

INDICE

Prefacio	XIX
Acerca de los autores	
Introducción general	XXII
I.1. ¿Que es manufactura?	1
I.2. Ejemplos de productos manufacturados	6
I.3. El proceso rediseño y la ingeniería concurrente	9
I.4. Diseño para la manufactura, ensamble, desensamble y servicio	13
I.5. Selección de materiales	14
I.6. Selección de los procesos de manufacturas	18
I.7. Manufactura integrada por computadora	24
I.8. Aseguramiento de a calidad y administración total de la calidad	27
I.9. Competividad global y costos de manufactura	28
I.10. Producción sobria y manufactura ágil	29
I.11. Diseño y manufactura ambiental con consecuencia social	30
I.12. Responsabilidad de los productos	31
I.13. Organización para la manufactura	32
Parte I: Fundamentos de los materiales: su comportamiento y propiedades de manufactura	37
1. La estructura de los metales	
I.1. Introducción	39
I.2. La estructura cristalina de los metales	40
I.3. Deformación y resistencia de monocristales	41
I.4. Granos y fronteras de grano	45
I.5. Deformación plástica de los metales policristalinos	47
I.6. Recuperación, recristalización y crecimiento de granaos	49
I.7. Trabajo en frío, trabajo en tibio y trabajo en caliente	50
2. Comportamiento mecánico, prueba y propiedades de manufactura de los materiales	55
2.1. Introducción	
2.2. Tensión	56
2.3. Comprensión	66
2.4. Torsión	67
2.5. Doblado (flexión)	
2.6. Dureza	68
2.7. Fatiga	
2.8. Cadencia	73
2.9. Impacto	
2.10. 2.10. Falla y fractura de los materiales en la manufactura y en el servicio	75
2.11. Esfuerzos residuales	82
2.12. Trabajo, calor y temperatura	84
3. Propiedades físicas de los materiales	
3.1. Introducción	90
3.2. Densidad	91
3.3. Punto de fusión	
3.4. Calor especifico	
3.5. Conductividad térmica	94

3.6. Dilatación térmica	
3.7. Propiedades eléctricas, magnéticas y ópticas	95
3.8. Resistencia a la corrosión	97
4. Aleaciones de metales. Su estructura y endurecimiento mediante el tratamiento térmico	102
4.1. Introducción	
4.2. Estructura de las aleaciones	103
4.3. Diagramas de fase	106
4.4. El sistema hierro-carbono	109
4.5. El diagrama de fases hierro-carbono de hierro y el desarrollo de microestructuras en los aceros	111
4.6. Hierros fundidos	113
4.7. Tratamiento térmico de las aleaciones ferrosas	115
4.8. Templabilidad térmico de las aleaciones ferrosas	120
4.9. Tratamiento térmico de aleaciones no ferrosas y de aceros inoxidables	122
4.10. Endurecimiento superficial	124
4.11. Recocido	126
4.12. Hornos y equipo de tratamiento térmico	130
4.13. Consideraciones de diseño para el tratamiento térmico	132
5. Metales y aleaciones ferrosas: producción, propiedades generales y aplicaciones	137
5.1. Introducción	
5.2. Producción de hierro y acero	138
5.3. Vaciado de lingotes	141
5.4. Colada continua	142
5.5. Aceros al carbono y de aleados	144
5.6. Aceros inoxidables	148
5.7. Aceros para herramienta y dados	150
6. Metales y aleaciones no ferrosas: producción, propiedades generales y aplicaciones	156
6.1. Introducción	
6.2. Aluminio y aleaciones de aluminio	157
6.3. Magnesio y aleaciones de magnesio	161
6.4. Cobre y aleaciones de cobre	163
6.5. Níquel y aleaciones de níquel	164
6.6. Superaleaciones	165
6.7. Titanio y aleaciones de titanio	166
6.8. Metales refractarios y sus aleaciones	168
6.9. Berilio	169
6.10. Zirconio	
6.11. Aleaciones de bajo punto de fusión	170
6.12. Metales preciosos	171
6.13. Aleaciones con memoria de forma	
6.14. Aleaciones amorfas (vidrios metálicos)	172
6.15. Nanomateriales	
7. Polímeros: estructuras, propiedades generales y aplicaciones	
7.1. Introducción	177
7.2. La estructura de los polímeros	179

7.3. Termoplásticos	186
7.4. Plásticos termoestables	
7.5. Aditivos en los plásticos	190
7.6. Propiedades generales y aplicaciones de los termoplásticos	191
7.7. Propiedades generales y aplicaciones de los plásticos termoestables	194
7.8. Plásticos biodegradables	195
7.9. Elastómeros (hules)	197
8. Cerámicos, grafito y diamante: estructura, propiedades generales y aplicaciones	203
8.1. Introducción	
8.2. La estructura de los cerámicos	204
8.3. Propiedades generales y aplicaciones de los cerámicos	208
8.4. Vidrios	212
8.5. Vitrocerámicos	
8.6. Grafito	214
8.7. Diamante	216
9. Materiales compósitos. Estructura, propiedades generales y aplicaciones	221
9.1. Introducción	
9.2. La estructura de los plásticos reforzados	222
9.3. Propiedades de los plásticos reforzados	227
9.4. Aplicaciones de los plásticos reforzados	230
9.5. Compósitos de matriz metálica (MMC)	232
9.6. Compósitos de matriz de cerámica (CMC)	
9.7. Otros compósitos	233
Parte II: Procesos y equipo para el formado y modelado	317
13. Rolado o laminado de metales	
13.1. Introducción	320
13.2. Laminado plazo	321
13.3. Practica del laminado plazo	326
13.4. Molinos para laminación	328
13.5. Operaciones de laminado de forma	331
13.6. Producción de tubos y tuberías sin costura	334
13.7. colada y laminado continuos; laminadoras integradas y minilaminadoras	335
14. Forjado de los metales	
14.1. Introducción	340
14.2. Forjado con dato abierto	342
14.3. Dado impresor y forjado con dado cerrado	344
14.4. Operaciones relacionados con el forjado	348
14.5. Forjado rotatorio	351
14.6. Diseño del dado de forjado	353
14.7. Materiales y lubricación de los datos	
14.8. Forjabilidad	355
14.9. Maquinas de forjado	357
14.10. Práctica del forjado y posibilidades del proceso	360
14.11. Métodos de fabricación de dados	361
14.12. Fallas en los dados	362

14.13. La economía del forjado	363
15. Extrusión y estirado de metales	
15.1. Introducción	369
15.2. El proceso de extrusión	371
15.3. Practica de la extrusión	373
15.4. Extrusión en caliente	374
15.5. Extrusión en frío	377
15.6. Extrusión por impacto	379
15.7. Extrusión hidrostática	380
15.8. Defectos de las extrusiones	80
15.9. Equipo para extrusión	381
15.10. El proceso de estirado	382
15.11. Práctica del estirado	383
15.12. Defectos y esfuerzos residuales	
15.13. Equipo de estirado	386
16. Procesos de formación de hojas o laminas metálicas	
16.1. Introducción	392
16.2. Cizallamiento	394
16.3. Características del metal laminado	402
16.4. Métodos de prueba par el formado de hojas o laminas metálicas	404
16.5. Doblado de laminas y placas	407
16.6. Operaciones comunes de doblado	411
16.7. Doblado y conformación de tubos	414
16.8. Formado por extensión	416
16.9. Embutido profundo	417
16.10 Formado con hule	423
16.11. Rechazado	424
16.12. Formato súperplástico	427
16.13. Explosión, impulso magnético, repujado y otros procesos de formado	428
16.14. Fabricación de estructuras de panal	431
16.15. Resistencia de piezas de metal laminado al abollamiento	
16.16. Equipo para el conformado de hojas o laminas metálicas	432
16.17. Economía de los procesos de formado de metal laminado	434
17. Procesamiento de metales en polvo, cerámicos, vidrios y superconductores	440
17.1. Introducción	
17.2. Producción de metales en polvo	442
17.3. Compactación de polvos metálicos	446
17.4. Sinterizado	453
17.5. Operaciones de secundarias y de acabado	456
17.6. Consideraciones de diseño en metalurgia de polvos	458
17.7. Posibilidades del proceso	459
17.8. Economía de la metalurgia de polvos	
17.9. Moldeado de cerámicos	460
17.10. Moldeado y formado del vidrio	466
17.11. Técnicas para reforzar y tratar el vidrio	470
17.12. Consideraciones de diseño para cerámicos y vidrios	471
17.13. Procesamiento de superconductores	472

18. Moldeo y conformación de plásticos y materiales compuestos	480
18.1. Introducción	
18.2. Extrusión	481
18.3. Moldeo por inyección	485
18.4. Moldeo por soplado	
18.5. Moldeo rotativo	489
18.6. Termoformado	491
18.7. Moldeo por comprensión	492
18.8. Moldeo por transferencia	493
18.9. Colado	494
18.10. Formado en frío y en fase sólida	495
18.11. Procesamiento de elastómeros	495
18.12. Procesamiento de plásticos reforzados	496
18.13. Procesamiento de materiales compuestos con matriz de metal	503
18.14. Procesamiento de materiales compuestos de matriz de cerámico	
18.15. Consideraciones de diseño y economía para el moldeo y conformación de plásticos	504
19. Operaciones rápidas de construcción de prototipos	
19.1. Introducción	512
19.2. Procesos sustractivos	
19.3. Procesos aditivos	514
19.4. Construcción virtual del prototipo	
19.5. Aplicaciones de la tecnología de prototipo rápido a la fabricación de partes reales	523
Parte IV: Procesos y máquinas para remoción de material	531
20. Fundamentos del corte	
20.1. Introducción	534
20.2. La mecánica de la formación de virutas	537
20.3. Tipos de viruta producida en el corte de metales	539
20.4. La mecánica del corte oblicuo	544
20.5. Fuerzas y potencia de corte	
20.6. Temperatura en el corte	549
20.7. Vida de las herramientas: desgaste y falla	551
20.8. Acabado e integridad de la superficie	558
20.9. Maquinabilidad	560
21. Materiales de herramientas y fluidos de corte	
21.1. Introducción	569
21.2. Aceros al carbono y de media aleación	
21.3. Aceros rápidos o de alta velocidad	573
21.4. Aleaciones de cobalto fundidas	574
21.5. Carburos	574
21.6. Herramientas recubiertas	578
21.7. Cerámicas a base de alúmina	582
21.8. Nitruro de boro cúbico	583
21.9. Cerámicas a base de nitruro de silicio	584
21.10. Diamante	584
21.11. Materiales de herramienta reforzados con triquitas y nanocristalinos	585

21.12. Reacondicionamiento de herramientas de corte	
21.13. Fluidos de corte	
22. Procesos de maquinado para producir formas redondas	
22.1. Introducción	594
22.2. Parámetros del cilindrado	596
22.3. Tornos y operaciones en el torno	605
22.4. Maquinado de alta velocidad, ultrapreciso y torneado duro	619
22.5. Maquinado de roscas	622
22.6. Mandrinado y mandrinadora	626
22.7. Taladrado y brocas	627
22.8. Taladros	635
22.9. Escariado y escariadores	637
22.10. Machuelado y machuelos	638
22.11. Consideraciones de diseño para taladro, escariado y machuelado	639
23. Procesos de maquinado para producir formas diversas	
23.1. Introducción	646
23.2. Operaciones de fresado	647
23.3. Maquinas fresadoras	661
23.4. Cepillado y torneado	663
23.5. Brochado y brochadoras	664
23.6. Aserrado	668
23.7. Limado y acabado	670
23.8. Fabricación de engranes por maquinado	671
24. Centros de maquinado y de torneado, estructuras de máquinas herramienta y economía del maquinado	682
24.1. Introducción	
24.2. Centros de amainado y de torneado	
24.3. Estructuras de maquinas herramientas	690
24.4. Vibración y traqueteo en las operaciones de maquinado	694
24.5. Economía del maquinado	698
25. Operaciones de maquinado y acabado con abrasivos	
25.1. Introducción	704
25.2. Abrasivos	706
25.3. Abrasivos aglomerados (piedras abrasivas)	708
25.4. El proceso de rectificado	712
25.5. Desgaste de las piedras abrasivas	716
25.6. métodos y máquinas de rectificado	721
25.7. Fluidos de rectificado	
25.8. Consideraciones de diseño para el certificado	729
25.9. Maquinado ultrasónico	730
25.10. Operaciones de acabado	731
25.11. Desbarbado	735
25.12. Economía de las operaciones de rectificado y acabado	738
26. Procesos avanzados de maquinado y nanofabricación	
26.1. Introducción	744
26.2. Maquinado químico	745
26.3. Maquinado electroquímico	750
26.4. Rectificado electroquímico	753
26.5. Maquinado con descarga eléctrica (electroerosionadora de	

penetración)	754
26.6. Maquinado con descarga eléctrica y alambre (electroerosionadora de hilo)	757
26.7. Maquinado con rayo láser	758
26.8. Maquinado con haz de electrones y corte con arco de plasma	761
26.9. Maquinado con chorro de agua	
26.10. Maquinado con chorro de agua	763
26.11. Nanofabricación	764
26.12. Micromaquinado	765
26.13. Economía de los procesos avanzados de maquinado	766
Parte V: Proceso y equipos para unir	771
27. Procesos de soldadura por fusión	775
27.1. Introducción	
27.2. Soldadura con oxígeno y combustible gaseosos	779
27.3. Procesos de soldadura con arco: electrodo consumible	
27.4. Electroodos	786
27.5. Proceso de soldadura con arco: electrodo no consumible	787
27.6. Soldadura con termita	790
27.7. Soldadura con haz de electrones	
27.8. Soldadura con rayo láser	791
27.9. Corte	792
27.10. Seguridad en la soldadura	794
28. Procesos de soldadura en estado sólido	799
28.1. Introducción	
28.2. Soldadura en frío	799
28.3. Soldadura ultrasónica	800
28.4. Soldadura por fricción	801
28.5. Soldadura por resistencia	803
28.6. Soldadura por explosión	812
28.7. Liga (soldadura) por difusión	
28.8. Liga por difusión y formado súperplástico	814
29. La metalurgia de la soldadura; diseño de la soldadura y selección del proceso	819
29.1. Introducción	820
29.2. La unión soldada	
29.3. Calidad de la soldadura	823
29.4. Soldabilidad	828
29.5. Prueba de las uniones soldadas	830
29.6. Diseño de la soldadura y selección del proceso	833
30. Soldadura fuerte, soldadura blanda, adhesión y procesos de sujeción mecánica	839
30.1. Introducción	
30.2. Soldadura fuerte	840
30.3. Soldadura blanda	844
30.4. Unión adhesiva	844
30.5. Sujeción mecánica	856
30.6. Unión de plásticos	860
Parte VI: Tecnología de superficies	867
31. Superficies, su naturaleza, rugosidad y medición	

31.1. Introducción	869
31.2. Estructura y propiedades de las superficies	
31.3. Integridad superficial	871
31.4. Textura superficial	872
31.5. Rigurosidad superficial	873
32. Tribología. Fricción, desgaste y lubricación	
32.1. Introducción	882
32.2. Fricción en los metales	883
32.3. Fricción en plásticos y cerámicos	
32.4. Reducción de la fricción	884
32.5. Medición de la fricción	885
32.6. Desgaste	887
32.7. Desgaste de plásticos y cerámicos	890
32.8. Medición del desgaste	
32.9. Lubricación	891
32.10. Fluidos para conformado de metales	893
32.11. Lubricantes sólidos	895
32.12. Recubrimientos de conversión	
32.13. Selección del fluido para conformado de metales	896
33. Tratamientos, recubrimientos y limpieza de superficies	
33.1. Introducción	902
33.2. Tratamiento mecánico de superficies y revestimientos	903
33.3. Endurecimiento superficial y revestimiento duro	
33.4. Rociado térmico	906
33.5. Deposición de vapor	908
33.6. Implantación iónica	
33.7. Revestimiento por difusión	911
33.8. Electrodeposición, deposición sin electricidad y electroformado	
33.9. Anodizado	913
33.10. Recubrimiento de conversión	
33.11. Inmersión en caliente	914
33.12. Esmaltado de porcelana, recubrimiento cerámico y recubrimientos orgánicos	915
33.13. Recubrimiento de esmalte	916
33.14. Pintura	917
33.15. Texturizado superficial	918
33.16. Limpieza de superficies	919
34. Fabricación de dispositivos microeléctricos	
34.1. Introducción	924
34.2. Semiconductores y silicio	925
34.3. Crecimiento de cristal y preparación de oblea (wafer)	
34.4. Deposición de película	928
34.5. Oxidación	930
34.6. Litografía	931
34.7. Grabado (ataque)	932
34.8. Difusión e implantación de iones	933
34.9. Metalización y prueba	934
34.10. Fijación y empaque	936
34.11. Rendimiento y confiabilidad	938

34.12. Tarjetas de circuito impreso	939
Parte VII: Aspectos comunes en la manufactura	943
35. Metrológica e instrumentación industrial	
35.1. Introducción	945
35.2. Patrones de medición	946
35.3. Instrumentos con graduación	948
35.4. Instrumentos de medición longitudinal comparativa	951
35.5. Propiedades geométrica: medición de rectitud, planicidad, redondez y perfil	953
35.6. Máquinas de medición por coordenadas y maquinas de trazado	956
35.7. Galgas	958
35.8. Instrumentos ópticos	
35.9. Medición automatizada	960
35.10. Características generales y selección de los instrumentos de medición	961
35.11. Dimensionamiento geométrico y establecimiento de tolerancias	
36. Aseguramiento, prueba e inspección de la calidad	
36.1. Introducción	971
36.2. Calidad del producto	972
36.3. Aseguramiento de la calidad	973
36.4. Administración de localidad total	974
36.5. Métodos de Taguchi	976
36.6. las normas ISO y QS	980
36.7. Métodos estadísticos de control de calidad	982
36.8. Control estadístico del proceso	985
36.9. Confiabilidad	
36.10. Pruebas no destructivas	992
36.11. Pruebas destructivas	997
36.12. Inspección automatizada	998
37. Ingeniería de factores humanos, seguridad y responsabilidad por el producto	1004
37.1. Introducción	
37.2. Ingeniería de factores humanos	1005
37.3. Seguridad	1006
37.4. Consideraciones ambientales	1009
37.5. Responsabilidad por el producto	1011
37.6. Ejemplos de demandas de responsabilidad por el producto	1014
Parte VIII: Manufactura en ambiente competitivo	1019
38. Automatización de los procesos de manufactura	
38.1. Introducción	1021
38.2. Automatización	1023
38.3. Control numérico (CN)	1029
38.4. Programación del control numérico	1036
38.5. Control adaptable (CA)	1038
38.6. Manejo y movimiento de materiales	1041
38.7. Robots industriales	1043
38.8. Tecnología de sensores	1051
38.9. Soportes flexibles	1054
38.10. Diseño para ensamblar. Desarmar y dar servicio	1056

39. Sistemas de manufacturas integrados por computadoras	
39.1. Introducción	1067
39.2. Sistemas de manufacturas	1068
39.3. Manufactura integrada por computadora (CIM, computer integrated manufacturing)	1069
39.4. Diseño e ingeniería asistidos por computadora (CAD y Cae, en ingles)	1071
39.5. Manufactura asistida por computadora (CAM)	1075
39.6. Planeación de proceso asistido por computadora (CAPP, computer aided)	1076
39.7. Simulación de los procesos y sistemas de manufactura por computadora	1079
39.8. Tecnología de grupos (TG)	
39.9. Manufactura celular	1086
39.10. Sistemas flexibles de manufactura (SFM)	1088
39.11. Producción justo a tiempo (JIT)	1091
39.12. Redes de comunicaciones en la manufactura	1093
39.13. Inteligencia artificial (IA)	1095
39.14. La fabrica del futuro	1099
40. Aspectos competitivos de la manufactura	
40.1. Introducción	1106
40.2. Selección de materiales	1107
40.3. Diseño del producto y cantidad de materiales	
40.4. Sustitución de materiales	1110
40.5. Selección de los procesos de manufactura	1113
40.6. Posibilidades del proceso	1115
40.7. Costos de manufactura	1119
40.8. Costos de manufactura y volumen de producción	1122
40.9. Ingeniería de valores (del valor intrínseco)	1123
Índice	1137