

INDICE

Capítulo 1.	3
Introducción a la Manufactura	
1.1. Desarrollos históricos	3
1.1.1. Primeros desarrollos	3
1.1.2. La primera Revolución Industrial	4
1.1.3. La segunda Revolución Industrial	4
1.2. Función económica de la manufactura	7
1.3. La manufactura como una actividad técnica	9
1.4. Alcance y propósito del libro	13
1.5. Resumen	15
Lecturas adicionales	16
Capítulo 2.	21
Manufactura	
2.1. La empresa de manufactura	21
2.1.1. Desarrollo de especificaciones	22
2.1.2. Diseño conceptual	23
2.1.3. Diseño del producto	23
2.1.4. Hacer o comprar	25
2.1.5. Diseño del proceso	25
2.1.6. Producción	27
2.1.7. Relaciones con el cliente	27
2.2. Manufactura secuencial	28
2.3. Ingeniería concurrente o simultánea	29
2.4. Manufactura integrada por computadora	30
2.5. Control de los procesos de manufactura	31
2.5.1. Estrategias de control	31
2.5.2. Automatización	34
2.5.3. Control numérico	34
2.6. Resumen	38
Lecturas adicionales	39
Capítulo 3.	43
Atributos Geométricos de las Piezas Manufacturadas	
3.1. Forma	43
3.1.1. Clasificación de la forma	44
3.1.2. Tecnología de grupo	44
3.1.3. Movimiento y control de máquinas herramientas	46
3.2. Dimensiones	48
3.2.1. Unidades dimensionales	48
3.2.2. Tolerancias dimensionales	49
3.3. Desviación de forma y posición	51
3.4. Metrología de ingeniería	52
3.4.1. Principios de medición	53
3.4.2. Calibradores	56
3.4.3. Dispositivos graduados de medición	58
3.4.4. Medición comparativa de la longitud	61
3.4.5. Dispositivos ópticos	63
3.4.6. Máquinas de medición	63

3.5. Topografía superficial	65
Problemas	73
Lecturas adicionales	75
Capítulo 4. Atributos de Servicio de los productos Manufacturados	77
4.1. Propiedades mecánicas en tensión	78
4.1.1. El ensayo de tensión	78
4.1.2. Interacciones equipo / proceso	78
4.1.3. Resistencia en tensión	82
4.1.4. Ductibilidad en tensión	85
4.1.5. Aseguramiento del incremento de la ductibilidad	90
4.1.6. Efecto de muesca	90
4.1.7. Ensayos de flexión	91
4.2. Energía de impacto y tenacidad a la fractura	93
4.3. Compresión	95
4.4. Dureza	98
4.5. Fatiga	100
4.6. Propiedades a temperatura elevada	103
4.7. Esfuerzos residuales	106
4.8. Ensayos no destructivos (NDT)	108
4.9. Propiedades físicas	110
4.9.1. Densidad	110
4.9.2. Propiedades tribológicas	111
4.9.3. Propiedades eléctricas	115
4.9.4. Propiedades magnéticas	116
4.9.5. Propiedades térmicas	116
4.9.6. Propiedades ópticas	118
4.10. Propiedades químicas	118
4.11. Resumen	120
Lecturas adicionales	122
Capítulo 5. Materiales en el Diseño y la Manufactura	125
5.1. Diseño	125
5.2. Tipos principales de materiales e ingeniería	129
5.2.1. Metales	129
5.2.2. Cerámicas	133
5.2.3. Plásticos	134
5.2.4. Estructuras compuestas	135
5.2.5. Uniones	137
5.3. Aspectos ambientales	137
5.3.1. Impacto en el diseño	137
5.3.2. Impacto en la manufactura	138
5.4. Reciclaje	139
5.4.1. Metales	139
5.4.2. Cerámicos	140
5.4.3. Plásticos	141
5.4.4. Compuestos	142
5.5. Resumen	142
Lecturas adicionales	142
Capítulo 6. Solidificación y Tratamiento Térmico de Metales	145

6.1. Solidificación	145
6.1.1. Metales puros	146
6.1.2. Soluciones sólidas	148
6.1.3. Sistemas eutécticos	152
6.1.4. Sistemas peritéticos	154
6.1.5. fases intermetálicas	155
6.1.6. Solidificación no en equilibrio	156
6.1.7. Nucleación y crecimiento e granos	158
6.2. Reacciones de estado sólido	160
6.2.1. El sistema hierro – carburo de hierro	160
6.3. Relaciones estructura – propiedad	163
6.3.1. Metales y aleaciones de una sola fase	163
6.3.2. Materiales de dos fases	166
6.3.3. Aleaciones ternarias y de componentes múltiples	170
6.3.4. Inclusiones	171
6.3.5. Gases	172
6.3.6. Efecto del tamaño del grano	174
6.4. Tratamiento térmico	176
6.4.1. Recocido	176
6.4.2. Endurecimiento por precipitación	176
6.4.3. Tratamiento térmico del acero	179
6.4.4. Tratamiento superficial del acero	182
6.5. Resumen	183
Problemas	184
Lecturas adicionales	185
Capítulo 7. Fundición de Metales	189
7.1. Estructura y propiedades de las fundiciones	189
7.1.1. Solidificación de fusiones	190
7.1.2. Macrosegregación	193
7.2. Propiedades de las fundiciones	193
7.2.1. Viscosidad	194
7.2.2. Efectos superficiales	196
7.2.3. Fluidez	196
7.3. Aleaciones para fundición	198
7.3.1. Materiales ferrosos	199
7.3.2. Materiales no ferrosos	203
7.4. Fusión y vaciado	207
7.4.1. Fusión	207
7.4.2. Vaciado	209
7.4.3. Aseguramiento de la calidad	210
7.5. Procesos de vaciado	211
7.5.1. Clasificación	211
7.5.2. Fundición de lingotes	212
7.5.3. Fundición de formas	214
7.5.4. Vaciado en molde desechables, modelo permanente	221
7.5.5. Fundición en molde desechable, modelo desechable	229
7.5.6. Fundición en molde permanente	232
7.5.7. Función centrífuga	238

7.6. Procesos de acabado	240
7.6.1. Limpieza y acabado	240
7.6.2. Cambio de las propiedades después de la fundición	240
7.7. Aseguramiento de la calidad	241
7.7.1. Inspección	241
7.7.2. Defectos de fundición	242
7.8. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	243
7.8.1. capacidades del proceso	243
7.8.2. Diseño de piezas	245
7.9. Resumen	250
Problemas	251
Lecturas adicionales	256
Capítulo 8. Deformación Plástica de los Metales	259
8.1. Propiedades de los materiales	260
8.1.1. Esfuerzo de fluencia en el trabajo en frío	260
8.1.2. Fluencia discontinua	265
8.1.3. Textura (anisotropía)	267
8.1.4. Efectos del trabajo en frío	271
8.1.5. Recocido	273
8.1.6. Trabajo en caliente	276
8.1.7. Interacciones entre la deformación y la estructura	281
8.2. Mecánica del procesado por deformación	286
8.2.1. Criterios de cedencia	286
8.2.2. Esfuerzos relevantes de fluencia	289
8.2.3. Efectos de la fricción	290
8.2.4. Lubricación	294
8.2.5. Deformación no homogénea	296
8.2.6. Factibilidad volumétrica	298
8.2.7. Formalidades de láminas	300
8.3. Aleaciones forjadas	301
8.3.1. Aceros al carbono	301
8.3.2. Aceros aleados	303
8.3.3. Materiales no ferroso	303
8.4. Resumen	306
Problemas	307
Lecturas adicionales	310
Capítulo 9. Procesos de Deformación Volumétrica	313
9.1. Clasificación	313
9.1.1. Temperatura de deformación	314
9.1.2. Propósito de la deformación	315
9.1.3. Análisis	316
9.2. Forjado en matriz abierta	318
9.2.1. Recalado axial de un cilindro	319
9.2.2. Forjado de piezas rectangulares de trabajo	325
9.2.3. Forjado en matriz abierta	330
9.2.4. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	335
9.3. Forjado por matriz de impresión y matriz cerrada	338
9.3.1. Forjado por matriz de impresión	338

9.3.2. Forjado por matriz cerrada	345
9.3.3. Laminado con forjado y estampado rotatorio	346
9.4. Extrusión	349
9.4.1. Proceso de extrusión	349
9.4.2. Extrusión en caliente	351
9.4.3. Extrusión en frío	353
9.4.4. Fuerza de extrusión	354
9.4.5. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	357
9.5. Equipo de forjado y de extrusión	360
9.5.1. Herramientas y matrices	361
9.5.2. Martinetes	364
9.5.3. Prensas	366
9.6. Estirado	369
9.6.1. Proceso de estirado	369
9.6.2. Fuerzas	371
9.6.3. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	372
9.7. Laminado	373
9.7.1. Laminado plano	373
9.7.2. Laminado de formas	376
9.7.3. Laminado de anillos	376
9.7.4. Laminado transversal	377
9.7.5. Requerimientos de fuerzas y potencia	379
9.7.6. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	382
9.8. Resumen	386
Problemas	387
Lecturas adicionales	393
Capítulo 10. Procesos de Conformado de Lámina	395
10.1. Materiales en lámina	395
10.1.1. Aceros	396
10.1.2. Metales no ferrosos	399
10.1.3. Topografía superficial	400
10.2. Clasificación	400
10.3. Cizallado	400
10.3.1. Proceso de cizallado	402
10.3.2. Fuerzas	403
10.3.3. Perfeccionamiento de la calidad del corte	405
10.3.4. Procesos	406
10.4. Doblado	409
10.4.1. Proceso de doblado	410
10.4.2. Límites del doblado	411
10.4.3. Esfuerzos y recuperación elástica	412
10.4.4. Métodos de doblados	415
10.5. Formado por estirado	418
10.5.1. Procesos del formado por estirado	418
10.5.2. Formalidad en el estirado	419
10.5.3. Diagrama de límite de conformado	420
10.6. Embutido profundo	422
10.6.1. El proceso de embutido	426

10.6.2. Razón límite de embutido	426
10.6.3. Embutido secundario	428
10.7. Estirado – embutido	429
10.8. Prensado	433
10.9. Procesos especiales	435
10.10. Matrices y equipo para el conformado de lámina metálica	441
10.11. Alcances del procesos y aspectos del diseño	442
10.12. Resumen	446
Problemas	447
Lecturas adicionales	452
Capítulo 11. Metalurgia de Polvos	455
11.1. Clasificación	455
11.2. El polvo	456
11.2.1. Producción de polvos	456
11.2.2. Caracterización de polvos	459
11.2.3. Preparación del polvo	460
11.2.4. Mezclado	461
11.3. Consolidación de polvos	462
11.3.1. Compactación en frío	463
11.3.2. Moldeo por inyección	468
11.4. Sinterizado y acabado	468
11.4.1. Sinterizado	468
11.4.2. Acabado	472
11.5. Compactación en caliente	473
11.6. Productos de la metalurgia de polvos	475
11.7. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	478
11.8. Electroformado	481
11.9. Resumen	483
Problemas	484
Lecturas adicionales	486
Capítulo 12. Procesamiento de Cerámicas	489
12.1. Características de las cerámicas	490
12.1.1. Enlace y estructura	490
12.1.2. Propiedades de las cerámicas	492
12.2. Clasificación de los procesos para cerámicas	495
12.3. Materiales cerámicos	497
12.3.1. Cerámicos naturales	479
12.3.2. Cerámicos manufacturados	499
12.4. Procesamiento de cerámicos en partículas	499
12.4.1. Preparación de polvos	500
12.4.2. Consolidación de polvos cerámicos	501
12.4.3. Secado y maquinado en crudo	503
12.4.4. Sinterizado	504
12.4.5. Compactación en caliente	505
12.4.6. Aplicaciones	506
12.4.7. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	510
12.5. Vidrios	510
12.5.1. Estructura y propiedades de los vidrios	512

12.5.2. Procesos de manufactura	514
12.5.3. Recubrimientos	522
12.5.4. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	522
12.6. Resumen	523
Problemas	524
Lecturas adicionales	526
Capítulo 13. Polímeros y Plásticos	529
13.1. Reacciones de polimerización	530
13.2. Polímeros lineales (termoplásticos)	532
13.2.1. Estructura de los polímeros lineales	532
13.2.2. Fuentes de resistencia	534
13.2.3. Polímeros cristalinos y amorfos	536
13.2.4. Reología de los polímeros lineales	539
13.3. Polímeros con enlaces cruzados (termoestables)	545
13.4. Elastómeros	547
13.5. Aditivos y rellenos	549
13.5.1. Aditivos	550
13.5.2. Rellenos	551
13.6. Propiedades de servicio de los plásticos	552
13.6.1. Propiedades mecánicas	552
13.6.2. Propiedades físicas y químicas	556
13.7. Plásticos	557
13.7.1. Termoplásticos	558
13.7.2. Termofijos	563
13.7.3. Elastómeros	566
13.8. Resumen	566
Problemas	567
Lecturas adicionales	569
Capítulo 14. Procesamiento de Plásticos	571
14.1. Clasificación	571
14.2. Vaciado	572
14.3. Procesamiento por fusión (moldeo)	574
14.3.1. Principios del procesamiento por fusión	574
14.3.2. Extrusión	576
14.3.3. Moldeo por inyección	585
14.3.4. Otras técnicas de moldeo	589
14.3.5. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	592
14.4. Procesamiento en el estado elástico	597
14.4.1. Moldeo por soplado	597
14.4.2. Termoformado	600
14.4.3. Estirado en frío	603
14.4.4. Formado en matrices acopladas	603
14.4.5. Capacidades del proyectos y aspectos del diseño	603
14.5. Técnicas del procesamiento para granulados	604
14.6. Plásticos celulares o espumas	604
14.7. Procesamiento de elastómeros	606
14.8. Equipo para procesamiento de plásticos	606
14.9. Resumen	607

Problemas	608
Lecturas adicionales	610
Capítulo 15. Compuestos	613
15.1. Clasificación de los compuestos	614
15.1.1. Compuestos particulares	614
15.1.2. Reforzamiento fibroso	614
15.2. Fibras de refuerzo	618
15.3. Compuestos de matriz polimérica	619
15.3.1. Polímeros	619
15.3.2. Aplicaciones de los polímeros	620
15.4. Fabricación de compuestos de matriz polimérica	622
15.4.1. Proceso en molde abierto	622
15.4.2. Pultrusión	625
15.4.3. Moldeo en matrices acopladas	625
15.4.4. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	627
15.5. Compuestos de matriz metálica	628
15.6. Compuestos de matriz cerámica	630
15.7. Resumen	632
Problemas	633
Lecturas adicionales	635
Capítulo 16. Maquinado	637
16.1. Proceso de corte de metal	638
16.1.1. Corte ortogonal ideal	638
16.1.2. Fuerzas en el corte	640
16.1.3. Corte ortogonal realista	643
16.1.4. Corte oblicuo	650
16.1.5. Fuerza y requisitos de energía	652
16.1.6. Temperaturas	655
16.1.7. Fluidos de corte	657
16.1.8. Vida de las herramientas	660
16.1.9. Calidad de la superficie	665
16.2. Material de trabajo	668
16.2.1. Maquinalidad	668
16.2.2. Materiales maquinables	669
16.2.3. Materiales ferrosos	670
16.2.4. Materiales no ferrosos	673
16.3. Herramientas de corte	674
16.3.1. Materiales de la herramienta	674
16.3.2. Construcción de herramientas	681
16.3.3. Portaherramientas y aditamentos	682
16.4. Clasificación	683
16.4.1. Formado	683
16.4.2. Generación	685
16.5. Maquinado de un solo punto	686
16.5.1. Herramienta	636
16.5.2. Torneado	688
16.5.3. Perforado	690
16.5.4. Perforación de cañones y trepanado	692

16.5.5. Careado	692
16.5.6. Formado	692
16.5.7. Torno automático	692
16.5.8. Torno revólver	693
16.5.9. Máquinas automáticas para la fabricación de tornillos	694
16.5.10. Cepillado y acepillado	697
16.6. Maquinado de puntos múltiples	697
16.6.1. Taladrado	697
16.6.2. Fresado	701
16.6.3. Aserrado y limado	705
16.6.4. Escariado y corte de roscas	706
16.6.5. Producción de engranes	706
16.7. Elección de las variables del proceso	709
16.7.1. Velocidades y avances de corte	714
16.7.2. Tiempo y potencia de corte	714
16.7.3. Elección de la máquina herramienta	715
16.7.4. Control numérico t automatización	716
16.7.5. Optimización del proceso de corte	719
16.8. Maquinado abrasivo	722
16.8.1. Clasificación	723
16.8.2. El proceso del maquinado abrasivo	723
16.8.3. Abrasivos	725
16.8.4. Esmerilado	726
16.8.5. Otros procesos con abrasivos aglutinados	732
16.8.6. Proceso con abrasivos sueltos	733
16.9. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	736
16.9.1. Aspectos del diseño	737
16.9.2. Maquinado de precisión	740
16.10. Resumen	742
Problemas	743
Lecturas adicionales	750
Capítulo 17. Procesos no Tradicionales de Maquinado	753
17.1. Clasificación	753
17.2. Maquinado químico (MQ)	754
17.3. Maquinado electroquímico (ECM)	756
17.4. Maquinado por descarga eléctrica (EDM)	758
17.5. Maquinado por haz de alta energía	761
17.5.1. Maquinado por haz de electrones (EBM)	761
17.5.2. Maquinado por rayos láser (LBM)	762
17.6. Maquinado de materiales no metálicos	765
17.6.1. Maquinado de materiales cerámicos	765
17.6.2. Maquinado de plásticos	766
17.6.3. Maquinado de compuestos	767
17.7. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	767
17.8. Resumen	768
Problemas	769
Lecturas adicionales	771
Capítulo 18. Procesos de Unión	773

18.1. Clasificación	773
18.2. Uniones mecánicas	775
18.3. Soldaduras de estado sólido	777
18.3.1. Soldadura e frío (CW)	778
18.3.2. Soldaduras por difusión	780
18.3.3. Soldaduras en caliente	781
18.3.4. Soldadura por fricción (FRW)	782
18.4. Soldaduras por fusión	783
18.4.1. Unión por fusión	784
18.4.2. Soldabilidad y calidad de la soldadura	788
18.4.3. Materiales soldables	791
18.5. Soldadura por resistencia	794
18.6. Soldadura con arco eléctrico	798
18.6.1. Soldadura con electrodo consumible	801
18.6.2. Soldadura con electrodo consumible	801
18.6.3. Soldadura de pieza de trabajo consumible	804
18.7. Otros procesos de soldadura y de corte	805
18.7.1. Fuentes químicas de calor	806
18.7.2. Soldadura con haz de alta energía	807
18.7.3. Corte	810
18.8. Unión en estado líquido – sólido	810
18.8.1. Enlace	811
18.8.2. Soldadura fuerte	813
18.8.3. Soldadura blanda	815
18.9. Uniones adhesivas	817
18.9.1. Características de los adhesivos estructurales	817
18.9.2. Tipos de adhesivos y su aplicación	819
18.10. Unión de plástico y cerámicos	821
18.10.1. Unión de plásticos	821
18.10.2. Unión de cerámicos	822
18.11. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	823
18.12. Laminados	828
18.13. Fabricación de formas sólidas libres	829
18.13.1. Propósito de las fabricación de formas libres	830
18.13.2. Procesos de fabricación de formas sólidas libres	832
18.14. Resumen	834
Problemas	835
Lecturas adicionales	838
Capítulo 19. Tratamiento Superficiales	841
19.1. Clasificación	841
19.2. Procesos de remoción	842
19.3. Recubrimientos de conversión	843
19.4. Tratamientos por calor	844
19.4.1. Tratamiento térmico de la superficie	844
19.4.2. Recubrimiento por difusión	845
19.4.3. Recubrimiento por inmersión caliente	846
19.4.4. Recubrimientos por sobrecapas de soldadura	846
19.5. Recubrimientos metálicos	849

19.5.1. Electrodeposición	849
19.5.2. recubrimiento sin electricidad	850
19.5.3. Metalización de plásticos y cerámicos	851
19.6. Deposición física por vapor (PVD)	852
19.6.1. PVD térmica	852
19.6.2. Deposición de metal por bombardeo iónico	853
19.6.3. Recubrimientos iónico	855
19.6.4. Carburación y nitruración por plasma	855
19.7. Deposición química por vapor (CVD)	855
19.8. Implantación de iones	857
19.9. Recubrimientos orgánicos	858
19.10. Capacidades del proceso y aspectos del diseño	860
19.11. Resumen	861
Problemas	862
Lecturas adicionales	863
Capítulo 20. Manufactura de Dispositivos Semiconductores	865
20.1. Elementos de dispositivos semiconductores	867
20.1.1. Semiconductor	867
20.1.2. Dispositivos semiconductores	870
20.1.3. Circuitos integradas	873
20.2. Manufactura de obleas de silicio	875
20.2.1. Producción de EGS	876
20.2.2. Crecimiento de cristales	877
20.2.3. Preparación de las obras	878
20.3. Fabricación de Dispositivos	879
20.3.1. perfil de la secuencia del proceso	880
20.3.2. Técnicas básicas de fabricación	880
20.3.3. Para cambiar la composición de la superficie	881
20.3.4. Deposición de películas superficiales	883
20.3.5. Litografía	888
20.3.6. Ataque químico	891
20.3.7. Integración del proceso	893
20.3.8. Encapsulado	896
20.4. Circuitos impresos	901
20.4.1. Métodos de fabricación de película delgada	901
20.4.2. Circuitos de película gruesa	902
20.4.3. Soldadura	903
20.5. Microfabricación	905
20.5.1. Técnica de microfabricación	905
20.5.2. Nanotecnología	908
20.6. Resumen	910
Problemas	911
Lecturas adicionales	911
Capítulo 21. Sistemas de Manufactura	915
21.1. Movimiento de materiales	915
21.1.1. Movimiento manual del material	916
21.1.2. Movimiento mecanizado de materiales	916
21.1.3. Robots	918

21.2. Organización de la producción	921
21.2.1. Características de la producción	921
21.2.2. Método óptimo de manufactura	922
21.2.3. Organización para la producción en masa	924
21.2.4. Organización de la producción en lotes	926
21.2.5. Organización del ensamble	930
21.2.6. Programación del ensamble	932
21.3. Administración de la calidad	933
21.3.1. Aseguramiento de calidad	935
21.3.2. Aspectos estadísticos de la manufactura	936
21.3.3. Control de aceptación	936
21.3.4. Control estadístico del proceso	937
21.4. Administración de la manufactura	943
21.4.1. Organización de la compañía	943
21.4.2. Ingeniería de manufactura	945
Problemas	947
Lecturas adicionales	947
Capítulo 22. Aspectos Competitivos de los Procesos de Manufactura	951
22.1. Competencia en la economía global	951
22.2. Costos de manufactura	953
22.2.1. Costo y productividad	953
22.2.2. Costos de operación (costos directos)	955
22.2.3. Costos indirectos	956
22.2.4. Costos fijos	957
22.3. Competencia entre los procesos de manufactura	957
22.4. Competencia entre materiales	958
22.5. Identificación del enfoque óptimo	690
22.6. Resumen	967
Problemas	968
Lecturas adicionales	970
Apéndice A.	971
Tabla de conversión	
Apéndice B.	973
Conversión aproximada de valores de la dureza	
Apéndice C.	975
Soluciones a problemas numéricos selectos	
Índice	977