

# Índice sistemático

Prólogo .....	7
<b>Capítulo 1. Los materiales en la ingeniería .....</b>	<b>9</b>
Objetivos del capítulo .....	9
1. Introducción .....	10
1.1. Evolución histórica de los materiales .....	10
2. Clasificación de los materiales .....	11
3. Estructura de los materiales .....	12
3.1. Estado cristalino .....	12
3.1.1. Estructuras metálicas .....	14
3.1.2. Alotropía y polimorfismo .....	14
3.2. Estado amorfo .....	15
4. Materiales metálicos .....	15
4.1. Aleaciones férricas .....	15
4.1.1. Aceros .....	16
4.1.1.1. Aceros no aleados .....	17
4.1.1.2. Aceros débilmente aleados .....	18
4.1.1.3. Aceros fuertemente aleados .....	18
4.1.2. Fundiciones .....	18
4.1.2.1. Fundición gris .....	19
4.1.2.2. Fundición dúctil .....	19
4.1.2.3. Fundición blanca .....	19
4.1.2.4. Fundición maleable .....	19
4.2. Aleaciones no férricas .....	19
4.2.1. Aleaciones ligeras .....	20
4.2.1.1. Aluminio y sus aleaciones .....	20
4.2.1.2. Magnesio y sus aleaciones .....	23
4.2.1.3. Titanio y sus aleaciones .....	24

4.2.2. Cobre y sus aleaciones .....	26
4.2.3. Níquel y sus aleaciones .....	27
5. Polímeros .....	28
5.1. Mecanismos de polimerización .....	29
5.2. Homopolímeros, copolímeros y terpolímeros .....	30
5.3. Clasificación de los polímeros .....	31
5.4. Tacticidad .....	32
5.5. Cristalinidad en los polímeros .....	33
5.6. Temperatura de transición vítrea, (Tg) .....	35
6. Cerámicos .....	36
6.1. Vidrios .....	37
6.2. Cerámicas tradicionales .....	38
6.3. Cerámicas estructurales .....	39
6.4. Cerámicas funcionales .....	40
7. Materiales compuestos .....	40
7.1. Clasificación de los materiales compuestos .....	41
8. Selección de materiales .....	42
8.1. Propiedades del material .....	42
9. Apéndice. Tablas de propiedades de los materiales .....	45
Bibliografía .....	48
<b>Capítulo 2. Fabricación por moldeo. Fundición .....</b>	<b>49</b>
Objetivos del capítulo .....	49
1. Introducción .....	50
2. Fundamentos .....	50
2.1. Definición y clasificación .....	50
2.2. Parámetros del proceso de fundición .....	51
2.2.1. Fluidez .....	51
2.2.2. Contracciones .....	52
2.2.3. Tiempos de solidificación .....	53
2.2.4. Diseño de mazarotas .....	54

2.3. Aleaciones de moldeo .....	55
2.3.1. Aleaciones férrreas .....	56
2.3.2. Aleaciones de aluminio .....	56
2.3.3. Aleaciones de magnesio .....	58
2.3.4. Aleaciones de cobre .....	58
2.3.5. Aleaciones de zinc .....	61
3. Tecnología de fusión .....	62
3.1. Cubilotes .....	63
3.2. Hornos de crisol .....	64
3.3. Horno de arco eléctrico .....	64
3.4. Hornos de inducción .....	65
3.4.1. Hornos de inducción de canal .....	65
3.4.2. Hornos de inducción sin núcleo .....	66
4. Procesos de fundición en molde desechable .....	67
4.1. Moldeo en arena .....	67
4.1.1. Esquema general del proceso .....	68
4.1.2. Diseño y elaboración de modelos y noyos .....	69
4.1.2.1. Modelos .....	69
4.1.2.2. Noyos, machos o corazones .....	70
4.1.3. Arenas para moldes .....	71
4.1.3.1. Tipos de arena .....	71
4.1.3.2. Características de las arenas .....	72
4.1.3.3. Fabricación de moldes y machos .....	72
4.1.3.4. Máquinas de moldeado por presión .....	72
4.1.3.5. Máquinas de moldeado por proyección .....	73
4.1.3.6. Máquinas de moldeado por sacudidas .....	73
4.1.3.7. Máquinas para la elaboración de noyos .....	73
4.2. Tecnología de moldeo en arena .....	73
4.2.1. Sistema de colada .....	74
4.2.1.1. Copas de vaciado o embudo .....	74
4.2.1.2. Pozos de colada .....	74
4.2.1.3. Canales y compuertas .....	75
4.2.1.4. Respiraderos .....	75
4.2.1.5. Vientos .....	75
4.2.1.6. Mazarotas .....	75

4.3. Moldeo en cáscara .....	77
4.3.1. Materiales para el moldeo en cáscara .....	78
5. Procesos de fundición en molde y modelo desechable .....	78
5.1. Fundición a la cera perdida .....	78
5.1.1. Fundición con poliestireno expandido .....	79
6. Procesos de fundición en molde permanente .....	81
6.1. Fundición por gravedad en molde metálico .....	81
6.2. Fundición a presión. Fundición inyectada .....	82
6.3. Fundición centrífuga .....	83
6.4. Fundición estampada ( <i>Squeeze casting</i> ) .....	84
6.5. Colada continua .....	84
Ejercicios voluntarios .....	86
Bibliografía .....	89
<b>Capítulo 3. Fabricación por deformación en metales .....</b>	<b>91</b>
Objetivos del capítulo .....	91
1. Introducción .....	92
1.1. Clasificación de los procesos .....	92
1.1.1. Proceso de deformación. Deformación elástica y plástica .....	92
1.1.2. Curvas tensión-deformación .....	94
1.1.2.1. Curva tensión-deformación ingenieril .....	94
1.1.2.2. Curva tensión-deformación real .....	96
1.1.3. Modelos de deformación .....	98
1.1.4. Deformación plástica. Endurecimiento por deformación .....	98
1.1.5. Trabajo de deformación .....	101
1.1.6. Deformación en frío y en caliente .....	103
1.2. Procesos de deformación volumétrica .....	105
1.2.1. Introducción .....	105
1.2.2. Laminación .....	106
1.2.2.1. Análisis de la laminación de perfiles planos .....	107
1.2.2.2. Métodos de laminación .....	109
1.2.3. Forja .....	111
1.2.3.1. Análisis del forjado .....	112

1.2.3.2. Tipos de operaciones de forja .....	115
1.2.3.3. Equipos de forja .....	117
1.2.4. Extrusión .....	118
1.2.4.1. Extrusión en caliente .....	118
1.2.4.2. Extrusión en frío .....	118
1.2.4.3. Extrusión directa e indirecta .....	119
1.2.4.4. Análisis de la extrusión para secciones macizas .....	120
1.2.4.5. Matrices de extrusión y perfiles .....	123
1.2.5. Estirado .....	125
1.2.5.1. Análisis del estirado para secciones circulares .....	126
2. Procesos de deformación de chapa .....	128
2.1. Introducción .....	128
2.1.1. Embutición .....	128
2.1.1.1. Análisis de la embutición de piezas cilíndricas .....	129
2.1.1.2. Tipos especiales de embutición .....	132
2.1.2. Doblado .....	134
2.1.2.1. Análisis del doblado .....	138
2.1.3. Corte .....	141
2.1.3.1. Análisis del corte .....	142
2.1.3.2. Tipos de corte .....	144
Ejercicios voluntarios .....	147
Bibliografía .....	148
<b>Capítulo 4. Conformado de polímeros .....</b>	<b>151</b>
Objetivos del capítulo .....	151
1. Breve historia de los polímeros .....	152
2. Introducción al procesado de polímeros .....	153
3. Extrusión .....	155
3.1. Extrusoras .....	156
3.2. Recubrimientos de cables .....	158
3.3. Extrusión de láminas y films .....	158
4. Moldeo por inyección .....	159
4.1. Máquina de inyección .....	161

4.2. Sistema de moldes .....	163
4.2.1. Sistema de refrigeración .....	164
5. Moldeo por soplado .....	165
5.1. Moldeo por extrusión-soplado .....	165
5.2. Moldeo por inyección-soplado .....	166
5.3. Moldeo por inyección-estirado-soplado .....	166
5.4. Moldeo por soplado en 3D .....	169
5.5. Soplado de films .....	169
6. Calandrado .....	171
7. Moldeo rotacional .....	173
8. Moldeo por compresión .....	174
9. Moldeo por transferencia de resina .....	175
10. Termoconformado .....	176
10.1. Introducción .....	176
10.2. Métodos de termoconformado .....	178
10.2.1. Métodos de un paso .....	178
10.2.1.1. Termoconformado por envoltura .....	178
10.2.1.2. Termoconformado con vacío .....	179
10.2.1.3. Termoconformado con presión .....	179
10.2.1.4. Termoconformado por soplado .....	180
10.2.1.5. Termoconformado con moldes complementarios .....	180
10.2.2. Métodos multipaso .....	181
10.2.2.1. Termoconformado por soplado y molde macho .....	181
10.2.2.2. Termoconformado por soplado y molde hembra .....	181
10.2.2.3. Termoconformado por soplado y vacío .....	182
10.2.2.4. Termoconformado por vacío con ariete .....	182
10.2.2.5. Termoconformado por presión con empujador .....	183
10.3. Grado de estiramiento .....	183
10.3.1. Grado de estiramiento superficial medio .....	184
10.3.2. Grado de estiramiento lineal medio .....	185
Ejercicios voluntarios .....	188
Bibliografía .....	191
<b>Capítulo 5. Fabricación y procesado del vidrio .....</b>	<b>193</b>
Objetivos del capítulo .....	193

1. Introducción .....	194
2. Tipos de vidrio .....	194
3. Composición del vidrio .....	194
4. Materias primas .....	196
5. Hornos .....	196
5.1. Hornos de solera .....	197
5.2. Hornos eléctricos .....	199
6. Fabricación .....	199
6.1. Objetos huecos: moldeo por soplado .....	200
6.2. Vidrio plano .....	202
6.2.1. Vidrio estirado .....	202
6.2.2. Vidrio flotado .....	203
6.3. Vidrio laminado .....	204
6.4. Fibra de vidrio .....	205
6.4.1. Fibra de vidrio para materiales compuestos .....	206
6.4.2. Lana de vidrio .....	207
6.5. Fibras ópticas .....	208
6.6. Vidrio soplado .....	209
7. Recubrimientos en vidrios .....	210
7.1. Vidrios fotocromáticos .....	210
7.2. Vidrios electrocromáticos .....	210
7.3. Ventanas de cristal líquido .....	213
7.4. Vidrio de alta resistencia. <i>Gorilla Glass®</i> .....	213
8. Recocido y templado .....	214
Ejercicios voluntarios .....	217
Bibliografía .....	218
<b>Capítulo 6. Procesado de cerámicos .....</b>	<b>219</b>
Objetivos del capítulo .....	219
1. Introducción .....	220
2. Materias primas y aditivos .....	221
3. Preconsolidación .....	222

4. Conformado .....	224
4.1. Prensado .....	224
4.1.1. Prensado uniaxial .....	224
4.1.2. Compactación isostática en frío .....	226
4.1.3. Prensado uniaxial en caliente .....	227
4.1.4. Prensado isostático en caliente .....	228
4.2. Colada .....	228
4.2.1. <i>Slip casting</i> o moldeo en barbotina .....	229
4.3. Conformado plástico .....	231
4.3.1. Terrajado .....	231
4.3.2. Moldeo por inyección .....	231
4.3.3. Moldeo por compresión y por transferencia .....	232
4.3.4. Extrusión .....	233
4.3.5. Otras técnicas .....	233
5. Sinterización .....	233
6. Acabado .....	235
7. Componentes porosos .....	236
7.1. Filtros .....	236
7.2. Cojinetes autolubricados .....	237
8. Cerámica tradicional (alfarería) .....	238
8.1. Métodos de conformado .....	238
8.2. Tipos de cerámica .....	239
8.3. Fabricación de ladrillos y baldosas .....	240
Ejercicios voluntarios .....	242
Bibliografía .....	244
<b>Capítulo 7. Materiales compuestos .....</b>	<b>245</b>
Objetivos del capítulo .....	245
1. Introducción .....	246
2. Refuerzos .....	249
2.1. Fibras de vidrio .....	249
2.2. Fibras de boro .....	250



2.3. Fibras de carbono .....	251
2.4. Fibras orgánicas .....	255
3. Arquitectura del refuerzo .....	257
3.1. Haces de fibras, mecha o <i>roving</i> .....	258
3.2. Cinta unidireccional o tapes .....	258
3.3. Telas .....	259
3.4. <i>Mats</i> o fieltros .....	260
3.5. Preformas tridimensionales .....	261
3.6. Estructuras en tres dimensiones .....	261
3.7. Preimpregnados o <i>prepregs</i> .....	262
4. Procesos de conformado .....	262
4.1. Deposición por proyección .....	262
4.2. Impregnación mediante resina líquida manual .....	263
4.3. Consolidación de preimpregnados o <i>prepreg</i> .....	264
4.4. Arrollamiento de filamentos o <i>filament winding</i> .....	265
4.5. Pultrusión .....	267
4.6. Moldeo por transferencia de resina .....	267
Ejercicios voluntarios .....	269
Bibliografía .....	270
<b>Capítulo 8. Procesos de soldadura .....</b>	<b>273</b>
Objetivos del capítulo .....	273
1. Introducción .....	274
1.1. Clasificación de los procesos de soldadura .....	274
1.2. Generalidades .....	276
1.2.1. Partes en la zona de soldadura .....	276
1.2.2. Tipos de preparación .....	277
1.2.3. Tipos de uniones y posición de soldadura .....	278
1.2.4. Defectos en las soldaduras .....	280
2. Soldadura por fusión .....	283
2.1. Por oxigás. Oxiacetilénica .....	283
2.2. Por arco eléctrico .....	287
2.2.1. Características .....	288
2.2.1.1. Formación del plasma y tipos de tensión .....	288

2.2.2. Soldadura manual con electrodo revestido .....	289
2.2.2.1. Tipos de electrodos .....	290
2.2.2.2. Cálculo de la intensidad y tensión .....	293
2.2.3. Arco sumergido .....	295
2.2.4. TIG (GTAW) .....	298
2.2.5. MIG y MAG (GMAW) .....	301
2.2.6. Por resistencia .....	304
2.2.6.1. Soldadura por resistencia por puntos .....	306
2.2.6.2. Soldadura por resistencia por roldadas o costura .....	306
2.2.6.3. Soldadura por resistencia por protuberancias o resaltes .....	307
2.2.6.4. Soldadura por resistencia a tope .....	307
2.2.6.5. Soldadura por resistencia de alta frecuencia .....	307
2.2.7. Soldadura por electroescoria .....	308
2.2.8. Aluminotérmica .....	309
2.3. Por partículas de alta energía .....	310
2.3.1. Soldadura por plasma .....	310
2.3.2. Soldadura por láser .....	310
2.3.3. Soldadura por haz de electrones .....	311
3. Soldadura sin fusión .....	311
3.1. Soldadura por fricción .....	311
3.2. Soldadura por difusión .....	313
3.3. Soldadura por explosión .....	313
3.4. Soldadura por ultrasonidos .....	313
4. Soldadura fuerte y blanda .....	313
4.1. Generalidades .....	313
4.2. Soldadura fuerte .....	315
4.2.1. Aplicaciones de la soldadura fuerte .....	316
4.2.2. Métodos de aplicación de soldadura fuerte .....	317
4.3. Soldadura blanda .....	317
4.3.1. Aplicaciones de la soldadura blanda .....	318
4.3.2. Métodos de aplicación de soldadura blanda .....	318
Ejercicios voluntarios .....	319
Bibliografía .....	322

<b>Capítulo 9. Uniones adhesivas .....</b>	<b>323</b>
Objetivos del capítulo .....	323
1. Introducción .....	324
1.1. Ventajas e inconvenientes de las uniones adhesivas .....	326
1.2. Definición de adhesivo, adhesión y cohesión .....	328
2. Fundamentos de la adhesión .....	330
2.1. Teorías de la adhesión .....	330
2.1.1. Anclaje mecánico .....	330
2.1.2. Difusión .....	331
2.1.3. Teoría electrostática .....	331
2.1.4. Teoría de la adsorción termodinámica .....	331
2.2. Selección del adhesivo .....	333
2.2.1. Naturaleza de los adherentes .....	333
2.2.2. Requerimientos específicos de la aplicación .....	334
2.2.3. Condiciones ambientales .....	334
2.2.4. Diseño de la unión adhesiva .....	334
2.2.5. Condiciones de fabricación .....	334
3. Tipos de adhesivos .....	335
3.1. Epoxis .....	336
3.2. Anaeróbicos .....	339
3.3. Cianoacrilatos .....	339
3.4. Acrílicos .....	341
3.5. Adhesivos elásticos .....	341
3.5.1. Poliuretanos .....	341
3.5.2. Siliconas .....	342
4. Tratamientos superficiales .....	343
4.1. Abrasión .....	345
4.2. Limpieza superficial .....	345
4.3. Tratamientos químicos .....	346
4.4. Imprimitaciones .....	346
4.5. Otros tratamientos .....	346
5. Solicitaciones de las uniones .....	347
5.1. Esfuerzos de tracción y de compresión .....	348

5.2. Esfuerzos de cortadura o cizalla .....	348
5.3. Esfuerzos de desgarro o peladura .....	348
6. Diseño de uniones adhesivas .....	350
6.1. Uniones a solape .....	352
6.2. Uniones a tope-uniones tubulares .....	353
6.3. Uniones en T .....	354
6.4. Uniones en esquina .....	354
7. Evaluación de las uniones adhesivas .....	356
Ejercicios voluntarios .....	362
Bibliografía .....	363
<b>Capítulo 10. Recubrimientos .....</b>	<b>365</b>
Objetivos del capítulo .....	365
1. Preparación de superficies.....	366
1.1. Limpieza química .....	366
1.1.1. Disolventes orgánicos .....	366
1.1.2. Disolventes inorgánicos .....	366
1.1.3. Limpieza electroquímica .....	368
1.1.4. Limpieza por ultrasonidos .....	368
1.2. Limpieza a la llama .....	368
1.3. Limpieza por chorreado .....	368
2. Tratamientos de conversión .....	369
2.1. Fosfatado o fosfatación .....	369
2.2. Cromatado o cromatación .....	370
3. Anodizado .....	370
3.1. Formación de la capa .....	371
3.2. Sellado .....	373
4. Recubrimientos metálicos por electrolisis .....	373
4.1. Electrodeposición de metales nobles .....	375
4.1.1. Oro y plata .....	375
4.1.2. Estaño .....	375

4.1.3. Níquel .....	376
4.1.4. Cobre .....	376
4.1.5. Electrodeposición de zinc, cadmio y cromo .....	377
4.1.6. Zinc .....	377
4.1.7. Cadmio .....	377
4.1.8. Cromo .....	377
5. Recubrimientos por inmersión en caliente .....	378
5.1. Recubrimiento de zinc. Galvanizado en caliente .....	378
5.1.1. Instalaciones discontinuas .....	379
5.1.2. Instalaciones automáticas o semiautomáticas .....	380
5.1.3. Instalaciones continuas .....	380
6. Difusión .....	380
7. Implantación iónica .....	381
8. Deposición física en fase vapor (PVD) .....	383
9. Deposición química en fase vapor (CVD) .....	384
Ejercicios resueltos .....	387
Ejercicios voluntarios .....	391
Bibliografía .....	392





