

Contenido

PARTE I Principios de diseño y análisis de esfuerzos 1

1 La naturaleza del diseño mecánico 2

Panorama 3

Usted es el diseñador 9

- 1-1 Objetivos de este capítulo 9
- 1-2 El proceso del diseño mecánico 9
- 1-3 Conocimientos necesarios en el diseño mecánico 11
- 1-4 Funciones, requisitos de diseño y criterios de evaluación 11
- 1-5 Ejemplo de la integración de los elementos de máquina en un diseño mecánico 14
- 1-6 Ayudas de cómputo en este libro 17
- 1-7 Cálculos de diseño 17
- 1-8 Tamaños básicos preferidos, roscas de tornillos y perfiles estándar 18
- 1-9 Sistemas de unidades 24
- 1-10 Diferencia entre peso, fuerza y masa 26

Referencias 27

Sitios de Internet 27

Problemas 28

2 Materiales en el diseño mecánico 29

Panorama 30

Usted es el diseñador 31

- 2-1 Objetivos de este capítulo 32
- 2-2 Propiedades de los materiales 32
- 2-3 Clasificación de metales y aleaciones 44
- 2-4 Variabilidad de los datos sobre propiedades de los materiales 45
- 2-5 Acero al carbón y aleado 46
- 2-6 Condiciones para aceros y tratamiento térmico 49
- 2-7 Aceros inoxidables 53
- 2-8 Acero estructural 54

- 2-9 Aceros para herramientas 54
- 2-10 Hierro colado 54
- 2-11 Metales pulverizados 56
- 2-12 Aluminio 57
- 2-13 Aleaciones de zinc 59
- 2-14 Titanio 60
- 2-15 Cobre, latón y bronce 60
- 2-16 Aleaciones a base de níquel 61
- 2-17 Plásticos 61
- 2-18 Materiales compuestos 65
- 2-19 Selección de materiales 77

Referencias 78

Sitios de Internet 79

Problemas 80

3 Análisis de esfuerzos y deformaciones 83

Panorama 84

Usted es el diseñador 85

- 3-1 Objetivos de este capítulo 89
- 3-2 Filosofía de un diseño seguro 89
- 3-3 Representación de esfuerzos en un elemento de esfuerzos 89
- 3-4 Esfuerzos directos: tensión y compresión 90
- 3-5 Deformación bajo una carga axial directa 92
- 3-6 Esfuerzo cortante directo 92
- 3-7 Relación entre par de torsión, potencia y velocidad de giro 94
- 3-8 Esfuerzo cortante torsional 95
- 3-9 Deformación por torsión 97
- 3-10 Torsión en miembros con sección transversal no circular 98
- 3-11 Torsión en tubos cerrados de pared delgada 100
- 3-12 Tubos abiertos y comparación con los tubos cerrados 100
- 3-13 Esfuerzo cortante vertical 102
- 3-14 Fórmulas especiales de esfuerzo cortante 104

- 3-15 Esfuerzo debido a flexión 105
- 3-16 Centro de flexión para vigas 107
- 3-17 Deflexiones en vigas 108
- 3-18 Ecuaciones para la forma de la viga flexionada 110
- 3-19 Vigas con momentos de flexión concentrados 112
- 3-20 Esfuerzos normales combinados: principio de superposición 117
- 3-21 Concentraciones de esfuerzos 119
- 3-22 Sensibilidad a la muesca y factor de reducción de resistencia 122

Referencias 123**Sitios de Internet 123****Problemas 123****4 Esfuerzos combinados y el círculo de Mohr 135****Panorama 136****Usted es el diseñador 136**

- 4-1 Objetivos de este capítulo 138
- 4-2 Caso general de esfuerzos combinados 138
- 4-3 El círculo de Mohr 145
- 4-4 Problemas prácticos para el círculo de Mohr 151
- 4-5 Un caso: cuando ambos esfuerzos principales tienen el mismo signo 155
- 4-6 El círculo de Mohr para condiciones especiales de esfuerzos 158
- 4-7 Análisis de condiciones complejas de carga 161

Referencias 162**Sitios de Internet 162****Problemas 162****5 Diseño para distintos tipos de carga 163****Panorama 164****Usted es el diseñador 166**

- 5-1 Objetivos de este capítulo 166
- 5-2 Tipos de carga y relación de esfuerzos 166
- 5-3 Resistencia a la fatiga 172
- 5-4 Resistencia a la fatiga real estimada, s'_n 173
- 5-5 Problemas ejemplo para estimar la resistencia a la fatiga real 181
- 5-6 Filosofía de diseño 182

- 5-7 Factores de diseño 185
- 5-8 Predicciones de falla 186
- 5-9 Métodos de análisis de diseños 193
- 5-10 Procedimiento general de diseño 197
- 5-11 Ejemplos de diseño 200
- 5-12 Métodos estadísticos para el diseño 213
- 5-13 Vida finita y método de acumulación de daños 214

Referencias 218**Problemas 219****6 Columnas 229****Panorama 230****Usted es el diseñador 231**

- 6-1 Objetivos de este capítulo 231
- 6-2 Propiedades de la sección transversal de una columna 232
- 6-3 Fijación de un extremo y longitud efectiva 232
- 6-4 Relación de esbeltez 234
- 6-5 Relación de esbeltez de transición 234
- 6-6 Análisis de columnas largas: la fórmula de Euler 235
- 6-7 Análisis de columnas cortas: la fórmula de J. B. Johnson 239
- 6-8 Hoja de cálculo para análisis de columnas 241
- 6-9 Formas eficientes de sección transversal de columnas 244
- 6-10 Diseño de columnas 245
- 6-11 Columnas torcidas 250
- 6-12 Columnas con carga excéntrica 251

Referencias 257**Problemas 257**

PARTE II Diseño de una transmisión mecánica 261**7 Transmisiones por bandas y por cadenas 264****Panorama 265****Usted es el diseñador 267**

- 7-1 Objetivos de este capítulo 267
- 7-2 Tipos de transmisiones por bandas 268
- 7-3 Transmisiones por bandas en V 269

7-4	Diseño de transmisiones por bandas en V	272
7-5	Transmisiones por cadenas	283
7-6	Diseño de transmisiones de cadenas	285
Referencias		296
Sitios de Internet		298
Problemas		298

8 Cinemática de los engranes 300

Panorama		301
Usted es el diseñador		305
8-1	Objetivos de este capítulo	306
8-2	Estilos de engranes rectos	306
8-3	Geometría de los engranes rectos: forma involuta del diente	307
8-4	Nomenclatura y propiedades del diente de engranes rectos	308
8-5	Interferencia entre dientes de engranes rectos	320
8-6	Relación de velocidades y trenes de engranes	322
8-7	Geometría de los engranes helicoidales	329
8-8	Geometría de los engranes cónicos	333
8-9	Tipos de engranes de tornillo sinfín	339
8-10	Geometría del tornillo y engrane sinfín	341
8-11	Geometría típica de los conjuntos de sinfín y corona	344
8-12	Valor de tren para trenes de engranajes complejos	347
8-13	Proposición de trenes de engranajes	350
Referencias		357
Sitios de Internet		357
Problemas		358

9 Diseño de engranes rectos 363

Panorama		364
Usted es el diseñador		365
9-1	Objetivos de este capítulo	365
9-2	Conceptos de los capítulos anteriores	366
9-3	Fuerzas, par torsional y potencia en engranes	367
9-4	Manufactura de engranes	370
9-5	Calidad de engranes	372
9-6	Números de esfuerzo admisibles	378
9-7	Materiales de los engranes metálicos	379
9-8	Esfuerzos en los dientes de engranes	385
9-9	Selección del material del engrane con base en el esfuerzo flexionante	394

9-10	Resistencia a la picadura de los dientes de engranes	399
9-11	Selección del material del engrane con base en el esfuerzo de contacto	402
9-12	Diseño de engranes rectos	407
9-13	Diseño de engranes con el sistema de módulo métrico	413
9-14	Diseño y análisis de engranes rectos asistido por computadora	415
9-15	Uso de la hoja de cálculo para el diseño de engranes rectos	419
9-16	Capacidad de transmisión de potencia	428
9-17	Consideraciones prácticas para engranes y su interfase con otros elementos	430
9-18	Engranes de plástico	434
Referencias		442
Sitios de Internet		443
Problemas		444

10 Engranes helicoidales, cónicos y de tornillo sinfín y corona 449

Panorama		450
Usted es el diseñador		452
10-1	Objetivos de este capítulo	452
10-2	Fuerzas sobre los dientes de engranes helicoidales	452
10-3	Esfuerzos en los dientes de engranes helicoidales	455
10-4	Resistencia a la picadura de los dientes de engranes helicoidales	459
10-5	Diseño de engranes helicoidales	460
10-6	Fuerzas en los engranes cónicos rectos	463
10-7	Cargas sobre los cojinetes de ejes en engranes cónicos	465
10-8	Momentos flexionantes en ejes de engranes cónicos	470
10-9	Esfuerzos en los dientes de engranes cónicos rectos	470
10-10	Diseño de engranes cónicos por resistencia a la picadura	473
10-11	Fuerzas, fricción y eficiencia en conjuntos de tornillo sinfín y corona	475
10-12	Esfuerzos en los dientes de tornillos sinfines y coronas	481
10-13	Durabilidad de la superficie en transmisiones de tornillo sinfín y corona	482
Referencias		488
Sitios de Internet		489
Problemas		489

11 Cuñas, acoplamientos y sellos 491**Panorama 492****Usted es el diseñador 493**

- 11-1 Objetivos de este capítulo 493
- 11-2 Cuñas 494
- 11-3 Materiales para las cuñas 498
- 11-4 Análisis de esfuerzos para determinar la longitud de las cuñas 499
- 11-5 Estrías 503
- 11-6 Otros métodos para fijar elementos en los ejes 508
- 11-7 Acoplamientos 513
- 11-8 Juntas universales 516
- 11-9 Anillos de retención y otros métodos de localización axial 518
- 11-10 Tipos de sellos 521
- 11-11 Materiales de los sellos 525

Referencias 526**Sitios de Internet 527****Problemas 528****12 Diseño de ejes 530****Panorama 531****Usted es el diseñador 532**

- 12-1 Objetivos de este capítulo 532
- 12-2 Procedimiento para diseñar ejes 532
- 12-3 Fuerzas que ejercen los elementos de máquinas sobre los ejes 535
- 12-4 Concentraciones de esfuerzos en los ejes 540
- 12-5 Esfuerzos de diseño para ejes 543
- 12-6 Ejes sólo sometidos a flexión y a torsión 546
- 12-7 Ejemplo de diseño de un eje 548
- 12-8 Tamaños básicos recomendados para los ejes 552
- 12-9 Ejemplos adicionales de diseño 553
- 12-10 Hoja de cálculo auxiliar en el diseño de ejes 561
- 12-11 Rigidez del eje y consideraciones dinámicas 562
- 12-12 Ejes flexibles 563

Referencias 564**Sitios de Internet 564****Problemas 565****13 Tolerancias y ajustes 575****Panorama 576****Usted es el diseñador 577**

- 13-1 Objetivos de este capítulo 577
- 13-2 Factores que afectan las tolerancias y los ajustes 578
- 13-3 Tolerancias, procesos de producción y costos 578
- 13-4 Tamaños básicos preferidos 581
- 13-5 Ajustes de holgura 581
- 13-6 Ajustes de interferencia 585
- 13-7 Ajustes de transición 586
- 13-8 Esfuerzos en ajustes forzados 587
- 13-9 Métodos generales para asignar tolerancias 591
- 13-10 Diseño de producto robusto 592

Referencias 594**Sitios de Internet 594****Problemas 595****14 Cojinetes con contacto de rodadura 597****Panorama 598****Usted es el diseñador 599**

- 14-1 Objetivos de este capítulo 600
- 14-2 Tipos de cojinetes con contacto de rodadura 600
- 14-3 Rodamientos de empuje 604
- 14-4 Rodamientos montados 604
- 14-5 Materiales de los rodamientos 606
- 14-6 Relación entre carga y duración 606
- 14-7 Datos de los fabricantes de rodamientos 606
- 14-8 Duración de diseño 611
- 14-9 Selección de rodamientos: sólo cargas radiales 613
- 14-10 Selección de rodamientos: cargas radiales y de empuje, combinadas 614
- 14-11 Montaje de los rodamientos 616
- 14-12 Rodamientos de rodillos cónicos 618
- 14-13 Consideraciones prácticas en la aplicación de los rodamientos 621
- 14-14 Importancia del espesor de la película de aceite en los rodamientos 624
- 14-15 Cálculo de la duración bajo cargas variables 625

Referencias 627**Sitios de Internet 627****Problemas 628**

15 Terminación del diseño de una transmisión de potencia 630**Panorama 631**

- 15-1 Objetivos de este capítulo 631
- 15-2 Descripción de la transmisión de potencia a diseñar 631
- 15-3 Alternativas de diseño y selección del método de diseño 633
- 15-4 Opciones de diseño para el reductor de engranes 635
- 15-5 Proposición general y detalles de diseño del reductor 635
- 15-6 Detalles finales de diseño para los ejes 652
- 15-7 Dibujo del conjunto 655

Referencias 657**Sitios de Internet 657****PARTE III Detalles de diseño y otros elementos de máquinas 659****16 Cojinetes de superficie plana 660****Panorama 661****Usted es el diseñador 663**

- 16-1 Objetivos de este capítulo 663
- 16-2 La tarea de diseñar un cojinete 663
- 16-3 El parámetro $\mu n/p$ del cojinete 665
- 16-4 Materiales para cojinetes 666
- 16-5 Diseño de cojinetes con lubricación 668
- 16-6 Cojinetes con lubricación hidrodinámica de película completa 674
- 16-7 Diseño de cojinetes con lubricación hidrodinámica de película completa 675
- 16-8 Consideraciones prácticas para los cojinetes de superficie plana 682
- 16-9 Cojinetes hidrostáticos 683
- 16-10 Tribología: Fricción, lubricación y desgaste 687

Referencias 691**Sitios de Internet 692****Problemas 693****17 Elementos con movimiento lineal 694****Panorama 695****Usted es el diseñador 698****17-1 Objetivos de este capítulo 698****17-2 Tornillos de potencia 699****17-3 Tornillos de bolas 704****17-4 Consideraciones de aplicación para tornillos de potencia y tornillos de bolas 707****Referencias 709****Sitios de Internet 709****Problemas 709****18 Sujetadores 711****Panorama 712****Usted es el diseñador 713**

- 18-1 Objetivos de este capítulo 714
- 18-2 Materiales para pernos y sus resistencias 714
- 18-3 Designaciones de roscas y área de esfuerzo 717
- 18-4 Carga de sujeción y apriete de las uniones atornilladas 719
- 18-5 Fuerza aplicada externamente sobre una unión atornillada 722
- 18-6 Resistencia al arranque de rosca 723
- 18-7 Otros tipos de sujetadores y accesorios 724
- 18-8 Otros métodos de sujeción y unión 726

Referencias 727**Sitios de Internet 727****Problemas 728****19 Resortes 729****Panorama 730****Usted es el diseñador 731**

- 19-1 Objetivos de este capítulo 732
- 19-2 Tipos de resortes 732
- 19-3 Resortes helicoidales de compresión 735
- 19-4 Esfuerzos y deflexiones en resortes helicoidales de compresión 744
- 19-5 Análisis de las características de los resortes 746
- 19-6 Diseño de resortes helicoidales de compresión 749
- 19-7 Resortes de extensión 757
- 19-8 Resortes helicoidales de torsión 762
- 19-9 Perfeccionamiento de los resortes mediante remachado por munición 769
- 19-10 Fabricación de resortes 770

Referencias 770**Sitios de Internet 770****Problemas 771**

20 Bastidores de máquina, conexiones atornilladas y uniones soldadas 773

Panorama 774

Usted es el diseñador 775

- 20-1 Objetivos de este capítulo 775
- 20-2 Bastidores y estructuras de máquinas 776
- 20-3 Juntas atornilladas y con cargas excéntricas 780
- 20-4 Uniones soldadas 783

Referencias 792

Sitios de Internet 792

Problemas 793

21 Motores eléctricos y controles 795

Panorama 796

Usted es el diseñador 797

- 21-1 Objetivos de este capítulo 797
- 21-2 Factores de selección de motores 798
- 21-3 Energía de corriente alterna e información general sobre motores de CA 799
- 21-4 Principios de operación de los motores de inducción para CA 800
- 21-5 Funcionamiento del motor de CA 802
- 21-6 Motores trifásicos de inducción, de jaula de ardilla 803
- 21-7 Motores monofásicos 806
- 21-8 Tipos de armazones y cajas para motores de CA 808
- 21-9 Controles para motores de CA 811
- 21-10 Corriente directa 820
- 21-11 Motores de corriente directa 821
- 21-12 Control de motores de corriente directa 824
- 21-13 Otros tipos de motores 824

Referencias 826

Sitios de Internet 827

Problemas 827

22 Embragues y frenos 830

Panorama 831

Usted es el diseñador 833

- 22-1 Objetivos de este capítulo 833
- 22-2 Descripciones de los embragues y los frenos 833

- 22-3 Tipos de embragues y frenos de fricción 835
- 22-4 Parámetros de funcionamiento 840
- 22-5 Tiempo necesario para acelerar una carga 841
- 22-6 Inercia de un sistema en función de la velocidad del eje del embrague 844
- 22-7 Inercia efectiva de cuerpos en movimiento lineal 845
- 22-8 Absorción de energía: necesidades de disipación de calor 846
- 22-9 Tiempo de respuesta 847
- 22-10 Materiales de fricción y coeficientes de fricción 849
- 22-11 Embrague o freno de placa 851
- 22-12 Frenos de disco calibrador 854
- 22-13 Embrague o freno de cono 854
- 22-14 Frenos de tambor 855
- 22-15 Frenos de banda 860
- 22-16 Otros tipos de embragues y frenos 862

Referencias 864

Sitios de Internet 864

Problemas 865

23 Proyectos de diseño 867

- 23-1 Objetivos de este capítulo 868
- 23-2 Proyectos de diseño 868

Apéndices A-1

- Apéndice 1 Propiedades de las áreas A-1
- Apéndice 2 Tamaños y roscas básicos preferidos de tornillos A-3
- Apéndice 3 Propiedades de diseño para los aceros al carbón y aleados A-6
- Apéndice 4 Propiedades de los aceros con tratamiento térmico A-8
- Apéndice 5 Propiedades de los aceros cementados A-11
- Apéndice 6 Propiedades de los aceros inoxidable A-12
- Apéndice 7 Propiedades de los aceros estructurales A-13
- Apéndice 8 Propiedades de diseño para el hierro colado A-14
- Apéndice 9 Propiedades típicas del aluminio A-15
- Apéndice 10 Propiedades típicas de las aleaciones de zinc colado A-16

Apéndice 11	Propiedades de las aleaciones de titanio A-16	Apéndice 17	Perfiles estructurales de aluminio A-37
Apéndice 12	Propiedades de los bronce A-17	Apéndice 18	Factores de conversión A-39
Apéndice 13	Propiedades típicas de algunos plásticos seleccionados A-17	Apéndice 19	Tabla de conversión de durezas A-40
Apéndice 14	Fórmulas para deflexión de vigas A-18	Apéndice 20	Factor de geometría I para picadura en engranes recto A-41
Apéndice 15	Factores de concentración de esfuerzos A-27	Respuestas a problemas seleccionados	R-44
Apéndice 16	Perfiles estructurales de acero A-31	Índice	I-1