

Parte 1 Fundamentos 2

1 Introducción al diseño en la ingeniería mecánica 3

- 1-1 El diseño 4
- 1-2 El diseño en la ingeniería mecánica 5
- 1-3 Fases e interacciones del proceso de diseño 5
- 1-4 Herramientas y recursos de diseño 8
- 1-5 Responsabilidades profesionales del ingeniero de diseño 10
- 1-6 Normas y códigos 12
- 1-7 Economía 12
- 1-8 Seguridad y responsabilidad legal del producto 15
- 1-9 Esfuerzo y resistencia 15
- 1-10 Incertidumbre 16
- 1-11 Factor de diseño y factor de seguridad 17
- 1-12 Confiabilidad 18
- 1-13 Dimensiones y tolerancias 19
- 1-14 Unidades 21
- 1-15 Cálculos y cifras significativas 22
- 1-16 Especificaciones del estudio del caso transmisión de potencia 23
- Problemas** 24

2 Materiales 27

- 2-1 Resistencia y rigidez del material 28
- 2-2 Significancia estadística de las propiedades de los materiales 32
- 2-3 Resistencia y trabajo en frío 33
- 2-4 Dureza 36
- 2-5 Propiedades de impacto 37
- 2-6 Efectos de la temperatura 39
- 2-7 Sistemas de numeración 40
- 2-8 Fundición en arena 41
- 2-9 Moldeado en cascarón 42

- 2-10 Fundición de revestimiento 42
- 2-11 Proceso de metalurgia de polvos 42
- 2-12 Procesos de trabajo en caliente 43
- 2-13 Procesos de trabajo en frío 44
- 2-14 Tratamiento térmico del acero 44
- 2-15 Aceros aleados 47
- 2-16 Aceros resistentes a la corrosión 48
- 2-17 Materiales para fundición 49
- 2-18 Metales no ferrosos 51
- 2-19 Plásticos 54
- 2-20 Materiales compuestos 55
- 2-21 Selección de materiales 56

Problemas 63

3 Análisis de carga y esfuerzo 67

- 3-1 Equilibrio y diagramas de cuerpo libre 68
- 3-2 Fuerza cortante y momentos flexionantes en vigas 71
- 3-3 Funciones de singularidad 73
- 3-4 Esfuerzo 75
- 3-5 Componentes cartesianos del esfuerzo 75
- 3-6 Círculo de Mohr del esfuerzo plano 76
- 3-7 Esfuerzo tridimensional general 82
- 3-8 Deformación unitaria elástica 83
- 3-9 Esfuerzos uniformemente distribuidos 84
- 3-10 Esfuerzos normales para vigas en flexión 85
- 3-11 Esfuerzos cortantes para vigas en flexión 90
- 3-12 Torsión 95
- 3-13 Concentración del esfuerzo 105
- 3-14 Esfuerzos en cilindros presurizados 107
- 3-15 Esfuerzos en anillos rotatorios 110
- 3-16 Ajustes a presión y por contracción 110
- 3-17 Efectos de la temperatura 111
- 3-18 Vigas curvas en flexión 112
- 3-19 Esfuerzos de contacto 117
- 3-20 Resumen 121
- Problemas** 121

	por superposición	147	6-1	Introducción a la fatiga en metales	258		
4-6	Cálculo de la deflexión de una viga por funciones de singularidad	150	6-2	Enfoque de la falla por fatiga en el análisis y el diseño	264		
4-7	Energía de deformación	156	6-3	Métodos de la fatiga-vida	265		
4-8	Teorema de Castigliano	158	6-4	Método del esfuerzo-vida	265		
4-9	Deflexión de elementos curvos	163	6-5	Método de la deformación-vida	268		
4-10	Problemas estáticamente indeterminados	168	6-6	Método mecánico de la fractura lineal-elástica	270		
4-11	Elementos sometidos a compresión-general	173	6-7	Límite de resistencia a la fatiga	274		
4-12	Columnas largas con carga centrada	173	6-8	Resistencia a la fatiga	275		
4-13	Columnas de longitud intermedia con carga centrada	176	6-9	Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga	278		
4-14	Columnas con carga excéntrica	176	6-10	Concentración del esfuerzo y sensibilidad a la muesca	287		
4-15	Puntales o elementos cortos sometidos a compresión	180	6-11	Caracterización de esfuerzos fluctuantes	292		
4-16	Estabilidad elástica	182	6-12	Criterios de la falla por fatiga ante esfuerzos variables	295		
4-17	Choque e impacto	183	6-13	Resistencia a la fatiga por torsión bajo esfuerzos fluctuantes	309		
4-18	Cargas aplicadas en forma súbita	184	6-14	Combinaciones de modos de carga	309		
	Problemas	186	6-15	Esfuerzos variables y fluctuantes; daño por fatiga acumulada	313		
Parte 2	Prevención de fallas	204	6-16	Resistencia a la fatiga superficial	319		
	5	Fallas resultantes de carga estática	205	6-17	Análisis estocástico	322	
	5-1	Resistencia estática	208	6-18	Resumen de ecuaciones de diseño importantes para el método del esfuerzo-vida	336	
	5-2	Concentración del esfuerzo	209		Problemas	340	
	5-3	Teorías de falla	211	Parte 3	Diseño de elementos mecánicos	340	
	5-4	Teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles	211		7	Ejes, flechas y sus componentes	347
	5-5	Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles	213		7-1	Introducción	348
	5-6	Teoría de Mohr-Coulomb para materiales dúctiles	219		7-2	Materiales para fabricar ejes	348
	5-7	Resumen de fallas para materiales dúctiles	222		7-3	Configuración del eje	349
	5-8	Teoría del esfuerzo normal máximo para materiales frágiles	226		7-4	Diseño de ejes para el esfuerzo	354
	5-9	Modificaciones a la teoría de Mohr para materiales frágiles	227		7-5	Consideraciones sobre deflexión	367
	5-10	Resumen de fallas de materiales frágiles	229		7-6	Velocidades críticas de ejes	371
	5-11	Selección de criterios de falla	230		7-7	Componentes diversos de los ejes	376
	5-12	Introducción a la mecánica de la fractura	231		7-8	Límites y ajustes	383

- 8-4** Uniones: rigidez del sujetador 410
- 8-5** Uniones: rigidez del elemento 413
- 8-6** Resistencia del perno 417
- 8-7** Uniones a tensión: la carga externa 421
- 8-8** Relación del par de torsión del perno con la tensión del perno 422
- 8-9** Uniones a tensión cargada en forma estática con precarga 425
- 8-10** Uniones con empaque 429
- 8-11** Carga por fatiga de uniones a tensión 429
- 8-12** Uniones con pernos y remaches cargadas en cortante 435
- Problemas** 443

9 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes 457

- 9-1** Símbolos de soldadura 458
- 9-2** Soldaduras a tope y de filete 460
- 9-3** Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a torsión 464
- 9-4** Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a flexión 469
- 9-5** Resistencia de las uniones soldadas 471
- 9-6** Carga estática 474
- 9-7** Carga por fatiga 478
- 9-8** Soldadura por resistencia 480
- 9-9** Uniones con adhesivo 480
- Problemas** 489

10 Resortes mecánicos 499

- 10-1** Esfuerzos en resortes helicoidales 500
- 10-2** Efecto de curvatura 501
- 10-3** Deflexión de resortes helicoidales 502
- 10-4** Resortes de compresión 502
- 10-5** Estabilidad 504
- 10-6** Materiales para resortes 505
- 10-7** Diseño de resortes helicoidales de compresión para servicio estático 510
- 10-8** Frecuencia crítica de resortes helicoidales 516

- 10-13** Resortes Belleville 539
- 10-14** Resortes diversos 540
- 10-15** Resumen 542
- Problemas** 542

11 Cojinetes de contacto rodante 549

- 11-1** Tipos de cojinetes 550
- 11-2** Vida de los cojinetes 553
- 11-3** Efecto carga-vida del cojinete a confiabilidad nominal 554
- 11-4** Supervivencia del cojinete: confiabilidad contra vida 555
- 11-5** Relación carga-vida-confiabilidad 557
- 11-6** Cargas combinadas, radial y de empuje 559
- 11-7** Carga variable 564
- 11-8** Selección de cojinetes de bolas y de rodillos cilíndricos 568
- 11-9** Selección de cojinetes de rodillos cónicos 571
- 11-10** Evaluación del diseño de cojinetes de contacto rodante seleccionados 582
- 11-11** Lubricación 586
- 11-12** Montaje y alojamiento 587
- Problemas** 591

12 Cojinetes de contacto deslizante y lubricación 597

- 12-1** Tipos de lubricación 598
- 12-2** Viscosidad 599
- 12-3** Ecuación de Petroff 601
- 12-4** Lubricación estable 603
- 12-5** Lubricación de película gruesa 604
- 12-6** Teoría hidrodinámica 605
- 12-7** Consideraciones de diseño 609
- 12-8** Relaciones entre las variables 611
- 12-9** Condiciones de estado estable en cojinetes autocontenidos 625
- 12-10** Holgura 628
- 12-11** Cojinetes con lubricación a presión 630
- 12-12** Cargas y materiales 636

general 653

- 13-1** Tipos de engranes 654
13-2 Nomenclatura 655
13-3 Acción conjugada 657
13-4 Propiedades de la involuta 658
13-5 Fundamentos 658
13-6 Relación de contacto 664
13-7 Interferencia 665
13-8 Formación de dientes de engranes 667
13-9 Engranes cónicos rectos 670
13-10 Engranes helicoidales paralelos 671
13-11 Engranes de tornillo sinfín 675
13-12 Sistemas de dientes 676
13-13 Trenes de engranes 678
13-14 Análisis de fuerzas: engranes rectos 685
13-15 Análisis de fuerzas: engranes cónicos 689
13-16 Análisis de fuerzas: engranes helicoidales 692
13-17 Análisis de fuerzas: engranes de tornillo sinfín 694
Problemas 700

14 Engranes rectos y helicoidales 713

- 14-1** Ecuación de flexión de Lewis 714
14-2 Durabilidad de la superficie 723
14-3 Ecuaciones del esfuerzo AGMA 725
14-4 Ecuaciones de resistencia AGMA 727
14-5 Factores geométricos I y J (Z_I y Y_J) 731
14-6 Coeficiente elástico C_p (Z_E) 736
14-7 Factor dinámico K_v 736
14-8 Factor de sobrecarga K_o 738
14-9 Factores de la condición superficial C_f (Z_R) 738
14-10 Factor de tamaño K_s 739
14-11 Factor de distribución de la carga K_m (K_H) 739
14-12 Factor de relación de la dureza C_H 741
14-13 Factores de los ciclos de esfuerzos Y_N y Z_N 742
14-14 Factor de confiabilidad K_R (Y_2) 743

15 Engranes cónicos y de tornillo sinfín 765

- 15-1** Engranes cónicos: descripción general 766
15-2 Esfuerzos y resistencias en engranes cónicos 768
15-3 Factores de la ecuación AGMA 771
15-4 Análisis de engranes cónicos rectos 783
15-5 Diseño de un acoplamiento de engranes cónicos rectos 786
15-6 Engranes de tornillo sinfín: ecuación AGMA 789
15-7 Análisis de un engrane de tornillo sinfín 793
15-8 Diseño del acoplamiento de un engrane y un tornillo sinfín 797
15-9 Carga del desgaste de Buckingham 800
Problemas 801

16 Embragues, frenos, coples y volantes 805

- 16-1** Análisis estático de embragues y frenos 807
16-2 Embragues y frenos de tambor de expansión interna 812
16-3 Embragues y frenos de contracción externa 820
16-4 Embragues y frenos de banda 824
16-5 Embragues axiales de fricción por contacto 825
16-6 Frenos de disco 829
16-7 Embragues y frenos cónicos 833
16-8 Consideraciones sobre energía 836
16-9 Aumento de temperatura 837
16-10 Materiales de fricción 841
16-11 Otros tipos de embragues y coples 844
16-12 Volantes de inercia 846
Problemas 851

17 Elementos mecánicos flexibles 859

- 17-1** Bandas 860
17-2 Transmisiones de banda plana o redonda 863
17-3 Bandas en V 878
17-4 Bandas de sincronización 886
17-5 Cadenas de rodillos 887

18-1	Secuencia de diseño para transmisión de potencia	915
18-2	Requisitos de potencia y par de torsión	916
18-3	Especificaciones de engranes	916
18-4	Diseño del eje	923
18-5	Análisis de fuerzas	925
18-6	Selección del material del eje	925
18-7	Diseño del eje para esfuerzos	926
18-8	Diseño del eje para deflexión	926
18-9	Selección de cojinetes	927
18-10	Selección de cuña y anillo de retención	928
18-11	Análisis final	931
	Problemas	931

Parte 4 Herramientas de análisis 932

19 Análisis de elementos finitos 933

19-1	Método del elemento finito	935
19-2	Geometrías del elemento	937
19-3	Proceso de solución del elemento finito	939

19-11	Resumen	952
	Problemas	954

20 Consideraciones estadísticas 957

20-1	Variables aleatorias	958
20-2	Media aritmética, variancia y desviación estándar	960
20-3	Distribuciones de probabilidad	965
20-4	Propagación del error	972
20-5	Regresión lineal	974
	Problemas	977

Apéndices

A	Tablas útiles	983
B	Respuestas a problemas seleccionados	1039

Índice 1044