

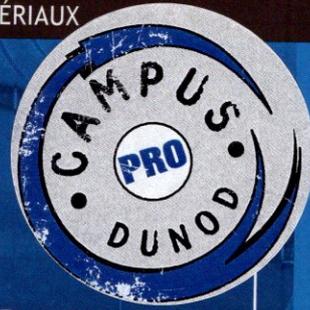
ATT

Association Technique
de Traitement Thermique



TRAITEMENT
THERMIQUE
& INGENIERIE DE SURFACES

SÉRIE | MATÉRIAUX



GUIDE DE CHOIX DES TRAITEMENTS THERMIQUES

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

avant-propos	XI
vertissement	XIII
• Les matériaux	1
1.1 Les matériaux métalliques employés en mécanique	1
1.1.1 Les aciers	1
1.1.2 Les fontes mécaniques	2
1.1.3 Les alliages d'aluminium	3
1.1.4 Les alliages de titane	3
1.1.5 Les alliages cuivreux	4
1.1.6 Normalisation des matériaux	4
1.2 Caractéristiques des matériaux	5
1.3 Solutions possibles d'amélioration des matériaux métalliques	6
1.3.1 Les traitements thermiques	6
1.3.2 Les revêtements ou dépôts superficiels	9
1.3.3 Les conversions chimiques superficielles	9
1.3.4 Les traitements par impact	9
Définition du besoin	11
2.1 L'approche du besoin	11
2.2 Modes de détérioration des pièces mécaniques	13
2.2.1 Corrosion	13
2.2.2 Usure	13
2.2.3 Fatigue	14
2.2.4 Corrosion de contact	16
2.2.5 Rupture brutale	16
2.2.6 Grippage	17
2.2.7 Exemples de détériorations	20
2.3 Le couple matériau-traitement	26

4.5	Trempe bainitique ou traitement de trempe différée	75
4.5.1	La trempe directe	76
4.5.2	La trempe différée	76
4.6	Traiter les aciers inoxydables austénitiques	78
4.6.1	Hypertrempe ou mise en solution	78
4.6.2	Stabilisation – Détensionnement	78
4.6.3	Traitements thermochimiques	79
4.7	Traitement par le froid ou traitement cryogénique	79
4.7.1	Justification du traitement par le froid	79
4.7.2	Mise en œuvre et applications	81
4.8	Traitements sur les fontes : fontes grises lamellaires et fontes GS (à graphite sphéroïdal)	83
4.8.1	Traitement de ferritisation ou graphitisation	83
4.8.2	Perlitisation	83
4.8.3	Trempe et revenu dans la masse	84
4.8.4	Durcissement par trempe superficielle (induction, chalumeau, laser...)	84
4.8.5	Nitruration – Nitrocarburation	84
4.8.6	Refusion	85
4.8.7	Cémentation – Carbonitruration	85
4.9	Traitements thermiques des alliages d'aluminium	85
4.9.1	Les différents types de traitement	85
4.9.2	Les durcissements par trempe	87
4.9.3	Les revenus spéciaux	87
4.9.4	Mise en œuvre des traitements	88
• Traitements superficiels ou traitements de surface par voie thermique		93
5.1	La tenue des pièces mécaniques commence à la surface	93
5.2	Modes de mise en précontrainte de compression	96
5.2.1	Par transformation structurale martensitique des aciers et des fontes	96
5.2.2	Par transformation structurale par précipitation	96
5.2.3	Par déformation de la maille cristalline, après choc mécanique (écrouissage)	97
5.3	Fixation de la profondeur durcie d'un traitement superficiel	101
5.3.1	Usure par frottement, abrasion	101
5.3.2	Sollicitations superficielles type roulement-cisaillement	101
5.3.3	Sollicitations massives à fort gradient de contrainte	102
5.4	Trempe superficielle par induction	104
5.4.1	Principes	104
5.4.2	Les aciers	106
5.4.3	Les applications	109
5.4.4	Contenu de la spécification d'un traitement de trempe superficielle	110

3 • Généralités sur les traitements thermiques	29
3.1 Les traitements thermiques	29
3.2 Un traitement thermique, pour quoi faire ?	30
3.3 Durcir ou adoucir ?	33
3.3.1 La dureté	33
3.3.2 Quelques idées reçues attachées à la dureté	33
3.4 Mesurer la dureté	34
3.4.1 Méthodes d'essai de dureté	34
3.4.2 Comment choisir une méthode de dureté ?	37
3.4.3 Précautions essentielles à prendre lors d'une mesure de dureté	38
3.5 Adoucir	38
3.5.1 Pourquoi adoucir ?	38
3.5.2 Comment adoucir ?	39
3.6 Durcir	40
3.6.1 Pourquoi durcir ?	40
3.6.2 Comment durcir ?	40
3.7 Le durcissement par trempe des alliages fer-carbone	40
3.8 Le revenu des alliages fer-carbone trempés	43
3.9 Traitement thermique : choix de la température	46
3.10 Temps de réalisation d'un traitement thermique	49
3.11 Quels sont les alliages susceptibles d'être améliorés par les traitements thermiques ?	50
4 • Les traitements thermiques dans la masse	53
4.1 Les atmosphères de traitement thermique	57
4.1.1 Les atmosphères neutres ou de protection	57
4.1.2 Les atmosphères carburantes	59
4.1.3 Les atmosphères réductrices	60
4.1.4 Les atmosphères raréfiées ou vide (ou basse pression)	61
4.1.5 Les milieux assistés par plasma	62
4.2 Les recuits	63
4.2.1 Quelques applications des recuits	63
4.2.2 Stabiliser – Détensionner – Relaxer	63
4.2.3 Spécification d'un recuit	66
4.3 Capacité de durcissement des aciers	67
4.4 Trempe et revenu dans la masse	70
4.4.1 Choix d'une fourchette de résistance ou de dureté	71
4.4.2 Notion de « trempe secondaire »	73
4.4.3 Spécification d'une trempe et revenu dans la masse	74

5.5	Les traitements thermochimiques de diffusion	
5.6	Cémentation gazeuse	
5.6.1	Principes	
5.6.2	Aciers	
5.6.3	Mécanismes de la cémentation	
5.6.4	Traitements thermiques après cémentation	
5.6.5	Mise en œuvre et applications	
5.6.6	Cémentation basse pression	
5.7	Carbonitruration gazeuse	
5.7.1	Principes	
5.7.2	Effet de l'azote	
5.7.3	Enrichissement en azote par NH_3	
5.7.4	Paramètres de traitement	
5.7.5	Traitement thermique après carbonitruration	
5.7.6	Applications et mise en œuvre	
5.7.7	Contenu de la spécification d'un traitement de cémentation ou carbonitruration	
5.8	Cémenter ou carbonitrurer ?	
5.9	Nitruration et nitrocarburation	
5.9.1	La couche de combinaison ou couche blanche	
5.9.2	Intérêt d'une couche epsilon	
5.9.3	La zone de diffusion	
5.9.4	Procédés de nitruration	
5.9.5	Procédés de nitrocarburation ou nitruration epsilon	
5.9.6	Gamme de traitement	
5.9.7	Définition du traitement	
5.9.8	Applications	
5.9.9	Contenu de la spécification d'un traitement de nitruration	
5.9.10	Nitrurer (nitrocarburer) ?	
5.10	Critères de choix d'un traitement superficiel	

Annexes

1 • Lexique	15
2 • Ordres de grandeur des coûts comparés des traitements thermiques et traitements de surface	16
Bibliographie	17
Index	17
X	17