

CONTENIDO

Prefacio xxiii

Búsqueda de los autores xxvii

Introducción general 1

- I.1 ¿Qué es la manufactura? 1
- I.2 El proceso de diseño del producto y la ingeniería concurrente 11
- I.3 Diseño para manufactura, ensamble, desensamble y servicio 14
- I.4 Selección de materiales 16
- I.5 Selección de procesos de manufactura 19
- I.6 Diseño y manufactura consciente del medio ambiente 32
- I.7 Manufactura integrada por computadora 33
- I.8 Producción esbelta y manufactura ágil 37
- I.9 Aseguramiento de la calidad y administración de la calidad total 38
- I.10 Competitividad global y costos de manufactura 39
- I.11 Tendencias generales en la manufactura 41

Parte I: Fundamentos de materiales: comportamiento y propiedades de manufactura 43

I La estructura de los metales 46

- I.1 Introducción 46
- I.2 Estructura cristalina de los metales 47
- I.3 Deformación y resistencia de los monocristales 50
- I.4 Granos y límites de granos 54
- I.5 Deformación plástica de los metales policristalinos 57
- I.6 Recuperación, recristalización y crecimiento de grano 58
- I.7 Trabajado en frío, a temperatura media y en caliente 60
- Resumen 61 Términos clave 61 Bibliografía 62
- Preguntas de repaso 62 Problemas cualitativos 62
- Problemas cuantitativos 63 Síntesis, diseño y proyectos 63

Comportamiento mecánico, ensayos y propiedades de manufactura de los materiales 64

- 2.1 Introducción 64
- 2.2 Tensión 65
- 2.3 Compresión 76

2.4	Torsión	78
2.5	Flexión	78
2.6	Dureza	79
2.7	Fatiga	83
2.8	Termofluencia	86
2.9	Impacto	87
2.10	Falla y fractura de los materiales en la manufactura y servicio	87
2.11	Esfuerzos residuales	94
2.12	Trabajo, calor y temperatura	96
<i>Resumen</i>		97
<i>Términos clave</i>		98
<i>Bibliografía</i>		98
<i>Preguntas de repaso</i>		98
<i>Problemas cualitativos</i>		99
<i>Problemas cuantitativos</i>		99
<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>		101

3 Propiedades físicas de los materiales 102

3.1	Introducción	102
3.2	Densidad	103
3.3	Punto de fusión	106
3.4	Calor específico	106
3.5	Conductividad térmica	107
3.6	Dilatación térmica	107
3.7	Propiedades eléctricas, magnéticas y ópticas	108
3.8	Resistencia a la corrosión	109
<i>Resumen</i>		111
<i>Términos clave</i>		111
<i>Bibliografía</i>		112
<i>Preguntas de repaso</i>		112
<i>Problemas cualitativos</i>		112
<i>Problemas cuantitativos</i>		112
<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>		113

4 Aleaciones metálicas: estructura y reforzamiento mediante tratamiento térmico 114

4.1	Introducción	114
4.2	Estructura de las aleaciones	115
4.3	Diagramas de fase	118
4.4	El sistema hierro-carbono	121
4.5	Diagrama de fases hierro-carburo de hierro y el desarrollo de microestructuras en los aceros	123
4.6	Hierros fundidos	125
4.7	Tratamiento térmico de las aleaciones ferrosas	127
4.8	Templabilidad de las aleaciones ferrosas	132
4.9	Tratamiento térmico de las aleaciones no ferrosas y los aceros inoxidables	134
4.10	Endurecimiento superficial	136
4.11	Recocido	137
4.12	Hornos y equipo para tratamiento térmico	142
4.13	Consideraciones de diseño para el tratamiento térmico	144
<i>Resumen</i>		145
<i>Términos clave</i>		145
<i>Bibliografía</i>		146
<i>Preguntas de repaso</i>		146
<i>Problemas cualitativos</i>		146
<i>Problemas cuantitativos</i>		147
<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>		147

5 Metales y aleaciones ferrosas: producción, propiedades generales y aplicaciones 149

- 5.1 Introducción 149
 - 5.2 Producción de hierro y acero 150
 - 5.3 Fundición de lingotes 153
 - 5.4 Colada continua 154
 - 5.5 Aceros al carbono y aleados 156
 - 5.6 Aceros inoxidables 161
 - 5.7 Aceros para matrices y herramientas 163
- Resumen* 165 *Términos clave* 166 *Bibliografía* 166
Preguntas de repaso 166 *Problemas cualitativos* 167
Problemas cuantitativos 167 *Síntesis, diseño y proyectos* 168

6 Metales y aleaciones no ferrosas: producción, propiedades generales y aplicaciones 169

- 6.1 Introducción 169
 - 6.2 Aluminio y sus aleaciones 170
 - 6.3 Magnesio y sus aleaciones 174
 - 6.4 Cobre y sus aleaciones 176
 - 6.5 Níquel y sus aleaciones 178
 - 6.6 Superaleaciones 179
 - 6.7 Titanio y sus aleaciones 180
 - 6.8 Metales y aleaciones refractarias 181
 - 6.9 Berilio 183
 - 6.10 Zirconio 183
 - 6.11 Aleaciones de baja fusión 183
 - 6.12 Metales preciosos 185
 - 6.13 Aleaciones con memoria de forma 185
 - 6.14 Aleaciones amorfas (vidrios metálicos) 186
 - 6.15 Espumas metálicas 186
 - 6.16 Nanomateriales 186
- Resumen* 187 *Términos clave* 188 *Bibliografía* 188
Preguntas de repaso 188 *Problemas cualitativos* 189
Problemas cuantitativos 189 *Síntesis, diseño y proyectos* 190

7 Polímeros: estructura, propiedades generales y aplicaciones 191

- 7.1 Introducción 191
- 7.2 Estructura de los polímeros 193
- 7.3 Termoplásticos 202
- 7.4 Plásticos termofijos 206
- 7.5 Aditivos en plásticos 207
- 7.6 Propiedades generales y aplicaciones de los termoplásticos 208

- 7.7 Propiedades generales y aplicaciones de los plásticos termofijos 211
- 7.8 Plásticos biodegradables 212
- 7.9 Elastómeros (hules) 214
- Resumen* 215 *Términos clave* 216 *Bibliografía* 216
- Preguntas de repaso* 217 *Problemas cualitativos* 217
- Problemas cuantitativos* 218 *Síntesis, diseño y proyectos* 218

8 Cerámicos, grafito y diamante: estructura, propiedades generales y aplicaciones 219

- 8.1 Introducción 219
- 8.2 Estructura de los cerámicos 220
- 8.3 Propiedades generales y aplicaciones de los cerámicos 224
- 8.4 Vidrios 229
- 8.5 Cerámicos vidriados 231
- 8.6 Grafito 232
- 8.7 Diamante 233
- Resumen* 234 *Términos clave* 235 *Bibliografía* 235
- Preguntas de repaso* 235 *Problemas cualitativos* 236
- Problemas cuantitativos* 236 *Síntesis, diseño y proyectos* 237

9 Materiales compósitos: estructura, propiedades generales y aplicaciones 238

- 9.1 Introducción 238
- 9.2 Estructura de los plásticos reforzados 239
- 9.3 Propiedades de los plásticos reforzados 244
- 9.4 Aplicaciones de los plásticos reforzados 248
- 9.5 Compósitos de matriz metálica 251
- 9.6 Compósitos de matriz cerámica 253
- 9.7 Otros compósitos 254
- Resumen* 254 *Términos clave* 255 *Bibliografía* 255
- Preguntas de repaso* 255 *Problemas cualitativos* 256
- Problemas cuantitativos* 257 *Síntesis, diseño y proyectos* 257

Parte II: Procesos y equipo para la fundición de metales 259

10 Fundamentos de la fundición de metales 261

- 10.1 Introducción 261
- 10.2 Solidificación de los metales 262
- 10.3 Flujo del fluido 267
- 10.4 Fluidez del metal fundido 270

- 10.5 Transferencia de calor 272
- 10.6 Defectos 275
- Resumen* 281 *Términos clave* 281 *Bibliografía* 282
- Preguntas de repaso* 282 *Problemas cualitativos* 282
- Problemas cuantitativos* 283 *Síntesis, diseño y proyectos* 284

11 Procesos de fundición de metales 285

- 11.1 Introducción 285
- 11.2 Procesos de fundición de molde desechable 287
- 11.3 Procesos de fundición en molde permanente 303
- 11.4 Técnicas de fundición para componentes monocristalinos 312
- 11.5 Solidificación rápida 314
- 11.6 Inspección de las fundiciones 314
- 11.7 Prácticas y hornos para fusión 315
- 11.8 Talleres de fundición y su automatización 316
- Resumen* 317 *Términos clave* 318 *Bibliografía* 318
- Preguntas de repaso* 319 *Problemas cualitativos* 319
- Problemas cuantitativos* 320 *Síntesis, diseño y proyectos* 321

12 Fundición de metales: diseño, materiales y economía 323

- 12.1 Introducción 323
- 12.2 Consideraciones de diseño en la fundición 323
- 12.3 Aleaciones para fundición 332
- 12.4 Economía de la fundición 337
- Resumen* 339 *Términos clave* 339 *Bibliografía* 339
- Preguntas de repaso* 340 *Problemas cualitativos* 340
- Problemas cuantitativos* 341 *Síntesis, diseño y proyectos* 341

Parte III: Procesos y equipo de formado y moldeado 344

13 Laminación de metales 347

- 13.1 Introducción 347
- 13.2 Proceso de laminación plana 349
- 13.3 Práctica de laminación plana 354
- 13.4 Molinos de laminación 358
- 13.5 Diversos procesos y molinos de laminación 360
- Resumen* 368 *Términos clave* 368 *Bibliografía* 369
- Preguntas de repaso* 369 *Problemas cualitativos* 369
- Problemas cuantitativos* 370 *Síntesis, diseño y proyectos* 370

14 Forjado de metales 371

- 14.1 Introducción 371
 - 14.2 Forjado de matriz abierta 373
 - 14.3 Forjado por matriz de impresión y de matriz cerrada 376
 - 14.4 Diversas operaciones de forjado 380
 - 14.5 Forjabilidad de los metales. Defectos del forjado 384
 - 14.6 Diseño de matrices, materiales para matrices y lubricación 387
 - 14.7 Métodos de manufactura de matrices. Fallas en las matrices 388
 - 14.8 Máquinas para forjado 390
 - 14.9 Economía del forjado 392
- Resumen 396 Términos clave 396 Bibliografía 396*
Preguntas de repaso 397 Problemas cualitativos 397
Problemas cuantitativos 398 Síntesis, diseño y proyectos 398

15 Extrusión y estirado (trefilado) de metales 400

- 15.1 Introducción 400
 - 15.2 El proceso de extrusión 402
 - 15.3 Extrusión en caliente 405
 - 15.4 Extrusión en frío 409
 - 15.5 Defectos de la extrusión 413
 - 15.6 Equipo para extrusión 414
 - 15.7 El proceso de estirado (trefilado) 415
 - 15.8 Práctica de estirado 416
 - 15.9 Defectos del estirado y esfuerzos residuales 419
 - 15.10 Equipo para estirado 419
- Resumen 420 Términos clave 421 Bibliografía 421*
Preguntas de repaso 421 Problemas cualitativos 422
Problemas cuantitativos 422 Síntesis, diseño y proyectos 423

16 Proceso de formado de hojas metálicas 424

- 16.1 Introducción 424
- 16.2 Cizallado 425
- 16.3 Características y formabilidad de las hojas metálicas 435
- 16.4 Pruebas de formabilidad para hojas metálicas 437
- 16.5 Doblado de hojas, placas y tubos 440
- 16.6 Operaciones diversas de doblado y otras relacionadas 445
- 16.7 Embutido profundo 451
- 16.8 Formado con hule 460
- 16.9 Rechazado 461

- 16.10 Formado superplástico 463
- 16.11 Procesos especializados de formado 465
- 16.12 Manufactura de estructuras metálicas tipo panal 470
- 16.13 Consideraciones de diseño en el formado de hojas metálicas 471
- 16.14 Prensas de formado de hojas metálicas 474
- 16.15 Economía de las operaciones de formado de hojas metálicas 476
- Resumen* 477 *Términos clave* 478 *Bibliografía* 478
- Preguntas de repaso* 479 *Problemas cualitativos* 479
- Problemas cuantitativos* 480 *Síntesis, diseño y proyectos* 481

17 Procesamiento de los polvos metálicos 483

- 17.1 Introducción 483
- 17.2 Producción de polvos metálicos 484
- 17.3 Compactación de los polvos metálicos 490
- 17.4 Sinterizado 499
- 17.5 Operaciones secundarias y de acabado 503
- 17.6 Consideraciones de diseño 505
- 17.7 Capacidades del proceso 508
- 17.8 Economía de la metalurgia de polvos 508
- Resumen* 509 *Términos clave* 510 *Bibliografía* 510
- Preguntas de repaso* 510 *Problemas cualitativos* 511
- Problemas cuantitativos* 511 *Síntesis, diseño y proyectos* 512

18 Procesamiento de cerámicos, vidrio y superconductores 513

- 18.1 Introducción 513
- 18.2 Moldeado de cerámicos 514
- 18.3 Formado y moldeado de vidrio 521
- 18.4 Técnicas para reforzamiento y recocido del vidrio 525
- 18.5 Consideraciones de diseño para cerámicos y vidrios 528
- 18.6 Procesamiento de superconductores 529
- Resumen* 530 *Términos clave* 531 *Bibliografía* 531
- Preguntas de repaso* 532 *Problemas cualitativos* 532
- Problemas cuantitativos* 533 *Síntesis, diseño y proyectos* 533

19 Formado y moldeo de plásticos y materiales compósitos 534

- 19.1 Introducción 534
- 19.2 Extrusión 536
- 19.3 Moldeo por inyección 544

- 19.4 Moldeo por soplado 552
 - 19.5 Rotomoldeo 554
 - 19.6 Termoformado 555
 - 19.7 Moldeo por compresión 556
 - 19.8 Moldeo por transferencia 557
 - 19.9 Colado 558
 - 19.10 Moldeo de espuma 559
 - 19.11 Formado en frío y formado de fase sólida 560
 - 19.12 Procesamiento de elastómeros 561
 - 19.13 Procesamiento de compósitos de matriz polimérica 562
 - 19.14 Procesamiento de compósitos de matriz metálica y de matriz cerámica 570
 - 19.15 Consideraciones de diseño 572
 - 19.16 Economía del procesamiento de plásticos y materiales compósitos 574
- Resumen* 575 *Términos clave* 575 *Bibliografía* 576
Preguntas de repaso 577 *Problemas cualitativos* 577
Problemas cuantitativos 578 *Síntesis, diseño y proyectos* 578

20 Operaciones de producción de prototipos rápidos 580

- 20.1 Introducción 580
 - 20.2 Procesos sustractivos 582
 - 20.3 Procesos aditivos 583
 - 20.4 Producción de prototipos virtuales 594
 - 20.5 Manufactura directa y fabricación rápida de herramientas 594
- Resumen* 599 *Términos clave* 600 *Bibliografía* 600
Preguntas de repaso 600 *Problemas cualitativos* 601
Problemas cuantitativos 601 *Síntesis, diseño y proyectos* 601

Parte IV: Procesos de maquinado y máquinas herramienta 603

21 Fundamentos del maquinado 607

- 21.1 Introducción 607
 - 21.2 Mecánica del corte 609
 - 21.3 Fuerzas y potencia de corte 620
 - 21.4 Temperaturas en el corte 623
 - 21.5 Vida útil de la herramienta: desgaste y falla 626
 - 21.6 Acabado superficial e integridad 635
 - 21.7 Maquinabilidad 638
- Resumen* 642 *Términos clave* 642 *Bibliografía* 643
Preguntas de repaso 643 *Problemas cualitativos* 644
Problemas cuantitativos 644 *Síntesis, diseño y proyectos* 645

22 Materiales para herramientas de corte y fluidos de corte 647

- 22.1 Introducción 647
 - 22.2 Aceros de alta velocidad 652
 - 22.3 Aleaciones de cobalto fundido 653
 - 22.4 Carburos 653
 - 22.5 Herramientas recubiertas 656
 - 22.6 Cerámicos base alúmina 661
 - 22.7 Nitruro de boro cúbico 662
 - 22.8 Cerámicos base nitruro de silicio 663
 - 22.9 Diamante 663
 - 22.10 Materiales para herramientas reforzados con triquitas 664
 - 22.11 Costos y reacondicionamiento de las herramientas 664
 - 22.12 Fluidos de corte 665
- Resumen* 670 *Términos clave* 670 *Bibliografía* 671
Preguntas de repaso 671 *Problemas cualitativos* 671
Problemas cuantitativos 672 *Síntesis, diseño y proyectos* 673

23 Procesos de maquinado utilizados para producir formas redondas: torneado y producción de orificios 674

- 23.1 Introducción 674
 - 23.2 Proceso de torneado 676
 - 23.3 Tornos y operaciones en el torno 686
 - 23.4 Mandrinado y máquinas para mandrinar 703
 - 23.5 Taladrado, brocas y taladros 704
 - 23.6 Rimado y rimas 714
 - 23.7 Machueleado y machuelos 716
- Resumen* 718 *Términos clave* 719 *Bibliografía* 719
Preguntas de repaso 720 *Problemas cualitativos* 720
Problemas cuantitativos 721 *Síntesis, diseño y proyectos* 721

24 Procesos de maquinado utilizados para producir diferentes formas: fresado, brochado, aserrado y limado; manufactura de engranes 723

- 24.1 Introducción 723
- 24.2 Fresado y fresadoras 724
- 24.3 Cepillado 741
- 24.4 Brochado y brochadoras 742
- 24.5 Aserrado 745

- 24.6 Limado 748
- 24.7 Manufactura de engranes mediante maquinado 749
- Resumen* 756 *Términos clave* 756 *Bibliografía* 756
- Preguntas de repaso* 757 *Problemas cualitativos* 757
- Problemas cuantitativos* 758 *Síntesis, diseño y proyectos* 758

25 Centros de maquinado, conceptos y estructuras de maquinado avanzado y economía del maquinado 760

- 25.1 Introducción 760
- 25.2 Centros de maquinado 761
- 25.3 Estructuras de las máquinas herramienta 770
- 25.4 Vibración y traqueteo en las operaciones de maquinado 775
- 25.5 Maquinado de alta velocidad 778
- 25.6 Maquinado duro 781
- 25.7 Maquinado de ultraprecisión 782
- 25.8 Economía del maquinado 783
- Resumen* 786 *Términos clave* 787 *Bibliografía* 787
- Preguntas de repaso* 787 *Problemas cualitativos* 788
- Problemas cuantitativos* 788 *Síntesis, diseño y proyectos* 789

26 Operaciones de maquinado abrasivo y de acabado 790

- 26.1 Introducción 790
- 26.2 Abrasivos y abrasivos aglutinados 792
- 26.3 Proceso de rectificado 798
- 26.4 Operaciones de rectificado y rectificadoras 808
- 26.5 Consideraciones de diseño para el rectificado 818
- 26.6 Maquinado ultrasónico 818
- 26.7 Operaciones de acabado 820
- 26.8 Operaciones de rebabeo 825
- 26.9 Economía de las operaciones de maquinado abrasivo y de acabado 828
- Resumen* 829 *Términos clave* 830 *Bibliografía* 830
- Preguntas de repaso* 831 *Problemas cualitativos* 831
- Problemas cuantitativos* 832 *Síntesis, diseño y proyectos* 833

27 Procesos de maquinado avanzado 835

- 27.1 Introducción 835
- 27.2 Maquinado químico 836
- 27.3 Maquinado electroquímico 841
- 27.4 Rectificación electroquímica 845
- 27.5 Maquinado por descarga eléctrica (electroerosinado) 846

- 27.6 Maquinado por rayo láser 851
- 27.7 Maquinado por haz de electrones 854
- 27.8 Maquinado por chorro de agua 855
- 27.9 Maquinado por chorro abrasivo 858
- 27.10 Economía de los procesos de maquinado avanzado 858
- Resumen* 861 *Términos clave* 861 *Bibliografía* 862
- Preguntas de repaso* 862 *Problemas cualitativos* 862
- Problemas cuantitativos* 863 *Síntesis, diseño y proyectos* 863

Parte V: Fabricación de dispositivos microelectrónicos y micromanufactura 865

28 Fabricación de dispositivos microelectrónicos 868

- 28.1 Introducción 868
- 28.2 Cuartos limpios 871
- 28.3 Silicio y semiconductores 872
- 28.4 Crecimiento de cristales y preparación de obleas 874
- 28.5 Deposición de película 875
- 28.6 Oxidación 877
- 28.7 Litografía 878
- 28.8 Ataque (grabado) 885
- 28.9 Difusión e implantación de iones 893
- 28.10 Metalización y prueba 895
- 28.11 Unión de cables y empaque 897
- 28.12 Rendimiento y confiabilidad 900
- 28.13 Tarjetas de circuitos impresos 901
- Resumen* 903 *Términos clave* 903 *Bibliografía* 904
- Preguntas de repaso* 905 *Problemas cualitativos* 905
- Problemas cuantitativos* 906 *Síntesis, diseño y proyectos* 907

29 Fabricación de dispositivos y sistemas microelectromecánicos (MEMS)

- 29.1 Introducción 908
- 29.2 Micromaquinado de los dispositivos MEMS 909
- 29.3 Proceso de microfabricación LIGA 920
- 29.4 Fabricación sin materia sólida de dispositivos 927
- Resumen* 932 *Términos clave* 933 *Bibliografía* 933
- Preguntas de repaso* 934 *Problemas cualitativos* 934
- Problemas cuantitativos* 935 *Síntesis, diseño y proyectos* 935

Parte VI: Procesos y equipo para unión 936

30 Procesos de soldadura por fusión 940

- 30.1 Introducción 940
 - 30.2 Soldadura con oxígeno y combustible gaseosos 941
 - 30.3 Procesos de soldadura por arco: electrodo no consumible 944
 - 30.4 Procesos de soldadura por arco: electrodo consumible 948
 - 30.5 Electrodo para soldadura por arco 954
 - 30.6 Soldadura por haz de electrones 956
 - 30.7 Soldadura por rayo láser 956
 - 30.8 Corte 958
 - 30.9 Unión soldada, calidad y pruebas 960
 - 30.10 Diseño de la unión y selección del proceso 971
- Resumen* 975 *Términos clave* 975 *Bibliografía* 976
Preguntas de repaso 976 *Problemas cualitativos* 977
Problemas cuantitativos 978 *Síntesis, diseño y proyectos* 978

31 Procesos de soldadura de estado sólido 980

- 31.1 Introducción 980
 - 31.2 Soldadura en frío y unión por laminación 981
 - 31.3 Soldadura ultrasónica 982
 - 31.4 Soldadura por fricción 983
 - 31.5 Soldadura por resistencia 986
 - 31.6 Soldadura por explosión 995
 - 31.7 Unión por difusión 996
 - 31.8 Economía de las operaciones de soldadura 998
- Resumen* 999 *Términos clave* 1000 *Bibliografía* 1000
Preguntas de repaso 1000 *Problemas cualitativos* 1001
Problemas cuantitativos 1001 *Síntesis, diseño y proyectos* 1002

32 Procesos de soldadura fuerte, blanda, unión con adhesivos y sujeción mecánica 1003

- 32.1 Introducción 1003
 - 32.2 Soldadura fuerte 1004
 - 32.3 Soldadura blanda 1009
 - 32.4 Unión con adhesivos 1014
 - 32.5 Sujeción mecánica 1023
 - 32.6 Unión de plásticos, cerámicos y vidrios 1027
 - 32.7 Economía de las operaciones de unión 1030
- Resumen* 1031 *Términos clave* 1031 *Bibliografía* 1031
Preguntas de repaso 1032 *Problemas cualitativos* 1032
Problemas cuantitativos 1033 *Síntesis, diseño y proyectos* 1033

- 35.4 Métodos e instrumentos tradicionales de medición 1089
- 35.5 Instrumentos y máquinas modernas de medición 1096
- 35.6 Medición automatizada 1100
- 35.7 Características generales y selección de instrumentos de medición 1101
- 35.8 Dimensionamiento y tolerancias geométricas 1101
- Resumen 1107 Términos clave 1107 Bibliografía 1108*
- Preguntas de repaso 1108 Problemas cualitativos 1108*
- Problemas cuantitativos 1109 Síntesis, diseño y proyectos 1109*

36 Aseguramiento de la calidad, prueba e inspección 1110

- 36.1 Introducción 1110
- 36.2 Calidad del producto 1111
- 36.3 Aseguramiento de la calidad 1112
- 36.4 Administración de la calidad total 1113
- 36.5 Métodos Taguchi 1114
- 36.6 Las normas ISO y QS 1119
- 36.7 Métodos estadísticos de control de calidad 1121
- 36.8 Control estadístico de proceso 1124
- 36.9 Confiabilidad de productos y procesos 1131
- 36.10 Ensayos no destructivos 1132
- 36.11 Ensayos destructivos 1136
- 36.12 Inspección automatizada 1137
- Resumen 1137 Términos clave 1138 Bibliografía 1138*
- Preguntas de repaso 1139 Problemas cualitativos 1140*
- Problemas cuantitativos 1140 Síntesis, diseño y proyectos 1141*

Parte IX: Manufactura en un ambiente competitivo 1142

37 Automatización de los procesos de manufactura 1144

- 37.1 Introducción 1144
- 37.2 Automatización 1146
- 37.3 Control numérico 1153
- 37.4 Control adaptable 1161
- 37.5 Manejo y movimiento de materiales 1163
- 37.6 Robots industriales 1165
- 37.7 Tecnología de sensores 1171
- 37.8 Soportes flexibles 1176
- 37.9 Sistemas de ensamble 1180

- 37.10 Consideraciones de diseño para soportes fijos, ensamble, desensamble y servicio 1183
- 37.11 Consideraciones económicas 1186
- Resumen* 1187 *Términos clave* 1187 *Bibliografía* 1188
- Preguntas de repaso* 1189 *Problemas cualitativos* 1189
- Síntesis, diseño y proyectos* 1189

38 Manufactura asistida por computadora 1191

- 38.1 Introducción 1191
- 38.2 Sistemas de manufactura 1191
- 38.3 Manufactura integrada por computadora 1192
- 38.4 Diseño e ingeniería asistidos por computadora 1195
- 38.5 Manufactura asistida por computadora 1203
- 38.6 Planeación de procesos asistidos por computadora 1204
- 38.7 Simulación por computadora de procesos y sistemas de manufactura 1206
- 38.8 Tecnología de grupos 1208
- Resumen* 1215 *Términos clave* 1215 *Bibliografía* 1216
- Preguntas de repaso* 1216 *Problemas cualitativos* 1216
- Síntesis, diseño y proyectos* 1217

39 Sistemas de manufactura integrados por computadora 1218

- 39.1 Introducción 1218
- 39.2 Manufactura celular 1219
- 39.3 Sistemas flexibles de manufactura 1221
- 39.4 Manufactura holónica 1224
- 39.5 Producción justo a tiempo 1225
- 39.6 Manufactura esbelta 1227
- 39.7 Redes de comunicaciones en manufactura 1228
- 39.8 Inteligencia artificial 1230
- 39.9 Consideraciones económicas 1233
- Resumen* 1234 *Términos clave* 1234 *Bibliografía* 1235
- Preguntas de repaso* 1236 *Problemas cualitativos* 1236
- Síntesis, diseño y proyectos* 1236

40 Diseño de productos y selección de procesos en un ambiente competitivo 1238

- 40.1 Introducción 1238
- 40.2 Diseño del producto 1239
- 40.3 Calidad del producto y expectativa de vida 1242

40.4	Evaluación e ingeniería del ciclo de vida: manufactura sustentable	1244
40.5	Selección de materiales para productos	1246
40.6	Sustitución de materiales	1250
40.7	Capacidades de procesos de manufactura	1253
40.8	Selección de procesos	1257
40.9	Costos de manufactura y reducción de costos	1261
	<i>Resumen</i>	1269
	<i>Términos clave</i>	1269
	<i>Bibliografía</i>	1269
	<i>Preguntas de repaso</i>	1271
	<i>Problemas cualitativos</i>	1271
	<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>	1272

Índice 1278

Estudio de casos

11.1:	Fundición a la espuma perdida de monobloques para motores	299
13.1:	Manufactura de segmentos de cubierta de un motor cohete sólido para un transbordador espacial	366
14.1:	Manufactura de un perno escalonado mediante cabeceado y penetrado	382
14.2:	Componentes de la suspensión del automóvil Lotus Elise	394
16.1:	Manufactura de platillos musicales	468
18.1:	Producción de cintas superconductoras de alta temperatura	529
19.1:	Prótesis de cadera EPOCH	547
20.1:	Alineadores ortodóncicos Invisalign	595
23.1:	Retenedor de tornillo para huesos	717
25.1:	Maquinado en seco de alta velocidad de motores de hierro fundido	779
27.1:	Maquinado electroquímico de un implante biomédico	843
27.2:	Manufactura de "stents"	858
29.1:	Acelerómetro para bolsas de aire automotrices	928
32.1:	Curado mediante luz de adhesivos acrílicos para productos médicos	1020
36.1:	Manufactura de televisores por Sony Corporation	1118
36.2:	Control dimensional de partes de plástico en los automóviles Saturn	1129
37.1:	Desarrollo de un soporte fijo modular	1178
38.1:	Desarrollo de modelos CAD para componentes automovilísticos	1199
40.1:	Ingeniería concurrente para contenedores de solución intravenosa	1267