

TABLE DES MATIERES

CONSTANTES

RAPPELS MATHÉMATIQUES

Chapitre I. Présentation du matériau..... 8

1. Introduction	8
2. Le métal et les propriétés métalliques	10
2.1. Les différents métaux	10
2.2. La liaison métallique et ses propriétés	11
2.3. Les propriétés thermoélectroniques du gaz d'électrons	15
2.4. Les propriétés magnétiques des métaux	18
3. Les grandeurs mécaniques.....	19
3.1. Essai de traction.....	20
3.2. Cisaillement.....	24
3.3. Résilience	24
3.4. Tenacité	24
3.5. Dureté	27
3.6. Fatigue.....	28
3.7. Fluage / relaxation	29

Chapitre II. La structure interne du métal..... 31

1. Le métal solide : un assemblage de plusieurs entités	31
2. Paramètres influençant la formation des phases.....	32
3. Arrangement des atomes, cas des métaux purs	33
3.1. Le cristal cubique centré (cc)	35
3.2. Le cristal cubique faces centrées (cfc)	36
3.3. Le cristal hexagonal (h) et hexagonal compact (hc).....	38
3.4. Cristal orthorhombique (ort.) et orthorhombique base centré (ort. bc)	40
3.5. Cristal quadratique centré (q.c)	41
3.6. Cristal rhomboédrique (rhomb.), ou trigonal	41
3.7. Cristal monoclinique	41
4. Arrangement des atomes, cas des alliages.....	42
4.1. Dans le cas où l'un des éléments chimiques est fortement majoritaire.....	42
4.2. Dans le cas où il n'y a pas d'élément fortement majoritaire dans le mélange	43
4.3. Structure ordonnée	43

5. Notations des plans et directions cristallins.....	44
5.1. Plan réticulaire.....	44
5.2. Indices de Miller d'une direction cristalline.....	46
6. Un métal est un assemblage de grains.....	48
6.1. Etude à l'échelle atomique.....	48
6.2. Taille des grains.....	48

Chapitre III. L'état d'équilibre..... 54

1. La fonction enthalpie libre.....	54
1.1. Définition générale.....	54
1.2. Calcul de l'enthalpie libre chimique G d'un système.....	57
2. Les diagrammes de phase.....	62
2.1. Variance d'un système à l'équilibre.....	62
2.2. Diagramme de phase à l'équilibre.....	65
2.3. Alliage multiconstitué – éléments en faibles concentrations.....	79
2.4. Suivi de l'évolution de l'équilibre lors d'une variation de température.....	80
3. Ecart à l'équilibre.....	82
3.1. Défauts du matériau.....	82
3.2. Effets de la vitesse d'évolution des conditions extérieures.....	87

Chapitre IV. Les mécanismes de bases : les mouvements 91

1. Le mouvement des atomes : la diffusion.....	91
1.1. Les lois de la diffusion.....	91
1.2. Le coefficient de diffusion.....	92
1.3. Quelques solutions des équations de Fick.....	92
1.4. Diffusion thermique.....	98
2. Le mouvement des dislocations.....	98
2.1. Glissement d'une dislocation.....	99
2.2. Montée d'une dislocation.....	106
3. Le mouvement des précipités : la coalescence.....	107
3.1. Mécanisme.....	107
3.2. Vitesse de coalescence.....	109

Chapitre V. Les mécanismes de bases : les transformations de phase 110

1. La solidification.....	110
1.1. Solidification d'un métal pur.....	110
1.2. Solidification d'un alliage.....	116
2. La transformation displacive.....	126
2.1. Description de la transformation.....	126
2.2. Martensite thermo-élastique.....	130
2.3. Transformation avec plasticité.....	133
3. Conclusion.....	133
3.1. Synthèse des différents facteurs d'évolution.....	133
3.2. Existence d'une barrière à franchir.....	134

Chapitre VI. Applications..... 136

1. Contrôle du grain.....	136
1.1. Importance du contrôle de la microstructure.....	136
1.2. Microstructure obtenue lors de la solidification.....	139
1.3. Contrôle du grain par traitement thermomécanique.....	141
2. Durcir un métal.....	146
2.1. Augmenter la teneur en éléments d'alliages dissous.....	146
2.2. Augmenter la proportion de phases dures.....	149
2.3. Diminuer la taille des grains.....	150
2.4. Ecrouir le matériau.....	151
2.5. Rôle des inclusions et précipités.....	153
3. Chauffage d'un métal écroui.....	156
3.1. Restauration d'un métal écroui.....	157
3.2. Recristallisation d'un métal écroui.....	159
3.3. Mise en forme d'un métal à haute température.....	162
4. Ségrégations chimiques.....	166
4.1. Méso- et macroségrégations.....	167
4.2. Microségrégations.....	174
4.3. Traitements de surface.....	175
5. Conclusion.....	178

Chapitre VII. Les principales familles de métaux	179
1. Les alliages ferreux.....	179
1.1. Le fer pur	179
1.2. Les alliages fer-carbone.....	180
1.3. Les aciers au carbone.....	181
1.4. Les fontes	184
1.5. Les aciers inoxydables.....	189
1.6. Désignation des aciers	193
1.7. Alliages de fer ayant des propriétés particulières.....	195
2. Les alliages de nickel.....	195
2.1. Propriétés du nickel pur et de ses alliages	195
2.2. Alliages résistants à la corrosion humide	197
2.3. Alliages réfractaires.....	197
2.4. Alliages pour applications spécifiques	199
2.5. Appellations usuelles et marques déposées.....	201
3. Les alliages d'aluminium.....	202
3.1. Propriétés d'usage de l'aluminium et de ses alliages	202
3.2. Désignation des alliages	203
3.3. Les différents alliages.....	204
4. Les alliages de cuivre	207
4.1. Le cuivre pur	207
4.2. Désignation des principaux alliages.....	208
4.3. Du laiton aux cupronickel	209
4.4. Les cuproaluminiums	211
4.5. Les bronzes.....	212
4.6. Les alliages de cuivre faiblement alliés.....	213
5. Les alliages de titane.....	214
5.1. Propriétés du titane.....	214
5.2. Les différents éléments d'alliage.....	215
5.3. Les différents alliages.....	216
5.4. Les composés intermétalliques.....	218
6. Données comparatives.....	219
6.1. Propriétés mécaniques.....	219
6.2. Propriétés thermiques	221
Bibliographie.....	223