

Analyse de défaillance

pièces plastiques,
élastomères ou composites

Guide Pratique



CENTRE TECHNIQUE
DES INDUSTRIES
MECANIQUES

Sommaire

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION-MÉTHODOLOGIE	1
1.1 Enjeux de l'Analyse de Défaillance	1
1.1.1 - Introduction.....	1
1.1.2 - Qu'appelle-t'on défaillance ?.....	1
1.1.3 - Causes de défaillances des pièces à base de polymères	1
1.1.4 - Coût des défaillances	4
1.2 La démarche Analyse de Défaillance	6
1.2.1 - L'enquête préliminaire.....	6
1.2.2 - Démarche générale	8
1.3 Première approche des défaillances potentielles.....	10
1.4 De quoi sont constitués les matériaux polymères ?.....	14
1.4.1 - Définition des termes employés pour qualifier un matériau	14
1.4.1.1 Polymères.....	14
1.4.1.2 Thermoplastiques	14
1.4.1.3 Thermodurcissables	16
1.4.1.4 Élastomères.....	16
1.4.1.5 Matériaux composites.....	17
1.4.2 - Nature des constituants de base d'un matériau polymère.....	17
CHAPITRE 2 - LES DÉFAILLANCES SELON LEUR ORIGINE.....	19
2.1 Introduction	19
2.2 Les problèmes liés au concepteur	20
2.2.1 - Choix des matériaux	20
2.2.2 - Calcul	21
2.2.3 - Méthodes d'assemblage.....	22
2.2.4 - Tribologie.....	24
2.2.5 - Vibrations	24
2.3 Les problèmes liés au fournisseur de matières premières.....	25
2.3.1 - De l'assurance Qualité	25
2.3.1.1 - Certificats de conformité : ce qu'il faut y mettre.....	25
2.3.1.2 - L'utilité d'un audit de son fournisseur.....	27
2.3.1.3 - Fournisseur : juge et partie.....	27
2.3.1.4 - Directive européenne : la responsabilité du fait des produits....	29
2.3.2 - Analyse de défaillance par rapport à l'AMDEC	31
2.3.2.1 - Rappel des principales stratégies d'entreprises visant l'amélioration de la qualité	32
2.3.2.2 - Intérêt de l'analyse de défaillance	33
2.4 Problèmes liés au transformateur	35
2.4.1 - Défauts d'injection des pièces thermoplastiques.....	35

2.4.1.1 - Introduction	35
2.4.1.2 - Influence des paramètres machine	36
2.4.1.3 - Influence des paramètres matière.....	39
2.4.1.4 - Influence des paramètres moule.....	41
2.4.1.5 - Présentation des différents types de défauts	43
2.4.1.6 - Exemples de défauts de fabrication par injection	47
2.4.2 - Défauts d'extrusion de pièces thermoplastiques	59
2.4.3 - Défauts résultant du thermoformage	61
2.4.4 - Autres défauts de fabrication de pièces thermoplastiques	62
2.4.5 - Les défauts dans les élastomères	62
2.4.5.1 - Contrôle d'aspect.....	63
2.4.5.2 - Contrôle des pièces composites élastomère-métal	64
2.4.5.3 - Intérêt des essais	65
2.4.5.4 - Exemples de défauts.....	66
2.4.6 - Défauts résultant de la transformation des matériaux thermodurcissables.....	68
2.4.6.1 - Défauts rencontrés dans les gel-coats	69
2.4.6.2 - Défauts de moulage au contact.....	70
2.4.6.3 - Défauts de moulage par compression : causes et remèdes	71
2.4.6.4 - Défauts de coulée sous vide	74
2.4.6.5 - Défauts de pièces réalisées par enroulement filamenteire	74
2.4.6.6 - Défauts de pièces réalisées par drapage	75
2.4.7 - Défauts liés à la fabrication des mousses	81
2.4.7.1 - Mousses rigides : les différents facteurs de dégradation	82
2.4.7.2 - Polyuréthanes : tableau récapitulatif des défauts et remèdes	86
2.4.8 - Défauts de mise en œuvre des peintures : causes - remèdes	86
2.4.9 - De l'usage des rebroyés	89
2.4.9.1 - Matières plastiques et environnement, rebroyage, recyclage, valorisation : qu'en est-il ?	89
2.4.9.2 - Les rebroyés.....	90
2.4.9.3 - Les rebroyés en expertise - Comment peut-on remonter à la teneur en rebroyé ?	93
2.5 Les problèmes liés à l'utilisation	94
2.5.1 - Comportement à rupture des matériaux polymères et composites	94
2.5.1.1 - Introduction	94
2.5.1.2 - Micromécanique de la rupture.....	94
2.5.1.3 - Paramètres influençant le mode de rupture des polymères et composites.....	100
2.5.2 - Environnement-Pollution-Vieillessement-Nettoyabilité	113
2.5.2.1 - Le premier indice d'un vieillissement : les traces de pollution ...	113
2.5.2.2 - Origines du vieillissement	121
2.5.2.3 - Mécanismes de vieillissement.....	123
2.5.2.3.1 - Vieillessement physique	123
2.5.2.3.2 - Vieillessement chimique.....	126
2.5.2.3.3 - Vieillessement sous contrainte	133
2.5.2.4 - Comment prévoir le vieillissement ?	134
2.5.2.4.1 - Démarche à suivre : validation du cahier des charges et choix du matériau	134
2.5.2.4.2 - Choix des stabilisants - Notion de stabilisation	135
2.5.2.4.3 - Essais climatiques	136

CHAPITRE 3 - LES MOYENS À DISPOSITION	137
3.1 Les méthodes d'analyse physico-chimique.....	137
3.1.1 - Introduction	137
3.1.2 - Principales méthodes physico-chimiques employées en expertise.....	137
3.2 Les méthodes de caractérisation mécanique et physique.....	149
3.2.1 - Introduction	149
3.2.2 - Contexte de l'expertise.....	149
3.2.3 - Principaux essais sur élastomères.....	149
3.2.3.1 - Contrôle des tolérances dimensionnelles des produits	149
3.2.3.2 - Les essais mécaniques les plus utilisés	150
3.2.3.3 - Intérêt de la DRC	151
3.2.4 - Les essais sur les composites et les matières plastiques.....	152
3.2.4.1 - Essais de traction.....	152
3.2.4.2 - Essais de flexion 3 et 4 points	152
3.2.4.3 - Essais de compression	153
3.2.4.4 - Essais de cisaillement	153
3.2.4.5 - Essais de résilience	153
3.2.4.6 - Essais de dureté.....	154
3.2.4.7 - Détermination du taux de renfort.....	154
3.2.4.8 - Détermination du taux de vide	154
3.2.4.9 - Caractérisation mécanique avancée	154
3.2.4.10 - Tableau récapitulatif	155
3.2.5 - Fiches techniques	156
3.3 Les techniques de contrôle non-destructif.....	160
3.3.1 - Introduction	160
3.3.2 - Principales méthodes de CND utilisées en analyse de défaillance.....	160
3.3.2.1 - Contrôle visuel.....	160
3.3.2.2 - Contrôle par ressuage.....	161
3.3.2.3 - Contrôle par radiographie.....	161
3.3.2.4 - Contrôle ultrasonore.....	161
3.3.2.5 - Contrôle sonore à plus basse fréquence	161
3.3.2.6 - Contrôle par thermographie infrarouge.....	162
3.4 Calcul des pièces polymères, élastomères ou composites.....	170
3.4.1 - Introduction	170
3.4.2 - Prise en compte de la matière polymère	171
3.4.3 - Prise en compte des fibres.....	172
3.4.4 - Prise en compte de la couche.....	172
3.4.5 - Prise en compte du stratifié.....	173
3.4.6 - Prise en compte de la structure	173
3.5 La fractographie des matériaux polymères et composites.....	177
3.5.1 - Démarche générale	177
3.5.1.1 - Approche macroscopique.....	177
3.5.1.2 - Approche microscopique.....	178
3.5.2 - La zone d'amorçage	179
3.5.2.1 - Intérêt de la zone d'amorçage.....	179
3.5.2.2 - Événements caractéristiques de l'amorçage	180
3.5.3 - La propagation stable	188

3.5.4 - La propagation instable - La rupture finale	190
3.5.5 - Les modes de ruine	197
3.5.5.1 - Les modes de rupture statique	197
3.5.5.2 - Les modes de rupture par fatigue ou vibrations	206
3.5.5.3 - Les modes de rupture par fluage	214
3.5.5.4 - Les modes de rupture sous l'effet de l'environnement	216
3.5.5.5 - Autres types de rupture	228
CHAPITRE 4 - ÉTUDES DE CAS	231
4.1 - Études de cas Plastiques	231
4.2 - Études de cas Composites	243
4.3 - Études de cas Elastomères	267
ANNEXES	274
DÉSIGNATION DES POLYMÈRES	274
POUR EN SAVOIR PLUS	278
INDEX	279