E-02	-3,00E-02	0
652	-45,92	0,92	20,51	6,96E-02	-3,23E-02	0	35,07	47,44	-52,44	-7,85E-04	-9,55E-03	0	-27,69	13,63	8,39	5,32E-02	-2,98E-02	0
653	-47,35	1,39	19,71	7,16E-02	-3,27E-02	0	34,03	47,28	-51,07	-7,85E-04	-9,55E-03	0	-27,06	15,00	7,61	5,00E-02	-2,88E-02	0
654	-48,78	1,86	18,91	7,16E-02	-3,60E-02	0	32,98	47,12	-49,70	2,05E-03	-7,69E-03	0	-26,41	16,32	6,76	4,68E-02	-2,77E-02	0
655	-50,17	2,29	18,09	7,16E-02	-3,94E-02	0	31,98	47,08	-48,26	4,89E-03	-5,84E-03	0	-25,76	17,64	5,91	4,41E-02	-2,67E-02	0
656	-51,56	2,73	17,28	7,16E-02	-3,94E-02	0	30,98	47,04	-46,82	7,15E-03	-5,84E-03	0	-25,08	18,93	5,02	4,14E-02	-2,57E-02	0
657	-30,52	-3,71	25,76	8,88E-02	-4,23E-02	0	29,99	47,04	-45,35	9,41E-03	-5,84E-03	0	-24,41	20,22	4,13	3,88E-02	-2,41E-02	0
658	-31,97	-3,00	25,33	8,88E-02	-4,23E-02	0	29,00	47,05	-43,89	1,37E-02	-7,66E-03	0	-23,72	21,50	3,20	3,62E-02	-2,24E-02	0
659	-33,43	-2,28	24,90	8,74E-02	-4,13E-02	0	28,00	47,06	-42,41	1,80E-02	-9,49E-03	0	-23,04	22,78	2,28	3,34E-02	-2,12E-02	0
660	-34,90	-1,60	24,43	8,60E-02	-4,02E-02	0	27,01	47,08	-40,93	2,24E-02	-1,24E-02	0	-22,33	24,06	1,35	2,79E-02	-1,87E-02	0
661	-36,37	-0,92	23,96	8,32E-02	-3,80E-02	0	26,01	47,10	-39,44	2,68E-02	-1,53E-02	0	-21,62	25,35	0,41	2,79E-02	-1,87E-02	0
662	-37,84	-0,29	23,41	8,03E-02	-3,58E-02	0	25,01	47,12	-37,95	3,05E-02	-1,82E-02	0	-20,92	26,64	0,47	2,52E-02	-1,75E-02	0
663	-39,30	0,35	22,85	7,97E-02	-3,58E-02	0	23,99	47,13	-36,45	3,43E-02	-2,11E-02	0	-20,22	27,93	0,52	2,25E-02	-1,63E-02	0
664	-40,76	0,93	22,21	7,92E-02	-3,58E-02	0	22,98	47,14	-34,95	3,84E-02	-2,36E-02	0	-19,51	29,22	0,57	1,98E-02	-1,51E-02	0
665	-42,22	1,51	21,56	7,92E-02	-3,59E-02	0	21,96	47,14	-33,43	4,25E-02	-2,62E-02	0	-18,80	30,51	0,62	1,73E-02	-1,39E-02	0
666	-43,66	2,02	20,83	7,92E-02	-3,61E-02	0	20,94	47,15	-31,92	4,52E-02	-2,71E-02	0	-18,09	31,80	0,67	1,48E-02	-1,27E-02	0
667	-45,09	2,54	20,10	8,02E-02	-3,82E-02	0	19,91	47,15	-30,40	4,79E-02	-2,80E-02	0	-17,38	33,09	0,72	1,23E-02	-1,15E-02	0
668	-46,50	3,01	19,30	8,12E-02	-4,03E-02	0	18,88	47,14	-28,88	5,09E-02	-2,87E-02	0	-16,67	34,38	0,77	9,67E-03	-1,03E-02	0
669	-47,91	3,47	18,50	7,80E-02	-4,00E-02	0	17,85	47,14	-27,35	5,39E-02	-2,94E-02	0	-15,96	35,67	0,82	7,38E-03	-9,14E-03	0
670	-49,30	3,90	17,67	7,16E-02	-3,94E-02	0	16,82	47,13	-25,81	5,75E-02	-3,01E-02	0	-15,25	36,96	0,87	5,09E-03	-8,25E-03	0
671	-50,69	4,32	16,84	7,16E-02	-3,94E-02	0	15,78	47,12	-24,27	6,10E-02	-3,08E-02	0	-14,54	38,25	0,92	2,80E-03	-7,36E-03	0
672	-29,73	-1,99	25,25	1,00E-01	-4,87E-02	0	14,74	47,11	-22,73	6,97E-02	-3,21E-02	0	-13,83	39,54	0,97	5,58E-03	-6,47E-03	0
673	-31,17	-1,29	24,83	1,00E-01	-4,87E-02	0	13,67	47,10	-21,17	7,84E-02	-3,35E-02	0	-13,12	40,83	1,02	3,30E-03	-5,58E-03	0
674	-32,62	-0,59	24,42	1,00E-01	-4,66E-02	0	12,60	47,09	-19,61	9,49E-02	-4,01E-02	0	-12,41	42,12	1,07	1,11E-03	-4,69E-03	0
675	-34,08	0,08	23,96	1,00E-01	-4,45E-02	0	11,44	47,01	-18,04	1,11E-01	-4,67E-02	0	-11,70	43,41	1,12	5,07E-04	-4,80E-03	0
676	-35,54	0,75	23,51	9,60E-02	-4,21E-02	0	10,27	46,94	-16,48	1,28E-01	-5,90E-02	0</						

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
677	-37,00	1,38	22,96	9,18E-02	-3,97E-02	0	9,00	46,74	-14,92	1,44E-01	-7,12E-02	0	-23,60	18,84	6,07	4,30E-02	-2,77E-02	0
678	-38,47	2,01	22,41	9,13E-02	-3,97E-02	0	7,72	46,55	-13,37	1,79E-01	-9,00E-02	0	-22,93	20,13	5,17	4,15E-02	-2,64E-02	0
679	-39,92	2,59	21,77	9,07E-02	-3,97E-02	0	6,31	46,27	-11,75	2,15E-01	-1,09E-01	0	-22,25	21,41	4,24	4,00E-02	-2,51E-02	0
680	-41,37	3,16	21,13	9,07E-02	-3,99E-02	0	4,89	45,99	-10,14	2,48E-01	-1,36E-01	0	-21,57	22,69	3,31	4,00E-02	-2,51E-02	0
681	-42,79	3,68	20,40	9,07E-02	-4,02E-02	0	3,27	45,47	-8,56	2,82E-01	-1,63E-01	0	-30,80	-2,87	17,32	3,52E-02	-1,75E-02	0
682	-44,22	4,19	19,67	9,07E-02	-4,41E-02	0	1,66	44,96	-6,97	3,31E-01	-1,96E-01	0	-30,27	-1,32	16,79	3,52E-02	-1,75E-02	0
683	-45,61	4,66	18,86	9,07E-02	-4,80E-02	0	-0,19	44,17	-5,39	3,81E-01	-2,30E-01	0	-29,73	0,24	16,26	4,23E-02	-2,38E-02	0
684	-46,99	5,13	18,05	9,07E-02	-4,80E-02	0	-2,04	43,39	-3,80	4,35E-01	-2,62E-01	0	-29,21	1,77	15,72	4,59E-02	-2,69E-02	0
685	-28,94	-0,26	24,70	1,00E-01	-4,87E-02	0	-4,12	42,26	-2,20	4,90E-01	-2,94E-01	0	-28,68	3,31	15,18	4,88E-02	-2,83E-02	0
686	-30,38	0,41	24,32	1,00E-01	-4,87E-02	0	-6,20	41,13	-0,61	4,90E-01	-2,94E-01	0	-28,14	4,82	14,61	5,18E-02	-2,96E-02	0
687	-31,81	1,09	23,94	1,09E-01	-5,33E-02	0	-8,32	39,67	0,89	4,90E-01	-2,94E-01	1	-27,60	6,33	14,04	5,44E-02	-3,01E-02	0
688	-33,26	1,76	23,49	1,14E-01	-5,56E-02	0	-10,44	38,20	2,39	4,71E-01	-2,82E-01	1	-27,04	7,80	13,40	5,71E-02	-3,05E-02	0
689	-34,72	2,42	23,05	1,12E-01	-5,23E-02	0	-12,36	36,63	3,58	4,52E-01	-2,70E-01	0	-26,48	9,27	12,77	5,79E-02	-3,09E-02	0
690	-36,17	3,05	22,51	1,10E-01	-4,90E-02	0	-14,27	35,07	4,77	3,98E-01	-2,34E-01	0	-25,89	10,69	12,06	5,86E-02	-3,14E-02	0
691	-37,63	3,67	21,97	1,10E-01	-4,90E-02	0	-15,96	33,46	5,58	3,44E-01	-1,99E-01	0	-25,31	12,12	11,34	5,86E-02	-3,11E-02	0
692	-39,07	4,24	21,33	1,09E-01	-4,90E-02	0	-17,66	31,86	6,38	2,96E-01	-1,69E-01	0	-24,69	13,48	10,55	5,86E-02	-3,09E-02	0
693	-40,52	4,81	20,69	1,09E-01	-4,93E-02	0	-19,16	30,29	6,94	2,49E-01	-1,39E-01	0	-24,07	14,84	9,76	5,62E-02	-3,08E-02	0
694	-41,93	5,33	19,96	1,09E-01	-4,95E-02	0	-20,67	28,73	7,50	2,13E-01	-1,15E-01	0	-23,42	16,16	8,90	5,38E-02	-3,07E-02	0
695	-43,34	5,85	19,23	1,11E-01	-5,14E-02	0	-22,05	27,22	7,91	1,76E-01	-9,07E-02	0	-22,77	17,47	8,04	5,04E-02	-2,93E-02	0
696	-44,71	6,32	18,42	1,13E-01	-5,33E-02	0	-23,44	25,71	8,32	1,52E-01	-7,43E-02	0	-22,11	18,76	7,13	4,70E-02	-2,79E-02	0
697	-46,08	6,79	17,61	1,13E-01	-5,33E-02	0	-24,73	24,22	8,56	1,28E-01	-5,80E-02	0	-21,45	20,05	6,22	4,42E-02	-2,72E-02	0
698	-30,98	2,84	23,33	1,28E-01	-6,68E-02	0	-26,02	22,73	8,79	1,13E-01	-4,85E-02	0	-20,78	21,32	5,28	4,15E-02	-2,64E-02	0
699	-32,42	3,48	22,89	1,28E-01	-6,68E-02	0	-27,25	21,25	8,88	9,71E-02	-3,91E-02	0	-20,11	22,60	4,34	4,15E-02	-2,64E-02	0
700	-33,86	4,13	22,46	1,28E-01	-6,26E-02	0	-28,48	19,77	8,97	8,40E-02	-3,51E-02	0	-28,24	0,14	17,28	4,85E-02	-2,97E-02	0
701	-35,30	4,74	21,93	1,28E-01	-5,84E-02	0	-29,66	18,32	8,99	7,09E-02	-3,11E-02	0	-27,70	1,68	16,76	4,85E-02	-2,97E-02	0
702	-36,74	5,34	21,39	1,28E-01	-5,84E-02	0	-30,85	16,86	9,01	6,55E-02	-3,10E-02	0	-27,17	3,22	16,23	5,18E-02	-3,01E-02	0
703	-38,17	5,91	20,76	1,28E-01	-5,84E-02	1	-32,03	15,43	9,03	6,01E-02	-3,08E-02	0	-26,63	4,73	15,67	5,51E-02	-3,05E-02	0
704	-39,59	6,47	20,13	1,28E-01	-5,86E-02	1	-33,20	13,99	9,04	5,80E-02	-3,02E-02	0	-26,09	6,25	15,11	5,73E-02	-3,07E-02	0
705	-40,99	6,99	19,41	1,28E-01	-5,87E-02	0	-34,37	12,55	9,06	5,58E-02	-2,96E-02	0	-25,53	7,72	14,48	5,95E-02	-3,09E-02	0
706	-42,38	7,50	18,69	1,32E-01	-5,87E-02	0	-35,54	11,12	9,07	5,29E-02	-2,89E-02	0	-24,97	9,20	13,85	6,05E-02	-3,14E-02	0
707	-43,72	7,97	17,89	1,36E-01	-5,87E-02	0	-36,69	9,69	9,08	5,00E-02	-2,82E-02	0	-24,38	10,62	13,14	6,15E-02	-3,18E-02	0
708	-45,07	8,44	17,08	1,36E-01	-5,87E-02	0	-37,85	8,26	9,09	4,63E-02	-2,67E-02	0	-23,79	12,04	12,43	6,15E-02	-3,18E-02	0
709	-30,15	4,59	22,72	1,59E-01	-7,86E-02	0	-39,00	6,84	9,10	4,27E-02	-2,52E-02	0	-23,18	13,40	11,64	6,15E-02	-3,18E-02	0
710	-31,58	5,21	22,29	1,59E-01	-7,86E-02	0	-40,14	5,41	9,10	3,85E-02	-2,23E-02	0	-22,56	14,77	10,84	5,92E-02	-3,18E-02	0
711	-33,01	5,83	21,87	1,56E-01	-7,65E-02	0	-41,27	4,00	9,10	3,43E-02	-1,94E-02	0	-21,91	16,08	9,97	5,70E-02	-3,18E-02	0
712	-34,43	6,42	21,34	1,53E-01	-7,44E-02	0	-42,40	2,58	9,10	3,00E-02	-1,62E-02	0	-21,27	17,39	9,10	5,40E-02	-2,99E-02	0
713	-35,86	7,02	20,82	1,52E-01	-7,44E-02	0	-43,52	1,18	9,10	2,57E-02	-1,30E-02	0	-20,61	18,67	8,18	5,09E-02	-2,81E-02	0
714	-37,26	7,57	20,20	1,51E-01	-7,44E-02	1	-44,64	-0,22	9,09	2,12E-02	-1,02E-02	0	-19,96	19,95	7,26	4,70E-02	-2,79E-02	0
715	-38,67	8,13	19,57	1,51E-01	-7,51E-02	1	-45,75	-1,61	9,09	1,68E-02	-7,46E-03	0	-19,30	21,22	6,32	4,30E-02	-2,78E-02	0
716	-40,04	8,65	18,86	1,51E-01	-7,59E-02	0	-46,86	-3,00	9,08	1,20E-02	-5,21E-03	0	-18,64	22,50	5,37	4,30E-02	-2,78E-02	0
717	-41,41	9,16	18,15	1,56E-01	-7,59E-02	0	-47,97	-4,37	9,09	7,11E-03	-2,97E-03	0	-26,74	0,05	18,31	5,90E-02	-3,19E-02	0
718	-42,73	9,63	17,35	1,61E-01	-7,59E-02	0	-49,08	-5,74	9,10	5,89E-03	-2,97E-03	0	-26,20	1,59	17,80	5,90E-02	-3,19E-02	0
719	-44,06	10,10	16,56	1,61E-01	-7,59E-02	0	-50,21	-7,09	9,15	4,67E-03	-2,97E-03	0	-25,67	3,13	17,28	6,07E-02	-3,21E-02	0
720	-29,30	6,36	21,92	1,90E-01	-9,04E-02	0	-51,34	-8,43	9,21	2,51E-03	-7,84E-03	0	-25,13	4,64	16,73	6,24E-02	-3,23E-02	0
721	-30,70	6,96	21,50	1,90E-01	-9,04E-02	0	-52,50	-9,69	9,42	3,40E-04	-1,27E-02	0	-24,58	6,16	16,18	6,39E-02	-3,18E-02	0
722	-32,10	7,56	21,09	1,84E-01	-9,04E-02	0	-53,66	-10,95	9,62	1,08E-04	-1,27E-02	0	-24,02	7,64	15,56	6,54E-02	-3,14E-02	0
723	-33,51	8,13	20,58	1,77E-01	-9,04E-02	0	-54,88	-11,94	10,25	-1,24E-04	-1,27E-02	0	-23,46	9,12	14,93	6,62E-02	-3,16E-02	0
724	-34,91	8,70	20,06	1,76E-01	-9,04E-02	0	-56,11	-12,94	10,88	1,89E-04	-7,06E-03	0	-22,87	10,54	14,23	6,70E-02	-3,18E-02	0
725	-36,28	9,25	19,45	1,75E-01	-9,04E-02	1	-57,37	-13,78	11,74	5,01E-04	-1,42E-03	0	-22,28	11,96	13,52	6,70E-02	-3,19E-02	0
726	-37,66	9,79	18,84	1,75E-01	-9,17E-02	1	-58,64	-14,63	12,61	6,76E-03	-1,10E-03	0	-21,66	13,33	12,72	6,70E-02	-3,20E-02	0
727	-39,00	10,30	18,14	1,75E-01	-9,31E-02	0	-59,90	-15,48	13,48	1,30E-02	-7,83E-04	0	-21,05	14,69	11,92	6,58E-02	-3,22E-02	0
728	-40,34	10,81	17,44	1,80E-01	-9,31E-02	0	-61,17	-16,32	14,35	1,53E-02	-1,02E-03	0	-20,41	16,00	11,04	6,45E-02	-3,24E-02	0
729	-41,63	11,29	16,66	1,86E-01	-9,31E-02	0	-62,47	-17,18	15,24	1,77E-02	-1,25E-03	0	-19,77	17,31	10,17	6,30E-02	-3,15E-02	0
730	-42,92	11,76	15,88	1,86E-01	-9,31E-02	0	-63,76	-18,04	16,13	2,04E-02	-1,05E-03	0	-19,12	18,58	9,24	6,15E-02	-3,05E-02	0
731	-28,44	8,14	21,12	2,17E-01	-1,13E-01	0	-65,05	-18,90	17,03	2,32E-02	-8,54E-04	0	-18,47	19,86	8,31	5,53E-02	-2,96E-02	0
732	-29,82	8,71	20,71	2,17E-01	-1,13E-01	0	-66,34	-19,76	17,92	2,19E-02	-3,90E-04	0	-17,82	21,12	7,36	4,30E-02	-2,78E-02	0
733	-31,20	9,28	20,31	2,14E-01	-1,13E-01	0	-67,64	-20,61	18,81	2,06E-02	7,35E-05	0	-17,17	22,39	6,41	4,30E-02	-2,78E-02	0
734	-32,58	9,84	19,81	2,11E-01	-1,13E-01	0	-68,93	-21,47	19,70	2,06E-02	7,35E-05	0	-25,19	-0,02	19,33	6,96E-02	-3,42E-02	0
735	-33,96	10,39	19,31	2,10E-01	-1,13E-01	0	-70,20	-22,31	20,58	2,06E-02	7,35E-05	0	-24,66	1,51	18,83	6,96E-02	-3,42E-02	0
736	-35,30	10,92	18,71	2,09E-01	-1,13E-01	0	-71,47	-23,16	21,46	2,06E-02	7,35E-05	0	-24,12	3,04	18,33	6,96E-02	-3,42E-02	0
737	-36,65	11,45	18,11	2,10E-01	-1,15E-01	0	51,52	59,41	-66,38	1,76E-02	9,95E-04	0	-23,59	4,55	17,79	6,96E-02	-3,42E-02	0
738	-37,96	11,96	17,43	2,10E-01	-1,16E-01	0	50,24	58,56	-65,47	1,76E-02	9,95E-04	0	-23,05	6,				

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
739	-39,27	12,46	16,74	2,14E-01	-1,16E-01	0	48,97	57,72	-64,55	1,79E-02	7,00E-04	0	-22,49	7,55	16,64	7,13E-02	-3,18E-02	0
740	-40,53	12,94	15,97	2,18E-01	-1,16E-01	0	47,68	56,90	-63,64	1,81E-02	4,06E-04	0	-21,93	9,03	16,02	7,19E-02	-3,18E-02	0
741	-41,79	13,42	15,20	2,18E-01	-1,16E-01	0	46,39	56,07	-62,73	1,76E-02	4,06E-04	0	-21,34	10,45	15,31	7,26E-02	-3,18E-02	0
742	-27,53	9,92	20,12	2,45E-01	-1,35E-01	0	45,09	55,23	-61,82	1,71E-02	4,06E-04	0	-20,75	11,88	14,60	7,26E-02	-3,20E-02	0
743	-28,87	10,47	19,72	2,45E-01	-1,35E-01	0	43,78	54,39	-60,92	1,48E-02	1,62E-04	0	-20,13	13,24	13,81	7,26E-02	-3,22E-02	0
744	-30,22	11,03	19,32	2,45E-01	-1,35E-01	0	42,52	53,56	-60,00	1,25E-02	-8,18E-05	0	-19,51	14,60	13,01	7,23E-02	-3,26E-02	0
745	-31,56	11,57	18,83	2,44E-01	-1,36E-01	0	41,25	52,73	-59,09	7,46E-03	-6,46E-04	0	-18,88	15,91	12,13	7,21E-02	-3,30E-02	0
746	-32,91	12,11	18,34	2,44E-01	-1,36E-01	0	39,99	51,91	-58,18	2,41E-03	-1,21E-03	0	-18,24	17,21	11,25	7,21E-02	-3,30E-02	0
747	-34,22	12,62	17,76	2,44E-01	-1,36E-01	0	38,73	51,10	-57,28	1,29E-03	-2,35E-03	0	-17,59	18,47	10,31	7,20E-02	-3,30E-02	0
748	-35,54	13,14	17,17	2,45E-01	-1,37E-01	0	37,47	50,30	-56,37	1,77E-04	-3,49E-03	0	-16,94	19,73	9,38	7,20E-02	-3,30E-02	0
749	-36,81	13,64	16,50	2,46E-01	-1,39E-01	0	36,22	49,51	-55,45	-2,53E-04	-6,72E-03	0	-23,64	-0,10	20,35	8,43E-02	-4,02E-02	0
750	-38,08	14,14	15,83	2,48E-01	-1,39E-01	0	35,05	48,98	-54,34	-6,83E-04	-9,95E-03	0	-23,11	1,42	19,86	8,43E-02	-4,02E-02	0
751	-39,31	14,61	15,08	2,51E-01	-1,39E-01	0	33,88	48,45	-53,23	-6,83E-04	-9,95E-03	0	-22,58	2,94	19,38	8,43E-02	-3,88E-02	0
752	-40,54	15,07	14,33	2,51E-01	-1,39E-01	0	32,84	48,29	-51,86	-6,82E-04	-9,95E-03	0	-22,05	4,46	18,85	8,43E-02	-3,73E-02	0
753	-26,61	11,69	19,12	2,77E-01	-1,60E-01	0	31,80	48,14	-50,49	1,91E-03	-7,67E-03	0	-21,52	5,98	18,33	8,33E-02	-3,57E-02	0
754	-27,92	12,24	18,73	2,77E-01	-1,60E-01	0	30,80	48,10	-49,05	4,51E-03	-5,40E-03	0	-20,96	7,46	17,72	8,24E-02	-3,41E-02	0
755	-29,24	12,78	18,34	2,77E-01	-1,60E-01	0	29,80	48,06	-47,60	6,96E-03	-5,40E-03	0	-20,39	8,94	17,11	8,27E-02	-3,41E-02	0
756	-30,55	13,30	17,85	2,77E-01	-1,61E-01	0	28,82	48,06	-46,14	9,41E-03	-5,40E-03	0	-19,80	10,37	16,40	8,30E-02	-3,41E-02	0
757	-31,86	13,82	17,37	2,77E-01	-1,61E-01	0	27,83	48,07	-44,68	1,36E-02	-7,44E-03	0	-19,21	11,79	15,69	8,31E-02	-3,44E-02	0
758	-33,14	14,32	16,80	2,77E-01	-1,61E-01	0	26,84	48,09	-43,20	1,78E-02	-9,49E-03	0	-18,60	13,15	14,89	8,32E-02	-3,47E-02	0
759	-34,42	14,82	16,23	2,77E-01	-1,61E-01	0	25,86	48,10	-41,71	2,23E-02	-1,24E-02	0	-17,98	14,52	14,09	8,46E-02	-3,62E-02	0
760	-35,66	15,32	15,58	2,78E-01	-1,62E-01	0	24,86	48,12	-40,22	2,68E-02	-1,53E-02	0	-17,35	15,81	13,21	8,59E-02	-3,77E-02	0
761	-36,89	15,82	14,92	2,76E-01	-1,63E-01	0	23,86	48,14	-38,72	3,06E-02	-1,82E-02	0	-16,71	17,11	12,32	8,79E-02	-3,77E-02	0
762	-38,09	16,27	14,19	2,75E-01	-1,63E-01	0	22,85	48,15	-37,22	3,45E-02	-2,12E-02	0	-16,06	18,35	11,39	8,99E-02	-3,77E-02	0
763	-39,29	16,72	13,46	2,75E-01	-1,63E-01	0	21,84	48,16	-35,71	3,87E-02	-2,37E-02	0	-15,41	19,60	10,45	8,99E-02	-3,77E-02	0
764	-25,57	13,47	17,95	3,09E-01	-1,84E-01	0	20,82	48,16	-34,19	4,29E-02	-2,62E-02	0	-21,96	-0,13	21,30	9,89E-02	-4,63E-02	0
765	-26,87	14,01	17,56	3,09E-01	-1,84E-01	0	19,80	48,17	-32,68	4,55E-02	-2,74E-02	0	-21,45	1,36	20,85	9,89E-02	-4,63E-02	0
766	-28,16	14,55	17,17	3,09E-01	-1,85E-01	0	18,77	48,17	-31,15	4,82E-02	-2,86E-02	0	-20,95	2,85	20,40	9,89E-02	-4,34E-02	0
767	-29,43	15,06	16,69	3,09E-01	-1,85E-01	0	17,75	48,17	-29,62	5,12E-02	-2,92E-02	0	-20,43	4,36	19,88	9,89E-02	-4,04E-02	0
768	-30,71	15,57	16,21	3,09E-01	-1,85E-01	0	16,72	48,16	-28,09	5,41E-02	-2,99E-02	0	-19,91	5,87	19,36	9,62E-02	-3,84E-02	0
769	-31,96	16,06	15,65	3,10E-01	-1,85E-01	0	15,68	48,16	-26,55	5,76E-02	-3,04E-02	0	-19,35	7,34	18,75	9,34E-02	-3,64E-02	0
770	-33,21	16,54	15,08	3,10E-01	-1,85E-01	0	14,65	48,15	-25,01	6,10E-02	-3,09E-02	0	-18,79	8,81	18,14	9,34E-02	-3,64E-02	0
771	-34,42	17,01	14,44	3,10E-01	-1,85E-01	0	13,61	48,15	-23,46	6,96E-02	-3,22E-02	0	-18,20	10,23	17,44	9,34E-02	-3,64E-02	0
772	-35,63	17,48	13,80	3,04E-01	-1,86E-01	0	12,55	48,14	-21,90	7,81E-02	-3,35E-02	0	-17,61	11,65	16,74	9,36E-02	-3,68E-02	0
773	-36,81	17,91	13,08	2,99E-01	-1,87E-01	0	11,48	48,12	-20,33	9,44E-02	-3,99E-02	0	-17,00	13,00	15,94	9,38E-02	-3,73E-02	0
774	-37,99	18,35	12,36	2,99E-01	-1,87E-01	0	10,33	48,04	-18,76	1,11E-01	-4,63E-02	0	-16,38	14,36	15,15	9,68E-02	-3,98E-02	0
775	-24,54	15,26	16,79	3,40E-01	-1,99E-01	0	9,18	47,95	-17,19	1,27E-01	-5,81E-02	0	-15,75	15,65	14,27	9,98E-02	-4,24E-02	0
776	-25,81	15,79	16,40	3,40E-01	-1,99E-01	0	7,93	47,74	-15,64	1,44E-01	-6,99E-02	0	-15,11	16,93	13,40	1,04E-01	-4,24E-02	0
777	-27,08	16,32	16,01	3,40E-01	-2,01E-01	0	6,68	47,54	-14,08	1,79E-01	-8,89E-02	0	-14,46	18,16	12,47	1,08E-01	-4,24E-02	0
778	-28,32	16,82	15,53	3,40E-01	-2,03E-01	0	5,29	47,24	-12,46	2,15E-01	-1,08E-01	0	-13,82	19,38	11,54	1,08E-01	-4,24E-02	0
779	-29,56	17,32	15,06	3,41E-01	-2,03E-01	0	3,90	46,93	-10,83	2,48E-01	-1,35E-01	0	-20,29	-0,15	22,26	9,89E-02	-4,63E-02	0
780	-30,77	17,79	14,50	3,41E-01	-2,03E-01	0	2,32	46,39	-9,23	2,81E-01	-1,61E-01	0	-19,80	1,30	21,84	9,89E-02	-4,63E-02	0
781	-31,99	18,26	13,93	3,40E-01	-2,03E-01	0	0,74	45,84	-7,63	3,31E-01	-1,95E-01	0	-19,31	2,76	21,43	1,08E-01	-5,18E-02	0
782	-33,18	18,70	13,30	3,40E-01	-2,03E-01	0	-1,09	45,02	-6,02	3,81E-01	-2,29E-01	0	-18,80	4,25	20,91	1,12E-01	-5,45E-02	0
783	-34,37	19,14	12,67	3,26E-01	-1,98E-01	1	-2,91	44,21	-4,40	4,36E-01	-2,62E-01	0	-18,29	5,75	20,39	1,11E-01	-5,01E-02	0
784	-35,53	19,56	11,97	2,99E-01	-1,87E-01	0	-4,97	43,05	-2,78	4,91E-01	-2,96E-01	1	-17,73	7,22	19,79	1,09E-01	-4,57E-02	0
785	-36,69	19,97	11,26	2,99E-01	-1,87E-01	0	-7,03	41,89	-1,16	4,91E-01	-2,96E-01	1	-17,18	8,69	19,18	1,09E-01	-4,56E-02	0
786	-23,37	16,95	15,40	3,71E-01	-2,14E-01	0	-9,18	40,42	0,35	4,91E-01	-2,96E-01	1	-16,59	10,09	18,48	1,08E-01	-4,56E-02	0
787	-24,62	17,49	15,01	3,71E-01	-2,14E-01	0	-11,33	38,95	1,85	4,72E-01	-2,83E-01	1	-16,01	11,50	17,78	1,08E-01	-4,58E-02	0
788	-25,86	18,03	14,61	3,71E-01	-2,17E-01	0	-13,30	37,40	3,03	4,52E-01	-2,70E-01	0	-15,40	12,85	16,99	1,08E-01	-4,61E-02	0
789	-27,08	18,54	14,14	3,71E-01	-2,21E-01	1	-15,27	35,85	4,21	3,98E-01	-2,34E-01	0	-14,78	14,20	16,21	1,12E-01	-4,81E-02	0
790	-28,30	19,04	13,66	3,72E-01	-2,21E-01	1	-17,00	34,27	5,00	3,44E-01	-1,99E-01	0	-14,15	15,48	15,34	1,17E-01	-5,02E-02	0
791	-29,50	19,51	13,11	3,72E-01	-2,21E-01	1	-18,73	32,69	5,79	2,97E-01	-1,69E-01	0	-13,51	16,76	14,47	1,19E-01	-5,15E-02	0
792	-30,70	19,97	12,56	3,71E-01	-2,21E-01	0	-20,26	31,16	6,33	2,49E-01	-1,39E-01	0	-12,87	17,96	13,55	1,21E-01	-5,29E-02	0
793	-31,88	20,39	11,94	3,70E-01	-2,21E-01	1	-21,79	29,63	6,87	2,13E-01	-1,15E-01	0	-12,23	19,16	12,63	1,21E-01	-5,29E-02	0
794	-33,06	20,81	11,32	3,70E-01	-2,21E-01	1	-23,19	28,14	7,26	1,76E-01	-9,07E-02	0	-11,54	20,37	11,70	1,26E-01	-6,85E-02	0
795	-22,20	18,64	14,02	3,72E-01	-2,19E-01	0	-24,59	26,66	7,66	1,52E-01	-7,38E-02	0	-11,05	21,61	11,05	1,26E-01	-6,85E-02	0
796	-23,42	19,19	13,62	3,72E-01	-2,19E-01	0	-25,90	25,19	7,89	1,28E-01	-5,70E-02	0	-10,55	22,81	10,32	1,26E-01	-6,17E-02	0
797	-24,64	19,74	13,22	3,73E-01	-2,21E-01	0	-27,20	23,72	8,12	1,12E-01	-4,77E-02	0	-10,01	24,00	9,59	1,26E-01	-5,49E-02	0
798	-25,84	20,25	12,74	3,74E-01	-2,24E-01	1	-28,43	22,25	8,21	9,63E-02	-3,83E-02	0	-15,46	25,19	8,78	1,24E-01	-5,49E-02	0
799	-27,03	20,77	12,27	3,74E-01	-2,24E-01	1	-29,66	20,77	8,29	8,36E-02	-3,49E-02	0	-14,88	26,38	7,97	1,22E-01	-5,49E-02	0
800	-28,22	21,23																

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
801	-29,41	21,68	11,19	3,74E-01	-2,24E-01	0	-32,04	17,87	8,33	6,55E-02	-3,12E-02	0	-13,69	12,60	17,97	1,22E-01	-5,49E-02	0
802	-30,58	22,09	10,58	3,73E-01	-2,23E-01	0	-33,22	16,42	8,34	6,01E-02	-3,10E-02	0	-13,08	13,93	17,20	1,28E-01	-5,65E-02	0
803	-31,75	22,49	9,97	3,73E-01	-2,23E-01	0	-34,39	14,98	8,35	5,80E-02	-3,06E-02	0	-12,45	15,19	16,35	1,34E-01	-5,81E-02	0
804	-20,95	20,11	12,44	3,72E-01	-2,23E-01	0	-35,56	13,54	8,36	5,58E-02	-3,02E-02	0	-11,81	16,45	15,50	1,34E-01	-6,07E-02	0
805	-22,15	20,69	12,02	3,72E-01	-2,23E-01	0	-36,73	12,10	8,37	5,29E-02	-2,95E-02	0	-11,17	17,62	14,62	1,34E-01	-6,33E-02	0
806	-23,34	21,26	11,60	3,74E-01	-2,26E-01	0	-37,89	10,67	8,38	5,00E-02	-2,88E-02	0	-10,52	18,78	13,74	1,34E-01	-6,33E-02	0
807	-24,53	21,79	11,11	3,76E-01	-2,28E-01	0	-39,05	9,24	8,39	4,63E-02	-2,70E-02	0	-15,77	2,51	23,31	1,56E-01	-7,71E-02	0
808	-25,71	22,31	10,63	3,77E-01	-2,28E-01	0	-40,20	7,82	8,39	4,27E-02	-2,52E-02	0	-15,29	3,97	22,80	1,56E-01	-7,71E-02	0
809	-26,89	22,77	10,10	3,77E-01	-2,28E-01	1	-41,34	6,39	8,39	3,85E-02	-2,23E-02	0	-14,81	5,42	22,28	1,51E-01	-7,37E-02	0
810	-28,08	23,24	9,56	3,77E-01	-2,26E-01	1	-42,48	4,98	8,38	3,43E-02	-1,94E-02	0	-14,28	6,85	21,68	1,47E-01	-7,03E-02	0
811	-29,26	23,64	8,96	3,77E-01	-2,25E-01	1	-43,62	3,57	8,38	3,00E-02	-1,62E-02	0	-13,74	8,28	21,08	1,46E-01	-7,01E-02	0
812	-30,44	24,05	8,37	3,77E-01	-2,25E-01	1	-44,74	2,16	8,37	2,57E-02	-1,31E-02	0	-13,17	9,66	20,39	1,45E-01	-7,00E-02	0
813	-19,71	21,59	10,87	3,72E-01	-2,23E-01	0	-45,86	0,76	8,36	2,10E-02	-1,03E-02	0	-12,60	11,04	19,71	1,45E-01	-7,00E-02	0
814	-20,87	22,19	10,42	3,72E-01	-2,23E-01	0	-46,97	-0,63	8,35	1,64E-02	-7,46E-03	0	-11,99	12,35	18,95	1,45E-01	-7,00E-02	0
815	-22,04	22,78	9,98	3,73E-01	-2,26E-01	0	-48,08	-2,01	8,34	1,18E-02	-5,21E-03	0	-11,39	13,67	18,18	1,48E-01	-7,38E-02	0
816	-23,21	23,32	9,48	3,74E-01	-2,28E-01	0	-49,19	-3,38	8,34	7,11E-03	-2,97E-03	0	-10,75	14,91	17,36	1,51E-01	-7,77E-02	0
817	-24,39	23,85	8,99	3,75E-01	-2,28E-01	0	-50,30	-4,74	8,35	5,64E-03	-2,97E-03	0	-10,11	16,15	16,53	1,45E-01	-7,29E-02	0
818	-25,57	24,32	8,46	3,77E-01	-2,28E-01	0	-51,43	-6,09	8,40	4,18E-03	-2,97E-03	0	-9,46	17,28	15,70	1,34E-01	-6,33E-02	0
819	-26,75	24,79	7,93	3,77E-01	-2,23E-01	1	-52,56	-7,43	8,45	2,26E-03	-7,84E-03	0	-8,82	18,41	14,86	1,34E-01	-6,33E-02	0
820	-27,94	25,20	7,35	3,76E-01	-2,17E-01	1	-53,71	-8,70	8,65	3,40E-04	-1,27E-02	0	-13,83	2,34	24,15	1,86E-01	-8,57E-02	0
821	-29,13	25,61	6,77	3,72E-01	-2,15E-01	1	-54,87	-9,96	8,85	1,09E-04	-1,27E-02	0	-13,37	3,76	23,65	1,86E-01	-8,57E-02	0
822	-30,33	25,91	6,11	3,63E-01	-2,10E-01	1	-56,09	-10,96	9,46	-1,21E-04	-1,27E-02	0	-12,92	5,19	23,15	1,77E-01	-8,57E-02	0
823	-31,53	26,21	5,46	3,63E-01	-2,10E-01	0	-57,32	-11,96	10,08	1,90E-04	-7,08E-03	0	-12,42	6,60	22,56	1,68E-01	-8,57E-02	0
824	-18,38	22,85	9,18	3,71E-01	-2,23E-01	0	-58,58	-12,81	10,94	5,01E-04	-1,46E-03	0	-11,91	8,00	21,97	1,68E-01	-8,54E-02	0
825	-19,55	23,46	8,71	3,71E-01	-2,23E-01	0	-59,84	-13,65	11,80	4,36E-03	-1,28E-03	0	-11,35	9,36	21,29	1,68E-01	-8,51E-02	0
826	-20,72	24,07	8,24	3,71E-01	-2,26E-01	0	-61,11	-14,50	12,67	8,22E-03	-1,10E-03	0	-10,78	10,72	20,62	1,68E-01	-8,51E-02	0
827	-21,90	24,62	7,74	3,71E-01	-2,28E-01	0	-62,38	-15,34	13,54	1,14E-02	-1,15E-03	0	-10,18	12,00	19,87	1,68E-01	-8,51E-02	0
828	-23,07	25,17	7,23	3,74E-01	-2,28E-01	0	-63,67	-16,20	14,44	1,77E-02	-1,25E-03	0	-9,57	13,29	19,12	1,68E-01	-9,12E-02	0
829	-24,27	25,64	6,69	3,76E-01	-2,28E-01	0	-64,96	-17,07	15,33	2,04E-02	-1,05E-03	0	-8,93	14,50	18,31	1,68E-01	-9,73E-02	0
830	-25,46	26,11	6,16	3,76E-01	-2,19E-01	0	-66,25	-17,92	16,22	2,32E-02	-8,54E-04	0	-8,29	15,70	17,50	1,68E-01	-9,73E-02	0
831	-26,67	26,52	5,58	3,76E-01	-2,10E-01	0	-67,54	-18,77	17,11	2,20E-02	-6,77E-04	0	-11,89	2,16	24,99	2,20E-01	-1,08E-01	0
832	-27,87	26,92	5,00	3,70E-01	-2,10E-01	0	-68,84	-19,63	18,00	2,13E-02	-5,88E-04	0	-11,46	3,56	24,50	2,20E-01	-1,08E-01	0
833	-29,10	27,23	4,36	3,63E-01	-2,10E-01	0	-70,14	-20,48	18,90	2,13E-02	-2,57E-04	0	-11,03	4,96	24,01	2,14E-01	-1,08E-01	0
834	-30,33	27,54	3,72	3,63E-01	-2,10E-01	0	-71,41	-21,33	19,78	2,13E-02	7,35E-05	0	-10,56	6,34	23,43	2,07E-01	-1,08E-01	0
835	-17,06	24,10	7,50	3,51E-01	-2,10E-01	0	-72,68	-22,18	20,65	2,13E-02	7,35E-05	0	-10,08	7,73	22,85	2,07E-01	-1,08E-01	0
836	-18,23	24,73	7,00	3,51E-01	-2,10E-01	0	50,33	60,38	-67,20	1,81E-02	2,06E-04	0	-9,52	9,06	22,19	2,06E-01	-1,08E-01	0
837	-19,39	25,36	6,51	3,51E-01	-2,11E-01	0	49,04	59,54	-66,28	1,81E-02	2,06E-04	0	-8,96	10,40	21,54	2,06E-01	-1,08E-01	0
838	-20,58	25,92	5,99	3,51E-01	-2,12E-01	0	47,76	58,71	-65,37	1,81E-02	-2,19E-04	0	-8,36	11,65	20,80	2,06E-01	-1,08E-01	0
839	-21,76	26,48	5,47	3,52E-01	-2,12E-01	0	46,47	57,88	-64,45	1,81E-02	-6,45E-04	0	-7,76	12,91	20,06	2,08E-01	-1,11E-01	0
840	-22,97	26,96	4,92	3,54E-01	-2,12E-01	0	45,19	57,06	-63,54	1,76E-02	-6,45E-04	0	-7,11	14,08	19,27	2,11E-01	-1,14E-01	0
841	-24,17	27,44	4,38	3,54E-01	-2,07E-01	0	43,89	56,21	-62,62	1,71E-02	-6,45E-04	0	-6,46	15,26	18,48	2,11E-01	-1,14E-01	0
842	-25,40	27,84	3,81	3,54E-01	-2,03E-01	0	42,58	55,37	-61,71	1,48E-02	-5,97E-04	0	-9,77	1,92	25,77	2,54E-01	-1,31E-01	0
843	-26,62	28,24	3,24	3,46E-01	-2,03E-01	0	41,32	54,54	-60,80	1,24E-02	-5,48E-04	0	-9,37	3,29	25,30	2,54E-01	-1,31E-01	0
844	-27,87	28,55	2,61	3,39E-01	-2,03E-01	0	40,05	53,71	-59,89	7,38E-03	-8,26E-04	0	-8,97	4,67	24,82	2,50E-01	-1,31E-01	0
845	-29,12	28,86	1,98	3,39E-01	-2,03E-01	0	38,78	52,89	-58,99	2,32E-03	-1,10E-03	0	-8,50	6,02	24,25	2,46E-01	-1,31E-01	0
846	-15,75	25,10	5,77	3,31E-01	-1,96E-01	0	37,52	52,08	-58,09	1,22E-03	-2,35E-03	0	-8,04	7,37	23,68	2,45E-01	-1,30E-01	0
847	-16,92	25,75	5,25	3,31E-01	-1,96E-01	0	36,27	51,28	-57,17	1,14E-04	-3,59E-03	0	-7,50	8,66	23,04	2,44E-01	-1,30E-01	0
848	-18,09	26,40	4,74	3,31E-01	-1,97E-01	0	35,02	50,49	-56,26	-2,33E-04	-6,97E-03	0	-6,96	9,96	22,40	2,44E-01	-1,30E-01	0
849	-19,30	26,97	4,20	3,31E-01	-1,97E-01	0	33,85	49,96	-55,15	-5,81E-04	-1,03E-02	0	-6,37	11,18	21,69	2,44E-01	-1,30E-01	0
850	-20,50	27,54	3,66	3,31E-01	-1,97E-01	0	32,68	49,43	-54,03	-5,80E-04	-1,03E-02	0	-5,78	12,41	20,97	2,49E-01	-1,30E-01	0
851	-21,73	28,04	3,11	3,31E-01	-1,97E-01	0	31,64	49,28	-52,67	-5,80E-04	-1,03E-02	0	-5,13	13,55	20,21	2,54E-01	-1,30E-01	0
852	-22,96	28,53	2,55	3,31E-01	-1,96E-01	0	30,60	49,12	-51,30	1,78E-03	-7,65E-03	0	-4,49	14,69	19,44	2,54E-01	-1,30E-01	0
853	-24,22	28,93	1,98	3,31E-01	-1,95E-01	0	29,60	49,08	-49,85	4,13E-03	-4,96E-03	0	-7,66	1,67	26,56	2,96E-01	-1,62E-01	0
854	-25,47	29,33	1,40	3,23E-01	-1,95E-01	0	28,60	49,04	-48,41	6,77E-03	-4,96E-03	0	-7,28	3,03	26,10	2,96E-01	-1,62E-01	0
855	-26,76	29,62	0,78	3,14E-01	-1,95E-01	0	27,62	49,04	-46,95	9,41E-03	-4,96E-03	0	-6,90	4,39	25,64	2,90E-01	-1,62E-01	0
856	-28,04	29,91	0,15	3,14E-01	-1,95E-01	0	26,64	49,04	-45,48	1,35E-02	-7,22E-03	0	-6,45	5,70	25,08	2,84E-01	-1,62E-01	0
857	-14,43	26,10	4,05	2,99E-01	-1,74E-01	0	25,65	49,06	-44,00	1,76E-02	-9,49E-03	0	-6,00	7,00	24,52	2,83E-01	-1,62E-01	0
858	-15,61	26,77	3,51	2,99E-01	-1,74E-01	0	24,67	49,07	-42,51	2,22E-02	-1,24E-02	0	-5,48	8,26	23,89	2,83E-01	-1,62E-01	0
859	-16,80	27,44	2,97	2,99E-01	-1,74E-01	0	23,67	49,09	-41,01	2,68E-02	-1,53E-02	0	-4,95	9,52	23,27	2,85E-01	-1,62E-01	0
860	-18,02	28,02	2,41	2,99E-01	-1,74E-01	0	22,68	49,10	-39,52	3,07E-02	-1,82E-02	0	-4,37	10,72	22,58	2,86E-01	-1,62E-01	0
861	-19,24	28,61	1,86	2,99E-01	-1,74E-01	0	21,67	49,11	-38,01	3,46E-02	-2,12E-02	0	-3,80	11,91	21,89	2,90E-01	-1,62E-01	0
862	-20,50	29,11	1,29	3,00E-01	-1,73E-01	0	20,67	49,11	-36,50	3,90E-02	-2,37E-02							

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
863	-21.75	29.61	0.72	3,00E-01	-1.73E-01	0	19.65	49.12	-34.98	4,33E-02	-2,62E-02	0	-2.51	14.12	20.41	2,94E-01	-1,62E-01	0
864	-23.04	30.02	0.14	3,00E-01	-1,72E-01	0	18.63	49.12	-33.46	4,59E-02	-2,77E-02	0	-5.28	1.35	27.20	3,38E-01	-1,93E-01	0
865	-24.33	30.42	-0.44	2,94E-01	-1,73E-01	0	17.61	49.12	-31.93	4,84E-02	-2,92E-02	0	-4.94	2.64	26.73	3,38E-01	-1,93E-01	0
866	-25.65	30.69	-1.05	2,89E-01	-1,74E-01	0	16.58	49.12	-30.41	5,14E-02	-2,97E-02	0	-4.61	3.94	26.26	3,30E-01	-1,93E-01	0
867	-26.97	30.96	-1.67	2,79E-01	-1,77E-01	0	15.55	49.11	-28.87	5,44E-02	-3,03E-02	0	-4.18	5.21	25.71	3,22E-01	-1,93E-01	0
868	-28.07	31.06	-2.19	2,58E-01	-1,83E-01	0	14.52	49.11	-27.34	5,77E-02	-3,07E-02	0	-3.75	6.47	25.17	3,22E-01	-1,93E-01	0
869	-29.18	31.16	-2.71	2,58E-01	-1,83E-01	0	13.48	49.10	-25.79	6,10E-02	-3,10E-02	0	-3.23	7.69	24.57	3,22E-01	-1,93E-01	0
870	-13.15	26.86	2.33	2,67E-01	-1,51E-01	0	12.44	49.10	-24.24	6,94E-02	-3,22E-02	0	-2.72	8.90	23.97	3,25E-01	-1,94E-01	0
871	-14.36	27.54	1.77	2,67E-01	-1,51E-01	0	11.38	49.08	-22.68	7,77E-02	-3,35E-02	0	-2.16	10.05	23.31	3,28E-01	-1,94E-01	0
872	-15.56	28.23	1.21	2,67E-01	-1,51E-01	0	10.32	49.07	-21.12	9,39E-02	-3,97E-02	0	-1.59	11.20	22.64	3,31E-01	-1,94E-01	0
873	-16.82	28.83	0.64	2,67E-01	-1,51E-01	0	9.18	48.97	-19.54	1,10E-01	-4,60E-02	0	-0.96	12.27	21.94	3,34E-01	-1,94E-01	0
874	-18.07	29.43	0.07	2,67E-01	-1,50E-01	0	8.04	48.88	-17.96	1,27E-01	-5,73E-02	0	-0.34	13.35	21.23	3,34E-01	-1,94E-01	0
875	-19.37	29.94	-0.52	2,68E-01	-1,50E-01	0	6.80	48.66	-16.39	1,44E-01	-6,85E-02	0	-2.90	1.02	27.84	4,01E-01	-2,36E-01	0
876	-20.66	30.45	-1.11	2,68E-01	-1,50E-01	0	5.57	48.44	-14.82	1,79E-01	-8,79E-02	0	-2.60	2.26	27.36	4,01E-01	-2,36E-01	0
877	-21.98	30.84	-1.71	2,68E-01	-1,50E-01	0	4.20	48.12	-13.18	2,15E-01	-1,07E-01	0	-2.31	3.50	26.87	3,96E-01	-2,36E-01	0
878	-23.31	31.24	-2.31	2,66E-01	-1,51E-01	0	2.83	47.79	-11.54	2,47E-01	-1,34E-01	0	-1.90	4.72	26.34	3,91E-01	-2,36E-01	0
879	-24.65	31.51	-2.93	2,64E-01	-1,53E-01	0	1.29	47.22	-9.92	2,80E-01	-1,60E-01	0	-1.49	5.94	25.81	3,91E-01	-2,36E-01	0
880	-25.99	31.78	-3.55	2,61E-01	-1,68E-01	0	-0.25	46.65	-8.30	3,30E-01	-1,94E-01	0	-0.99	7.11	25.24	3,91E-01	-2,36E-01	0
881	-27.12	31.92	-4.05	2,58E-01	-1,83E-01	0	-2.04	45.81	-6.67	3,81E-01	-2,28E-01	0	-0.49	8.27	24.66	3,92E-01	-2,36E-01	0
882	-28.26	32.06	-4.56	2,58E-01	-1,83E-01	0	-3.82	44.96	-5.04	4,37E-01	-2,63E-01	0	0.06	9.38	24.03	3,93E-01	-2,36E-01	0
883	-11.87	27.61	0.62	2,44E-01	-1,27E-01	0	-5.86	43.78	-3.39	4,93E-01	-2,97E-01	1	0.61	10.48	23.40	3,95E-01	-2,36E-01	0
884	-13.10	28.31	0.04	2,44E-01	-1,27E-01	0	-7.90	42.60	-1.75	4,93E-01	-2,97E-01	1	1.22	11.53	22.73	3,96E-01	-2,36E-01	0
885	-14.33	29.01	-0.54	2,39E-01	-1,27E-01	0	-10.06	41.14	-0.24	4,93E-01	-2,97E-01	1	1.84	12.57	22.05	3,96E-01	-2,36E-01	0
886	-15.62	29.63	-1.12	2,35E-01	-1,27E-01	0	-12.22	39.67	1.26	4,73E-01	-2,83E-01	1	-0.25	0.49	28.21	4,64E-01	-2,79E-01	0
887	-16.90	30.24	-1.71	2,34E-01	-1,27E-01	0	-14.22	38.15	2.41	4,53E-01	-2,70E-01	0	0.05	1.68	27.75	4,64E-01	-2,79E-01	0
888	-18.24	30.76	-2.32	2,33E-01	-1,26E-01	0	-16.22	36.63	3.56	3,99E-01	-2,34E-01	0	0.36	2.86	27.30	4,62E-01	-2,79E-01	0
889	-19.57	31.28	-2.94	2,33E-01	-1,27E-01	0	-17.98	35.07	4.32	3,44E-01	-1,99E-01	0	0.75	4.02	26.79	4,60E-01	-2,79E-01	0
890	-20.93	31.66	-3.56	2,33E-01	-1,27E-01	0	-19.74	33.52	5.09	2,97E-01	-1,69E-01	0	1.14	5.18	26.29	4,60E-01	-2,79E-01	0
891	-22.29	32.05	-4.18	2,35E-01	-1,39E-01	0	-21.30	32.01	5.61	2,49E-01	-1,39E-01	0	1.61	6.29	25.74	4,60E-01	-2,79E-01	0
892	-23.65	32.32	-4.81	2,36E-01	-1,51E-01	0	-22.87	30.51	6.14	2,13E-01	-1,15E-01	0	2.08	7.41	25.19	4,59E-01	-2,79E-01	0
893	-25.01	32.60	-5.43	2,41E-01	-1,60E-01	0	-24.29	29.04	6.53	1,76E-01	-9,07E-02	0	2.61	8.46	24.58	4,58E-01	-2,79E-01	0
894	-26.17	32.78	-5.92	2,46E-01	-1,68E-01	0	-25.72	27.58	6.91	1,52E-01	-7,33E-02	0	3.13	9.51	23.98	4,58E-01	-2,79E-01	0
895	-27.34	32.96	-6.41	2,46E-01	-1,68E-01	0	-27.04	26.12	7.13	1,28E-01	-5,60E-02	0	3.72	10.51	23.34	4,58E-01	-2,79E-01	0
896	-10.68	28.15	-1.17	2,20E-01	-1,03E-01	0	-28.36	24.66	7.35	1,12E-01	-4,68E-02	0	4.30	11.50	22.70	4,58E-01	-2,79E-01	0
897	-11.94	28.86	-1.72	2,20E-01	-1,03E-01	0	-29.60	23.19	7.43	9,54E-02	-3,76E-02	0	2.40	-0.03	28.57	5,26E-01	-3,10E-01	1
898	-13.20	29.58	-2.28	2,11E-01	-1,03E-01	0	-30.83	21.73	7.52	8,32E-02	-3,46E-02	0	2.71	1.09	28.15	5,26E-01	-3,10E-01	1
899	-14.52	30.20	-2.88	2,02E-01	-1,03E-01	0	-32.02	20.27	7.53	7,09E-02	-3,17E-02	0	3.03	2.22	27.72	5,25E-01	-3,12E-01	1
900	-15.85	30.81	-3.47	2,01E-01	-1,03E-01	0	-33.21	18.82	7.55	6,55E-02	-3,14E-02	0	3.40	3.32	27.24	5,24E-01	-3,15E-01	1
901	-17.21	31.33	-4.10	1,99E-01	-1,03E-01	0	-34.39	17.37	7.56	6,01E-02	-3,11E-02	0	3.78	4.42	26.76	5,27E-01	-3,15E-01	1
902	-18.57	31.84	-4.74	1,99E-01	-1,04E-01	0	-35.56	15.93	7.57	5,80E-02	-3,10E-02	0	4.21	5.48	26.23	5,30E-01	-3,16E-01	1
903	-19.96	32.24	-5.37	1,99E-01	-1,04E-01	0	-36.73	14.49	7.58	5,58E-02	-3,09E-02	0	4.64	6.54	25.71	5,30E-01	-3,16E-01	1
904	-21.34	32.64	-6.01	2,03E-01	-1,27E-01	0	-37.90	13.05	7.59	5,29E-02	-3,02E-02	0	5.15	7.54	25.14	5,29E-01	-3,16E-01	1
905	-22.73	32.94	-6.65	2,07E-01	-1,50E-01	0	-39.06	11.62	7.60	5,00E-02	-2,94E-02	0	5.66	8.54	24.56	5,30E-01	-3,15E-01	1
906	-24.12	33.25	-7.29	2,21E-01	-1,51E-01	0	-40.22	10.19	7.61	4,63E-02	-2,73E-02	0	6.21	9.49	23.95	5,31E-01	-3,14E-01	1
907	-25.29	33.46	-7.83	2,35E-01	-1,53E-01	0	-41.37	8.77	7.61	4,27E-02	-2,52E-02	0	6.77	10.43	23.34	5,31E-01	-3,14E-01	1
908	-26.47	33.66	-8.37	2,35E-01	-1,53E-01	0	-42.52	7.35	7.60	3,85E-02	-2,23E-02	0	5.42	-0.92	28.76	5,87E-01	-3,41E-01	1
909	-9.49	28.68	-2.95	1,89E-01	-8,38E-02	0	-43.66	5.94	7.60	3,43E-02	-1,94E-02	0	5.82	0.14	28.34	5,87E-01	-3,41E-01	1
910	-10.78	29.42	-3.48	1,89E-01	-8,38E-02	0	-44.80	4.53	7.59	3,00E-02	-1,63E-02	0	6.22	1.21	27.92	5,87E-01	-3,46E-01	1
911	-12.07	30.15	-4.02	1,82E-01	-8,42E-02	0	-45.93	3.13	7.58	2,57E-02	-1,32E-02	0	6.63	2.23	27.46	5,87E-01	-3,50E-01	1
912	-13.43	30.77	-4.63	1,75E-01	-8,45E-02	0	-47.05	1.73	7.56	2,08E-02	-1,03E-02	0	7.04	3.26	27.00	5,94E-01	-3,51E-01	1
913	-14.80	31.38	-5.24	1,72E-01	-8,45E-02	0	-48.17	0.35	7.55	1,60E-02	-7,46E-03	0	7.46	4.28	26.49	6,00E-01	-3,53E-01	1
914	-16.19	31.89	-5.88	1,69E-01	-8,45E-02	0	-49.28	-1.04	7.54	1,15E-02	-5,21E-03	0	7.88	5.29	25.98	6,00E-01	-3,53E-01	1
915	-17.58	32.40	-6.53	1,69E-01	-8,56E-02	0	-50.40	-2.40	7.54	7,11E-03	-2,97E-03	0	8.32	6.27	25.43	6,00E-01	-3,53E-01	1
916	-18.99	32.81	-7.19	1,69E-01	-8,66E-02	0	-51.51	-3.76	7.55	5,40E-03	-2,97E-03	0	8.75	7.25	24.89	6,02E-01	-3,50E-01	1
917	-20.40	33.23	-7.84	1,74E-01	-1,07E-01	0	-52.64	-5.11	7.60	3,68E-03	-2,97E-03	0	9.21	8.20	24.29	6,04E-01	-3,48E-01	1
918	-21.81	33.57	-8.50	1,80E-01	-1,27E-01	0	-53.76	-6.45	7.65	2,01E-03	-7,84E-03	0	9.67	9.15	23.70	6,04E-01	-3,48E-01	1
919	-23.22	33.91	-9.15	1,96E-01	-1,28E-01	0	-54.92	-7.71	7.85	3,40E-04	-1,27E-02	0	8.43	-1.81	28.95	5,87E-01	-3,41E-01	1
920	-24.41	34.14	-9.74	2,13E-01	-1,30E-01	0	-56.08	-8.97	8.05	1,11E-04	-1,27E-02	0	8.92	-0.81	28.53	5,87E-01	-3,41E-01	1
921	-25.60	34.37	-10.33	2,13E-01	-1,30E-01	0	-57.30	-9.98	8.66	-1,19E-04	-1,27E-02	0	9.41	0.19	28.12	5,87E-01	-3,46E-01	1
922	-8.43	28.98	-4.67	1,57E-01	-6,45E-02	0	-58.53	-10.98	9.28	1,91E-04	-7,10E-03	0	9.86	1.15	27.67	5,87E-01	-3,50E-01	1
923	-9.75	29.73	-5.22	1,57E-01	-6,45E-02	0	-59.79	-11.83	10.14	5,01E-04	-1,50E-03	0	10.31	2.11	27.23	5,94E-01	-3,51E-01	1
924	-11.07	30.47	-5.76	1,52E-01	-6,52E-02	0	-61.05	-12.67	11.00	1,96E-03	-1,46E-03	0	10.71	3.07	26.74	6,00E-01	-3,53E-01	1

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
925	-12,46	31,11	-6,37	1,47E-01	-6,59E-02	0	-62,33	-13,52	11,88	3,43E-03	-1,42E-03	0	11,11	4,04	26,25	6,00E-01	-3,53E-01	1
926	-13,85	31,74	-6,98	1,43E-01	-6,59E-02	0	-63,61	-14,37	12,76	3,43E-03	-1,42E-03	0	11,48	5,00	25,73	6,00E-01	-3,53E-01	1
927	-15,26	32,27	-7,62	1,39E-01	-6,59E-02	0	-68,74	-17,79	16,30	2,21E-02	-1,25E-03	0	11,85	5,96	25,21	6,02E-01	-3,50E-01	1
928	-16,67	32,80	-8,26	1,39E-01	-6,73E-02	0	-70,04	-18,65	17,20	2,21E-02	-1,25E-03	0	12,21	6,92	24,64	6,04E-01	-3,48E-01	1
929	-18,09	33,24	-8,93	1,39E-01	-6,88E-02	0	-71,34	-19,51	18,10	2,21E-02	-5,88E-04	0	12,58	7,88	24,06	6,04E-01	-3,48E-01	1
930	-19,52	33,68	-9,60	1,46E-01	-8,66E-02	0	-72,61	-20,33	18,96	2,21E-02	7,35E-05	0	11,08	-3,33	28,97	5,87E-01	-3,41E-01	0
931	-20,95	34,03	-10,28	1,53E-01	-1,04E-01	0	-73,88	-21,16	19,82	2,21E-02	7,35E-05	0	11,63	-2,29	28,56	5,87E-01	-3,41E-01	0
932	-22,38	34,38	-10,96	1,72E-01	-1,05E-01	0	49,14	61,34	-68,01	1,76E-02	4,60E-04	0	12,17	-1,25	28,15	5,87E-01	-3,46E-01	0
933	-23,63	34,63	-11,63	1,91E-01	-1,06E-01	0	47,84	60,52	-67,10	1,76E-02	4,60E-04	0	12,68	-0,23	27,68	5,87E-01	-3,50E-01	0
934	-24,89	34,89	-12,30	1,91E-01	-1,06E-01	0	46,55	59,70	-66,18	1,79E-02	2,20E-04	0	13,19	0,79	27,21	5,94E-01	-3,51E-01	0
935	-7,37	29,28	-6,40	1,29E-01	-5,74E-02	0	45,27	58,87	-65,27	1,81E-02	-2,02E-05	0	13,64	1,81	26,69	6,00E-01	-3,53E-01	0
936	-8,72	30,04	-6,95	1,29E-01	-5,74E-02	0	43,99	58,04	-64,35	1,74E-02	-1,20E-04	0	14,08	2,83	26,17	6,00E-01	-3,53E-01	0
937	-10,07	30,80	-7,51	1,27E-01	-5,60E-02	0	42,69	57,19	-63,43	1,67E-02	-2,19E-04	0	14,47	3,85	25,61	6,00E-01	-3,53E-01	0
938	-11,48	31,45	-8,11	1,24E-01	-5,47E-02	0	41,38	56,34	-62,51	1,46E-02	-3,84E-04	0	14,85	4,88	25,04	6,02E-01	-3,50E-01	0
939	-12,89	32,10	-8,72	1,22E-01	-5,47E-02	0	40,11	55,51	-61,60	1,24E-02	-5,48E-04	0	15,20	5,89	24,42	6,04E-01	-3,48E-01	0
940	-14,32	32,65	-9,36	1,20E-01	-5,47E-02	0	38,84	54,69	-60,70	7,38E-03	-8,26E-04	0	15,54	6,90	23,81	6,04E-01	-3,48E-01	0
941	-15,75	33,20	-10,00	1,21E-01	-5,60E-02	0	37,58	53,87	-59,80	2,32E-02	-1,10E-03	0	13,73	-4,85	28,98	5,03E-01	-2,93E-01	0
942	-17,19	33,67	-10,67	1,22E-01	-5,72E-02	0	36,32	53,06	-58,90	1,22E-03	-2,35E-03	0	14,34	-3,77	28,58	5,03E-01	-2,93E-01	0
943	-18,63	34,13	-11,35	1,28E-01	-6,78E-02	0	35,06	52,26	-57,98	1,14E-04	-3,59E-03	0	14,94	-2,69	28,19	5,03E-01	-2,96E-01	0
944	-20,08	34,49	-12,06	1,34E-01	-7,84E-02	0	33,81	51,47	-57,07	-2,33E-04	-6,97E-03	0	15,51	-1,61	27,69	5,02E-01	-2,99E-01	0
945	-21,53	34,85	-12,77	1,45E-01	-7,88E-02	0	32,64	50,94	-55,95	-5,81E-04	-1,03E-02	0	16,08	-0,53	27,20	5,06E-01	-2,99E-01	0
946	-22,85	35,13	-13,51	1,56E-01	-7,92E-02	0	31,48	50,41	-54,84	-5,80E-04	-1,03E-02	0	16,56	0,55	26,64	5,09E-01	-3,00E-01	0
947	-24,18	35,41	-14,26	1,56E-01	-7,92E-02	0	30,44	50,26	-53,47	-5,80E-04	-1,03E-02	0	17,04	1,63	26,09	5,09E-01	-3,02E-01	0
948	-6,43	29,53	-8,10	1,01E-01	-5,03E-02	0	29,39	50,10	-52,11	1,78E-03	-7,65E-03	0	17,45	2,71	25,48	5,09E-01	-3,03E-01	0
949	-7,80	30,29	-8,65	1,01E-01	-5,03E-02	0	28,40	50,06	-50,66	4,13E-03	-4,96E-03	0	17,86	3,79	24,87	5,10E-01	-3,02E-01	0
950	-9,17	31,04	-9,20	1,01E-01	-4,69E-02	0	27,40	50,02	-49,22	6,97E-03	-4,96E-03	0	18,18	4,86	24,21	5,11E-01	-3,01E-01	0
951	-10,59	31,71	-9,81	1,01E-01	-4,35E-02	0	26,42	50,02	-47,75	9,80E-03	-4,96E-03	0	18,51	5,93	23,55	5,11E-01	-3,01E-01	0
952	-12,01	32,37	-10,41	1,01E-01	-4,35E-02	0	25,44	50,02	-46,28	1,37E-02	-7,21E-03	0	15,95	-6,27	28,72	4,19E-01	-2,46E-01	0
953	-13,45	32,93	-11,06	1,01E-01	-4,35E-02	0	24,46	50,03	-44,80	1,76E-02	-9,46E-03	0	16,58	-5,15	28,29	4,19E-01	-2,46E-01	0
954	-14,89	33,49	-11,71	1,03E-01	-4,46E-02	0	23,48	50,04	-43,31	2,20E-02	-1,24E-02	0	17,22	-4,04	27,86	4,18E-01	-2,47E-01	0
955	-16,34	33,96	-12,39	1,05E-01	-4,57E-02	0	22,49	50,05	-41,81	2,64E-02	-1,53E-02	0	17,80	-2,91	27,34	4,17E-01	-2,48E-01	0
956	-17,79	34,43	-13,08	1,10E-01	-4,90E-02	0	21,50	50,06	-40,31	3,05E-02	-1,83E-02	0	18,38	-1,79	26,83	4,18E-01	-2,48E-01	0
957	-19,25	34,79	-13,81	1,15E-01	-5,23E-02	0	20,50	50,07	-38,80	3,46E-02	-2,13E-02	0	18,89	-0,66	26,24	4,18E-01	-2,48E-01	0
958	-20,70	35,16	-14,53	1,18E-01	-5,23E-02	0	19,49	50,07	-37,29	3,90E-02	-2,37E-02	0	19,39	0,47	25,66	4,18E-01	-2,51E-01	0
959	-22,09	35,46	-15,28	1,21E-01	-5,23E-02	0	18,48	50,07	-35,77	4,33E-02	-2,62E-02	0	19,82	1,59	25,03	4,18E-01	-2,54E-01	0
960	-23,48	35,76	-16,03	1,21E-01	-5,23E-02	0	17,46	50,07	-34,25	4,59E-02	-2,74E-02	0	20,24	2,72	24,40	4,18E-01	-2,54E-01	0
961	-2,76	28,16	-8,78	8,06E-02	-4,06E-02	0	16,44	50,07	-32,72	4,84E-02	-2,86E-02	0	20,58	3,83	23,71	4,18E-01	-2,54E-01	0
962	-4,12	28,97	-9,29	8,06E-02	-4,06E-02	0	15,42	50,07	-31,19	5,14E-02	-2,94E-02	0	20,92	4,95	23,03	4,18E-01	-2,54E-01	0
963	-5,48	29,77	-9,80	8,74E-02	-4,14E-02	0	14,38	50,06	-29,66	5,44E-02	-3,03E-02	0	18,16	-7,68	28,45	3,64E-01	-2,12E-01	0
964	-6,87	30,53	-10,35	9,08E-02	-4,17E-02	0	13,35	50,06	-28,12	5,77E-02	-3,07E-02	0	18,82	-6,53	28,00	3,64E-01	-2,12E-01	0
965	-8,27	31,29	-10,90	9,00E-02	-3,99E-02	0	12,31	50,05	-26,57	6,10E-02	-3,10E-02	0	19,49	-5,38	27,54	3,61E-01	-2,13E-01	0
966	-9,69	31,96	-11,50	8,92E-02	-3,81E-02	0	11,27	50,05	-25,03	6,93E-02	-3,24E-02	0	20,09	-4,21	27,00	3,59E-01	-2,13E-01	0
967	-11,12	32,63	-12,11	8,90E-02	-3,81E-02	0	10,21	50,03	-23,46	7,77E-02	-3,38E-02	0	20,69	-3,05	26,45	3,58E-01	-2,13E-01	0
968	-12,57	33,21	-12,76	8,88E-02	-3,81E-02	0	9,16	50,01	-21,90	9,39E-02	-3,99E-02	0	21,22	-1,87	25,84	3,57E-01	-2,13E-01	0
969	-14,02	33,78	-13,41	8,98E-02	-3,91E-02	0	8,03	49,91	-20,32	1,10E-01	-4,60E-02	0	21,74	-0,69	25,24	3,57E-01	-2,15E-01	0
970	-15,48	34,25	-14,11	9,08E-02	-4,01E-02	0	6,90	49,81	-18,73	1,27E-01	-5,73E-02	0	22,18	0,48	24,58	3,57E-01	-2,17E-01	0
971	-16,95	34,72	-14,81	9,40E-02	-4,28E-02	0	5,68	49,57	-17,15	1,44E-01	-6,85E-02	0	22,62	1,64	23,93	3,59E-01	-2,17E-01	0
972	-18,41	35,09	-15,55	9,72E-02	-4,55E-02	0	4,46	49,34	-15,56	1,79E-01	-8,79E-02	0	22,98	2,81	23,22	3,60E-01	-2,17E-01	0
973	-19,88	35,47	-16,29	1,00E-01	-4,55E-02	0	3,12	49,00	-13,90	2,14E-01	-1,07E-01	0	23,34	3,97	22,51	3,60E-01	-2,17E-01	0
974	-21,33	35,79	-17,04	1,03E-01	-4,55E-02	0	1,77	48,65	-12,24	2,47E-01	-1,34E-01	0	20,11	-9,01	28,04	3,08E-01	-1,79E-01	0
975	-22,78	36,10	-17,79	1,03E-01	-4,55E-02	0	0,26	48,06	-10,61	2,80E-01	-1,60E-01	0	20,78	-7,82	27,57	3,08E-01	-1,79E-01	0
976	-1,85	28,38	-10,44	8,06E-02	-4,06E-02	0	-1,24	47,46	-8,97	3,29E-01	-1,94E-01	0	21,46	-6,63	27,09	3,05E-01	-1,79E-01	0
977	-3,23	29,18	-10,96	8,06E-02	-4,06E-02	0	-2,98	46,59	-7,33	3,78E-01	-2,28E-01	0	22,07	-5,42	26,54	3,01E-01	-1,79E-01	0
978	-4,62	29,97	-11,47	8,06E-02	-3,69E-02	0	-4,72	45,72	-5,68	4,35E-01	-2,62E-01	0	22,68	-4,22	25,98	2,99E-01	-1,79E-01	0
979	-6,02	30,73	-12,03	8,06E-02	-3,31E-02	0	-6,74	44,52	-4,01	4,93E-01	-2,96E-01	1	23,22	-3,00	25,35	2,97E-01	-1,79E-01	0
980	-7,42	31,48	-12,58	7,90E-02	-3,29E-02	0	-8,76	43,31	-2,35	4,93E-01	-2,96E-01	1	23,77	-1,78	24,73	2,97E-01	-1,80E-01	0
981	-8,86	32,15	-13,19	7,75E-02	-3,27E-02	0	-10,94	41,85	-0,84	4,93E-01	-2,96E-01	1	24,23	-0,57	24,05	2,97E-01	-1,80E-01	0
982	-10,29	32,82	-13,79	7,70E-02	-3,27E-02	0	-13,11	40,39	0,67	4,73E-01	-2,82E-01	1	24,68	0,64	23,37	2,99E-01	-1,80E-01	0
983	-11,74	33,40	-14,45	7,66E-02	-3,27E-02	0	-15,14	38,90	1,79	4,53E-01	-2,69E-01	0	25,06	1,84	22,64	3,01E-01	-1,80E-01	0
984	-13,20	33,97	-15,10	7,66E-02	-3,36E-02	0	-17,17	37,40	2,91	3,99E-01	-2,36E-01	0	25,44	3,04	21,90	3,01E-01	-1,80E-01	0
985	-14,66	34,45	-15,80	7,66E-02	-3,46E-02	0	-18,96	35,88	3,65	3,45E-01	-2,02E-01	0	22,05	-10,33	27,64	2,71E-01	-1,58E-01	0
986	-16,12	34,92	-16,50	7,78E-02	-3,67E-02	0	-20,76	34,35</										

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
987	-17,60	35,31	-17,24	7,90E-02	-3,87E-02	0	-22,35	32,87	4,90	2,50E-01	-1,42E-01	0	23,43	-7,88	26,65	2,69E-01	-1,55E-01	0
988	-19,07	35,69	-17,98	8,19E-02	-3,87E-02	0	-23,95	31,39	5,42	2,13E-01	-1,17E-01	0	24,05	-6,63	26,08	2,67E-01	-1,51E-01	0
989	-20,53	36,03	-18,74	8,49E-02	-3,87E-02	0	-25,40	29,94	5,79	1,77E-01	-9,19E-02	0	24,67	-5,39	25,51	2,61E-01	-1,50E-01	0
990	-21,99	36,36	-19,50	8,49E-02	-3,87E-02	0	-26,85	28,50	6,16	1,52E-01	-7,40E-02	0	25,23	-4,13	24,86	2,55E-01	-1,49E-01	0
991	1,67	27,28	-11,64	5,00E-02	-3,31E-02	0	-28,18	27,05	6,37	1,28E-01	-5,60E-02	0	25,80	-2,87	24,22	2,55E-01	-1,50E-01	0
992	0,36	27,93	-11,87	5,00E-02	-3,31E-02	0	-29,52	25,60	6,58	1,12E-01	-4,68E-02	0	26,27	-1,61	23,52	2,55E-01	-1,50E-01	0
993	-0,94	28,59	-12,09	6,30E-02	-3,53E-02	0	-30,76	24,14	6,66	9,54E-02	-3,76E-02	0	26,74	-0,36	22,81	2,56E-01	-1,51E-01	0
994	-2,35	29,38	-12,62	6,95E-02	-3,64E-02	0	-32,00	22,68	6,74	8,32E-02	-3,46E-02	0	27,14	0,87	22,06	2,57E-01	-1,52E-01	0
995	-3,75	30,17	-13,14	6,97E-02	-3,45E-02	0	-33,19	21,22	6,76	7,09E-02	-3,17E-02	0	27,53	2,10	21,30	2,57E-01	-1,52E-01	0
996	-5,17	30,92	-13,70	7,00E-02	-3,27E-02	0	-34,38	19,77	6,77	6,54E-02	-3,14E-02	0	23,78	-11,61	27,07	2,33E-01	-1,37E-01	0
997	-6,58	31,67	-14,26	6,96E-02	-3,26E-02	0	-35,56	18,32	6,79	5,98E-02	-3,11E-02	0	24,47	-10,35	26,57	2,33E-01	-1,37E-01	0
998	-8,02	32,34	-14,87	6,93E-02	-3,26E-02	0	-36,73	16,88	6,80	5,75E-02	-3,06E-02	0	25,17	-9,08	26,07	2,33E-01	-1,30E-01	0
999	-9,46	33,01	-15,47	6,91E-02	-3,26E-02	0	-37,90	15,44	6,81	5,52E-02	-3,02E-02	0	25,80	-7,79	25,49	2,33E-01	-1,24E-01	0
1.000	-10,91	33,59	-16,13	6,89E-02	-3,26E-02	0	-39,07	14,00	6,82	5,25E-02	-2,94E-02	0	26,43	-6,51	24,91	2,23E-01	-1,22E-01	0
1.001	-12,37	34,16	-16,78	6,89E-02	-3,31E-02	0	-40,23	12,58	6,82	4,98E-02	-2,86E-02	0	27,00	-5,21	24,25	2,14E-01	-1,19E-01	0
1.002	-13,84	34,64	-17,49	6,89E-02	-3,36E-02	0	-41,40	11,15	6,82	4,62E-02	-2,68E-02	0	27,57	-3,92	23,59	2,14E-01	-1,19E-01	0
1.003	-15,30	35,12	-18,19	6,89E-02	-3,43E-02	0	-42,55	9,73	6,82	4,25E-02	-2,50E-02	0	28,06	-2,64	22,87	2,14E-01	-1,19E-01	0
1.004	-16,78	35,52	-18,93	6,89E-02	-3,51E-02	0	-43,70	8,31	6,82	3,84E-02	-2,22E-02	0	28,55	-1,36	22,14	2,14E-01	-1,21E-01	0
1.005	-18,25	35,91	-19,67	6,98E-02	-3,51E-02	0	-44,84	6,90	6,81	3,43E-02	-1,94E-02	0	28,97	-0,10	21,36	2,14E-01	-1,23E-01	0
1.006	-19,73	36,27	-20,43	7,08E-02	-3,51E-02	0	-45,99	5,50	6,80	3,00E-02	-1,62E-02	0	29,39	1,15	20,57	2,14E-01	-1,23E-01	0
1.007	-21,20	36,62	-21,20	7,08E-02	-3,51E-02	0	-47,12	4,10	6,78	2,57E-02	-1,29E-02	0	25,51	-12,90	26,51	2,33E-01	-1,37E-01	0
1.008	2,63	27,33	-12,96	5,00E-02	-3,31E-02	0	-48,25	2,71	6,77	2,08E-02	-1,03E-02	0	26,21	-11,59	26,00	2,33E-01	-1,37E-01	0
1.009	1,26	28,06	-13,34	5,00E-02	-3,31E-02	0	-49,37	1,32	6,75	1,60E-02	-7,58E-03	0	26,91	-10,28	25,49	2,09E-01	-1,13E-01	0
1.010	-0,10	28,79	-13,72	5,42E-02	-3,27E-02	0	-50,49	-0,06	6,74	1,18E-02	-5,38E-03	0	27,55	-8,96	24,90	1,96E-01	-1,02E-01	0
1.011	-1,52	29,58	-14,25	5,84E-02	-3,22E-02	0	-51,60	-1,42	6,74	7,69E-03	-3,18E-03	0	28,19	-7,63	24,30	1,91E-01	-9,98E-02	0
1.012	-2,93	30,36	-14,79	5,89E-02	-3,22E-02	0	-52,72	-2,79	6,75	5,68E-03	-3,18E-03	0	28,76	-6,30	23,63	1,85E-01	-9,81E-02	0
1.013	-4,35	31,11	-15,36	5,93E-02	-3,22E-02	0	-53,84	-4,13	6,80	3,68E-03	-3,18E-03	0	29,34	-4,97	22,96	1,85E-01	-9,81E-02	0
1.014	-5,76	31,85	-15,92	6,03E-02	-3,23E-02	0	-54,97	-5,47	6,85	2,01E-03	-7,78E-03	0	29,85	-3,66	22,22	1,85E-01	-9,81E-02	0
1.015	-7,20	32,52	-16,53	6,12E-02	-3,25E-02	0	-56,13	-6,73	7,05	3,40E-04	-1,24E-02	0	30,37	-2,35	21,47	1,87E-01	-9,96E-02	0
1.016	-8,64	33,19	-17,14	6,12E-02	-3,25E-02	0	-57,29	-7,99	7,24	1,36E-04	-1,24E-02	0	30,81	-1,07	20,66	1,89E-01	-1,01E-01	0
1.017	-10,10	33,76	-17,80	6,12E-02	-3,25E-02	0	-58,51	-8,99	7,86	-6,83E-05	-1,24E-02	0	31,25	0,21	19,84	1,81E-01	-9,62E-02	0
1.018	-11,55	34,34	-18,45	6,12E-02	-3,25E-02	0	-59,73	-10,00	8,47	2,65E-04	-6,94E-03	0	31,63	1,39	18,98	1,65E-01	-8,64E-02	0
1.019	-13,02	34,82	-19,15	6,12E-02	-3,25E-02	0	-60,99	-10,85	9,33	5,98E-04	-1,50E-03	0	32,01	2,57	18,12	1,65E-01	-8,64E-02	0
1.020	-14,49	35,30	-19,85	6,00E-02	-3,20E-02	0	-62,26	-11,69	10,19	4,41E-03	-1,40E-03	0	28,46	-11,43	24,79	1,59E-01	-7,94E-02	0
1.021	-15,96	35,71	-20,58	5,88E-02	-3,15E-02	0	-63,55	-12,55	11,08	8,22E-03	-1,31E-03	0	29,11	-10,08	24,19	1,59E-01	-7,94E-02	0
1.022	-17,44	36,11	-21,32	5,77E-02	-3,15E-02	0	-64,84	-13,40	11,98	8,22E-03	-1,31E-03	0	29,76	-8,72	23,59	1,58E-01	-7,81E-02	0
1.023	-18,92	36,48	-22,08	5,66E-02	-3,15E-02	0	-66,93	-16,81	15,49	2,32E-02	-2,29E-03	0	30,34	-7,37	22,91	1,56E-01	-7,68E-02	0
1.024	-20,40	36,84	-22,84	5,66E-02	-3,15E-02	0	-71,24	-17,67	16,39	2,32E-02	-2,29E-03	0	30,93	-6,01	22,22	1,56E-01	-7,68E-02	0
1.025	3,59	27,37	-14,27	4,64E-02	-2,91E-02	0	-72,54	-18,53	17,29	2,28E-02	-1,50E-03	0	31,46	-4,68	21,46	1,56E-01	-7,68E-02	0
1.026	2,16	28,18	-14,81	4,64E-02	-2,91E-02	0	-73,81	-19,33	18,14	2,21E-02	7,35E-05	0	31,98	-3,35	20,70	1,60E-01	-7,79E-02	0
1.027	0,73	28,99	-15,35	4,87E-02	-2,98E-02	0	-75,08	-20,14	18,99	2,21E-02	7,35E-05	0	32,44	-2,06	19,87	1,65E-01	-7,91E-02	0
1.028	-0,69	29,77	-15,89	5,11E-02	-3,04E-02	0	47,91	62,33	-68,81	1,71E-02	7,14E-04	0	32,90	-0,76	19,03	1,65E-01	-8,28E-02	0
1.029	-2,10	30,56	-16,44	5,30E-02	-3,06E-02	0	46,63	61,51	-67,89	1,71E-02	7,14E-04	0	33,30	0,46	18,15	1,65E-01	-8,64E-02	0
1.030	-3,53	31,29	-17,01	5,49E-02	-3,07E-02	0	45,34	60,68	-66,98	1,76E-02	6,60E-04	0	33,70	1,69	17,27	1,65E-01	-8,64E-02	0
1.031	-4,95	32,03	-17,58	5,66E-02	-3,10E-02	0	44,06	59,85	-66,07	1,81E-02	6,05E-04	0	30,02	-12,58	24,09	1,35E-01	-6,25E-02	0
1.032	-6,39	32,70	-18,20	5,82E-02	-3,14E-02	0	42,78	59,02	-65,16	1,72E-02	4,06E-04	0	30,68	-11,20	23,48	1,35E-01	-6,25E-02	0
1.033	-7,83	33,37	-18,81	5,82E-02	-3,15E-02	0	41,49	58,17	-64,24	1,63E-02	2,06E-04	0	31,33	-9,81	22,88	1,35E-01	-6,26E-02	0
1.034	-9,28	33,94	-19,46	5,82E-02	-3,16E-02	0	40,19	57,33	-63,31	1,44E-02	-1,71E-04	0	31,93	-8,43	22,18	1,35E-01	-6,27E-02	0
1.035	-10,73	34,51	-20,11	5,82E-02	-3,18E-02	0	38,91	56,50	-62,41	1,24E-02	-5,48E-04	0	32,52	-7,05	21,49	1,35E-01	-6,27E-02	0
1.036	-12,20	35,00	-20,81	5,81E-02	-3,20E-02	0	37,64	55,67	-61,51	7,38E-03	-8,26E-04	0	33,06	-5,70	20,71	1,35E-01	-6,27E-02	0
1.037	-13,67	35,49	-21,50	5,63E-02	-3,14E-02	0	36,37	54,85	-60,60	2,32E-03	-1,10E-03	0	33,60	-4,35	19,93	1,40E-01	-6,57E-02	0
1.038	-15,15	35,90	-22,23	5,45E-02	-3,08E-02	0	35,11	54,04	-59,70	1,22E-03	-2,35E-03	0	34,07	-3,04	19,08	1,45E-01	-6,86E-02	0
1.039	-16,63	36,31	-22,97	5,28E-02	-3,00E-02	0	33,86	53,24	-58,79	1,14E-04	-3,59E-03	0	34,54	-1,72	18,22	1,48E-01	-7,05E-02	0
1.040	-18,12	36,68	-23,72	5,11E-02	-2,91E-02	0	32,61	52,44	-57,87	-2,33E-04	-6,97E-03	0	34,96	-0,46	17,32	1,52E-01	-7,23E-02	0
1.041	-19,60	37,06	-24,48	4,63E-02	-2,78E-02	0	31,43	51,90	-56,77	-5,81E-04	-1,03E-02	0	35,38	0,80	16,41	1,52E-01	-7,23E-02	0
1.042	-21,10	37,42	-25,25	3,67E-02	-2,54E-02	0	30,26	51,36	-55,66	-5,80E-04	-1,03E-02	0	31,44	-13,67	23,28	1,10E-01	-4,55E-02	0
1.043	-22,60	37,78	-26,02	3,67E-02	-2,54E-02	0	29,22	51,20	-54,30	-5,80E-04	-1,03E-02	0	32,10	-12,27	22,67	1,10E-01	-4,55E-02	0
1.044	4,38	27,57	-15,86	4,27E-02	-2,51E-02	0	28,17	51,04	-52,93	1,78E-03	-7,65E-03	0	32,75	-10,87	22,06	1,12E-01	-4,70E-02	0
1.045	2,96	28,38	-16,41	4,27E-02	-2,51E-02	0	27,17	51,00	-51,49	4,13E-03	-4,96E-03	0	33,35	-9,48	21,36	1,13E-01	-4,86E-02	0
1.046	1,53	29,18	-16,96	4,33E-02	-2,69E-02	0	26,18	50,95	-50,04	7,17E-03	-4,96E-03	0	33,96	-8,08	20,66	1,14E-01	-4,86E-02	0
1.047	0,12	29,96	-17,51	4,39E-02	-2,86E-02	0	25,20	50,95	-48,57	1,02E-02	-4,96E-03	0	34,50	-6,72	19,87	1,14E-01	-4,86E-02	0
1.048	-1,30	30,75	-18,07	4,72E-02	-2,89E-02	0	24,22	50,94	-47,10									

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.049	-2,72	31,48	-18,65	5,05E-02	-2,93E-02	0	23,24	50,95	-45,61	1,76E-02	-9,43E-03	0	35,54	-4,04	18,20	1,24E-01	-5,82E-02	0
1.050	-4,14	32,21	-19,23	5,29E-02	-2,97E-02	0	22,26	50,96	-44,13	2,18E-02	-1,24E-02	0	36,02	-2,71	17,33	1,32E-01	-5,82E-02	0
1.051	-5,58	32,88	-19,85	5,53E-02	-3,02E-02	0	21,27	50,96	-42,63	2,59E-02	-1,53E-02	0	36,46	-1,44	16,42	1,39E-01	-5,82E-02	0
1.052	-7,02	33,54	-20,46	5,53E-02	-3,04E-02	0	20,28	50,96	-41,13	3,03E-02	-1,83E-02	0	36,90	-0,16	15,51	1,39E-01	-5,82E-02	0
1.053	-8,47	34,11	-21,12	5,53E-02	-3,07E-02	0	19,29	50,96	-39,62	3,46E-02	-2,13E-02	0	31,46	-17,61	23,52	8,23E-02	-3,61E-02	0
1.054	-9,92	34,69	-21,77	5,52E-02	-3,10E-02	0	18,29	50,96	-38,11	3,90E-02	-2,37E-02	0	32,16	-16,19	22,99	8,23E-02	-3,61E-02	0
1.055	-11,39	35,18	-22,46	5,51E-02	-3,14E-02	0	17,27	50,96	-36,59	4,33E-02	-2,62E-02	0	32,86	-14,77	22,47	9,15E-02	-3,86E-02	0
1.056	-12,86	35,67	-23,15	5,27E-02	-3,08E-02	0	16,26	50,96	-35,06	4,59E-02	-2,71E-02	0	33,52	-13,35	21,85	9,60E-02	-3,98E-02	0
1.057	-14,34	36,09	-23,87	5,03E-02	-3,01E-02	0	15,24	50,95	-33,54	4,84E-02	-2,80E-02	0	34,18	-11,93	21,24	9,69E-02	-4,07E-02	0
1.058	-15,82	36,51	-24,60	4,80E-02	-2,84E-02	0	14,22	50,94	-32,01	5,14E-02	-2,92E-02	0	34,78	-10,52	20,54	9,78E-02	-4,17E-02	0
1.059	-17,32	36,88	-25,34	4,57E-02	-2,66E-02	0	13,18	50,94	-30,48	5,44E-02	-3,03E-02	0	35,39	-9,12	19,83	9,83E-02	-4,17E-02	0
1.060	-18,81	37,26	-26,09	4,12E-02	-2,60E-02	0	12,15	50,93	-28,95	5,77E-02	-3,07E-02	0	35,95	-7,74	19,02	9,88E-02	-4,17E-02	0
1.061	-20,31	37,62	-26,85	3,67E-02	-2,54E-02	0	11,11	50,92	-27,41	6,10E-02	-3,10E-02	0	36,50	-6,37	18,22	1,02E-01	-4,55E-02	0
1.062	-21,81	37,99	-27,61	3,67E-02	-2,54E-02	0	10,07	50,91	-25,87	6,93E-02	-3,26E-02	0	37,00	-5,04	17,33	1,06E-01	-4,93E-02	0
1.063	5,18	27,77	-17,45	3,79E-02	-2,22E-02	0	9,02	50,89	-24,30	7,77E-02	-3,42E-02	0	37,50	-3,70	16,45	1,10E-01	-5,27E-02	0
1.064	3,76	28,57	-18,01	3,79E-02	-2,22E-02	0	7,96	50,86	-22,73	9,39E-02	-4,01E-02	0	37,96	-2,41	15,52	1,13E-01	-5,61E-02	0
1.065	2,34	29,38	-18,57	3,89E-02	-2,45E-02	0	6,84	50,75	-21,14	1,10E-01	-4,60E-02	0	38,42	-1,13	14,60	1,13E-01	-5,61E-02	0
1.066	0,92	30,16	-19,14	3,98E-02	-2,69E-02	0	5,72	50,64	-19,55	1,27E-01	-5,73E-02	0	32,80	-18,68	22,67	8,23E-02	-3,61E-02	0
1.067	-0,49	30,93	-19,70	4,35E-02	-2,78E-02	0	4,51	50,39	-17,95	1,44E-01	-6,85E-02	0	33,49	-17,25	22,13	8,23E-02	-3,61E-02	0
1.068	-1,91	31,66	-20,29	4,71E-02	-2,87E-02	0	3,31	50,14	-16,34	1,78E-01	-8,79E-02	0	34,18	-15,81	21,59	8,23E-02	-3,51E-02	0
1.069	-3,33	32,39	-20,88	4,96E-02	-2,92E-02	0	1,99	49,78	-14,67	2,13E-01	-1,07E-01	0	34,84	-14,39	20,98	8,23E-02	-3,41E-02	0
1.070	-4,77	33,05	-21,50	5,21E-02	-2,97E-02	0	0,66	49,41	-12,99	2,46E-01	-1,34E-01	0	35,50	-12,96	20,36	8,23E-02	-3,45E-02	0
1.071	-6,20	33,71	-22,12	5,21E-02	-3,00E-02	0	-0,82	48,80	-11,32	2,80E-01	-1,60E-01	0	36,11	-11,55	19,65	8,23E-02	-3,48E-02	0
1.072	-7,66	34,29	-22,77	5,22E-02	-3,04E-02	0	-2,30	48,19	-9,65	3,27E-01	-1,94E-01	0	36,72	-10,14	18,94	8,31E-02	-3,48E-02	0
1.073	-9,11	34,86	-23,42	5,21E-02	-3,05E-02	0	-3,99	47,29	-7,98	3,74E-01	-2,28E-01	0	37,28	-8,76	18,13	8,38E-02	-3,48E-02	0
1.074	-10,58	35,36	-24,11	5,21E-02	-3,05E-02	0	-5,69	46,40	-6,31	4,33E-01	-2,61E-01	0	37,84	-7,39	17,32	8,58E-02	-3,77E-02	0
1.075	-12,05	35,85	-24,80	4,94E-02	-2,96E-02	0	-7,67	45,18	-4,64	4,93E-01	-2,94E-01	1	38,35	-6,05	16,44	8,78E-02	-4,05E-02	0
1.076	-13,53	36,27	-25,51	4,67E-02	-2,87E-02	0	-9,64	43,96	-2,96	4,93E-01	-2,94E-01	1	38,85	-4,70	15,55	8,78E-02	-4,72E-02	0
1.077	-15,02	36,70	-26,23	4,39E-02	-2,73E-02	0	-11,80	42,53	-1,48	4,93E-01	-2,94E-01	1	39,33	-3,40	14,62	8,78E-02	-5,40E-02	0
1.078	-16,51	37,08	-26,97	4,12E-02	-2,59E-02	0	-13,96	41,10	0,01	4,73E-01	-2,81E-01	1	39,81	-2,10	13,69	8,78E-02	-5,40E-02	0
1.079	-18,01	37,46	-27,70	3,75E-02	-2,45E-02	0	-16,01	39,63	1,10	4,53E-01	-2,69E-01	0	32,77	-22,66	22,84	6,12E-02	-3,41E-02	0
1.080	-19,52	37,83	-28,45	3,39E-02	-2,32E-02	0	-18,07	38,16	2,19	3,99E-01	-2,37E-01	0	33,46	-21,21	22,33	6,12E-02	-3,41E-02	0
1.081	-21,02	38,19	-29,21	3,04E-02	-2,17E-02	0	-19,89	36,65	2,89	3,46E-01	-2,06E-01	0	34,14	-19,75	21,82	6,84E-02	-3,37E-02	0
1.082	-22,52	38,57	-29,98	2,34E-02	-1,88E-02	0	-21,72	35,14	3,60	2,98E-01	-1,76E-01	0	34,83	-18,30	21,27	7,21E-02	-3,35E-02	0
1.083	-24,01	38,94	-30,75	2,34E-02	-1,88E-02	0	-23,35	33,69	4,11	2,50E-01	-1,46E-01	0	35,51	-16,86	20,72	7,22E-02	-3,30E-02	0
1.084	5,97	27,96	-19,03	3,31E-02	-1,93E-02	0	-24,98	32,23	4,62	2,13E-01	-1,19E-01	0	36,17	-15,42	20,10	7,23E-02	-3,26E-02	0
1.085	4,55	28,76	-19,60	3,31E-02	-1,93E-02	0	-26,46	30,80	4,97	1,77E-01	-9,32E-02	0	36,82	-13,99	19,47	7,24E-02	-3,31E-02	0
1.086	3,14	29,56	-20,17	3,45E-02	-2,22E-02	0	-27,94	29,37	5,32	1,52E-01	-7,46E-02	0	37,44	-12,58	18,76	7,26E-02	-3,36E-02	0
1.087	1,73	30,34	-20,75	3,58E-02	-2,51E-02	0	-29,29	27,93	5,52	1,28E-01	-5,60E-02	0	38,05	-11,17	18,04	7,30E-02	-3,36E-02	0
1.088	0,31	31,11	-21,33	3,98E-02	-2,66E-02	0	-30,65	26,49	5,72	1,12E-01	-4,68E-02	0	38,61	-9,79	17,24	7,34E-02	-3,36E-02	0
1.089	-1,11	31,84	-21,92	4,37E-02	-2,81E-02	0	-31,90	25,03	5,79	9,54E-02	-3,76E-02	0	39,18	-8,41	16,43	7,46E-02	-3,53E-02	0
1.090	-2,52	32,57	-22,52	4,63E-02	-2,86E-02	0	-33,15	23,57	5,87	8,32E-02	-3,46E-02	0	39,69	-7,06	15,54	7,57E-02	-3,70E-02	0
1.091	-3,96	33,22	-23,14	4,88E-02	-2,91E-02	0	-34,34	22,12	5,89	7,09E-02	-3,17E-02	0	40,21	-5,71	14,65	7,57E-02	-4,00E-02	0
1.092	-5,40	33,88	-23,76	4,90E-02	-2,96E-02	0	-35,53	20,66	5,91	6,52E-02	-3,14E-02	0	40,70	-4,39	13,72	7,57E-02	-4,30E-02	0
1.093	-6,85	34,46	-24,42	4,91E-02	-3,01E-02	0	-36,70	19,23	5,92	5,94E-02	-3,12E-02	0	41,19	-3,07	12,78	7,14E-02	-4,03E-02	0
1.094	-8,30	35,03	-25,07	4,91E-02	-2,99E-02	0	-37,88	17,79	5,94	5,70E-02	-3,03E-02	0	41,70	-1,81	11,82	6,27E-02	-3,49E-02	0
1.095	-9,78	35,53	-25,76	4,91E-02	-2,96E-02	0	-39,05	16,35	5,95	5,47E-02	-2,94E-02	0	42,20	-0,56	10,86	6,27E-02	-3,49E-02	0
1.096	-11,25	36,03	-26,44	4,60E-02	-2,85E-02	0	-40,21	14,92	5,96	5,21E-02	-2,86E-02	0	34,06	-23,69	22,02	6,12E-02	-3,41E-02	0
1.097	-12,74	36,46	-27,15	4,30E-02	-2,73E-02	0	-41,38	13,50	5,97	4,96E-02	-2,78E-02	0	34,75	-22,23	21,49	6,12E-02	-3,41E-02	0
1.098	-14,23	36,89	-27,86	3,98E-02	-2,62E-02	0	-42,54	12,08	5,97	4,60E-02	-2,63E-02	0	35,44	-20,77	20,97	6,15E-02	-3,25E-02	0
1.099	-15,73	37,27	-28,59	3,67E-02	-2,51E-02	0	-43,70	10,66	5,97	4,24E-02	-2,48E-02	0	36,12	-19,32	20,41	6,18E-02	-3,08E-02	0
1.100	-17,23	37,65	-29,31	3,39E-02	-2,30E-02	0	-44,85	9,25	5,97	3,83E-02	-2,21E-02	0	36,80	-17,87	19,85	6,20E-02	-3,09E-02	0
1.101	-18,74	38,02	-30,05	3,12E-02	-2,10E-02	0	-46,00	7,85	5,96	3,43E-02	-1,94E-02	0	37,46	-16,43	19,22	6,22E-02	-3,10E-02	0
1.102	-20,25	38,39	-30,79	2,73E-02	-1,99E-02	0	-47,15	6,44	5,95	3,00E-02	-1,60E-02	0	38,11	-15,00	18,59	6,25E-02	-3,17E-02	0
1.103	-21,77	38,76	-31,54	2,34E-02	-1,88E-02	0	-48,28	5,05	5,93	2,57E-02	-1,27E-02	0	38,73	-13,59	17,87	6,28E-02	-3,24E-02	0
1.104	-23,29	39,12	-32,28	2,34E-02	-1,88E-02	0	-49,42	3,66	5,92	2,08E-02	-1,02E-02	0	39,34	-12,18	17,15	6,29E-02	-3,24E-02	0
1.105	9,59	26,50	-19,41	2,18E-02	-1,49E-02	0	-50,54	2,28	5,90	1,60E-02	-7,71E-03	0	39,90	-10,80	16,35	6,29E-02	-3,24E-02	0
1.106	8,17	27,32	-20,01	2,18E-02	-1,49E-02	0	-51,66	0,90	5,89	1,21E-02	-5,55E-03	0	40,47	-9,42	15,54	6,33E-02	-3,29E-02	0
1.107	6,76	28,14	-20,61	2,67E-02	-1,70E-02	0	-52,78	-0,46	5,89	8,26E-03	-3,39E-03	0	40,99	-8,06	14,66	6,36E-02	-3,34E-02	0
1.108	5,35	28,95	-21,19	2,92E-02	-1,81E-02	0	-53,90	-1,82	5,90	5,97E-03	-3,39E-03	0	41,51	-6,71	13,78	6,36E-02	-3,27E-02	0
1.109	3,94	29,75	-21,78	3,17E-02	-2,06E-02	0	-55,03	-3,16	5,95	3,68E-03	-3,39E-03	0	42,01	-5,38	12,85	6,36E-02		

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.111	1,12	31,29	-22,95	3,70E-02	-2,49E-02	0	-57,32	-5,76	6,21	3,40E-04	-1,20E-02	0	43,01	-2,75	10,95	6,27E-02	-3,49E-02	0
1.112	-0,30	32,01	-23,55	3,98E-02	-2,66E-02	0	-58,48	-7,02	6,41	1,61E-04	-1,20E-02	0	43,51	-1,46	9,99	6,27E-02	-3,49E-02	0
1.113	-1,72	32,74	-24,15	4,30E-02	-2,74E-02	0	-59,71	-8,02	7,04	-1,80E-05	-1,20E-02	0	35,35	-24,72	21,20	5,24E-02	-3,11E-02	0
1.114	-3,15	33,39	-24,78	4,63E-02	-2,82E-02	0	-60,94	-9,02	7,66	3,38E-04	-6,77E-03	0	36,05	-23,25	20,66	5,24E-02	-3,11E-02	0
1.115	-4,59	34,05	-25,41	4,63E-02	-2,84E-02	0	-62,20	-9,86	8,52	6,95E-04	-1,50E-03	0	36,74	-21,78	20,12	5,40E-02	-3,06E-02	0
1.116	-6,05	34,63	-26,06	4,64E-02	-2,87E-02	0	-63,46	-10,71	9,39	6,86E-03	-1,35E-03	0	37,42	-20,33	19,55	5,57E-02	-3,02E-02	0
1.117	-7,50	35,21	-26,72	4,62E-02	-2,86E-02	0	-64,74	-11,56	10,27	1,30E-02	-1,20E-03	0	38,10	-18,88	18,98	5,73E-02	-3,04E-02	0
1.118	-8,98	35,71	-27,40	4,60E-02	-2,84E-02	0	-66,02	-12,41	11,16	1,30E-02	-1,20E-03	0	38,75	-17,44	18,34	5,89E-02	-3,06E-02	0
1.119	-10,45	36,21	-28,08	4,29E-02	-2,73E-02	0	-71,16	-15,82	14,69	2,44E-02	-3,32E-03	0	39,40	-16,01	17,70	5,97E-02	-3,11E-02	0
1.120	-11,94	36,64	-28,79	3,98E-02	-2,62E-02	0	-72,45	-16,68	15,58	2,44E-02	-3,32E-03	0	40,02	-14,60	16,98	6,04E-02	-3,16E-02	0
1.121	-13,43	37,07	-29,50	3,69E-02	-2,46E-02	0	-73,74	-17,55	16,48	2,44E-02	-3,32E-03	0	40,63	-13,19	16,27	6,04E-02	-3,16E-02	0
1.122	-14,94	37,46	-30,21	3,39E-02	-2,30E-02	0	46,69	63,32	-69,60	1,64E-02	7,14E-04	0	41,19	-11,81	15,46	6,04E-02	-3,17E-02	0
1.123	-16,44	37,85	-30,92	3,06E-02	-2,14E-02	0	45,41	62,49	-68,69	1,64E-02	7,14E-04	0	41,76	-10,43	14,66	5,94E-02	-3,22E-02	0
1.124	-17,96	38,22	-31,65	2,73E-02	-1,98E-02	0	44,13	61,66	-67,78	1,68E-02	6,60E-04	0	42,28	-9,07	13,78	5,84E-02	-3,27E-02	0
1.125	-19,48	38,59	-32,37	2,46E-02	-1,83E-02	0	42,85	60,83	-66,88	1,71E-02	6,05E-04	0	42,81	-7,71	12,90	5,71E-02	-3,14E-02	0
1.126	-21,02	38,95	-33,10	2,18E-02	-1,68E-02	0	41,57	59,99	-65,97	1,67E-02	1,93E-04	0	43,31	-6,37	11,97	5,58E-02	-3,01E-02	0
1.127	-22,57	39,31	-33,82	2,18E-02	-1,68E-02	0	40,28	59,15	-65,05	1,63E-02	-2,19E-04	0	43,82	-5,03	11,04	5,41E-02	-3,04E-02	0
1.128	10,38	26,68	-20,97	2,18E-02	-1,49E-02	0	39,00	58,31	-64,12	1,53E-02	-3,84E-04	0	44,32	-3,69	10,09	5,23E-02	-3,08E-02	0
1.129	8,97	27,50	-21,58	2,18E-02	-1,49E-02	0	37,71	57,48	-63,22	1,44E-02	-5,48E-04	0	44,82	-2,36	9,13	5,23E-02	-3,08E-02	0
1.130	7,56	28,32	-22,19	2,35E-02	-1,59E-02	0	36,43	56,65	-62,31	8,50E-03	-8,26E-04	0	36,62	-25,70	20,37	4,36E-02	-2,80E-02	0
1.131	6,16	29,12	-22,78	2,52E-02	-1,69E-02	0	35,17	55,83	-61,41	2,64E-03	-1,10E-03	0	37,32	-24,24	19,82	4,36E-02	-2,80E-02	0
1.132	4,75	29,92	-23,37	2,89E-02	-1,90E-02	0	33,91	55,01	-60,51	1,40E-03	-2,11E-03	0	38,02	-22,77	19,27	4,66E-02	-2,88E-02	0
1.133	3,34	30,69	-23,97	3,26E-02	-2,11E-02	0	32,65	54,22	-59,59	1,52E-04	-3,13E-03	0	38,70	-21,32	18,69	4,96E-02	-2,96E-02	0
1.134	1,93	31,46	-24,56	3,42E-02	-2,31E-02	0	31,40	53,42	-58,68	-2,81E-04	-6,07E-03	0	39,39	-19,88	18,11	5,26E-02	-2,99E-02	0
1.135	0,51	32,18	-25,17	3,58E-02	-2,51E-02	0	30,22	52,87	-57,58	-7,15E-04	-9,02E-03	0	40,04	-18,45	17,47	5,56E-02	-3,03E-02	0
1.136	-0,91	32,90	-25,78	3,98E-02	-2,62E-02	0	29,05	52,32	-56,48	-6,47E-04	-9,02E-03	0	40,69	-17,02	16,82	5,68E-02	-3,05E-02	0
1.137	-2,35	33,56	-26,42	4,37E-02	-2,72E-02	0	28,00	52,15	-55,12	-5,80E-04	-9,02E-03	0	41,30	-15,61	16,10	5,79E-02	-3,08E-02	0
1.138	-3,79	34,21	-27,05	4,37E-02	-2,73E-02	0	26,94	51,98	-53,75	2,04E-03	-7,55E-03	0	41,91	-14,20	15,38	5,79E-02	-3,09E-02	0
1.139	-5,25	34,79	-27,70	4,37E-02	-2,73E-02	0	25,95	51,93	-52,31	4,67E-03	-6,09E-03	0	42,48	-12,81	14,58	5,79E-02	-3,10E-02	0
1.140	-6,71	35,37	-28,36	4,34E-02	-2,73E-02	0	24,95	51,88	-50,87	8,00E-03	-6,09E-03	0	43,04	-11,43	13,79	5,56E-02	-3,15E-02	0
1.141	-8,19	35,87	-29,04	4,30E-02	-2,72E-02	0	23,97	51,87	-49,39	1,13E-02	-6,09E-03	0	43,57	-10,07	12,91	5,32E-02	-3,20E-02	0
1.142	-9,66	36,38	-29,72	3,98E-02	-2,62E-02	0	22,99	51,86	-47,92	1,46E-02	-7,84E-03	0	44,09	-8,70	12,04	5,06E-02	-3,01E-02	0
1.143	-11,16	36,82	-30,42	3,67E-02	-2,51E-02	0	22,02	51,87	-46,43	1,78E-02	-9,58E-03	0	44,59	-7,36	11,12	4,80E-02	-2,82E-02	0
1.144	-12,65	37,26	-31,12	3,39E-02	-2,30E-02	0	21,04	51,87	-44,94	2,13E-02	-1,24E-02	0	45,09	-6,01	10,20	4,49E-02	-2,74E-02	0
1.145	-14,16	37,65	-31,82	3,12E-02	-2,09E-02	0	20,05	51,87	-43,44	2,48E-02	-1,52E-02	0	45,59	-4,67	9,24	4,18E-02	-2,66E-02	0
1.146	-15,67	38,04	-32,53	2,73E-02	-1,98E-02	0	19,07	51,87	-41,94	2,94E-02	-1,82E-02	0	46,09	-3,33	8,29	4,18E-02	-2,66E-02	0
1.147	-17,19	38,41	-33,25	2,34E-02	-1,87E-02	0	18,07	51,86	-40,43	3,39E-02	-2,13E-02	0	36,46	-29,63	20,63	3,16E-02	-1,52E-02	0
1.148	-18,72	38,78	-33,97	2,18E-02	-1,67E-02	0	17,08	51,86	-38,92	3,69E-02	-2,34E-02	0	37,18	-28,16	20,08	3,16E-02	-1,52E-02	0
1.149	-20,26	39,14	-34,68	2,02E-02	-1,48E-02	0	16,07	51,85	-37,40	4,00E-02	-2,55E-02	0	37,89	-26,68	19,54	3,81E-02	-2,21E-02	0
1.150	-21,81	39,51	-35,40	2,02E-02	-1,48E-02	0	15,06	51,84	-35,88	4,30E-02	-2,64E-02	0	38,60	-25,22	18,98	4,13E-02	-2,55E-02	0
1.151	11,17	26,85	-22,54	2,12E-02	-1,18E-02	0	14,04	51,83	-34,36	4,61E-02	-2,72E-02	0	39,30	-23,76	18,42	4,39E-02	-2,68E-02	0
1.152	9,77	27,67	-23,15	2,12E-02	-1,18E-02	0	13,02	51,82	-32,83	4,91E-02	-2,88E-02	0	39,99	-22,32	17,83	4,65E-02	-2,81E-02	0
1.153	8,37	28,49	-23,76	2,23E-02	-1,38E-02	0	11,99	51,81	-31,31	5,22E-02	-3,03E-02	0	40,67	-20,88	17,24	4,96E-02	-2,89E-02	0
1.154	6,97	29,29	-24,37	2,35E-02	-1,59E-02	0	10,95	51,80	-29,78	5,59E-02	-3,07E-02	0	41,32	-19,45	16,59	5,26E-02	-2,98E-02	0
1.155	5,56	30,09	-24,97	2,66E-02	-1,77E-02	0	9,91	51,79	-28,24	5,97E-02	-3,10E-02	0	41,98	-18,02	15,95	5,36E-02	-3,01E-02	0
1.156	4,15	30,86	-25,57	2,97E-02	-1,95E-02	0	8,87	51,77	-26,71	6,97E-02	-3,39E-02	0	42,59	-16,61	15,22	5,46E-02	-3,05E-02	0
1.157	2,75	31,63	-26,18	3,19E-02	-2,13E-02	0	7,82	51,74	-25,14	7,97E-02	-3,68E-02	0	43,20	-15,20	14,50	5,46E-02	-3,03E-02	0
1.158	1,32	32,35	-26,79	3,42E-02	-2,31E-02	0	6,77	51,71	-23,57	9,49E-02	-4,23E-02	0	43,76	-13,82	13,71	5,46E-02	-3,02E-02	0
1.159	-0,10	33,06	-27,41	3,69E-02	-2,39E-02	0	5,65	51,60	-21,96	1,10E-01	-4,78E-02	0	44,32	-12,44	12,91	5,23E-02	-3,01E-02	0
1.160	-1,54	33,72	-28,05	3,95E-02	-2,48E-02	0	4,54	51,48	-20,36	1,27E-01	-5,82E-02	0	44,85	-11,07	12,05	5,00E-02	-3,01E-02	0
1.161	-2,98	34,37	-28,69	3,95E-02	-2,48E-02	0	3,35	51,21	-18,74	1,44E-01	-6,85E-02	0	45,37	-9,70	11,18	4,75E-02	-2,87E-02	0
1.162	-4,45	34,95	-29,34	3,95E-02	-2,48E-02	0	2,16	50,95	-17,13	1,79E-01	-8,73E-02	0	45,87	-8,35	10,27	4,49E-02	-2,73E-02	0
1.163	-5,91	35,53	-30,00	3,93E-02	-2,48E-02	0	0,85	50,56	-15,43	2,14E-01	-1,06E-01	0	46,37	-6,99	9,35	4,23E-02	-2,66E-02	0
1.164	-7,39	36,04	-30,67	3,90E-02	-2,48E-02	0	-0,45	50,17	-13,74	2,49E-01	-1,33E-01	0	46,86	-5,64	8,40	3,96E-02	-2,39E-02	0
1.165	-8,88	36,55	-31,35	3,65E-02	-2,39E-02	0	-1,90	49,54	-12,03	2,85E-01	-1,60E-01	0	47,35	-4,29	7,45	3,63E-02	-2,29E-02	0
1.166	-10,37	37,00	-32,04	3,39E-02	-2,30E-02	0	-3,35	48,91	-10,32	3,29E-01	-1,94E-01	0	47,84	-2,95	6,49	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.167	-11,87	37,44	-32,74	3,11E-02	-2,09E-02	0	-5,00	47,99	-8,63	3,74E-01	-2,28E-01	0	48,33	-1,61	5,53	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.168	-13,39	37,84	-33,44	2,82E-02	-1,87E-02	0	-6,66	47,08	-6,94	4,33E-01	-2,60E-01	0	37,70	-30,60	19,81	3,16E-02	-1,52E-02	0
1.169	-14,90	38,24	-34,15	2,50E-02	-1,76E-02	0	-8,59	45,85	-5,26	4,93E-01	-2,91E-01	1	38,42	-29,13	19,26	3,16E-02	-1,52E-02	0
1.170	-16,43	38,61	-34,85	2,18E-02	-1,65E-02	0	-10,52	44,62	-3,58	4,93E-01	-2,91E-01	1	39,15	-27,66	18,71	3,53E-02	-1,91E-02	0
1.171	-17,96	38,98	-35,56	2,05E-02	-1,41E-02	0	-12,67	43,22	-2,12	4,93E-01	-2,91E-01	1	39,86	-26,21	18,14	3,91E-02	-2,31E-02	0
1.172	-19,51	39,34	-36,27	1														

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.173	-21,05	39,70	-36,97	1,93E-02	-1,17E-02	0	-16,89	40,36	0,40	4,53E-01	-2,67E-01	0	41,26	-23,32	16,98	4,35E-02	-2,65E-02	0
1.174	11,99	27,01	-24,10	2,06E-02	-8,59E-03	0	-18,96	38,92	1,46	4,00E-01	-2,37E-01	0	41,94	-21,88	16,38	4,65E-02	-2,79E-02	0
1.175	10,58	27,83	-24,72	2,06E-02	-8,59E-03	0	-20,82	37,42	2,14	3,47E-01	-2,06E-01	0	42,60	-20,45	15,73	4,95E-02	-2,93E-02	0
1.176	9,18	28,65	-25,34	2,12E-02	-1,18E-02	0	-22,68	35,93	2,81	3,01E-01	-1,76E-01	0	43,25	-19,03	15,07	5,04E-02	-2,98E-02	0
1.177	7,78	29,46	-25,95	2,18E-02	-1,49E-02	0	-24,35	34,50	3,32	2,55E-01	-1,46E-01	0	43,86	-17,62	14,35	5,14E-02	-3,03E-02	0
1.178	6,38	30,26	-26,56	2,43E-02	-1,64E-02	0	-26,02	33,07	3,82	2,20E-01	-1,19E-01	0	44,47	-16,21	13,62	5,14E-02	-2,98E-02	0
1.179	4,97	31,02	-27,17	2,68E-02	-1,78E-02	0	-27,53	31,66	4,15	1,84E-01	-9,32E-02	0	45,04	-14,82	12,83	5,14E-02	-2,93E-02	0
1.180	3,56	31,79	-27,78	2,97E-02	-1,95E-02	0	-29,04	30,24	4,48	1,56E-01	-7,54E-02	0	45,60	-13,43	12,04	4,91E-02	-2,88E-02	0
1.181	2,13	32,50	-28,40	3,26E-02	-2,11E-02	0	-30,41	28,81	4,67	1,28E-01	-5,76E-02	0	46,12	-12,06	11,18	4,68E-02	-2,82E-02	0
1.182	0,70	33,22	-29,03	3,40E-02	-2,17E-02	0	-31,78	27,38	4,85	1,13E-01	-4,81E-02	0	46,65	-10,69	10,32	4,43E-02	-2,73E-02	0
1.183	-0,74	33,87	-29,67	3,54E-02	-2,23E-02	0	-33,04	25,92	4,92	9,87E-02	-3,87E-02	0	47,14	-9,33	9,41	4,18E-02	-2,63E-02	0
1.184	-2,19	34,52	-30,31	3,64E-02	-2,23E-02	0	-34,30	24,46	4,99	8,49E-02	-3,55E-02	0	47,64	-7,97	8,50	3,96E-02	-2,37E-02	0
1.185	-3,66	35,11	-30,97	3,54E-02	-2,23E-02	0	-35,49	23,01	5,01	7,10E-02	-3,24E-02	0	48,12	-6,62	7,56	3,73E-02	-2,11E-02	0
1.186	-5,13	35,69	-31,63	3,52E-02	-2,23E-02	0	-36,68	21,56	5,04	6,42E-02	-3,18E-02	0	48,60	-5,26	6,62	3,36E-02	-2,10E-02	0
1.187	-6,61	36,20	-32,30	3,50E-02	-2,23E-02	0	-37,85	20,13	5,06	5,74E-02	-3,12E-02	0	49,08	-3,90	5,66	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.188	-8,10	36,72	-32,98	3,31E-02	-2,16E-02	0	-39,02	18,70	5,08	5,48E-02	-3,00E-02	0	49,55	-2,54	4,70	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.189	-9,60	37,17	-33,67	3,12E-02	-2,09E-02	0	-40,19	17,27	5,09	5,21E-02	-2,89E-02	0	37,43	-34,50	20,13	1,98E-02	-1,47E-02	0
1.190	-11,11	37,62	-34,36	2,82E-02	-1,87E-02	0	-41,36	15,84	5,11	4,91E-02	-2,76E-02	0	38,18	-33,03	19,56	1,98E-02	-1,47E-02	0
1.191	-12,62	38,02	-35,06	2,53E-02	-1,65E-02	0	-42,53	14,42	5,11	4,60E-02	-2,63E-02	0	38,94	-31,57	18,99	2,50E-02	-1,50E-02	0
1.192	-14,14	38,42	-35,76	2,27E-02	-1,54E-02	0	-43,69	13,00	5,12	4,29E-02	-2,52E-02	0	39,67	-30,11	18,43	2,75E-02	-1,51E-02	0
1.193	-15,68	38,80	-36,46	2,02E-02	-1,43E-02	0	-44,85	11,59	5,12	3,99E-02	-2,41E-02	0	40,41	-28,65	17,88	3,14E-02	-1,86E-02	0
1.194	-17,21	39,17	-37,16	1,93E-02	-1,15E-02	0	-46,01	10,18	5,12	3,64E-02	-2,15E-02	0	41,12	-27,20	17,30	3,53E-02	-2,20E-02	0
1.195	-18,76	39,53	-37,86	1,83E-02	-8,65E-03	0	-47,16	8,79	5,11	3,30E-02	-1,89E-02	0	41,84	-25,75	16,73	3,73E-02	-2,34E-02	0
1.196	-20,31	39,89	-38,56	1,83E-02	-8,65E-03	0	-48,31	7,39	5,10	2,89E-02	-1,58E-02	0	42,53	-24,31	16,13	3,93E-02	-2,48E-02	0
1.197	12,80	27,17	-25,67	2,06E-02	-1,02E-02	0	-49,44	6,00	5,08	2,49E-02	-1,27E-02	0	43,22	-22,88	15,52	4,29E-02	-2,63E-02	0
1.198	11,40	28,00	-26,29	2,06E-02	-1,02E-02	0	-50,58	4,62	5,07	2,07E-02	-1,02E-02	0	43,87	-21,45	14,86	4,65E-02	-2,79E-02	0
1.199	9,99	28,82	-26,91	2,09E-02	-1,21E-02	0	-51,71	3,24	5,05	1,66E-02	-7,78E-03	0	44,53	-20,03	14,20	4,75E-02	-2,84E-02	0
1.200	8,59	29,62	-27,53	2,12E-02	-1,39E-02	0	-52,84	1,87	5,04	1,30E-02	-6,21E-03	0	45,14	-18,62	13,47	4,84E-02	-2,89E-02	0
1.201	7,19	30,42	-28,15	2,27E-02	-1,51E-02	0	-53,96	0,50	5,04	9,41E-03	-4,64E-03	0	45,75	-17,21	12,75	4,84E-02	-2,87E-02	0
1.202	5,78	31,18	-28,77	2,43E-02	-1,64E-02	0	-55,09	-0,86	5,05	6,97E-03	-4,64E-03	0	46,31	-15,82	11,96	4,84E-02	-2,85E-02	0
1.203	4,36	31,94	-29,38	2,70E-02	-1,77E-02	0	-56,22	-2,20	5,10	4,53E-03	-4,64E-03	0	46,88	-14,43	11,16	4,64E-02	-2,79E-02	0
1.204	2,93	32,66	-30,01	2,97E-02	-1,91E-02	0	-57,35	-3,54	5,16	2,32E-03	-8,03E-03	0	47,40	-13,05	10,31	4,43E-02	-2,73E-02	0
1.205	1,50	33,37	-30,64	3,08E-02	-1,89E-02	0	-58,51	-4,80	5,37	1,11E-04	-1,14E-02	0	47,92	-11,68	9,46	4,14E-02	-2,58E-02	0
1.206	0,05	34,02	-31,29	3,19E-02	-1,87E-02	0	-59,68	-6,06	5,58	2,11E-05	-1,14E-02	0	48,41	-10,31	8,55	3,84E-02	-2,43E-02	0
1.207	-1,40	34,67	-31,94	3,19E-02	-1,90E-02	0	-60,91	-7,05	6,22	-6,83E-05	-1,14E-02	0	48,91	-8,95	7,65	3,60E-02	-2,27E-02	0
1.208	-2,87	35,26	-32,59	3,19E-02	-1,93E-02	0	-62,14	-8,04	6,86	5,87E-04	-6,85E-03	0	49,38	-7,59	6,72	3,36E-02	-2,10E-02	0
1.209	-4,34	35,84	-33,25	3,15E-02	-1,90E-02	0	-63,41	-8,88	7,72	1,24E-03	-2,29E-03	0	49,86	-6,22	5,78	3,07E-02	-2,05E-02	0
1.210	-5,83	36,36	-33,93	3,11E-02	-1,88E-02	0	-64,67	-9,73	8,58	8,05E-03	-1,82E-03	0	50,32	-4,85	4,83	2,79E-02	-2,01E-02	0
1.211	-7,32	36,88	-34,60	2,97E-02	-1,85E-02	0	-65,93	-10,58	9,46	1,49E-02	-1,35E-03	0	50,78	-3,47	3,88	2,79E-02	-2,01E-02	0
1.212	-8,83	37,34	-35,29	2,82E-02	-1,81E-02	0	-67,20	-11,43	10,34	1,82E-02	-2,75E-03	0	38,65	-35,47	19,31	1,98E-02	-1,47E-02	0
1.213	-10,34	37,80	-35,98	2,55E-02	-1,68E-02	0	-68,46	-12,29	11,22	2,50E-02	-5,55E-03	0	39,41	-34,01	18,74	1,98E-02	-1,47E-02	0
1.214	-11,86	38,20	-36,67	2,27E-02	-1,54E-02	0	-69,73	-13,15	12,10	2,63E-02	-5,55E-03	0	40,17	-32,55	18,18	2,16E-02	-1,49E-02	0
1.215	-13,39	38,61	-37,37	2,10E-02	-1,42E-02	0	-71,06	-13,99	12,99	2,75E-02	-5,55E-03	0	40,91	-31,09	17,61	2,35E-02	-1,50E-02	0
1.216	-14,92	38,99	-38,06	1,93E-02	-1,30E-02	0	-72,40	-14,83	13,88	2,60E-02	-4,44E-03	0	41,65	-29,64	17,05	2,75E-02	-1,80E-02	0
1.217	-16,46	39,37	-38,76	1,88E-02	-1,10E-02	0	-73,67	-15,70	14,78	2,44E-02	-3,32E-03	0	42,37	-28,19	16,47	3,15E-02	-2,09E-02	0
1.218	-18,01	39,73	-39,45	1,83E-02	-9,08E-03	0	-74,94	-16,57	15,67	2,44E-02	-3,32E-03	0	43,09	-26,75	15,89	3,33E-02	-2,20E-02	0
1.219	-19,56	40,09	-40,15	1,83E-02	-9,08E-03	0	45,48	64,30	-70,41	1,57E-02	7,14E-04	0	43,79	-25,31	15,28	3,50E-02	-2,31E-02	0
1.220	13,60	27,34	-27,25	2,06E-02	-1,19E-02	0	44,21	63,47	-69,50	1,57E-02	7,14E-04	0	44,48	-23,88	14,66	3,93E-02	-2,48E-02	0
1.221	12,20	28,16	-27,87	2,06E-02	-1,19E-02	0	42,93	62,64	-68,59	1,59E-02	6,60E-04	0	45,14	-22,45	14,00	4,35E-02	-2,65E-02	0
1.222	10,81	28,97	-28,49	2,06E-02	-1,24E-02	0	41,65	61,81	-67,68	1,61E-02	6,05E-04	0	45,79	-21,03	13,33	4,45E-02	-2,70E-02	0
1.223	9,40	29,77	-29,11	2,06E-02	-1,29E-02	0	40,37	60,98	-66,77	1,62E-02	-2,02E-05	0	46,40	-19,62	12,60	4,55E-02	-2,76E-02	0
1.224	8,00	30,57	-29,73	2,12E-02	-1,39E-02	0	39,07	60,14	-65,85	1,63E-02	-6,45E-04	0	47,02	-18,21	11,87	4,55E-02	-2,76E-02	0
1.225	6,59	31,33	-30,36	2,18E-02	-1,49E-02	0	37,78	59,30	-64,93	1,63E-02	-5,97E-04	0	47,58	-16,81	11,08	4,55E-02	-2,76E-02	0
1.226	5,17	32,09	-30,98	2,43E-02	-1,60E-02	0	36,50	58,46	-64,03	1,63E-02	-5,48E-04	0	48,14	-15,42	10,29	4,37E-02	-2,70E-02	0
1.227	3,74	32,80	-31,61	2,68E-02	-1,71E-02	0	35,22	57,62	-63,12	9,61E-03	-8,26E-04	0	48,67	-14,03	9,44	4,18E-02	-2,63E-02	0
1.228	2,30	33,51	-32,25	2,76E-02	-1,62E-02	0	33,96	56,81	-62,22	2,96E-03	-1,10E-03	0	49,19	-12,65	8,59	3,84E-02	-2,43E-02	0
1.229	0,85	34,16	-32,90	2,85E-02	-1,52E-02	0	32,70	55,99	-61,31	1,58E-03	-1,88E-03	0	49,68	-11,28	7,69	3,50E-02	-2,23E-02	0
1.230	-0,61	34,81	-33,55	2,85E-02	-1,57E-02	0	31,44	55,19	-60,40	1,91E-04	-2,66E-03	0	50,17	-9,91	6,79	3,24E-02	-2,16E-02	0
1.231	-2,09	35,40	-34,21	2,85E-02	-1,62E-02	0	30,19	54,39	-59,49	-3,29E-04	-5,18E-03	0	50,64	-8,54	5,86	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.232	-3,57	35,99	-34,87	2,78E-02	-1,58E-02	0	29,00	53,81	-58,40	-8,49E-04	-7,69E-03	0	51,11	-7,18	4,93	2,79E-02	-2,01E-02	0
1.233	-5,06	36,51	-35,55	2,71E-02	-1,54E-02	0	27,82	53,24	-57,31	-7,15E-04	-7,69E-03	0	51,56	-5,80	3,99	2,60E-02		

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.235	-8,07	37,50	-36,91	2,53E-02	-1,54E-02	0	25,70	52,87	-54,59	2,31E-03	-7,46E-03	0	39,87	-36,44	18,50	1,98E-02	-1,29E-02	0
1.236	-9,58	37,96	-37,59	2,27E-02	-1,48E-02	0	24,70	52,82	-53,15	5,21E-03	-7,22E-03	0	40,64	-34,98	17,93	1,98E-02	-1,29E-02	0
1.237	-11,11	38,38	-38,28	2,02E-02	-1,43E-02	0	23,70	52,77	-51,70	8,83E-03	-7,22E-03	0	41,40	-33,53	17,36	2,08E-02	-1,39E-02	0
1.238	-12,64	38,79	-38,98	1,93E-02	-1,30E-02	0	22,72	52,75	-50,23	1,24E-02	-7,22E-03	0	42,15	-32,08	16,79	2,18E-02	-1,49E-02	0
1.239	-14,18	39,17	-39,67	1,83E-02	-1,16E-02	0	21,74	52,74	-48,75	1,52E-02	-8,48E-03	0	42,90	-30,63	16,22	2,52E-02	-1,65E-02	0
1.240	-15,71	39,55	-40,36	1,83E-02	-1,06E-02	0	20,77	52,74	-47,27	1,80E-02	-9,74E-03	0	43,62	-29,19	15,63	2,86E-02	-1,82E-02	0
1.241	-17,26	39,91	-41,06	1,83E-02	-9,50E-03	0	19,79	52,73	-45,78	2,09E-02	-1,24E-02	0	44,35	-27,75	15,05	3,09E-02	-2,01E-02	0
1.242	-18,81	40,28	-41,75	1,83E-02	-9,50E-03	0	18,81	52,72	-44,28	2,37E-02	-1,50E-02	0	45,04	-26,31	14,43	3,33E-02	-2,20E-02	0
1.243	14,40	27,50	-28,82	2,13E-02	-1,19E-02	0	17,83	52,71	-42,78	2,84E-02	-1,81E-02	0	45,74	-24,88	13,81	3,63E-02	-2,31E-02	0
1.244	13,01	28,32	-29,45	2,13E-02	-1,19E-02	0	16,84	52,70	-41,27	3,31E-02	-2,12E-02	0	46,40	-23,45	13,13	3,93E-02	-2,43E-02	0
1.245	11,62	29,13	-30,07	2,09E-02	-1,22E-02	0	15,84	52,69	-39,76	3,49E-02	-2,30E-02	0	47,05	-22,03	12,46	4,02E-02	-2,46E-02	0
1.246	10,22	29,93	-30,69	2,06E-02	-1,26E-02	0	14,84	52,68	-38,24	3,66E-02	-2,48E-02	0	47,67	-20,62	11,73	4,11E-02	-2,49E-02	0
1.247	8,81	30,72	-31,32	2,08E-02	-1,30E-02	0	13,83	52,66	-36,73	4,02E-02	-2,57E-02	0	48,28	-19,20	11,00	4,11E-02	-2,49E-02	0
1.248	7,40	31,48	-31,95	2,11E-02	-1,34E-02	0	12,81	52,65	-35,21	4,37E-02	-2,65E-02	0	48,85	-17,80	10,21	4,11E-02	-2,49E-02	0
1.249	5,98	32,24	-32,57	2,21E-02	-1,37E-02	0	11,79	52,63	-33,69	4,68E-02	-2,84E-02	0	49,41	-16,40	9,42	3,97E-02	-2,46E-02	0
1.250	4,54	32,95	-33,21	2,31E-02	-1,41E-02	0	10,76	52,62	-32,17	4,99E-02	-3,03E-02	0	49,94	-15,02	8,57	3,84E-02	-2,43E-02	0
1.251	3,10	33,66	-33,85	2,30E-02	-1,31E-02	0	9,73	52,60	-30,65	5,42E-02	-3,07E-02	0	50,46	-13,63	7,72	3,54E-02	-2,30E-02	0
1.252	1,64	34,31	-34,51	2,30E-02	-1,21E-02	0	8,69	52,58	-29,12	5,84E-02	-3,11E-02	0	50,95	-12,25	6,83	3,24E-02	-2,16E-02	0
1.253	0,18	34,96	-35,17	2,30E-02	-1,24E-02	0	7,65	52,56	-27,59	7,01E-02	-3,52E-02	0	51,44	-10,87	5,93	3,02E-02	-2,05E-02	0
1.254	-1,30	35,55	-35,83	2,30E-02	-1,28E-02	0	6,60	52,52	-26,01	8,18E-02	-3,94E-02	0	51,90	-9,50	5,01	2,79E-02	-1,94E-02	0
1.255	-2,79	36,14	-36,49	2,27E-02	-1,26E-02	0	5,55	52,47	-24,44	9,60E-02	-4,45E-02	0	52,36	-8,13	4,08	2,67E-02	-1,80E-02	0
1.256	-4,29	36,67	-37,16	2,24E-02	-1,23E-02	0	4,45	52,35	-22,82	1,10E-01	-4,96E-02	0	52,81	-6,75	3,14	2,54E-02	-1,65E-02	0
1.257	-5,79	37,19	-37,84	2,19E-02	-1,24E-02	0	3,34	52,22	-21,20	1,27E-01	-5,90E-02	0	53,25	-5,36	2,21	2,54E-02	-1,65E-02	0
1.258	-7,31	37,66	-38,52	2,15E-02	-1,25E-02	0	2,15	51,94	-19,55	1,44E-01	-6,85E-02	0	41,09	-37,42	17,68	1,98E-02	-1,10E-02	0
1.259	-8,83	38,13	-39,21	2,02E-02	-1,24E-02	0	0,95	51,66	-17,90	1,79E-01	-8,68E-02	0	41,86	-35,97	17,11	1,98E-02	-1,10E-02	0
1.260	-10,36	38,56	-39,90	1,90E-02	-1,24E-02	0	-0,32	51,23	-16,20	2,15E-01	-1,05E-01	0	42,63	-34,52	16,54	2,00E-02	-1,29E-02	0
1.261	-11,89	38,98	-40,58	1,85E-02	-1,17E-02	0	-1,59	50,81	-14,50	2,52E-01	-1,33E-01	0	43,38	-33,07	15,97	2,01E-02	-1,47E-02	0
1.262	-13,43	39,36	-41,27	1,81E-02	-1,10E-02	0	-3,01	50,18	-12,76	2,90E-01	-1,60E-01	0	44,13	-31,63	15,39	2,29E-02	-1,51E-02	0
1.263	-14,97	39,74	-41,96	1,82E-02	-1,04E-02	0	-4,43	49,55	-11,01	3,32E-01	-1,94E-01	0	44,86	-30,19	14,80	2,56E-02	-1,55E-02	0
1.264	-16,52	40,10	-42,66	1,83E-02	-9,71E-03	0	-6,05	48,62	-9,30	3,74E-01	-2,28E-01	0	45,59	-28,75	14,21	2,86E-02	-1,82E-02	0
1.265	-18,07	40,47	-43,35	1,83E-02	-9,71E-03	0	-7,67	47,69	-7,59	4,33E-01	-2,58E-01	0	46,29	-27,31	13,58	3,15E-02	-2,09E-02	0
1.266	15,21	27,66	-30,42	2,20E-02	-1,19E-02	0	-9,55	46,46	-5,91	4,93E-01	-2,88E-01	1	46,98	-25,88	12,95	3,33E-02	-2,15E-02	0
1.267	13,82	28,47	-31,03	2,20E-02	-1,19E-02	0	-11,43	45,24	-4,23	4,93E-01	-2,88E-01	1	47,64	-24,45	12,28	3,50E-02	-2,20E-02	0
1.268	12,43	29,29	-31,65	2,13E-02	-1,21E-02	0	-13,54	43,87	-2,81	4,93E-01	-2,88E-01	0	48,30	-23,02	11,60	3,58E-02	-2,22E-02	0
1.269	11,02	30,08	-32,28	2,06E-02	-1,23E-02	0	-15,65	42,50	-1,38	4,73E-01	-2,77E-01	1	48,92	-21,61	10,86	3,66E-02	-2,23E-02	0
1.270	9,62	30,87	-32,90	2,05E-02	-1,21E-02	0	-17,72	41,07	-0,37	4,53E-01	-2,65E-01	0	49,53	-20,19	10,13	3,66E-02	-2,23E-02	0
1.271	8,20	31,63	-33,53	2,04E-02	-1,19E-02	0	-19,79	39,65	0,64	4,01E-01	-2,36E-01	1	50,10	-18,78	9,34	3,66E-02	-2,23E-02	0
1.272	6,78	32,38	-34,16	1,99E-02	-1,14E-02	0	-21,68	38,18	1,30	3,48E-01	-2,06E-01	0	50,67	-17,38	8,54	3,58E-02	-2,23E-02	0
1.273	5,33	33,09	-34,81	1,93E-02	-1,10E-02	0	-23,57	36,72	1,97	3,05E-01	-1,76E-01	0	51,19	-15,99	7,70	3,50E-02	-2,23E-02	0
1.274	3,88	33,79	-35,45	1,84E-02	-1,00E-02	0	-25,28	35,31	2,45	2,61E-01	-1,46E-01	0	51,72	-14,59	6,85	3,24E-02	-2,16E-02	0
1.275	2,42	34,44	-36,11	1,75E-02	-9,04E-03	0	-26,98	33,89	2,94	2,26E-01	-1,19E-01	0	52,20	-13,21	5,96	2,98E-02	-2,10E-02	0
1.276	0,95	35,09	-36,76	1,75E-02	-9,18E-03	0	-28,53	32,48	3,25	1,92E-01	-9,32E-02	0	52,69	-11,83	5,07	2,79E-02	-1,94E-02	0
1.277	-0,54	35,68	-37,43	1,75E-02	-9,33E-03	0	-30,08	31,07	3,56	1,60E-01	-7,62E-02	0	53,15	-10,45	4,15	2,60E-02	-1,79E-02	0
1.278	-2,02	36,28	-38,09	1,76E-02	-9,33E-03	0	-31,47	29,64	3,74	1,28E-01	-5,92E-02	0	53,61	-9,07	3,23	2,54E-02	-1,59E-02	0
1.279	-3,53	36,81	-38,77	1,76E-02	-9,33E-03	0	-32,87	28,21	3,91	1,15E-01	-4,95E-02	0	54,05	-7,69	2,29	2,48E-02	-1,39E-02	0
1.280	-5,03	37,34	-39,44	1,77E-02	-9,45E-03	0	-34,14	26,75	3,97	1,02E-01	-3,97E-02	0	54,49	-6,30	1,35	2,48E-02	-1,39E-02	0
1.281	-6,55	37,82	-40,13	1,77E-02	-9,57E-03	0	-35,42	25,30	4,04	8,66E-02	-3,64E-02	0	42,30	-38,40	16,86	2,00E-02	-1,15E-02	0
1.282	-8,07	38,30	-40,81	1,77E-02	-1,00E-02	0	-36,61	23,86	4,07	7,11E-02	-3,31E-02	0	43,08	-36,96	16,29	2,00E-02	-1,15E-02	0
1.283	-9,61	38,73	-41,50	1,77E-02	-1,04E-02	0	-37,81	22,42	4,09	6,33E-02	-3,21E-02	0	43,85	-35,51	15,72	2,00E-02	-1,28E-02	0
1.284	-11,14	39,15	-42,19	1,77E-02	-1,04E-02	0	-38,98	20,99	4,12	5,54E-02	-3,12E-02	0	44,61	-34,07	15,14	2,01E-02	-1,41E-02	0
1.285	-12,68	39,54	-42,88	1,78E-02	-1,04E-02	0	-40,15	19,57	4,15	5,25E-02	-2,98E-02	0	45,36	-32,63	14,57	2,16E-02	-1,47E-02	0
1.286	-14,22	39,93	-43,57	1,81E-02	-1,02E-02	0	-41,32	18,14	4,17	4,96E-02	-2,84E-02	0	46,10	-31,19	13,97	2,30E-02	-1,53E-02	0
1.287	-15,76	40,29	-44,26	1,83E-02	-9,92E-03	0	-42,48	16,72	4,19	4,60E-02	-2,66E-02	0	46,83	-29,75	13,37	2,58E-02	-1,67E-02	0
1.288	-17,31	40,65	-44,96	1,83E-02	-9,92E-03	0	-43,65	15,31	4,20	4,24E-02	-2,49E-02	0	47,53	-28,31	12,74	2,86E-02	-1,82E-02	0
1.289	16,02	27,81	-32,01	2,25E-02	-1,21E-02	0	-44,82	13,90	4,21	3,99E-02	-2,42E-02	0	48,23	-26,88	12,10	2,99E-02	-1,86E-02	0
1.290	14,63	28,63	-32,62	2,25E-02	-1,21E-02	0	-45,97	12,50	4,21	3,73E-02	-2,35E-02	0	48,89	-25,45	11,42	3,13E-02	-1,90E-02	0
1.291	13,24	29,45	-33,24	2,17E-02	-1,22E-02	0	-47,13	11,10	4,21	3,45E-02	-2,10E-02	0	49,55	-24,02	10,73	3,21E-02	-1,91E-02	0
1.292	11,83	30,24	-33,86	2,08E-02	-1,23E-02	0	-48,29	9,71	4,20	3,17E-02	-1,84E-02	0	50,17	-22,60	9,99	3,28E-02	-1,92E-02	0
1.293	10,42	31,03	-34,49	2,03E-02	-1,15E-02	0	-49,44	8,32	4,19	2,79E-02	-1,56E-02	0	50,78	-21,18	9,26	3,28E-02	-1,93E-02	0
1.294	9,00	31,78	-35,12	1,99E-02	-1,07E-02	0	-50,58	6,94	4,18	2,40E-02	-1,27E-02	0	51,35	-19,77	8,46	3,28E-02	-1,95E-02	0
1.295	7,57	32,53	-35,76	1,82E-02	-1,01E-02	0	-51,72	5,56	4,16	2,07E-02	-1,03E-02	0	51,92	-18,36	7,67	3,		

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.297	4.67	33.93	-37.05	1,54E-02	-8,39E-03	0	-53.99	2,81	4,14	1,39E-02	-6,87E-03	0	52.97	-15.56	5,98	2,99E-02	-1,94E-02	0
1.298	3,19	34,58	-37,70	1,43E-02	-7,26E-03	0	-55,12	1,45	4,15	1,06E-02	-5,90E-03	0	53,46	-14,17	5,10	2,79E-02	-1,89E-02	0
1.299	1,72	35,23	-38,36	1,40E-02	-7,17E-03	0	-56,25	0,09	4,15	7,97E-03	-5,90E-03	0	53,95	-12,78	4,21	2,66E-02	-1,78E-02	0
1.300	0,23	35,82	-39,03	1,36E-02	-7,09E-03	0	-57,38	-1,25	4,21	5,38E-03	-5,90E-03	0	54,41	-11,40	3,29	2,54E-02	-1,68E-02	0
1.301	-1,26	36,41	-39,70	1,36E-02	-7,09E-03	0	-58,52	-2,59	4,26	2,63E-03	-8,34E-03	0	54,87	-10,02	2,37	2,51E-02	-1,58E-02	0
1.302	-2,77	36,95	-40,37	1,36E-02	-7,09E-03	0	-59,69	-3,85	4,50	-1,19E-04	-1,08E-02	0	55,30	-8,63	1,43	2,48E-02	-1,48E-02	0
1.303	-4,28	37,49	-41,05	1,39E-02	-7,28E-03	0	-60,86	-5,10	4,73	-1,19E-04	-1,08E-02	0	55,73	-7,24	0,50	2,48E-02	-1,48E-02	0
1.304	-5,80	37,98	-41,73	1,43E-02	-7,46E-03	0	-62,10	-6,08	5,39	-1,19E-04	-1,08E-02	0	43,52	-39,39	16,03	2,01E-02	-1,20E-02	0
1.305	-7,32	38,46	-42,42	1,57E-02	-8,63E-03	0	-63,34	-7,06	6,04	8,37E-04	-6,93E-03	0	44,30	-37,95	15,46	2,01E-02	-1,20E-02	0
1.306	-8,86	38,90	-43,10	1,71E-02	-9,79E-03	0	-64,61	-7,90	6,91	1,79E-03	-3,08E-03	0	45,07	-36,51	14,90	2,01E-02	-1,28E-02	0
1.307	-10,39	39,33	-43,79	1,74E-02	-9,99E-03	0	-65,87	-8,75	7,77	9,24E-03	-2,29E-03	0	45,83	-35,07	14,32	2,01E-02	-1,35E-02	0
1.308	-11,93	39,72	-44,48	1,77E-02	-1,02E-02	0	-67,16	-9,59	8,66	1,67E-02	-1,50E-03	0	46,59	-33,63	13,74	2,03E-02	-1,43E-02	0
1.309	-13,47	40,11	-45,17	1,82E-02	-1,01E-02	0	-68,44	-10,44	9,54	2,08E-02	-3,53E-03	0	47,32	-32,19	13,14	2,04E-02	-1,50E-02	0
1.310	-15,01	40,47	-45,87	1,87E-02	-9,92E-03	0	-69,72	-11,31	10,44	2,50E-02	-5,55E-03	0	48,06	-30,75	12,54	2,30E-02	-1,53E-02	0
1.311	-16,55	40,83	-46,57	1,87E-02	-9,92E-03	0	-71,00	-12,19	11,35	2,63E-02	-5,55E-03	0	48,76	-29,31	11,89	2,56E-02	-1,55E-02	0
1.312	16,82	27,98	-33,62	2,31E-02	-1,23E-02	0	-72,31	-13,03	12,23	2,75E-02	-5,55E-03	0	49,46	-27,87	11,25	2,66E-02	-1,57E-02	0
1.313	15,43	28,80	-34,23	2,31E-02	-1,23E-02	0	-73,62	-13,87	13,12	2,75E-02	-5,55E-03	0	50,12	-26,44	10,56	2,75E-02	-1,60E-02	0
1.314	14,04	29,61	-34,83	2,20E-02	-1,23E-02	0	44,27	65,28	-71,22	1,57E-02	7,14E-04	0	50,79	-25,01	9,87	2,83E-02	-1,60E-02	0
1.315	12,63	30,40	-35,45	2,10E-02	-1,23E-02	0	43,00	64,45	-70,31	1,57E-02	7,14E-04	0	51,40	-23,58	9,13	2,90E-02	-1,60E-02	0
1.316	11,22	31,19	-36,07	2,02E-02	-1,09E-02	0	41,73	63,62	-69,40	1,60E-02	6,78E-04	0	52,02	-22,16	8,39	2,90E-02	-1,64E-02	0
1.317	9,79	31,93	-36,71	1,93E-02	-9,61E-03	0	40,44	62,79	-68,49	1,61E-02	6,60E-04	0	52,59	-20,74	7,59	2,90E-02	-1,67E-02	0
1.318	8,36	32,68	-37,34	1,85E-02	-8,84E-03	0	39,16	61,96	-67,57	1,78E-02	-5,49E-04	0	53,17	-19,33	6,80	2,89E-02	-1,72E-02	0
1.319	6,90	33,38	-37,99	1,37E-02	-8,08E-03	0	37,86	61,12	-66,66	1,95E-02	-1,76E-03	0	53,69	-17,92	5,96	2,87E-02	-1,77E-02	0
1.320	5,44	34,08	-38,63	1,24E-02	-6,78E-03	0	36,57	60,29	-65,75	1,95E-02	-1,11E-03	0	54,22	-16,52	5,11	2,74E-02	-1,72E-02	0
1.321	3,97	34,72	-39,29	1,12E-02	-5,47E-03	0	35,29	59,45	-64,84	1,95E-02	-4,62E-04	0	54,71	-15,12	4,23	2,60E-02	-1,67E-02	0
1.322	2,49	35,37	-39,94	1,04E-02	-5,17E-03	0	34,02	58,60	-63,93	1,21E-02	-1,10E-03	0	55,20	-13,73	3,34	2,54E-02	-1,62E-02	0
1.323	1,00	35,97	-40,61	9,59E-03	-4,86E-03	0	32,75	57,79	-63,02	4,78E-03	-1,74E-03	0	55,66	-12,34	2,43	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.324	-0,49	36,56	-41,28	9,59E-03	-4,86E-03	0	31,49	56,97	-62,12	3,01E-03	-2,20E-03	0	56,12	-10,95	1,51	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.325	-2,01	37,10	-41,96	9,59E-03	-4,86E-03	0	30,23	56,16	-61,21	1,25E-03	-2,66E-03	0	56,55	-9,57	0,57	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.326	-3,52	37,65	-42,64	1,02E-02	-5,10E-03	0	28,98	55,36	-60,30	3,40E-04	-5,18E-03	0	56,98	-8,18	-0,37	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.327	-5,04	38,14	-43,32	1,08E-02	-5,35E-03	0	27,78	54,76	-59,22	-5,65E-04	-7,69E-03	0	44,74	-40,39	15,20	2,21E-02	-1,25E-02	0
1.328	-6,57	38,63	-44,01	1,37E-02	-7,24E-03	0	26,59	54,16	-58,14	-4,98E-04	-8,57E-03	0	45,52	-38,95	14,64	2,21E-02	-1,25E-02	0
1.329	-8,10	39,07	-44,70	1,66E-02	-9,14E-03	0	25,53	53,96	-56,79	-4,31E-04	-9,46E-03	0	46,30	-37,51	14,07	2,12E-02	-1,29E-02	0
1.330	-9,63	39,51	-45,39	1,71E-02	-9,53E-03	0	24,46	53,76	-55,44	3,57E-03	-8,46E-03	0	47,06	-36,07	13,50	2,03E-02	-1,33E-02	0
1.331	-11,17	39,91	-46,08	1,77E-02	-9,92E-03	0	23,46	53,71	-53,99	7,57E-03	-7,46E-03	0	47,82	-34,63	12,92	2,03E-02	-1,35E-02	0
1.332	-12,71	40,30	-46,78	1,84E-02	-9,92E-03	0	22,45	53,65	-52,54	1,09E-02	-7,89E-03	0	48,55	-33,19	12,31	2,03E-02	-1,36E-02	0
1.333	-14,25	40,66	-47,48	1,90E-02	-9,92E-03	0	21,47	53,63	-51,07	1,43E-02	-8,33E-03	0	49,29	-31,75	11,70	2,14E-02	-1,34E-02	0
1.334	-15,78	41,02	-48,17	1,90E-02	-9,92E-03	0	20,49	53,61	-49,59	1,65E-02	-9,45E-03	0	49,99	-30,31	11,05	2,25E-02	-1,31E-02	0
1.335	17,62	28,15	-35,23	2,25E-02	-1,38E-02	0	19,52	53,60	-48,10	1,86E-02	-1,06E-02	0	50,69	-28,87	10,40	2,29E-02	-1,30E-02	0
1.336	16,24	28,96	-35,83	2,25E-02	-1,38E-02	0	18,54	53,59	-46,61	2,06E-02	-1,27E-02	0	51,36	-27,43	9,71	2,33E-02	-1,29E-02	0
1.337	14,85	29,78	-36,43	2,07E-02	-1,31E-02	0	17,57	53,58	-45,11	2,27E-02	-1,49E-02	0	52,02	-26,00	9,01	2,37E-02	-1,29E-02	0
1.338	13,43	30,56	-37,05	1,89E-02	-1,24E-02	0	16,59	53,56	-43,62	2,58E-02	-1,74E-02	0	52,64	-24,57	8,26	2,41E-02	-1,29E-02	0
1.339	12,02	31,34	-37,66	1,77E-02	-1,10E-02	0	15,60	53,54	-42,11	2,90E-02	-1,99E-02	0	53,26	-23,14	7,52	2,43E-02	-1,33E-02	0
1.340	10,58	32,09	-38,29	1,65E-02	-9,61E-03	0	14,61	53,53	-40,60	3,19E-02	-2,15E-02	0	53,83	-21,72	6,72	2,46E-02	-1,38E-02	0
1.341	9,15	32,83	-38,92	1,38E-02	-8,19E-03	0	13,60	53,51	-39,09	3,49E-02	-2,31E-02	0	54,41	-20,30	5,93	2,47E-02	-1,42E-02	0
1.342	7,68	33,53	-39,57	1,11E-02	-6,78E-03	0	12,60	53,49	-37,57	3,75E-02	-2,44E-02	0	54,94	-18,89	5,09	2,49E-02	-1,46E-02	0
1.343	6,22	34,22	-40,22	9,64E-03	-5,65E-03	0	11,58	53,47	-36,06	4,02E-02	-2,57E-02	0	55,47	-17,47	4,24	2,44E-02	-1,48E-02	0
1.344	4,74	34,87	-40,87	8,18E-03	-4,53E-03	0	10,57	53,45	-34,55	4,36E-02	-2,69E-02	0	55,96	-16,08	3,36	2,40E-02	-1,51E-02	0
1.345	3,26	35,51	-41,53	7,30E-03	-4,11E-03	0	9,54	53,43	-33,04	4,70E-02	-2,82E-02	0	56,46	-14,68	2,48	2,39E-02	-1,49E-02	0
1.346	1,76	36,11	-42,20	6,42E-03	-3,69E-03	0	8,51	53,41	-31,52	5,26E-02	-2,96E-02	0	56,91	-13,29	1,56	2,37E-02	-1,48E-02	0
1.347	0,27	36,71	-42,87	6,42E-03	-3,66E-03	0	7,47	53,38	-29,99	5,81E-02	-3,10E-02	0	57,37	-11,89	0,64	2,42E-02	-1,53E-02	0
1.348	-1,25	37,26	-43,55	6,42E-03	-3,64E-03	0	6,43	53,35	-28,47	7,18E-02	-3,52E-02	0	57,79	-10,51	-0,29	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.349	-2,76	37,80	-44,22	7,20E-03	-4,18E-03	0	5,38	53,29	-26,89	8,55E-02	-3,94E-02	0	58,22	-9,12	-1,23	2,47E-02	-1,68E-02	0
1.350	-4,28	38,30	-44,91	7,99E-03	-4,73E-03	0	4,33	53,23	-25,31	9,48E-02	-4,59E-02	0	58,60	-7,85	-2,09	2,47E-02	-1,90E-02	0
1.351	-5,81	38,80	-45,60	1,06E-02	-6,23E-03	0	3,24	53,09	-23,67	1,04E-01	-5,25E-02	0	58,98	-6,58	-2,95	2,47E-02	-1,90E-02	0
1.352	-7,34	39,25	-46,29	1,32E-02	-7,73E-03	0	2,15	52,95	-22,03	1,17E-01	-5,78E-02	0	45,97	-41,39	14,35	2,41E-02	-1,31E-02	0
1.353	-8,87	39,69	-46,98	1,43E-02	-8,83E-03	0	0,95	52,66	-20,35	1,44E-01	-6,85E-02	0	46,75	-39,95	13,80	2,41E-02	-1,31E-02	0
1.354	-10,41	40,09	-47,68	1,54E-02	-9,92E-03	0	-0,25	52,36	-18,66	1,79E-01	-8,68E-02	0	47,52	-38,51	13,25	2,22E-02	-1,31E-02	0
1.355	-11,95	40,49	-48,38	1,67E-02	-1,02E-02	0	-1,49	51,91	-16,96	2,15E-01	-1,05E-01	0	48,29	-37,07	12,67	2,04E-02	-1,31E-02	0
1.356	-13,48	40,85	-49,08	1,80E-02	-1,05E-02	0	-2,73	51,45	-15,26	2,52E-01	-1,33E-01	0	49,05	-35,63	12,09	2,03E-02	-1,27E-02	0
1.357	-15,01	41,20	-49,78	1,80E-02	-1,05E-02	0	-4,12	50,82	-13,48	2,90E-01	-1,60E-01	0	49,78	-34,18	11,48			

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.359	17,03	29,16	-37,43	2,20E-02	-1,53E-02	0	-7,10	49,25	-9,97	3,74E-01	-2,28E-01	0	51,21	-31,30	10,21	1,93E-02	-1,08E-02	0
1.360	15,64	29,97	-38,02	1,94E-02	-1,40E-02	0	-8,68	48,30	-8,23	4,33E-01	-2,58E-01	0	51,91	-29,86	9,56	1,92E-02	-1,03E-02	0
1.361	14,23	30,75	-38,63	1,68E-02	-1,26E-02	0	-10,51	47,08	-6,56	4,93E-01	-2,88E-01	1	52,58	-28,42	8,86	1,91E-02	-9,83E-03	0
1.362	12,81	31,53	-39,24	1,52E-02	-1,11E-02	0	-12,35	45,85	-4,88	4,93E-01	-2,88E-01	1	53,24	-26,98	8,16	1,91E-02	-9,83E-03	0
1.363	11,37	32,27	-39,87	1,36E-02	-9,61E-03	0	-14,42	44,52	-3,50	4,93E-01	-2,88E-01	0	53,86	-25,54	7,41	1,91E-02	-9,83E-03	0
1.364	9,93	33,01	-40,50	1,10E-02	-7,54E-03	0	-16,50	43,18	-2,11	4,73E-01	-2,77E-01	0	54,48	-24,11	6,66	1,97E-02	-1,03E-02	0
1.365	8,46	33,70	-41,14	8,52E-03	-5,47E-03	0	-18,56	41,78	-1,15	4,53E-01	-2,65E-01	1	55,06	-22,68	5,86	2,02E-02	-1,08E-02	0
1.366	7,00	34,40	-41,79	6,85E-03	-4,53E-03	0	-20,63	40,37	-0,18	4,01E-01	-2,36E-01	1	55,64	-21,26	5,07	2,06E-02	-1,11E-02	0
1.367	5,52	35,04	-42,44	5,18E-03	-3,58E-03	0	-22,54	38,95	0,47	3,48E-01	-2,06E-01	0	56,18	-19,84	4,23	2,10E-02	-1,14E-02	0
1.368	4,03	35,69	-43,10	4,21E-03	-3,05E-03	0	-24,46	37,52	1,13	3,05E-01	-1,76E-01	0	56,71	-18,43	3,38	2,15E-02	-1,24E-02	0
1.369	2,53	36,29	-43,77	3,25E-03	-2,52E-03	0	-26,20	36,12	1,59	2,61E-01	-1,46E-01	0	57,21	-17,03	2,50	2,20E-02	-1,34E-02	0
1.370	1,04	36,89	-44,44	3,25E-03	-2,46E-03	0	-27,95	34,72	2,06	2,26E-01	-1,19E-01	0	57,70	-15,63	1,62	2,24E-02	-1,36E-02	0
1.371	-0,48	37,44	-45,12	3,25E-03	-2,41E-03	0	-29,54	33,31	2,35	1,92E-01	-9,32E-02	0	58,16	-14,23	0,70	2,28E-02	-1,39E-02	0
1.372	-1,99	37,99	-45,79	4,19E-03	-3,26E-03	0	-31,12	31,90	2,64	1,60E-01	-7,62E-02	0	58,62	-12,84	-0,22	2,37E-02	-1,48E-02	0
1.373	-3,52	38,49	-46,48	5,14E-03	-4,11E-03	0	-32,54	30,46	2,80	1,28E-01	-5,92E-02	0	59,04	-11,46	-1,16	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.374	-5,04	38,99	-47,17	7,46E-03	-5,22E-03	0	-33,96	29,03	2,97	1,11E-01	-4,83E-02	0	59,47	-10,08	-2,10	2,47E-02	-1,74E-02	0
1.375	-6,57	39,44	-47,87	9,79E-03	-6,33E-03	0	-35,25	27,59	3,03	1,02E-01	-4,29E-02	0	59,85	-8,82	-2,97	2,47E-02	-1,90E-02	0
1.376	-8,10	39,89	-48,56	1,14E-02	-8,13E-03	0	-36,53	26,14	3,09	8,71E-02	-3,80E-02	0	60,24	-7,56	-3,85	2,47E-02	-1,90E-02	0
1.377	-9,63	40,30	-49,27	1,30E-02	-9,92E-03	0	-37,74	24,71	3,12	7,22E-02	-3,31E-02	0	47,21	-42,39	13,50	2,42E-02	-1,39E-02	0
1.378	-11,16	40,70	-49,97	1,50E-02	-1,05E-02	0	-38,94	23,28	3,15	6,24E-02	-3,14E-02	0	47,98	-40,95	12,96	2,42E-02	-1,39E-02	0
1.379	-12,69	41,06	-50,68	1,71E-02	-1,11E-02	0	-40,11	21,86	3,18	5,27E-02	-2,98E-02	0	48,75	-39,51	12,42	2,23E-02	-1,35E-02	0
1.380	-14,22	41,42	-51,39	1,71E-02	-1,11E-02	0	-41,28	20,44	3,22	5,00E-02	-2,82E-02	0	49,51	-38,07	11,84	2,04E-02	-1,31E-02	0
1.381	19,23	28,55	-38,45	1,71E-02	-1,56E-02	0	-42,45	19,02	3,24	4,74E-02	-2,66E-02	0	50,28	-36,62	11,26	2,00E-02	-1,23E-02	0
1.382	17,83	29,36	-39,03	1,71E-02	-1,56E-02	0	-43,61	17,61	3,27	4,36E-02	-2,54E-02	0	51,01	-35,18	10,65	1,96E-02	-1,15E-02	0
1.383	16,44	30,17	-39,62	1,50E-02	-1,48E-02	0	-44,77	16,21	3,28	3,99E-02	-2,42E-02	0	51,74	-33,73	10,03	1,78E-02	-1,07E-02	0
1.384	15,02	30,95	-40,22	1,28E-02	-1,40E-02	0	-45,94	14,80	3,29	3,72E-02	-2,26E-02	0	52,44	-32,29	9,37	1,60E-02	-9,87E-03	0
1.385	13,60	31,72	-40,83	1,12E-02	-1,25E-02	0	-47,10	13,41	3,30	3,45E-02	-2,10E-02	0	53,13	-30,84	8,71	1,54E-02	-8,65E-03	0
1.386	12,16	32,45	-41,45	9,58E-03	-1,11E-02	0	-48,26	12,01	3,30	3,13E-02	-1,92E-02	0	53,80	-29,40	8,01	1,48E-02	-7,43E-03	0
1.387	10,71	33,19	-42,07	7,45E-03	-8,94E-03	0	-49,42	10,63	3,29	2,82E-02	-1,74E-02	0	54,46	-27,96	7,30	1,48E-02	-7,43E-03	0
1.388	9,24	33,88	-42,72	5,32E-03	-6,78E-03	0	-50,57	9,25	3,28	2,56E-02	-1,50E-02	0	55,08	-26,52	6,55	1,48E-02	-7,43E-03	0
1.389	7,78	34,57	-43,36	4,03E-03	-5,18E-03	0	-51,72	7,87	3,27	2,30E-02	-1,26E-02	0	55,71	-25,08	5,80	1,51E-02	-7,90E-03	0
1.390	6,29	35,22	-44,01	2,74E-03	-3,58E-03	0	-52,86	6,50	3,26	2,08E-02	-1,13E-02	0	56,29	-23,65	5,00	1,54E-02	-8,36E-03	0
1.391	4,80	35,86	-44,67	2,21E-03	-3,05E-03	0	-54,00	5,13	3,25	1,86E-02	-9,93E-03	0	56,87	-22,22	4,20	1,62E-02	-8,94E-03	0
1.392	3,30	36,46	-45,34	1,68E-03	-2,52E-03	0	-55,14	3,76	3,24	1,63E-02	-8,40E-03	0	57,41	-20,80	3,36	1,71E-02	-9,52E-03	0
1.393	1,80	37,06	-46,00	1,56E-03	-2,46E-03	0	-56,27	2,40	3,25	1,39E-02	-6,87E-03	0	57,95	-19,38	2,52	1,86E-02	-1,08E-02	0
1.394	0,29	37,62	-46,68	1,44E-03	-2,41E-03	0	-57,41	1,04	3,26	1,09E-02	-7,01E-03	0	58,45	-17,98	1,64	2,00E-02	-1,21E-02	0
1.395	-1,22	38,17	-47,36	2,09E-03	-3,57E-03	0	-58,55	-0,31	3,32	7,96E-03	-7,14E-03	0	58,95	-16,58	0,76	2,12E-02	-1,29E-02	0
1.396	-2,75	38,68	-48,05	2,74E-03	-4,73E-03	0	-59,69	-1,65	3,37	4,69E-03	-9,31E-03	0	59,41	-15,18	-0,16	2,24E-02	-1,36E-02	0
1.397	-4,27	39,18	-48,74	4,74E-03	-6,23E-03	0	-60,87	-2,90	3,62	1,42E-03	-1,15E-02	0	59,87	-13,79	-1,08	2,36E-02	-1,47E-02	0
1.398	-5,80	39,64	-49,44	6,74E-03	-7,73E-03	0	-62,05	-4,14	3,87	1,13E-03	-1,11E-02	0	60,29	-12,41	-2,02	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.399	-7,32	40,10	-50,15	8,39E-03	-9,90E-03	0	-63,30	-5,11	4,55	8,37E-04	-1,08E-02	0	60,72	-11,04	-2,96	2,49E-02	-1,78E-02	0
1.400	-8,85	40,51	-50,85	1,00E-02	-1,21E-02	0	-64,54	-6,07	5,23	2,10E-03	-7,71E-03	0	61,11	-9,78	-3,86	2,51E-02	-1,99E-02	0
1.401	-10,38	40,92	-51,56	1,22E-02	-1,24E-02	0	-65,81	-6,92	6,10	3,37E-03	-4,65E-03	0	61,49	-8,53	-4,75	2,51E-02	-1,99E-02	0
1.402	-11,91	41,28	-52,28	1,43E-02	-1,27E-02	0	-67,08	-7,76	6,97	1,00E-02	-2,87E-03	0	48,46	-43,38	12,65	2,44E-02	-1,47E-02	0
1.403	-13,43	41,64	-52,99	1,43E-02	-1,27E-02	0	-68,38	-8,61	7,85	1,67E-02	-1,09E-03	0	49,23	-41,94	12,12	2,44E-02	-1,47E-02	0
1.404	20,08	29,01	-39,93	1,22E-02	-1,59E-02	0	-69,69	-9,45	8,74	2,03E-02	-1,90E-03	0	50,00	-40,50	11,59	2,24E-02	-1,39E-02	0
1.405	18,67	29,77	-40,53	1,22E-02	-1,59E-02	0	-70,98	-10,34	9,67	2,38E-02	-2,71E-03	0	50,76	-39,06	11,02	2,04E-02	-1,31E-02	0
1.406	17,26	30,53	-41,14	1,06E-02	-1,56E-02	0	-72,28	-11,22	10,60	2,57E-02	-2,34E-03	0	51,52	-37,61	10,44	1,97E-02	-1,19E-02	0
1.407	15,83	31,28	-41,75	8,88E-03	-1,53E-02	0	-73,56	-12,07	11,47	2,75E-02	-1,97E-03	0	52,24	-36,16	9,83	1,91E-02	-1,08E-02	0
1.408	14,40	32,02	-42,36	7,24E-03	-1,40E-02	0	-74,84	-12,91	12,35	2,75E-02	-1,97E-03	0	52,97	-34,71	9,21	1,59E-02	-9,87E-03	0
1.409	12,95	32,74	-42,99	5,60E-03	-1,26E-02	0	40,52	64,61	-70,21	1,61E-02	7,14E-04	0	53,66	-33,26	8,55	1,28E-02	-8,95E-03	0
1.410	11,51	33,46	-43,62	3,86E-03	-1,03E-02	0	39,25	63,77	-69,30	1,61E-02	7,14E-04	0	54,36	-31,82	7,89	1,16E-02	-7,00E-03	0
1.411	10,04	34,14	-44,26	2,11E-03	-8,08E-03	0	37,97	62,94	-68,38	1,94E-02	-1,08E-03	0	55,02	-30,37	7,18	1,04E-02	-5,04E-03	0
1.412	8,56	34,82	-44,90	1,20E-03	-5,83E-03	0	36,68	62,10	-67,47	2,27E-02	-2,87E-03	0	55,68	-28,92	6,47	1,04E-02	-5,04E-03	0
1.413	7,07	35,47	-45,55	2,96E-04	-3,58E-03	0	35,39	61,26	-66,56	2,27E-02	-1,62E-03	0	56,31	-27,48	5,71	1,04E-02	-5,04E-03	0
1.414	5,58	36,11	-46,21	2,00E-04	-3,05E-03	0	34,10	60,42	-65,65	2,27E-02	-3,77E-04	0	56,93	-26,04	4,96	1,05E-02	-5,48E-03	0
1.415	4,09	36,71	-46,87	1,04E-04	-2,52E-03	0	32,81	59,58	-64,73	1,47E-02	-1,38E-03	0	57,51	-24,61	4,16	1,05E-02	-5,92E-03	0
1.416	2,59	37,31	-47,54	-1,28E-04	-2,46E-03	0	31,55	58,77	-63,83	6,60E-03	-2,39E-03	0	58,10	-23,18	3,36	1,19E-02	-6,76E-03	0
1.417	1,07	37,87	-48,22	-3,60E-04	-2,41E-03	0	30,28	57,95	-62,92	4,45E-03	-2,53E-03	0	58,64	-21,76	2,52	1,32E-02	-7,59E-03	0
1.418	-0,44	38,43	-48,90	-3,57E-06	-3,88E-03	0	29,02	57,14	-62,01	2,30E-03	-2,66E-03	0	59,19	-20,34	1,68	1,56E-02	-9,20E-03	0
1.419	-1,96	38,94	-49,59	3,52E-04	-5,35E-03	0	27,77	56,32	-61,10	1,01E-03	-5,18E-03	0	59,69	-18,93	0,80	1,80E-02	-1,08E-02	0
1.420</																		

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.421	-5,00	39,93	-50,98	3,69E-03	-9,14E-03	0	25,36	55,06	-58,97	-2,81E-04	-9,46E-03	0	60,66	-16,13	-1,01	2,20E-02	-1,34E-02	0
1.422	-6,52	40,41	-51,68	5,37E-03	-1,17E-02	0	24,28	54,83	-57,63	-2,81E-04	-1,12E-02	0	61,12	-14,75	-1,92	2,34E-02	-1,46E-02	0
1.423	-8,04	40,85	-52,38	7,05E-03	-1,42E-02	0	23,20	54,60	-56,29	4,82E-03	-9,46E-03	0	61,55	-13,38	-2,87	2,47E-02	-1,57E-02	0
1.424	-9,56	41,28	-53,08	9,34E-03	-1,42E-02	0	22,20	54,54	-54,84	9,92E-03	-7,69E-03	0	61,98	-12,01	-3,82	2,51E-02	-1,82E-02	0
1.425	-11,08	41,69	-53,78	1,16E-02	-1,42E-02	0	21,19	54,49	-53,39	1,31E-02	-8,56E-03	0	62,34	-10,76	-4,70	2,55E-02	-2,07E-02	0
1.426	-12,60	42,11	-54,48	1,16E-02	-1,42E-02	0	20,20	54,46	-51,91	1,62E-02	-9,43E-03	0	62,70	-9,51	-5,58	2,55E-02	-2,07E-02	0
1.427	20,93	29,46	-41,41	1,22E-02	-1,59E-02	0	19,22	54,44	-50,44	1,77E-02	-1,04E-02	0	49,71	-44,37	11,80	2,44E-02	-1,67E-02	0
1.428	19,51	30,18	-42,03	1,22E-02	-1,59E-02	0	18,25	54,42	-48,95	1,92E-02	-1,14E-02	0	50,48	-42,93	11,28	2,44E-02	-1,67E-02	0
1.429	18,08	30,89	-42,66	9,92E-03	-1,56E-02	0	17,27	54,40	-47,45	2,04E-02	-1,31E-02	0	51,25	-41,49	10,76	2,18E-02	-1,55E-02	0
1.430	16,64	31,61	-43,28	7,61E-03	-1,53E-02	0	16,30	54,38	-45,96	2,16E-02	-1,47E-02	0	52,00	-40,05	10,19	1,93E-02	-1,42E-02	0
1.431	15,20	32,32	-43,90	5,73E-03	-1,32E-02	0	15,32	54,36	-44,46	2,32E-02	-1,67E-02	0	52,76	-38,61	9,62	1,71E-02	-1,22E-02	0
1.432	13,75	33,03	-44,53	3,86E-03	-1,11E-02	0	14,34	54,34	-42,96	2,49E-02	-1,86E-02	0	53,48	-37,15	9,00	1,49E-02	-1,01E-02	0
1.433	12,30	33,73	-45,16	2,48E-03	-9,96E-03	0	13,35	54,32	-41,45	2,90E-02	-2,00E-02	0	54,20	-35,69	8,39	1,25E-02	-9,40E-03	0
1.434	10,83	34,40	-45,80	1,11E-03	-8,78E-03	0	12,35	54,29	-39,95	3,31E-02	-2,13E-02	0	54,89	-34,24	7,72	1,00E-02	-8,74E-03	0
1.435	9,35	35,08	-46,44	5,22E-04	-7,65E-03	0	11,35	54,27	-38,44	3,49E-02	-2,31E-02	0	55,58	-32,79	7,06	8,55E-03	-6,89E-03	0
1.436	7,86	35,72	-47,09	-6,33E-05	-6,53E-03	0	10,34	54,24	-36,94	3,66E-02	-2,48E-02	0	56,24	-31,34	6,35	7,05E-03	-5,04E-03	0
1.437	6,37	36,36	-47,75	-1,11E-04	-6,39E-03	0	9,32	54,22	-35,44	4,04E-02	-2,55E-02	0	56,90	-29,89	5,63	6,99E-03	-5,04E-03	0
1.438	4,87	36,96	-48,41	-1,59E-04	-6,26E-03	0	8,30	54,20	-33,93	4,41E-02	-2,62E-02	0	57,53	-28,45	4,88	6,93E-03	-5,04E-03	0
1.439	3,37	37,56	-49,08	-3,25E-04	-6,23E-03	0	7,27	54,17	-32,43	5,10E-02	-2,85E-02	0	58,15	-27,00	4,12	6,96E-03	-5,48E-03	0
1.440	1,86	38,12	-49,76	-4,92E-04	-6,21E-03	0	6,24	54,13	-30,90	5,78E-02	-3,09E-02	0	58,74	-25,57	3,32	6,99E-03	-5,92E-03	0
1.441	0,35	38,68	-50,44	-3,14E-04	-6,23E-03	0	5,21	54,09	-29,37	7,35E-02	-3,51E-02	0	59,33	-24,13	2,52	8,43E-03	-6,76E-03	0
1.442	-1,17	39,21	-51,13	-1,36E-04	-6,25E-03	0	4,16	54,01	-27,79	8,92E-02	-3,94E-02	0	59,88	-22,71	1,68	9,88E-03	-7,59E-03	0
1.443	-2,69	39,73	-51,82	6,50E-04	-7,19E-03	0	3,12	53,94	-26,20	9,36E-02	-4,74E-02	0	60,43	-21,29	0,84	1,24E-02	-8,93E-03	0
1.444	-4,20	40,22	-52,51	1,44E-03	-8,14E-03	0	2,04	53,78	-24,65	9,80E-02	-5,54E-02	0	60,93	-19,88	-0,04	1,48E-02	-1,03E-02	0
1.445	-5,72	40,71	-53,21	3,40E-03	-1,04E-02	0	0,96	53,63	-23,10	9,80E-02	-5,54E-02	0	61,44	-18,47	-0,93	1,70E-02	-1,18E-02	0
1.446	-7,23	41,18	-53,90	5,37E-03	-1,27E-02	0	-35,02	29,81	1,98	1,02E-01	-4,61E-02	0	61,91	-17,09	-1,85	1,92E-02	-1,32E-02	0
1.447	-8,74	41,65	-54,59	7,35E-03	-1,27E-02	0	-36,32	26,38	2,04	1,02E-01	-4,61E-02	0	62,38	-15,70	-2,77	2,10E-02	-1,53E-02	0
1.448	-10,25	42,11	-55,28	9,34E-03	-1,27E-02	0	-37,63	26,94	2,10	8,76E-02	-3,96E-02	0	62,81	-14,34	-3,72	2,29E-02	-1,74E-02	0
1.449	-11,77	42,57	-55,96	9,34E-03	-1,27E-02	0	-38,85	25,52	2,13	7,32E-02	-3,31E-02	0	63,24	-12,98	-4,68	2,37E-02	-1,85E-02	0
1.450	21,86	30,34	-42,62	1,22E-02	-1,59E-02	0	-40,07	24,10	2,17	6,16E-02	-3,08E-02	0	63,57	-11,74	-5,55	2,55E-02	-2,07E-02	0
1.451	20,42	31,01	-43,27	1,22E-02	-1,59E-02	0	-41,24	22,69	2,21	5,00E-02	-2,84E-02	0	63,91	-10,50	-6,42	2,55E-02	-2,07E-02	0
1.452	18,98	31,68	-43,93	9,28E-03	-1,56E-02	0	-42,41	21,28	2,24	4,76E-02	-2,66E-02	0	51,04	-45,33	11,06	2,44E-02	-1,87E-02	0
1.453	17,53	32,35	-44,58	6,34E-03	-1,53E-02	0	-43,57	19,88	2,27	4,51E-02	-2,49E-02	0	51,79	-43,89	10,53	2,44E-02	-1,87E-02	0
1.454	16,08	33,02	-45,22	4,22E-03	-1,25E-02	0	-44,73	18,47	2,30	4,12E-02	-2,42E-02	0	52,55	-42,45	9,99	2,13E-02	-1,70E-02	0
1.455	14,61	33,68	-45,87	2,11E-03	-9,70E-03	0	-45,89	17,08	2,31	3,73E-02	-2,35E-02	0	53,29	-41,01	9,42	1,81E-02	-1,54E-02	0
1.456	13,15	34,35	-46,51	1,11E-03	-9,59E-03	0	-47,05	15,69	2,33	3,45E-02	-2,10E-02	0	54,03	-39,56	8,84	1,44E-02	-1,24E-02	0
1.457	11,67	34,99	-47,16	1,04E-04	-9,48E-03	0	-48,21	14,30	2,34	3,17E-02	-1,84E-02	0	54,74	-38,11	8,22	1,07E-02	-9,35E-03	0
1.458	10,19	35,64	-47,81	-1,59E-04	-9,48E-03	0	-49,37	12,91	2,34	2,82E-02	-1,74E-02	0	55,46	-36,65	7,61	9,01E-03	-8,93E-03	0
1.459	8,69	36,27	-48,47	-4,23E-04	-9,48E-03	0	-50,53	11,54	2,33	2,46E-02	-1,63E-02	0	56,15	-35,20	6,94	7,31E-03	-8,52E-03	0
1.460	7,20	36,90	-49,13	-4,23E-04	-9,74E-03	0	-51,68	10,16	2,33	2,33E-02	-1,44E-02	0	56,83	-33,74	6,27	5,51E-03	-6,78E-03	0
1.461	5,70	37,50	-49,80	-4,23E-04	-1,00E-02	0	-52,83	8,79	2,32	2,20E-02	-1,25E-02	0	57,49	-32,29	5,56	3,71E-03	-5,04E-03	0
1.462	4,20	38,10	-50,47	-5,23E-04	-1,00E-02	0	-53,98	7,42	2,31	2,09E-02	-1,23E-02	0	58,15	-30,84	4,84	3,58E-03	-5,04E-03	0
1.463	2,69	38,67	-51,14	-6,24E-04	-1,00E-02	0	-55,12	6,06	2,30	1,99E-02	-1,20E-02	0	58,77	-29,40	4,08	3,46E-03	-5,04E-03	0
1.464	1,18	39,25	-51,81	-6,24E-04	-8,57E-03	0	-56,27	4,69	2,30	1,86E-02	-9,93E-03	0	59,40	-27,95	3,33	3,46E-03	-5,48E-03	0
1.465	-0,33	39,80	-52,49	-6,24E-04	-7,14E-03	0	-57,40	3,32	2,31	1,73E-02	-7,85E-03	0	59,98	-26,52	2,53	3,46E-03	-5,92E-03	0
1.466	-1,84	40,35	-53,17	-7,20E-04	-7,14E-03	0	-58,54	1,96	2,32	1,39E-02	-8,12E-03	0	60,57	-25,08	1,73	4,98E-03	-6,76E-03	0
1.467	-3,35	40,88	-53,85	-8,16E-04	-7,14E-03	0	-59,69	0,61	2,38	1,05E-02	-8,39E-03	0	61,13	-23,66	0,88	6,50E-03	-7,59E-03	0
1.468	-4,86	41,41	-54,53	1,44E-03	-9,12E-03	0	-60,83	-0,73	2,45	6,74E-03	-1,03E-02	0	61,68	-22,24	0,04	9,11E-03	-8,67E-03	0
1.469	-6,37	41,93	-55,20	3,69E-03	-1,11E-02	0	-62,02	-1,97	2,73	2,95E-03	-1,22E-02	0	62,20	-20,83	-0,84	1,17E-02	-9,75E-03	0
1.470	-7,88	42,45	-55,88	5,37E-03	-1,11E-02	0	-63,22	-3,20	3,01	2,37E-03	-1,15E-02	0	62,71	-19,43	-1,72	1,40E-02	-1,14E-02	0
1.471	-9,39	42,96	-56,54	7,05E-03	-1,11E-02	0	-64,48	-4,15	3,72	1,79E-03	-1,08E-02	0	63,19	-18,04	-2,64	1,63E-02	-1,31E-02	0
1.472	-10,90	43,47	-57,20	7,05E-03	-1,11E-02	0	-65,73	-5,09	4,42	3,37E-03	-8,50E-03	0	63,67	-16,66	-3,56	1,87E-02	-1,61E-02	0
1.473	22,79	31,23	-43,83	1,28E-02	-1,24E-02	0	-67,01	-5,94	5,29	4,95E-03	-6,22E-03	0	64,11	-15,30	-4,50	2,10E-02	-1,90E-02	0
1.474	21,34	31,84	-44,51	1,28E-02	-1,24E-02	0	-68,28	-6,78	6,16	1,08E-02	-3,44E-03	0	64,56	-13,94	-5,45	2,10E-02	-1,90E-02	0
1.475	19,89	32,46	-45,20	9,56E-03	-1,23E-02	0	-69,58	-7,64	7,05	1,67E-02	-6,73E-04	0	52,37	-46,29	10,32	2,13E-02	-1,88E-02	0
1.476	18,42	33,09	-45,87	6,34E-03	-1,21E-02	0	-70,87	-8,49	7,94	1,97E-02	-2,73E-04	0	53,11	-44,86	9,77	2,13E-02	-1,88E-02	0
1.477	16,96	33,72	-46,55	4,33E-03	-9,83E-03	0	-72,16	-9,35	8,84	2,26E-02	1,26E-04	0	53,85	-43,42	9,22	1,74E-02	-1,73E-02	0
1.478	15,48	34,34	-47,21	2,33E-03	-7,51E-03	0	-73,44	-10,22	9,74	2,51E-02	8,70E-04	0	54,57	-41,97	8,64	1,35E-02	-1,59E-02	0
1.479	14,00	34,97	-47,87	1,27E-03	-7,45E-03	0	-74,73	-11,06	10,63	2,75E-02	1,61E-03	0	55,30	-40,52	8,06	1,04E-02	-1,33E-02	0
1.480	12,51	35,59	-48,53	2,00E-04	-7,40E-03	0	-76,02	-11,91	11,51	2,75E-02	1,61E-03	0	56,01	-39,07	7,44	7,34E-03	-1,08E-02	0
1.481	11,02	36,21	-49,19	1,48E-05	-8,44E-03	0	-39,31	65,59	-71,02	1,61E-02	7,14E-04	0	56,72	-37,61	6,82	5,10E-03	-9,97E-03	0

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.483	8,03	37,43	-50,52	-1,71E-04	-9,74E-03	0	36,79	63,92	-69,19	1,94E-02	-1,08E-03	0	58,08	-34,70	5,48	2,08E-03	-8,81E-03	0
1.484	6,52	38,03	-51,18	-1,71E-04	-1,00E-02	0	35,50	63,08	-68,28	2,27E-02	-2,87E-03	0	58,74	-33,24	4,77	1,31E-03	-8,50E-03	0
1.485	5,02	38,63	-51,85	-3,62E-04	-1,00E-02	0	34,20	62,23	-67,38	2,27E-02	-2,04E-03	0	59,39	-31,79	4,05	1,50E-03	-8,68E-03	0
1.486	3,52	39,22	-52,52	-5,53E-04	-1,00E-02	0	32,90	61,40	-66,46	2,27E-02	-1,62E-03	0	60,01	-30,35	3,29	1,70E-03	-8,86E-03	0
1.487	2,01	39,81	-53,19	-5,88E-04	-8,57E-03	0	31,60	60,56	-65,54	1,72E-02	-2,13E-03	0	60,64	-28,90	2,53	1,70E-03	-9,08E-03	0
1.488	0,51	40,39	-53,86	-6,24E-04	-7,14E-03	0	30,34	59,74	-64,63	1,16E-02	-2,63E-03	0	61,23	-27,46	1,73	1,70E-03	-9,30E-03	0
1.489	-1,00	40,97	-54,53	-7,20E-04	-6,83E-03	0	29,08	58,93	-63,72	8,02E-03	-3,54E-03	0	61,82	-26,03	0,93	2,23E-03	-9,06E-03	0
1.490	-2,50	41,54	-55,19	-8,16E-04	-6,51E-03	0	27,82	58,11	-62,81	4,45E-03	-4,45E-03	0	62,38	-24,61	0,09	2,76E-03	-8,81E-03	0
1.491	-4,01	42,11	-55,86	1,41E-03	-7,50E-03	0	26,56	57,29	-61,90	2,73E-03	-7,42E-03	0	62,94	-23,19	-0,75	3,49E-03	-9,97E-03	0
1.492	-5,51	42,68	-56,51	3,64E-03	-8,49E-03	0	25,34	56,62	-60,85	1,01E-03	-1,04E-02	0	63,46	-21,78	-1,64	4,22E-03	-1,11E-02	0
1.493	-7,02	43,24	-57,16	5,33E-03	-8,49E-03	0	24,13	55,95	-59,81	1,06E-03	-1,14E-02	0	63,98	-20,38	-2,52	8,55E-03	-1,30E-02	0
1.494	-8,53	43,80	-57,80	7,02E-03	-8,49E-03	0	23,04	55,70	-58,47	1,11E-03	-1,24E-02	0	64,47	-19,00	-3,43	1,29E-02	-1,48E-02	0
1.495	-10,03	44,36	-58,43	7,02E-03	-8,49E-03	0	21,95	55,44	-57,14	6,58E-03	-1,10E-02	0	64,95	-17,62	-4,34	1,45E-02	-1,63E-02	0
1.496	23,74	32,24	-44,99	1,33E-02	-8,94E-03	0	20,93	55,38	-55,69	1,21E-02	-9,59E-03	0	65,41	-16,26	-5,28	1,62E-02	-1,77E-02	0
1.497	22,29	32,85	-45,67	1,33E-02	-8,94E-03	0	19,92	55,32	-54,24	1,49E-02	-1,00E-02	0	65,87	-14,90	-6,21	1,62E-02	-1,77E-02	0
1.498	20,83	33,46	-46,34	9,83E-03	-8,94E-03	0	18,93	55,29	-52,76	1,77E-02	-1,05E-02	0	53,88	-47,14	10,02	1,81E-02	-1,90E-02	0
1.499	19,35	34,08	-47,02	6,34E-03	-8,94E-03	0	17,95	55,26	-51,28	1,85E-02	-1,12E-02	0	54,59	-45,71	9,40	1,81E-02	-1,90E-02	0
1.500	17,87	34,69	-47,69	4,44E-03	-7,13E-03	0	16,98	55,24	-49,79	1,93E-02	-1,20E-02	0	55,30	-44,28	8,78	1,35E-02	-1,77E-02	0
1.501	16,39	35,31	-48,36	2,55E-03	-5,32E-03	0	16,00	55,22	-48,30	2,01E-02	-1,31E-02	0	56,00	-42,85	8,16	8,79E-03	-1,64E-02	0
1.502	14,90	35,92	-49,02	1,42E-03	-5,32E-03	0	15,03	55,19	-46,80	2,09E-02	-1,42E-02	0	56,70	-41,41	7,53	6,39E-03	-1,43E-02	0
1.503	13,40	36,53	-49,69	2,96E-04	-5,32E-03	0	14,05	55,16	-45,31	2,21E-02	-1,54E-02	0	57,39	-39,96	6,88	3,98E-03	-1,23E-02	0
1.504	11,91	37,14	-50,35	1,89E-04	-7,40E-03	0	13,07	55,14	-43,81	2,32E-02	-1,67E-02	0	58,08	-38,51	6,23	1,19E-03	-1,10E-02	0
1.505	10,41	37,75	-51,02	8,15E-05	-9,48E-03	0	12,09	55,11	-42,31	2,64E-02	-1,83E-02	0	58,74	-37,06	5,54	-1,61E-03	-9,70E-03	0
1.506	8,91	38,36	-51,68	8,15E-05	-9,74E-03	0	11,09	55,08	-40,81	2,97E-02	-2,00E-02	0	59,41	-35,60	4,85	-1,34E-03	-1,08E-02	0
1.507	7,41	38,96	-52,35	8,15E-05	-1,00E-02	0	10,10	55,05	-39,31	3,26E-02	-2,18E-02	0	60,06	-34,15	4,12	-1,08E-03	-1,20E-02	0
1.508	5,91	39,56	-53,02	-2,00E-04	-1,00E-02	0	9,09	55,02	-37,82	3,56E-02	-2,36E-02	0	60,70	-32,70	3,40	-5,73E-04	-1,23E-02	0
1.509	4,40	40,15	-53,68	-4,82E-04	-1,00E-02	0	8,08	54,99	-36,33	3,80E-02	-2,45E-02	0	61,33	-31,25	2,64	-6,67E-05	-1,27E-02	0
1.510	2,90	40,74	-54,35	-5,53E-04	-8,57E-03	0	7,06	54,96	-34,83	4,04E-02	-2,55E-02	0	61,95	-29,81	1,88	-6,67E-05	-1,27E-02	0
1.511	1,39	41,33	-55,02	-6,24E-04	-7,14E-03	0	6,04	54,93	-33,33	4,62E-02	-2,73E-02	0	62,54	-28,37	1,08	-6,67E-05	-1,27E-02	0
1.512	-0,11	41,92	-55,69	-7,20E-04	-6,51E-03	0	5,01	54,88	-31,81	5,78E-02	-3,09E-02	0	63,14	-26,93	0,28	-5,29E-04	-1,14E-02	0
1.513	-1,62	42,50	-56,35	-8,16E-04	-5,88E-03	0	3,98	54,83	-30,28	7,35E-02	-3,51E-02	0	63,71	-25,51	-0,55	-9,92E-04	-1,00E-02	0
1.514	-3,12	43,08	-57,01	1,39E-03	-5,88E-03	0	2,94	54,73	-28,69	8,92E-02	-3,94E-02	0	64,28	-24,08	-1,38	-2,13E-03	-1,13E-02	0
1.515	-4,63	43,66	-57,67	3,59E-03	-5,88E-03	0	1,90	54,64	-27,10	9,36E-02	-4,74E-02	0	64,82	-22,68	-2,24	-3,28E-03	-1,25E-02	0
1.516	-6,13	44,24	-58,32	5,29E-03	-5,88E-03	0	0,84	54,47	-25,63	9,80E-02	-5,54E-02	0	65,36	-21,27	-3,10	3,08E-03	-1,45E-02	0
1.517	-7,64	44,81	-58,96	7,00E-03	-5,88E-03	0	-0,22	54,30	-24,16	9,80E-02	-5,54E-02	0	65,88	-19,88	-3,97	9,45E-03	-1,64E-02	0
1.518	-9,14	45,38	-59,60	7,00E-03	-5,88E-03	0	-36,07	30,59	0,99	1,02E-01	-4,61E-02	0	66,39	-18,48	-4,85	1,04E-02	-1,64E-02	0
1.519	24,70	33,25	-46,14	1,70E-02	-5,73E-03	0	-37,40	29,17	1,05	1,02E-01	-4,61E-02	0	66,88	-17,10	-5,73	1,13E-02	-1,64E-02	0
1.520	23,23	33,85	-46,82	1,70E-02	-5,73E-03	0	-38,74	27,74	1,11	8,76E-02	-3,96E-02	0	67,37	-15,72	-6,61	1,13E-02	-1,64E-02	0
1.521	21,76	34,46	-47,49	1,34E-02	-5,73E-03	0	-39,96	26,33	1,15	7,32E-02	-3,31E-02	0	55,39	-47,98	9,72	1,56E-02	-1,82E-02	0
1.522	20,28	35,06	-48,16	9,83E-03	-5,73E-03	0	-41,19	24,92	1,19	6,16E-02	-3,08E-02	0	56,08	-46,56	9,03	1,56E-02	-1,82E-02	0
1.523	18,79	35,67	-48,83	7,00E-03	-4,81E-03	0	-42,36	23,52	1,23	5,00E-02	-2,84E-02	0	56,76	-45,15	8,35	1,20E-02	-1,73E-02	0
1.524	17,29	36,27	-49,50	4,17E-03	-3,89E-03	0	-43,53	22,12	1,27	4,42E-02	-2,43E-02	0	57,43	-43,72	7,67	8,43E-03	-1,64E-02	0
1.525	15,80	36,88	-50,17	2,81E-03	-3,77E-03	0	-44,69	20,73	1,30	4,12E-02	-2,22E-02	0	58,11	-42,29	6,99	5,31E-03	-1,37E-02	0
1.526	14,30	37,48	-50,84	1,44E-03	-3,66E-03	0	-45,84	19,34	1,33	3,75E-02	-2,15E-02	0	58,77	-40,85	6,31	2,20E-03	-1,10E-02	0
1.527	12,80	38,08	-51,51	1,28E-03	-4,29E-03	0	-47,00	17,95	1,35	3,38E-02	-2,07E-02	0	59,44	-39,41	5,63	2,98E-04	-1,04E-02	0
1.528	11,29	38,68	-52,18	1,11E-03	-4,93E-03	0	-48,16	16,57	1,37	3,10E-02	-1,91E-02	0	60,09	-37,96	4,92	-1,61E-03	-9,70E-03	0
1.529	9,79	39,28	-52,85	1,02E-03	-5,10E-03	0	-49,32	15,19	1,38	2,82E-02	-1,74E-02	0	60,74	-36,50	4,21	-1,38E-03	-1,08E-02	0
1.530	8,29	39,88	-53,52	9,24E-04	-5,28E-03	0	-50,48	13,81	1,38	2,57E-02	-1,59E-02	0	61,38	-35,05	3,48	-1,15E-03	-1,20E-02	0
1.531	6,79	40,48	-54,18	7,83E-04	-5,28E-03	0	-51,63	12,45	1,38	2,33E-02	-1,44E-02	0	62,02	-33,60	2,75	-8,42E-04	-1,23E-02	0
1.532	5,28	41,08	-54,85	6,42E-04	-5,28E-03	0	-52,79	11,08	1,37	2,25E-02	-1,34E-02	0	62,64	-32,16	1,98	-5,29E-04	-1,27E-02	0
1.533	3,78	41,67	-55,51	7,74E-04	-4,84E-03	0	-53,95	9,71	1,37	2,16E-02	-1,24E-02	0	63,26	-30,71	1,22	-5,29E-04	-1,27E-02	0
1.534	2,28	42,27	-56,18	9,07E-04	-4,39E-03	0	-55,10	8,35	1,36	2,11E-02	-1,23E-02	0	63,86	-29,27	0,43	-5,29E-04	-1,27E-02	0
1.535	0,77	42,87	-56,84	1,92E-03	-4,07E-03	0	-56,25	6,98	1,36	2,05E-02	-1,22E-02	0	64,46	-27,84	-0,37	-1,01E-03	-1,14E-02	0
1.536	-0,73	43,46	-57,51	2,94E-03	-3,76E-03	0	-57,39	5,62	1,35	1,96E-02	-1,13E-02	0	65,04	-26,41	-1,18	-1,49E-03	-1,00E-02	0
1.537	-2,24	44,06	-58,17	4,80E-03	-4,02E-03	0	-58,53	4,25	1,36	1,86E-02	-1,04E-02	0	65,62	-24,98	-2,00	-2,38E-03	-1,07E-02	0
1.538	-3,74	44,65	-58,83	6,65E-03	-4,28E-03	0	-59,68	2,88	1,38	1,58E-02	-1,07E-02	0	66,18	-23,57	-2,84	-3,28E-03	-1,13E-02	0
1.539	-5,25	45,24	-59,48	8,60E-03	-4,28E-03	0	-60,83	1,53	1,45	1,30E-02	-1,09E-02	0	66,74	-22,15	-3,67	1,63E-03	-1,29E-02	0
1.540	-6,75	45,82	-60,13	1,06E-02	-4,28E-03	0	-61,97	0,18	1,52	9,26E-03	-1,21E-02	0	67,29	-20,75	-4,51	6,54E-03	-1,46E-02	0
1.541	-8,25	46,40	-60,78	1,06E-02	-4,28E-03	0	-63,18	-1,04	1,83	5,51E-03	-1,32E-02	0	67,83	-19,35	-5,35	8,93E-03	-1,46E-02	0
1.542	25,65	34,25	-47,30	2,07E-02	-2,53E-03	0	-64,39	-2,26	2,14	4,44E-03	-1,26E-02	0	68,35	-17,95	-6,18	1,13E-02	-1,46E-02	0
1.543	24,17	34,85	-47,97	2,07E-02	-2,53E-03	0	-65,66	-3,19	2,88	3,37E-03	-1,21E-02	0	68,88	-16,54	-7,01	1,13E-02	-1,46E-02	0
1.544	22,																	

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.545	21,19	36,06	-49,31	1,33E-02	-2,53E-03	0	-68,21	-4,96	4,49	1,07E-02	-7,20E-03	0	57,71	-47,27	9,09	1,31E-02	-1,75E-02	0
1.546	19,69	36,66	-49,98	9,56E-03	-2,50E-03	0	-69,48	-5,80	5,36	1,51E-02	-5,32E-03	0	58,37	-45,87	8,37	1,06E-02	-1,69E-02	0
1.547	18,20	37,26	-50,64	5,79E-03	-2,46E-03	0	-70,77	-6,66	6,25	1,95E-02	-3,44E-03	0	59,04	-44,45	7,65	8,06E-03	-1,64E-02	0
1.548	16,70	37,86	-51,31	4,19E-03	-2,23E-03	0	-72,06	-7,53	7,15	2,10E-02	-1,66E-03	0	59,70	-43,03	6,94	4,24E-03	-1,30E-02	0
1.549	15,20	38,46	-51,98	2,59E-03	-1,99E-03	0	-73,33	-8,37	8,02	2,24E-02	1,26E-04	0	60,34	-41,59	6,21	4,24E-04	-9,70E-03	0
1.550	13,70	39,06	-52,65	2,36E-03	-1,18E-03	0	-74,61	-9,21	8,89	2,44E-02	8,70E-04	0	60,98	-40,15	5,49	-5,91E-04	-9,70E-03	0
1.551	12,19	39,66	-53,32	2,14E-03	-3,80E-04	0	-75,90	-10,06	9,78	2,63E-02	1,61E-03	0	61,62	-38,70	4,76	-1,61E-03	-9,70E-03	0
1.552	10,69	40,26	-53,99	1,95E-03	-4,67E-04	0	-77,20	-10,91	10,67	2,63E-02	1,61E-03	0	62,26	-37,25	4,02	-1,42E-03	-1,08E-02	0
1.553	9,19	40,86	-54,65	1,77E-03	-5,53E-04	0	33,00	63,22	-68,17	2,27E-02	-2,87E-03	0	62,89	-35,81	3,27	-1,23E-03	-1,20E-02	0
1.554	7,68	41,46	-55,32	1,77E-03	-5,61E-04	0	31,70	62,38	-67,26	2,27E-02	-2,87E-03	0	63,52	-34,37	2,52	-1,11E-03	-1,23E-02	0
1.555	6,18	42,06	-55,99	1,77E-03	-5,68E-04	0	30,40	61,54	-66,34	1,97E-02	-2,87E-03	0	64,14	-32,92	1,75	-9,92E-04	-1,27E-02	0
1.556	4,68	42,66	-56,65	2,10E-03	-1,10E-03	0	29,13	60,72	-65,43	1,66E-02	-2,87E-03	0	64,76	-31,47	0,99	-9,92E-04	-1,27E-02	0
1.557	3,17	43,26	-57,32	2,44E-03	-1,63E-03	0	27,87	59,90	-64,52	1,16E-02	-4,55E-03	0	65,36	-30,03	0,20	-9,92E-04	-1,27E-02	0
1.558	1,67	43,86	-57,98	4,57E-03	-1,63E-03	0	26,61	59,07	-63,61	6,60E-03	-6,24E-03	0	65,97	-28,59	-0,58	-1,49E-03	-1,14E-02	0
1.559	0,17	44,45	-58,65	6,70E-03	-1,63E-03	0	25,34	58,24	-62,69	4,45E-03	-9,67E-03	0	66,56	-27,15	-1,38	-1,98E-03	-1,00E-02	0
1.560	-1,34	45,05	-59,31	8,21E-03	-2,16E-03	0	24,12	57,54	-61,66	2,30E-03	-1,31E-02	0	67,16	-25,72	-2,17	-2,63E-03	-1,00E-02	0
1.561	-2,84	45,64	-59,97	9,71E-03	-2,68E-03	0	22,90	56,83	-60,63	2,40E-02	-1,33E-02	0	67,73	-24,29	-2,98	-3,28E-03	-1,00E-02	0
1.562	-4,35	46,24	-60,63	1,19E-02	-2,68E-03	0	21,79	56,54	-59,32	2,50E-03	-1,35E-02	0	68,31	-22,86	-3,79	1,80E-04	-1,14E-02	0
1.563	-5,85	46,83	-61,29	1,41E-02	-2,68E-03	0	20,68	56,24	-58,01	8,34E-03	-1,25E-02	0	68,88	-21,44	-4,59	3,64E-03	-1,27E-02	0
1.564	-7,35	47,42	-61,94	1,41E-02	-2,68E-03	0	19,66	56,17	-56,56	1,42E-02	-1,15E-02	0	69,45	-20,02	-5,39	7,47E-03	-1,27E-02	0
1.565	26,60	35,25	-48,45	2,07E-02	-2,53E-03	0	18,64	56,10	-55,10	1,67E-02	-1,15E-02	0	69,99	-18,60	-6,19	1,13E-02	-1,27E-02	0
1.566	25,10	35,85	-49,11	2,07E-02	-2,53E-03	0	17,65	56,07	-53,62	1,92E-02	-1,15E-02	0	70,54	-17,18	-6,99	1,13E-02	-1,27E-02	0
1.567	23,60	36,45	-49,78	1,75E-02	-2,17E-03	0	16,66	56,04	-52,13	1,93E-02	-1,20E-02	0	58,70	-49,38	9,90	1,64E-02	-1,30E-02	0
1.568	22,10	37,05	-50,45	1,59E-02	-2,00E-03	0	15,68	56,01	-50,64	1,94E-02	-1,26E-02	0	59,34	-47,98	9,15	1,64E-02	-1,30E-02	0
1.569	20,60	37,65	-51,12	1,22E-02	-1,98E-03	0	14,71	55,99	-49,15	1,98E-02	-1,31E-02	0	59,98	-46,58	8,39	1,35E-02	-1,27E-02	0
1.570	19,10	38,25	-51,78	8,61E-03	-1,95E-03	0	13,74	55,96	-47,66	2,03E-02	-1,36E-02	0	60,64	-45,17	7,64	1,06E-02	-1,25E-02	0
1.571	17,60	38,85	-52,45	6,40E-03	-1,42E-03	0	12,77	55,93	-46,16	2,09E-02	-1,42E-02	0	61,29	-43,76	6,88	7,59E-03	-9,57E-03	0
1.572	16,10	39,45	-53,12	4,19E-03	-8,79E-04	0	11,79	55,90	-44,67	2,16E-02	-1,47E-02	0	61,91	-42,32	6,12	4,61E-03	-6,68E-03	0
1.573	14,59	40,05	-53,79	3,82E-03	-5,50E-04	0	10,81	55,87	-43,17	2,39E-02	-1,67E-02	0	62,53	-40,89	5,36	2,01E-03	-6,68E-03	0
1.574	13,09	40,65	-54,46	3,44E-03	-2,21E-04	0	9,82	55,84	-41,68	2,62E-02	-1,86E-02	0	63,15	-39,44	4,59	-5,91E-04	-6,68E-03	0
1.575	11,59	41,25	-55,13	3,35E-03	-3,44E-04	0	8,83	55,81	-40,19	3,04E-02	-2,05E-02	0	63,78	-38,00	3,83	-4,97E-04	-7,90E-03	0
1.576	10,08	41,85	-55,79	3,26E-03	-4,67E-04	0	7,83	55,78	-38,71	3,45E-02	-2,23E-02	0	64,40	-36,56	3,06	-4,03E-04	-9,11E-03	0
1.577	8,58	42,45	-56,46	3,33E-03	-5,14E-04	0	6,82	55,75	-37,23	3,56E-02	-2,36E-02	0	65,03	-35,13	2,29	-3,52E-04	-9,29E-03	0
1.578	7,08	43,05	-57,13	3,41E-03	-5,61E-04	0	5,81	55,72	-35,74	3,66E-02	-2,48E-02	0	65,64	-33,68	1,52	-3,01E-04	-9,47E-03	0
1.579	5,58	43,65	-57,79	3,99E-03	-9,34E-04	0	4,79	55,68	-34,26	3,66E-02	-2,48E-02	0	66,26	-32,23	0,75	-3,01E-04	-9,36E-03	0
1.580	4,07	44,25	-58,46	4,57E-03	-1,31E-03	0	-44,66	22,96	0,27	3,73E-02	-1,95E-02	0	66,87	-30,79	-0,02	-3,01E-04	-9,25E-03	0
1.581	2,57	44,84	-59,12	6,39E-03	-1,27E-03	0	-45,81	21,58	0,31	3,73E-02	-1,95E-02	0	67,48	-29,34	-0,80	-6,63E-04	-7,99E-03	0
1.582	1,06	45,44	-59,79	8,21E-03	-1,24E-03	0	-46,96	20,20	0,34	3,38E-02	-1,88E-02	0	68,09	-27,90	-1,57	-1,02E-03	-6,73E-03	0
1.583	-0,44	46,04	-60,45	1,01E-02	-1,50E-03	0	-48,11	18,82	0,36	3,02E-02	-1,80E-02	0	68,69	-26,46	-2,35	-4,22E-04	-6,73E-03	0
1.584	-1,95	46,64	-61,12	1,19E-02	-1,76E-03	0	-49,26	17,45	0,38	2,74E-02	-1,71E-02	0	69,29	-25,01	-3,12	1,80E-04	-6,73E-03	0
1.585	-3,45	47,24	-61,78	1,42E-02	-1,35E-03	0	-50,41	16,08	0,39	2,46E-02	-1,63E-02	0	69,88	-23,57	-3,90	3,03E-03	-7,73E-03	0
1.586	-4,96	47,83	-62,44	1,66E-02	-9,47E-04	0	-51,57	14,71	0,39	2,33E-02	-1,44E-02	0	70,47	-22,13	-4,67	5,87E-03	-8,74E-03	0
1.587	-6,46	48,43	-63,11	1,66E-02	-9,47E-04	0	-52,73	13,35	0,39	2,20E-02	-1,25E-02	0	71,06	-20,69	-5,44	8,79E-03	-8,74E-03	0
1.588	24,52	37,46	-50,94	1,84E-02	-1,46E-03	0	-53,88	11,99	0,39	2,16E-02	-1,24E-02	0	71,63	-19,26	-6,20	1,17E-02	-8,74E-03	0
1.589	23,02	38,06	-51,60	1,84E-02	-1,46E-03	0	-55,04	10,62	0,38	2,12E-02	-1,24E-02	0	72,20	-17,82	-6,97	1,17E-02	-8,74E-03	0
1.590	21,52	38,65	-52,27	1,49E-02	-1,46E-03	0	-56,19	9,26	0,37	2,12E-02	-1,24E-02	0	60,37	-50,07	10,03	1,97E-02	-8,55E-03	0
1.591	20,00	39,25	-52,93	1,14E-02	-1,45E-03	0	-57,34	7,89	0,37	2,12E-02	-1,24E-02	0	61,00	-48,66	9,27	1,97E-02	-8,55E-03	0
1.592	18,49	39,84	-53,60	8,61E-03	-6,08E-04	0	-58,49	6,53	0,37	2,05E-02	-1,26E-02	0	61,64	-47,25	8,51	1,64E-02	-8,55E-03	0
1.593	16,99	40,44	-54,26	5,79E-03	2,32E-04	0	-59,64	5,15	0,39	1,99E-02	-1,29E-02	0	62,28	-45,83	7,75	1,31E-02	-8,55E-03	0
1.594	15,50	41,04	-54,93	5,27E-03	8,46E-05	0	-60,78	3,78	0,40	1,77E-02	-1,32E-02	0	62,92	-44,41	6,99	1,09E-02	-6,11E-03	0
1.595	13,99	41,64	-55,60	4,75E-03	-6,27E-05	0	-61,94	2,43	0,48	1,55E-02	-1,35E-02	0	63,54	-42,97	6,22	8,79E-03	-3,67E-03	0
1.596	12,49	42,24	-56,26	4,75E-03	-2,21E-04	0	-63,10	1,08	0,56	1,18E-02	-1,38E-02	0	64,15	-41,53	5,46	4,61E-03	-3,67E-03	0
1.597	10,98	42,84	-56,93	4,75E-03	-3,80E-04	0	-64,31	-0,12	0,92	8,06E-03	-1,42E-02	0	64,78	-40,09	4,69	4,24E-04	-3,67E-03	0
1.598	9,48	43,43	-57,60	4,90E-03	-4,67E-04	0	-65,53	-1,32	1,27	6,51E-03	-1,38E-02	0	65,40	-38,64	3,92	4,24E-04	-4,96E-03	0
1.599	7,98	44,04	-58,27	5,05E-03	-5,53E-04	0	-66,82	-2,22	2,03	4,95E-03	-1,35E-02	0	66,02	-37,20	3,15	4,24E-04	-6,26E-03	0
1.600	6,48	44,64	-58,93	5,88E-03	-7,67E-04	0	-68,10	-3,13	2,80	1,07E-02	-1,08E-02	0	66,64	-35,76	2,38	4,06E-04	-6,26E-03	0
1.601	4,98	45,24	-59,60	6,70E-03	-9,82E-04	0	-69,39	-3,98	3,67	1,65E-02	-8,18E-03	0	67,26	-34,32	1,61	3,89E-04	-6,26E-03	0
1.602	3,48	45,83	-60,26	8,21E-03	-9,10E-04	0	-70,68	-4,82	4,55	1,94E-02	-7,20E-03	0	67,87	-32,87	0,84	3,89E-04	-6,03E-03	0
1.603	1,98	46,44	-60,93	9,71E-03	-8,39E-04	0	-71,97	-5,67	5,43	2,22E-02	-6,22E-03	0	68,49	-31,42	0,06	3,89E-04	-5,80E-03	0
1.604	0,48	47,04	-61,59	1,19E-02	-8,39E-04	0	-73,25	-6,53	6,32	2,22E-02	-3,04E-03	0	69,10	-29,98	-0,71	1,61E-04	-4,62E-03	0
1.605	-1,04	47,64	-62,26	1,41E-02	-8,39E-04	0	-74,54	-7,38	7,20	2,22E-02	1,26E-04	0	69,71	-28,54	-1,48	-6,67E-05	-3,43E-03	0
1.606	-2,55	48,25	-62,92	1,66E-02	-2,72E-05	0	-75,83	-8,24	8,09									

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.607	-4,05	48,85	-63,60	1,90E-02	7,85E-04	0	-77,12	-9,08	8,98	2,50E-02	1,61E-03	0	70,92	-25,65	-3,03	3,64E-03	-3,43E-03	0
1.608	-5,54	49,45	-64,27	1,90E-02	7,85E-04	0	-78,42	-9,93	9,86	2,50E-02	1,61E-03	0	71,52	-24,20	-3,80	5,87E-03	-4,08E-03	0
1.609	25,43	38,47	-52,09	1,84E-02	-1,46E-03	0	31,80	64,20	-68,96	2,27E-02	-2,87E-03	0	72,12	-22,76	-4,57	8,11E-03	-4,72E-03	0
1.610	23,93	39,06	-52,76	1,84E-02	-1,46E-03	0	30,50	63,36	-68,05	2,27E-02	-2,87E-03	0	72,72	-21,32	-5,34	1,01E-02	-4,72E-03	0
1.611	22,43	39,66	-53,42	1,73E-02	-3,19E-04	0	29,20	62,52	-67,14	2,03E-02	-2,87E-03	0	73,30	-19,88	-6,11	1,21E-02	-4,72E-03	0
1.612	20,91	40,25	-54,08	1,67E-02	2,54E-04	0	27,93	61,69	-66,23	1,91E-02	-2,87E-03	0	73,89	-18,44	-6,87	1,21E-02	-4,72E-03	0
1.613	19,39	40,83	-54,74	1,53E-02	4,69E-04	0	26,66	60,87	-65,32	1,46E-02	-4,55E-03	0	62,04	-50,76	10,16	2,36E-02	-4,99E-03	0
1.614	17,89	41,43	-55,41	1,39E-02	6,83E-04	0	25,39	60,03	-64,40	1,00E-02	-6,24E-03	0	62,67	-49,34	9,40	2,36E-02	-4,99E-03	0
1.615	16,40	42,03	-56,07	1,24E-02	2,31E-04	0	24,13	59,19	-63,48	8,18E-03	-9,78E-03	0	63,30	-47,92	8,64	1,93E-02	-5,55E-03	0
1.616	14,89	42,63	-56,74	1,10E-02	-2,21E-04	0	22,90	58,45	-62,46	6,33E-03	-1,33E-02	0	63,92	-46,49	7,87	1,51E-02	-6,11E-03	0
1.617	13,38	43,23	-57,40	1,03E-02	-3,47E-04	0	21,67	57,71	-61,45	7,16E-03	-1,39E-02	0	64,54	-45,05	7,10	1,20E-02	-4,41E-03	0
1.618	11,88	43,83	-58,07	9,70E-03	-4,74E-04	0	20,54	57,37	-60,16	7,98E-03	-1,45E-02	0	65,16	-43,61	6,33	8,97E-03	-2,72E-03	0
1.619	10,38	44,42	-58,74	9,78E-03	-5,49E-04	0	19,41	57,03	-58,87	1,24E-02	-1,40E-02	0	65,78	-42,17	5,56	5,29E-03	-2,72E-03	0
1.620	8,88	45,03	-59,41	9,85E-03	-6,24E-04	0	18,38	56,96	-57,42	1,68E-02	-1,34E-02	0	66,40	-40,73	4,79	1,60E-03	-2,72E-03	0
1.621	7,38	45,63	-60,08	1,13E-02	-9,65E-04	0	17,36	56,88	-55,97	1,86E-02	-1,27E-02	0	67,02	-39,29	4,01	1,48E-03	-3,29E-03	0
1.622	5,88	46,23	-60,74	1,28E-02	-1,31E-03	0	16,36	56,85	-54,48	2,04E-02	-1,20E-02	0	67,63	-37,84	3,24	1,36E-03	-3,87E-03	0
1.623	4,38	46,82	-61,40	1,36E-02	-1,04E-03	0	15,37	56,82	-52,99	2,01E-02	-1,23E-02	0	68,25	-36,40	2,47	1,35E-03	-3,91E-03	0
1.624	2,89	47,43	-62,07	1,43E-02	-7,67E-04	0	14,39	56,79	-51,49	1,98E-02	-1,26E-02	0	68,87	-34,95	1,70	1,34E-03	-3,96E-03	0
1.625	1,40	48,04	-62,73	1,54E-02	-5,58E-04	0	13,42	56,76	-50,00	2,01E-02	-1,29E-02	0	69,48	-33,51	0,92	1,34E-03	-3,98E-03	0
1.626	-0,13	48,65	-63,40	1,66E-02	-3,50E-04	0	12,45	56,73	-48,51	2,03E-02	-1,31E-02	0	70,10	-32,06	0,15	1,34E-03	-4,00E-03	0
1.627	-1,65	49,26	-64,07	1,78E-02	2,18E-04	0	11,48	56,70	-47,02	2,06E-02	-1,32E-02	0	70,72	-30,62	-0,62	1,56E-03	-3,40E-03	0
1.628	-3,13	49,87	-64,75	1,90E-02	7,85E-04	0	10,51	56,67	-45,53	2,09E-02	-1,33E-02	0	71,33	-29,17	-1,39	1,79E-03	-2,81E-03	0
1.629	-4,62	50,47	-65,44	1,90E-02	7,85E-04	0	9,53	56,63	-44,04	2,27E-02	-1,58E-02	0	71,94	-27,73	-2,16	3,37E-03	-2,64E-03	0
1.630	23,34	40,68	-54,58	2,19E-02	1,96E-03	0	8,55	56,60	-42,56	2,44E-02	-1,82E-02	0	72,56	-26,28	-2,93	4,95E-03	-2,47E-03	0
1.631	21,82	41,27	-55,24	2,19E-02	1,96E-03	0	7,56	56,57	-41,08	2,78E-02	-1,96E-02	0	73,17	-24,83	-3,70	8,03E-03	-2,68E-03	0
1.632	20,30	41,86	-55,89	2,19E-02	1,55E-03	0	6,56	56,54	-39,60	3,45E-02	-2,23E-02	0	73,78	-23,39	-4,47	1,11E-02	-2,89E-03	0
1.633	18,80	42,47	-56,56	2,19E-02	1,13E-03	0	5,57	56,51	-38,13	3,56E-02	-2,36E-02	0	74,38	-21,94	-5,24	1,42E-02	-2,89E-03	0
1.634	17,31	43,07	-57,24	1,95E-02	3,78E-04	0	4,56	56,47	-36,65	3,66E-02	-2,48E-02	0	74,98	-20,50	-6,01	1,73E-02	-2,89E-03	0
1.635	15,81	43,65	-57,90	1,72E-02	-3,80E-04	0	3,55	56,44	-35,18	3,66E-02	-2,48E-02	0	75,58	-19,07	-6,78	1,73E-02	-2,89E-03	0
1.636	14,31	44,24	-58,56	1,59E-02	-4,74E-04	0	-45,79	23,80	-0,72	3,73E-02	-1,95E-02	0	63,70	-51,44	10,28	2,75E-02	-1,44E-03	0
1.637	12,80	44,84	-59,23	1,47E-02	-5,68E-04	0	-46,93	22,43	-0,69	3,73E-02	-1,95E-02	0	64,32	-50,01	9,51	2,75E-02	-1,44E-03	0
1.638	11,30	45,45	-59,90	1,47E-02	-6,31E-04	0	-48,07	21,06	-0,65	3,07E-02	-1,79E-02	0	64,94	-48,58	8,75	2,23E-02	-2,55E-03	0
1.639	9,80	46,05	-60,56	1,47E-02	-6,94E-04	0	-49,22	19,69	-0,63	2,74E-02	-1,71E-02	0	65,57	-47,14	7,98	1,71E-02	-3,67E-03	0
1.640	8,30	46,65	-61,23	1,68E-02	-1,16E-03	0	-50,36	18,33	-0,61	2,54E-02	-1,53E-02	0	66,19	-45,70	7,21	1,31E-02	-2,72E-03	0
1.641	6,80	47,25	-61,89	1,90E-02	-1,63E-03	0	-51,51	16,97	-0,60	2,33E-02	-1,35E-02	0	66,80	-44,25	6,44	9,16E-03	-1,77E-03	0
1.642	5,30	47,84	-62,55	1,90E-02	-1,16E-03	0	-52,66	15,61	-0,60	2,25E-02	-1,29E-02	0	67,41	-42,81	5,67	5,97E-03	-1,77E-03	0
1.643	3,80	48,45	-63,22	1,90E-02	-6,94E-04	0	-53,82	14,25	-0,60	2,16E-02	-1,23E-02	0	68,04	-41,37	4,90	2,78E-03	-1,77E-03	0
1.644	2,30	49,06	-63,89	1,90E-02	-2,77E-04	0	-54,97	12,89	-0,60	2,14E-02	-1,23E-02	0	68,67	-39,93	4,13	2,54E-03	-1,62E-03	0
1.645	0,79	49,66	-64,56	1,90E-02	1,40E-04	0	-56,13	11,53	-0,61	2,12E-02	-1,24E-02	0	69,27	-38,48	3,35	2,30E-03	-1,47E-03	0
1.646	-0,72	50,26	-65,23	1,90E-02	4,62E-04	0	-57,28	10,17	-0,61	2,14E-02	-1,24E-02	0	69,88	-37,03	2,57	2,30E-03	-1,57E-03	0
1.647	-2,22	50,87	-65,91	1,90E-02	7,85E-04	0	-58,43	8,80	-0,61	2,16E-02	-1,24E-02	0	70,50	-35,59	1,80	2,30E-03	-1,66E-03	0
1.648	-3,71	51,48	-66,58	1,90E-02	7,85E-04	0	-59,59	7,43	-0,61	2,21E-02	-1,28E-02	0	71,12	-34,14	1,03	2,30E-03	-1,92E-03	0
1.649	24,25	41,70	-55,74	2,19E-02	1,96E-03	0	-60,74	6,06	-0,59	2,26E-02	-1,32E-02	0	71,73	-32,70	0,26	2,30E-03	-2,19E-03	0
1.650	22,73	42,29	-56,39	2,19E-02	1,96E-03	0	-61,89	4,68	-0,58	2,07E-02	-1,43E-02	0	72,35	-31,25	-0,51	2,97E-03	-2,19E-03	0
1.651	21,21	42,89	-57,04	2,19E-02	1,58E-03	0	-63,05	3,33	-0,49	1,88E-02	-1,53E-02	0	72,96	-29,82	-1,30	3,64E-03	-2,19E-03	0
1.652	19,72	43,50	-57,72	2,19E-02	1,40E-03	0	-64,22	1,97	-0,39	1,55E-02	-1,56E-02	0	73,58	-28,39	-2,08	4,95E-03	-1,86E-03	0
1.653	18,22	44,11	-58,40	2,07E-02	1,29E-03	0	-65,45	0,80	0,00	1,23E-02	-1,58E-02	0	74,19	-26,93	-2,84	6,26E-03	-1,52E-03	0
1.654	16,73	44,68	-59,06	1,95E-02	1,18E-03	0	-66,68	-0,37	0,40	1,04E-02	-1,48E-02	0	74,80	-25,47	-3,60	1,02E-02	-1,29E-03	0
1.655	15,24	45,25	-59,72	1,77E-02	-3,77E-04	0	-67,98	-1,26	1,19	8,58E-03	-1,38E-02	0	75,41	-24,02	-4,37	1,41E-02	-1,06E-03	0
1.656	13,73	45,86	-60,39	1,59E-02	-1,93E-03	0	-69,27	-2,15	1,99	1,34E-02	-1,09E-02	0	76,03	-22,58	-5,14	1,83E-02	-1,06E-03	0
1.657	12,22	46,48	-61,07	1,64E-02	-1,63E-03	0	-70,57	-2,99	2,86	1,82E-02	-8,00E-03	0	76,63	-21,14	-5,91	2,26E-02	-1,06E-03	0
1.658	10,72	47,08	-61,72	1,68E-02	-1,34E-03	0	-71,88	-3,84	3,74	2,02E-02	-5,52E-03	0	77,24	-19,70	-6,68	2,26E-02	-1,06E-03	0
1.659	9,23	47,68	-62,37	1,85E-02	-1,57E-03	0	-73,16	-4,69	4,62	2,22E-02	-3,04E-03	0	65,36	-52,12	10,41	2,47E-02	-2,05E-04	0
1.660	7,72	48,27	-63,03	2,01E-02	-1,81E-03	0	-74,44	-5,53	5,49	2,22E-02	-1,09E-03	0	65,97	-50,68	9,63	2,47E-02	-2,05E-04	0
1.661	6,22	48,86	-63,70	1,97E-02	-1,44E-03	0	-75,75	-6,40	6,39	2,22E-02	8,70E-04	0	66,58	-49,23	8,86	2,19E-02	-1,38E-03	0
1.662	4,71	49,47	-64,37	1,90E-02	-6,94E-04	0	-77,05	-7,26	7,29	2,31E-02	1,12E-03	0	67,21	-47,79	8,09	1,92E-02	-2,55E-03	0
1.663	3,20	50,08	-65,04	1,90E-02	-2,77E-04	0	-78,34	-8,10	8,18	2,50E-02	1,61E-03	0	67,85	-46,34	7,32	1,61E-02	-2,09E-03	0
1.664	1,70	50,67	-65,72	1,90E-02	1,40E-04	0	-79,64	-8,95	9,06	2,50E-02	1,61E-03	0	68,45	-44,89	6,54	1,31E-02	-1,62E-03	0
1.665	0,21	51,26	-66,39	1,90E-02	4,62E-04	0	28,00	63,51	-67,95	2,17E-02	-2,87E-03	0	69,04	-43,45	5,77	9,55E-03	-1,67E-03	0
1.666	-1,30	51,88	-67,06	1,90E-02	7,85E-04	0	26,73	62,67	-67,03	2,17E-02	-2,87E-03	0	69,68	-42,01	5,00	5,97E-03	-1,71E-03	0
1.667	-2,81	52,49	-67,73	1,90E-02	7,85E-04	0	25,45	61,83	-66,11	1,76E-02	-4,55E-03	0	70,31	-40,57	4,24	5,61E-03	-1,58E-03	0

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.669	20,64	44,50	-58,88	2,19E-02	1,66E-03	0	22,91	60,14	-64,25	1,19E-02	-9,88E-03	0	71,51	-37,67	2,68	5,26E-03	-1,17E-03	0
1.670	19,14	45,09	-59,56	2,19E-02	2,19E-03	0	21,67	59,36	-63,26	1,04E-02	-1,35E-02	0	72,13	-36,22	1,91	5,26E-03	-8,94E-04	0
1.671	17,64	45,68	-60,22	2,19E-02	2,73E-03	0	20,43	58,59	-62,26	1,19E-02	-1,45E-02	0	72,75	-34,78	1,14	7,16E-03	-1,03E-03	0
1.672	16,14	46,27	-60,88	1,95E-02	-2,80E-04	0	19,29	58,19	-61,00	1,35E-02	-1,54E-02	0	73,36	-33,33	0,37	9,06E-03	-1,16E-03	0
1.673	14,63	46,88	-61,54	1,72E-02	-3,29E-03	0	18,15	57,80	-59,74	1,64E-02	-1,54E-02	0	73,98	-31,89	-0,41	7,25E-03	-1,50E-03	0
1.674	13,12	47,48	-62,20	1,81E-02	-2,64E-03	0	17,11	57,71	-58,29	1,94E-02	-1,54E-02	0	74,60	-30,47	-1,21	3,64E-03	-2,19E-03	0
1.675	11,62	48,08	-62,87	1,90E-02	-1,98E-03	0	16,07	57,61	-56,84	2,05E-02	-1,40E-02	0	75,22	-29,05	-2,01	4,95E-03	-1,86E-03	0
1.676	10,13	48,68	-63,53	2,01E-02	-1,98E-03	0	15,07	57,59	-55,34	2,16E-02	-1,26E-02	0	75,83	-27,58	-2,75	6,26E-03	-1,52E-03	0
1.677	8,62	49,28	-64,20	2,13E-02	-1,98E-03	0	14,07	57,56	-53,85	2,10E-02	-1,26E-02	0	76,44	-26,10	-3,49	1,59E-02	-3,75E-04	0
1.678	7,12	49,88	-64,86	2,13E-02	-1,98E-03	0	13,09	57,54	-52,35	2,03E-02	-1,26E-02	0	77,05	-24,66	-4,26	2,07E-02	1,98E-04	0
1.679	23,09	44,90	-59,36	2,19E-02	1,66E-03	0	12,11	57,51	-50,86	2,03E-02	-1,26E-02	0	77,67	-23,21	-5,03	2,28E-02	-1,30E-04	0
1.680	21,57	45,49	-60,04	2,19E-02	1,66E-03	0	11,14	57,48	-49,37	2,03E-02	-1,26E-02	0	78,29	-21,77	-5,81	2,50E-02	-4,58E-04	0
1.681	20,05	46,08	-60,71	2,01E-02	2,37E-03	0	10,17	57,45	-47,87	2,03E-02	-1,23E-02	0	78,91	-20,33	-6,58	2,50E-02	-4,58E-04	0
1.682	18,54	46,69	-61,38	1,91E-02	2,73E-03	0	9,20	57,42	-46,39	2,03E-02	-1,20E-02	0	67,04	-52,78	10,52	2,20E-02	1,03E-03	0
1.683	17,04	47,29	-62,04	1,85E-02	7,24E-04	0	8,23	57,39	-44,91	2,14E-02	-1,49E-02	0	67,65	-51,33	9,75	2,20E-02	1,03E-03	0
1.684	15,53	47,89	-62,69	1,72E-02	-3,29E-03	0	7,25	57,36	-43,43	2,25E-02	-1,78E-02	0	68,26	-49,89	8,97	2,16E-02	-2,05E-04	0
1.685	14,03	48,49	-63,33	1,81E-02	-2,64E-03	0	6,27	57,33	-41,96	2,25E-02	-1,78E-02	0	68,89	-48,44	8,20	2,12E-02	-1,44E-03	0
1.686	12,53	49,08	-64,01	1,90E-02	-1,98E-03	0	-49,19	21,94	-1,66	2,46E-02	-1,63E-02	0	69,51	-46,99	7,43	1,92E-02	-1,46E-03	0
1.687	11,03	49,67	-64,69	2,01E-02	-1,98E-03	0	-50,32	20,58	-1,64	2,46E-02	-1,63E-02	0	70,10	-45,53	6,66	1,71E-02	-1,47E-03	0
1.688	9,52	50,28	-65,36	2,13E-02	-1,98E-03	0	-51,46	19,22	-1,62	2,33E-02	-1,35E-02	0	70,68	-44,08	5,89	1,31E-02	-1,57E-03	0
1.689	8,02	50,90	-66,02	2,13E-02	-1,98E-03	0	-52,60	17,87	-1,61	2,20E-02	-1,07E-02	0	71,30	-42,63	5,13	9,16E-03	-1,66E-03	0
1.690	20,96	47,10	-61,86	1,63E-02	2,73E-03	0	-53,75	16,51	-1,60	2,16E-02	-1,14E-02	0	71,91	-41,19	4,37	8,69E-03	-1,53E-03	0
1.691	19,45	47,70	-62,52	1,63E-02	2,73E-03	0	-54,90	15,16	-1,60	2,12E-02	-1,21E-02	0	72,54	-39,75	3,59	8,22E-03	-1,41E-03	0
1.692	17,94	48,30	-63,18	1,63E-02	2,73E-03	0	-56,05	13,80	-1,61	2,12E-02	-1,22E-02	0	73,17	-38,32	2,80	8,22E-03	-7,71E-04	0
1.693	21,87	48,12	-63,00	1,63E-02	2,73E-03	0	-57,21	12,44	-1,61	2,12E-02	-1,24E-02	0	73,79	-36,86	2,03	8,22E-03	-1,30E-04	0
1.694	20,36	48,72	-63,66	1,63E-02	2,73E-03	0	-58,36	11,07	-1,62	2,16E-02	-1,24E-02	0	74,41	-35,40	1,25	1,20E-02	-1,30E-04	0
1.695	18,85	49,31	-64,33	1,63E-02	2,73E-03	0	-59,51	9,70	-1,62	2,21E-02	-1,25E-02	0	75,03	-33,97	0,48	1,58E-02	-1,30E-04	0
1.696							-60,66	8,32	-1,62	2,37E-02	-1,30E-02	0	75,65	-32,54	-0,28	1,58E-02	-1,30E-04	0
1.697							-61,81	6,94	-1,60	2,53E-02	-1,35E-02	0	76,27	-31,11	-1,06	2,73E-02	1,46E-03	0
1.698							-62,97	5,55	-1,59	2,37E-02	-1,53E-02	0	76,89	-29,68	-1,84	2,73E-02	1,46E-03	0
1.699							-64,14	4,20	-1,48	2,21E-02	-1,72E-02	0	77,51	-28,25	-2,62	2,73E-02	8,02E-04	0
1.700							-65,32	2,85	-1,38	1,93E-02	-1,73E-02	0	78,13	-26,82	-3,40	2,73E-02	1,46E-04	0
1.701							-66,57	1,72	-0,92	1,65E-02	-1,74E-02	0	78,75	-25,39	-4,18	2,73E-02	1,46E-04	0
1.702							-67,82	0,58	-0,47	1,44E-02	-1,58E-02	0	79,37	-23,96	-4,96	2,25E-02	1,86E-03	0
1.703							-69,12	-0,29	0,35	1,22E-02	-1,42E-02	0	79,99	-22,53	-5,74	2,25E-02	1,86E-03	0
1.704							-70,43	-1,17	1,17	1,60E-02	-1,10E-02	0	80,61	-21,10	-6,52	2,25E-02	8,25E-04	0
1.705							-71,74	-2,01	2,05	1,99E-02	-7,83E-03	0	81,23	-19,67	-7,30	2,26E-02	-2,05E-04	0
1.706							-73,06	-2,86	2,93	2,11E-02	-3,85E-03	0	81,85	-18,24	-8,08	2,16E-02	-8,24E-04	0
1.707							-74,36	-3,71	3,81	2,22E-02	1,26E-04	0	82,47	-16,81	-8,86	2,06E-02	-1,44E-03	0
1.708							-75,66	-4,57	4,70	2,22E-02	8,70E-04	0	83,09	-15,38	-9,64	1,86E-02	-1,93E-03	0
1.709							-76,97	-5,42	5,59	2,21E-02	1,61E-03	0	83,71	-13,95	-10,42	1,66E-02	-2,42E-03	0
1.710							-78,27	-6,27	6,49	2,21E-02	1,61E-03	0	84,33	-12,52	-11,20	1,38E-02	-2,08E-03	0
1.711							-79,57	-7,12	7,38	2,17E-02	-2,87E-03	0	84,95	-11,09	-11,98	8,22E-03	-1,41E-03	0
1.712							-80,87	-7,97	8,27	2,17E-02	-2,87E-03	0	85,57	-9,66	-12,76	8,22E-03	-7,71E-04	0
1.713							-82,17	-8,82	9,16	1,76E-02	-4,55E-03	0	86,19	-8,23	-13,54	8,22E-03	-1,30E-04	0
1.714							-83,47	-9,67	10,05	1,35E-02	-6,24E-03	0	86,81	-6,80	-14,32	7,60E-02	4,48E-04	0
1.715							-84,77	-10,52	10,94	1,19E-02	-9,88E-03	0	87,43	-5,37	-15,10	1,92E-02	7,37E-04	0
1.716							-86,07	-11,37	11,83	1,04E-02	-1,35E-02	0	88,05	-3,94	-15,88	1,92E-02	-7,37E-04	0
1.717							-87,37	-12,22	12,72	1,19E-02	-1,45E-02	0	88,67	-2,51	-16,66	2,73E-02	1,46E-03	0
1.718							-88,67	-13,07	13,61	1,35E-02	-1,54E-02	0	89,29	-1,08	-17,44	2,73E-02	1,46E-03	0
1.719							-89,97	-13,92	14,50	1,64E-02	-1,54E-02	0	89,91	3,35	-18,22	2,73E-02	8,02E-04	0
1.720							-91,27	-14,77	15,39	1,94E-02	-1,54E-02	0	90,53	4,92	-19,00	2,73E-02	1,46E-04	0
1.721							-92,57	-15,62	16,28	2,05E-02	-1,40E-02	0	91,15	6,49	-19,78	2,73E-02	1,46E-04	0
1.722							-93,87	-16,47	17,17	2,16E-02	-1,26E-02	0	91,77	8,06	-20,56	2,29E-02	2,68E-03	0
1.723							-95,17	-17,32	18,06	2,10E-02	-1,26E-02	0	92,39	9,63	-21,34	2,29E-02	2,68E-03	0
1.724							-96,47	-18,17	18,95	2,03E-02	-1,26E-02	0	93,01	11,20	-22,12	2,35E-02	1,86E-03	0
1.725							-97,77	-19,02	19,84	2,03E-02	-1,26E-02	0	93,63	12,77	-22,90	2,40E-02	1,03E-03	0
1.726							-99,07	-19,87	20,73	2,03E-02	-1,26E-02	0	94,25	14,34	-23,68	2,40E-02	-1,92E-04	0
1.727							-100,37	-20,72	21,62	2,03E-02	-1,23E-02	0	94,87	15,91	-24,46	2,40E-02	-1,41E-03	0
1.728							-101,67	-21,57	22,51	2,03E-02	-1,20E-02	0	95,49	17,48	-25,24	2,40E-02	-2,29E-03	0
1.729							-102,97	-22,42	23,40	2,14E-02	-1,49E-02	0	96,11	19,05	-26,02	2,40E-02	-3,17E-03	0
1.730							-104,27	-23,27	24,29	2,25E-02	-1,78E-02	0	96,73	20,62	-26,80	2,40E-02	-3,17E-03	0

	25-1						25-2						25-3					
	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed	X	Y	Z	Major	Minor	Coating failed
1.731							4,98	58,08	-42,84	2,25E-02	-1,78E-02	0	77,73	-36,69	1,47	2,26E-02	1,60E-03	0
1.732							-50,30	22,82	-2,67	2,46E-02	-1,63E-02	0	78,35	-35,27	0,70	2,26E-02	1,60E-03	0
1.733							-51,43	21,47	-2,65	2,46E-02	-1,63E-02	0	78,98	-33,84	-0,07	2,26E-02	1,60E-03	0
1.734							-52,56	20,12	-2,63	2,33E-02	-1,35E-02	0	72,04	-54,73	10,87	2,29E-02	2,68E-03	0
1.735							-53,69	18,76	-2,62	2,20E-02	-1,07E-02	0	72,66	-53,29	10,09	2,29E-02	2,68E-03	0
1.736							-54,83	17,41	-2,61	2,16E-02	-1,14E-02	0	73,27	-51,84	9,31	2,33E-02	1,58E-03	0
1.737							-55,98	16,06	-2,61	2,12E-02	-1,21E-02	0	73,88	-50,38	8,53	2,35E-02	1,03E-03	0
1.738							-57,13	14,71	-2,61	2,12E-02	-1,22E-02	0	74,49	-48,91	7,74	2,38E-02	6,15E-04	0
1.739							-58,28	13,34	-2,62	2,12E-02	-1,24E-02	0	75,07	-47,46	6,99	2,40E-02	2,03E-04	0
1.740							-59,43	11,98	-2,62	2,16E-02	-1,24E-02	0	75,66	-46,00	6,24	2,59E-02	-1,04E-03	0
1.741							-60,59	10,59	-2,63	2,21E-02	-1,25E-02	0	76,31	-44,56	5,44	2,77E-02	-2,29E-03	0
1.742							-61,74	9,21	-2,63	2,37E-02	-1,30E-02	0	76,95	-43,13	4,64	2,77E-02	-2,29E-03	0
1.743							-62,89	7,82	-2,62	2,53E-02	-1,35E-02	0	79,39	-37,36	1,59	2,26E-02	1,60E-03	0
1.744							-64,04	6,43	-2,60	2,37E-02	-1,53E-02	0	80,02	-35,92	0,81	2,26E-02	1,60E-03	0
1.745							-65,23	5,08	-2,48	2,21E-02	-1,72E-02	0	80,64	-34,48	0,03	2,26E-02	1,60E-03	0
1.746							-66,41	3,73	-2,36	1,93E-02	-1,73E-02	0	81,24	-33,00	-0,74	2,26E-02	1,60E-03	0
1.747							-67,68	2,63	-1,85	1,65E-02	-1,74E-02	0	81,85	-31,51	-1,51	2,26E-02	1,60E-03	0
1.748							-68,95	1,54	-1,34	1,44E-02	-1,58E-02	0	74,94	-52,48	9,42	2,29E-02	1,03E-03	0
1.749							-70,27	0,68	-0,49	1,22E-02	-1,42E-02	0	75,55	-51,02	8,64	2,29E-02	1,03E-03	0
1.750							-71,59	-0,19	0,36	1,60E-02	-1,10E-02	0	76,15	-49,56	7,87	2,35E-02	1,42E-03	0
1.751							-72,91	-1,03	1,24	1,99E-02	-7,83E-03	0	76,75	-48,11	7,10	2,40E-02	1,82E-03	0
1.752							-74,24	-1,88	2,13	2,11E-02	-3,85E-03	0	77,35	-46,65	6,34	2,77E-02	2,03E-04	0
1.753							-75,55	-2,74	3,01	2,22E-02	1,26E-04	0	78,00	-45,22	5,54	3,14E-02	-1,41E-03	0
1.754							-76,87	-3,60	3,90	2,22E-02	8,70E-04	0	78,64	-43,78	4,73	3,14E-02	-1,41E-03	0
1.755							-78,18	-4,44	4,80	2,21E-02	1,61E-03	0	82,31	-35,12	0,14	2,26E-02	1,60E-03	0
1.756							-79,50	-5,28	5,69	2,21E-02	1,61E-03	0	82,91	-33,65	-0,63	2,26E-02	1,60E-03	0
1.757													83,52	-32,19	-1,39	2,26E-02	1,60E-03	0
1.758													76,61	-53,12	9,53	2,29E-02	1,03E-03	0
1.759													77,21	-51,66	8,76	2,29E-02	1,03E-03	0
1.760													77,82	-50,21	7,99	2,35E-02	1,42E-03	0
1.761													78,43	-48,76	7,22	2,40E-02	1,82E-03	0
1.762													79,05	-47,31	6,45	2,77E-02	2,03E-04	0
1.763													79,69	-45,87	5,64	3,14E-02	-1,41E-03	0
1.764													80,33	-44,43	4,82	3,14E-02	-1,41E-03	0
1.765													83,97	-35,76	0,26	2,26E-02	1,60E-03	0
1.766													84,58	-34,31	-0,51	2,26E-02	1,60E-03	0
1.767													85,19	-32,86	-1,28	2,26E-02	1,60E-03	0