

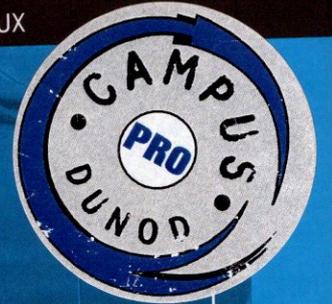
ATT

Association Technique
de Traitement Thermique



**TRAITEMENT
THERMIQUE**
À INGÉNIERIE DE SURFACES

SÉRIE | MATÉRIAUX



GUIDE DE CHOIX DES TRAITEMENTS THERMIQUES

DUNOD

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	XI
Avertissement	XIII
1 • 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
2 • 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

3 • Généralités sur les traitements thermiques

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

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	65
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 »	71

Trempe bainitique ou traitement de trempe différée

- 4.5.1 La trempe directe
- 4.5.2 La trempe différée

Traiter les aciers inoxydables austénitiques

- 4.6.1 Hypertrempe ou mise en solution
- 4.6.2 Stabilisation – Détensionnement
- 4.6.3 Traitements thermochimiques

Traitement par le froid ou traitement cryogénique

- 4.7.1 Justification du traitement par le froid
- 4.7.2 Mise en œuvre et applications

Traitements sur les fontes :

fontes grises lamellaires et fontes GS (à graphite sphéroïdal)

- 4.8.1 Traitement de ferritisation ou graphitisation
- 4.8.2 Perlitisation
- 4.8.3 Trempe et revenu dans la masse
- 4.8.4 Durcissement par trempe superficielle (induction, chalumeau, laser...)
- 4.8.5 Nitruration – Nitrocarburation
- 4.8.6 Refusion
- 4.8.7 Cémentation – Carbonituration

Traitements thermiques des alliages d'aluminium

- 4.9.1 Les différents types de traitement
- 4.9.2 Les durcissements par trempe
- 4.9.3 Les revenus spéciaux
- 4.9.4 Mise en œuvre des traitements

Traitements superficiels ou traitements de surface par voie thermique

5.1 La tenue des pièces mécaniques commence à la surface

5.2 Modes de mise en précontrainte de compression

- 5.2.1 Par transformation structurale martensitique des aciers et des fontes
- 5.2.2 Par transformation structurale par précipitation
- 5.2.3 Par déformation de la maille cristalline, après choc mécanique (écrouissage)

5.3 Fixation de la profondeur durcie d'un traitement superficiel

- 5.3.1 Usure par frottement, abrasion
- 5.3.2 Sollicitations superficielles type roulement-cisaillement
- 5.3.3 Sollicitations massives à fort gradient de contrainte

5.4 Trempe superficielle par induction

- 5.4.1 Principes
- 5.4.2 Les aciers

- 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 Carbonituration 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 carbonituration
 - 5.7.6 Applications et mise en œuvre
 - 5.7.7 Contenu de la spécification d'un traitement de cémentation ou carbonituration
- 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

2 • Ordres de grandeur des coûts comparés des traitements thermiques et traitements de surface

Bibliographie

Index