
Contenido

1	Materiales en ingeniería	1
1.1	Tipos de materiales	2
	a Metales	3
	b Cerámicas (y vidrios)	5
	c Polímeros	8
	d Compuestos	12
	e Semiconductores	13
1.2	De la estructura a las propiedades	14
1.3	Selección de los materiales	20
	a Alternativas entre los 5 tipos de materiales	20
	b Selección de un metal óptimo	22
	c Selección del sustituto de un metal	23
1.4	Ciencia e ingeniería de materiales	25

PARTE I

Los fundamentos

2	Enlazamiento atómico	31
2.1	Estructura atómica	32
2.2	El enlace iónico	37
	a Número de coordinación	43
2.3	El enlace covalente	50
2.4	El enlace metálico	57
2.5	El enlace secundario de van der Waals	59
2.6	Materiales: clasificación por sus enlazamientos	62
3	Estructura cristalina—perfección	73
3.1	Siete sistemas y catorce retículos	74
3.2	Posiciones, direcciones y planos reticulares	79

3.3	Estructuras de metales	87
3.4	Estructuras de cerámicas	94
3.5	Estructuras de polímeros	106
3.6	Estructuras de semiconductores	109
3.7	Difracción de rayos X	114
4	Estructura no cristalina—imperfección	131
4.1	La solución sólida—imperfección química	132
4.2	Defectos puntuales—imperfección “cerodimensional”	138
	a <i>Producción térmica de defectos puntuales</i>	140
	b <i>Defectos puntuales y difusión de estado sólido</i>	144
4.3	Defectos lineales o “dislocaciones”—imperfección unidimensional	157
	a <i>Dislocaciones y deformación mecánica</i>	160
4.4	Defectos planares, imperfección bidimensional	170
4.5	Sólidos no cristalinos—imperfección tridimensional	178
4.6	Cuasicristales	182
4.7	Fractales	188
4.8	Microscopía electrónica	191
5	Diagramas de fases—desarrollo de la microestructural en equilibrio	209
5.1	La regla de las fases	210
5.2	El diagrama de fases	214
	a <i>Solución sólida completa</i>	215
	b <i>Diagrama eutéctico sin solución sólida</i>	217
	c <i>Diagrama eutéctico con solución sólida limitada</i>	219
	d <i>Diagrama eutectoide</i>	220
	e <i>Diagrama peritético</i>	222
	f <i>Diagramas binarios generales</i>	224
5.3	La regla de la palanca	227
5.4	Desarrollo microestructural, durante enfriamiento lento	229
5.5	Algunos diagramas binarios importantes	235
	a <i>Sistema Fe-Fe₃C</i>	236
	b <i>Sistema Fe-C</i>	240
	c <i>Sistema Al-Si</i>	241
	d <i>Sistema Al-Cu</i>	242
	e <i>Sistema Al-Mg</i>	242
	f <i>Sistema Cu-Ni</i>	244
	g <i>Sistema Cu-Zn</i>	244
	h <i>Sistema Pb-Sn</i>	244
	i <i>Sistema Al₂O₃-SiO₂</i>	246
	j <i>Sistema MgO-Al₂O₃</i>	247

k Sistema NiO-MgO 248

l Sistema CaO-ZrO₂ 248

6 Cinética—tratamiento térmico 263

- 6.1 El tiempo—la tercera dimensión 264
- 6.2 El diagrama TTT 269
 - a Transformaciones difusionales 270
 - b Transformaciones sin difusión 272
 - c Tratamiento térmico del acero 274
- 6.3 Endurecimiento 284
- 6.4 Endurecimiento por precipitación 287
- 6.5 Recocido 291
 - a Trabajo en frío 292
 - b Recuperación 292
 - c Recristalización 293
 - d Crecimiento de grano 293
- 6.6 La cinética de las transformaciones de fases para no metales 297

PARTE II

Los materiales estructurales

7 Metales 311

- 7.1 Aleaciones ferrosas 312
 - a Aceros al carbono y de baja aleación 312
 - b Aceros de alta aleación 314
 - c Hierros fundidos 317
 - d Aleaciones solidificadas rápidamente 319
- 7.2 Aleaciones no ferrosas 324
- 7.3 Principales propiedades mecánicas 329
 - a Esfuerzo contra deformación 329
 - b Dureza 347
 - c Energía de impacto 350
 - d Tenacidad a la fractura 355
 - e Fatiga 357
 - f Cedencia 363

8 Cermámicas y vidrios 379

- 8.1 Cerámicas—materiales cristalinos 380
- 8.2 Vidrios—materiales no cristalinos 384
- 8.3 Cerámicas de vidrio 387
- 8.4 Principales propiedades mecánicas 389

a	<i>Fractura por fragilidad</i>	389	
b	<i>Fatiga estática</i>	394	
c	<i>Cedencia</i>	396	
d	<i>Choque térmico</i>	396	
e	<i>Deformación viscosa de los vidrios</i>	403	
8.5	Principales propiedades ópticas	413	
a	<i>Índice de refracción</i>	413	
b	<i>Reflectancia</i>	414	
c	<i>Transparencia, translucidez y opacidad</i>	417	
d	<i>Color</i>	417	
9	Polímeros		431
9.1	Polimerización	432	
9.2	Rayos estructurales de los polímeros	439	
9.3	Polímeros termoplásticos	445	
9.4	Polímeros termoendurecidos	451	
9.5	Aditivos	457	
9.6	Principales propiedades mecánicas	458	
a	<i>Módulo de flexión y módulo dinámico</i>	459	
b	<i>Deformación viscoelástica</i>	461	
c	<i>Deformación elastomérica</i>	463	
d	<i>Deformación por cedencia y relajación del esfuerzo</i>	465	
e	<i>Datos mecánicos</i>	468	
9.7	Principales propiedades ópticas	473	
10	Compuestos		483
10.1	Compuestos artificiales con fibras de repuesto	485	
10.2	Madera—un compuesto natural reforzado con fibra	490	
10.3	Compuestos agregados o aglomerados	493	
10.4	Promedio de propiedades	500	
a	<i>Carga paralela a las fibras de refuerzo-isodeformación</i>	500	
b	<i>Carga perpendicular a las fibras de refuerzo-isoesfuerzo</i>	504	
c	<i>Carga a un compuesto aglomerado disperso uniformemente</i>	507	
d	<i>Resistencia interfacial</i>	511	
10.5	Principales propiedades mecánicas	512	

PARTE III

Los materiales electrónicos y magnéticos

11	Conducción eléctrica	527
11.1	Portadores de carga y conducción	528

11.2	Niveles de energía y bandas de energía	533
11.3	Conductores	540
	a <i>Termopares</i>	544
	b <i>Superconductores</i>	547
11.4	Aislantes	553
	a <i>Ferroeléctricos y piezoeléctricos</i>	555
11.5	Semiconductores	562
11.6	Compuestos	564
11.7	Materiales—la clasificación eléctrica	565
12	Semiconductores	573
12.1	Semiconductores elementales intrínsecos	574
12.2	Semiconductores elementales extrínsecos	579
	a <i>Semiconductores tipo n</i>	580
	b <i>Semiconductores tipo p</i>	584
12.3	Semiconductores compuestos	590
12.4	Semiconductores amorfos	591
12.5	Dispositivos sencillos	593
12.6	Propiedades eléctricas principales	603
13	Materiales magnéticos	617
13.1	Magnetismo	618
13.2	Ferromagnetismo	623
13.3	Ferrimagnetismo	631
13.4	Materiales magnéticos metálicos	633
	a <i>Materiales magnéticos blandos</i>	633
	b <i>Materiales magnéticos duros</i>	636
	c <i>Materiales magnéticos superconductores</i>	637
13.5	Materiales magnéticos cerámicos	639
	a <i>Materiales magnéticos de baja conductividad</i>	640
	b <i>Materiales magnéticos superconductores</i>	641

PARTE IV

Materiales en el diseño de ingeniería

14	Degradación ambiental	651
14.1	Oxidación—ataque atmosférico directo	653
14.2	Corrosión acuosa—ataque electroquímico	658
14.3	Corrosión galvánica de dos metales	660

- 14.4 Corrosión por reducción gaseosa 664
- 14.5 Efecto del esfuerzo mecánico sobre la corrosión 668
- 14.6 Métodos para prevenir la corrosión 669
- 14.7 Degradación química de las cerámicas y polímeros 673
- 14.8 Daños por radiación 673
- 14.9 Desgaste 677
- 14.10 Análisis de superficie 679

15 Selección de materiales 691

- 15.1 Propiedades de los materiales—parámetros de diseño de ingeniería 692
- 15.2 Efectos generales de los procesos sobre los parámetros 693
- 15.3 Selección de materiales estructurales—casos para estudio 722
 - a *Sustitución de metales con un polímero* 722
 - b *Sustitución de metales con compuestos* 723
 - c *Metal y polímero para reemplazo de la articulación de la cadera* 724
- 15.4 Selección de materiales magnéticos y electrónicos—casos para estudio 726
 - a *Sustitución de cable de cobre por fibra de vidrio* 726
 - b *Reemplazo de un polímero termoendurecido con un termoplástico* 727
 - c *Uso de un metal amorfo para el núcleo de un transformador* 728

Apéndices 735

- 1 Datos físicos y químicos de los elementos 737
- 2 Radio atómico y iónico de los elementos 741
- 3 Constantes y factores de conversión 745
- 4 Localización de propiedades para los materiales estructurales 746
- 5 Localización de propiedades para los materiales electrónicos y magnéticos 748
- 6 Localización de caracterización de materiales 749
- 7 Glosario 750

Respuestas a los ejercicios de ejemplo (EM) y a los problemas con número impar 771

Índice 785