



PROLOGO

5379

CONTENIDO

I - INTRODUCCION A LOS ENSAYOS DE MATERIALES

- 1.1. Introducción 1
- 1.2. Ensayos de materiales 1
- 1.3. Esfuerzo 2
- 1.4. Clasificación de los esfuerzos 4
- 1.5. Tensión-Resistencia 5
- 1.6. Deformaciones 8
- 1.7. Tipos de cargas 12
- 1.8. Constantes elásticas 13
- 1.9. Tensiones de corte sobre planos perpendiculares 19
- 1.10. Tensiones en un punto - Estados de tensión 20
- 1.11. Estado doble de tensión 22
- 1.12. Estado triple de tensión 30
- 1.13. Deformaciones elásticas en un punto 32
- 1.14. Relación entre tensiones y deformaciones elásticas 34
- 1.15. Deformaciones elásticas y anelásticas 36
- 1.16. Deformaciones plásticas 38
- 1.17. Tensión de trabajo admisible 40
- 1.18. Tensiones por efectos térmicos 41
- 1.19. Efectos de entalla 42
- 1.20. Materiales plásticos y frágiles 47
- 1.21. *Probetas* 48
- 1.22. Clasificación de los ensayos 49
- 1.23. Normas 50
- 1.24. Unidades de fuerza - tensión y energía 52

METALES - GENERALIDADES

- I.1. Estructuras 57
- I.2. Deformaciones de los metales 61
- I.3. Fenómeno de fluencia 67
- I.4. Efecto Bauschinger 69
- I.5. Endurecimiento mecánico 72
- I.6. Fracturas 75

2 - TRACCION

- 2.1. Tracción estática 81
- 2.2. Deformaciones elásticas y plásticas 84
- 2.3. Límites prácticos de elasticidad - Límites convencionales 87

- 2.4. Diagramas convencionales y reales 89
- 2.5. Diagramas de distintos metales 98
- 2.6. Probetas para tracción 100
- 2.7. Modo y tiempo de aplicación de la carga 105
- 2.8. Determinaciones a efectuar en un ensayo de tracción estática 108
- 2.9. Determinación de valores de rotura 110
- 2.10. Fracturas por tracción 113
- 2.11. Tracción de acero dúctil 115
- 2.12. Tracción de fundición gris común 117
- 2.13. Tracción de fundición esferoidal 119
- 2.14. Tracción de barras lisa y retorcida 121
- 2.15. Ensayos a distintas temperaturas 123
- 2.16. Influencia de la estructura y composición de los metales en su resistencia 126
- 2.17. Capacidad de trabajo de deformación 129
- 2.18. Módulo de elasticidad longitudinal 132
- 2.18.1 Coeficiente de Poisson 133
- 2.19. Efectos que varían la ductilidad 134
- 2.20. Extensómetros 137
- 2.20.1 Extensómetros mecánicos 137
- 2.20.2 Extensómetros ópticos 142
- 2.20.3 Extensómetros eléctricos 147
- Calibres de semiconductores 162
- 2.20.4 Registradores electrónicos 163
- 2.21. Circuitos eléctricos 165
- 2.22. Características y modo de empleo del equipo Vishay P-350A 168
- 2.23. Instalación de calibres eléctricos resistivos 173
- 2.24. Clasificación de extensómetros 174
- 2.25. Ejemplos de determinaciones del módulo elástico 175
- 2.26. Determinación de los límites convencionales 183
- 2.27. Determinación del módulo longitudinal y límites convencionales en máquinas con microprocesador 185
- 2.28. Máquinas de ensayos 187
- 2.28.1 Máquina Universal Amsler de 50 t 188
- 2.28.2 Máquina Universal Tinius Olsen 192
- 2.28.3 Máquina Universal Shimadzu de 30 t 194
- 2.28.4 Máquina Universal Baldwin de 30 t 195
- 2.28.5 Máquina Universal Baldwin computarizada 199
- 2.28.6 Máquina de tracción Schenck de 100 MN 200
- 2.29. Contralor de las máquinas de ensayo 200
- 2.30. Tracción de alambres 209

3 - COMPRESION

- 3.1. Compresión estática 211

- 3.2. Probetas para compresión de metales 213
- 3.3. Tensiones de rotura 214
- 3.4. Determinaciones a efectuar 215
- 3.5. Compresión de fundición nodular 216
- 3.6. Módulo de elasticidad 217

4 - FLEXION

- 4.1. Flexión estática 218
- 4.2. Distribución de los esfuerzos en secciones transversales 220
- 4.3. Resistencia a la flexión 224
- 4.4. Flechas - Módulo de elasticidad 227
- 4.5. Probetas - Factores de corrección 228
- 4.6. Condiciones de ensayo 230
- 4.7. Flexión de fundición gris y nodular 232

5 - TORSION

- 5.1. Torsión estática 233
- 5.2. Angulo de torsión y deslizamiento unitario 236
- 5.3. Diagramas de ensayo 237
- 5.4. Resistencia a la torsión 238
 - 5.4.1 Tensión real de torsión 240
- 5.5. Tensiones y deformaciones en las secciones transversales 242
- 5.6. Tensiones que generan deformaciones longitudinales 244
- 5.7. Deformaciones y fracturas por torsión 245
- 5.8. Características del fenómeno de fluencia 247
- 5.9. Probetas 248
- 5.10. Torsión de aleaciones de hierro 249
- 5.11. Torsión de aleaciones no ferrosas 251
- 5.12. Endurecimiento mecánico 253
- 5.13. Módulo de elasticidad 254
- 5.14. Determinación del módulo transversal de acero 256
- 5.15. Máquina Tinius Olsen 258
- 5.16. Medidores de ángulos de torsión 259
- 5.17. Torsión de alambres 260

6 - CORTE

- 6.1. Corte 263
- 6.2. Prensa Amsler de 5 t 264
- 6.3. Corte de fundición esferoidal 266

7 - CREEP

- 7.1. Deformaciones en el tiempo 267

X

- 7.2. Naturaleza del creep 269
- 7.3. Aparatos de ensayo 270
- 7.4. Probetas 273
- 7.5. Marcha del ensayo 273
- 7.6. Empleo de las curvas de ensayo 274

8 - IMPACTO

- 8.1. Impacto 277
- 8.2. Efectos fragilizantes 278
- 8.3. Energía de impacto 278
- 8.4. Métodos de ensayo 282
 - Superficie de fractura 285
 - Temperatura de transición 286
- 8.5. Condiciones de ensayo para flexión por choque 290
- 8.6. Flexión por choque de aceros al carbono 294
 - 8.6.1 Efecto del carbono y agregados 294
 - 8.6.2 Efecto del tratamiento térmico 295
 - 8.6.3 Relación energía-tensión-temperatura 296
- 8.7. Flexión por choque de fundición esferoidal 297
- 8.8. Flexión por choque de metales no ferrosos 298
- 8.9. Máquinas de ensayo 299
 - 8.9.1 Máquina pendular Amsler 300
 - 8.9.2 Péndulo SATEC 301
 - Verificación de las máquinas de choque 303

9 - FATIGA

- IX.1. Introducción 305
- IX.2. Clasificación de los ensayos de fatiga 306

FATIGA DE ALTO NUMERO DE CICLOS

- 9.1. Espectro de cargas 311
- 9.2. Origen de la rotura por fatiga en metales 315
- 9.3. Experiencias de Wöhler 316
- 9.4. Determinación experimental de la curva de Wöhler 320
- 9.5. Curvas de Wöhler para tensión media variable 322
- 9.6. Valores de fatiga y efectos que los varían 325
 - 9.6.1 Probetas 326
 - 9.6.2 Terminado y tratamiento de superficies 327
 - 9.6.3 Efectos de entalladura 329
 - 9.6.4 Efectos de corrosión 331
 - 9.6.5 Efecto de la temperatura 332
 - 9.6.6 Efecto del trabajo previo 334

- 9.6.7 Efecto de la frecuencia 335
- 9.6.8 Efecto del método de ensayo 336
- 9.7. Relaciones entre fatiga y resistencias estáticas 336
- 9.8. Diafragma de Smith 337
- 9.9. Fatiga por flexión rotativa de fundición esferoidal 339
- 9.10. Máquinas y probetas de ensayo 342
- 9.10.1 Máquina Schenck para flexión rotativa 343
- 9.10.2 Máquina universal MTS servohidráulica 349
- 9.10.3 Gatos hidráulicos 355
- 9.11. Fracturas de ensayo y en servicio 358

10 - DUREZA

- 10.1. Dureza 363
- 10.2.1 Métodos de dureza 365
- 10.1.2 Ensayos de penetración 366
- 10.2. **Dureza Brinell** 372
- 10.2.1 Ensayos comparables - Constante de ensayo 376
- 10.2.2 Selección de los parámetros de ensayo 379
- 10.2.3 Penetradores 380
- 10.2.4 Cargas de ensayos 381
- 10.2.5 Tiempo de aplicación de la carga 382
- 10.2.6 Indicación de los parámetros de ensayos según normas 383
- 10.2.7 Relación de dureza Brinell con aceros 383
- 10.2.8 Valores de dureza 384
- 10.2.9 Condiciones de ensayo 385
- 10.2.10 Durómetros Brinell 386
- 10.2.11 Calibración de durómetros 388
- 10.3. **Dureza Rockwell** 389
- 10.3.1 Cargas - Penetradores y Escalas - Proceso de ensayo 391
- 10.3.2 Parámetros de ensayos 394
- 10.3.3 Durómetros Rockwell 396
- 10.3.4 Procedimiento de ensayo 397
- 10.3.5 Condiciones de ensayo 398
- 10.3.6 Relación Rockwell-Brinell 400
- 10.3.7 Dureza Rockwell Superficial 400
- 10.3.8 Máquinas 402
- 10.3.9 Parámetros de ensayo 402
- 10.4. **Dureza Vickers** 403
- 10.4.1 Condiciones de ensayo 405

XII

- 10.4.2 Comparación Vickers-Rockwell C y A 407
- 10.5. **Microdureza Vickers y Knoop** 408
 - 10.5.1 Condiciones de ensayo 412
 - 10.5.2 Máquinas 413
 - 10.5.3 Valores de ensayo 414
- 10.6. **Dureza Shore** 415
- 10.7. Dureza Brinell de Taller 416
- 10.8. Rockwell portátil 417
- 10.9. Vickers y Rockwell por ultrasonido 418
- 10.10. Dureza a altas temperaturas 419
- 10.11. Relaciones Brinell-Rockwell-Vickers y Shore 419

ENSAYOS TECNOLOGICOS

11 - PLEGADO

- 11.1. Plegado 421

12 - EMBUTIDO

- 12.1. Embutido 425
- 12.2. Ensayo Erichsen 425
- 12.3. Embutición profunda con formación de copa 427
- 12.4. Máquina Erichsen 428
- 12.5. Marcha de un ensayo 430

APENDICE I

13 - ESTUDIO DE TENSIONES

- 13.1. Estudio de tensiones empleando calibres eléctricos resistivos 433
- 13.2. Factor de calibre real o verdadero 433
- 13.3. Cálculo de error 437
- 13.4. Deformaciones reales o verdaderas 437
 - 13.4.1 Deformaciones reales con ejes principales conocidos: Roseta de 2 calibres a 90° 438
 - 13.4.2 Deformaciones reales con ejes principales desconocidos: Roseta rectangular de 3 calibres a 45° 439
 - Roseta delta 444

- 13.5. Cálculo de tensiones 446
 13.6. Coeficiente de Poisson 447
 13.7. Calibres de tensiones 448

APENDICE II

14 - INTRODUCCION A LA METALURGIA Y METALOGRAFIA

- 14.1. Examen micrográfico 451
 14.2. Examen macrográfico 452
 14.3. Diagrama de estado hierro-carbono 455
 14.4. Puntos críticos 461
 14.5. Clasificación SAE de aceros 464

TRATAMIENTOS TERMICOS

- 14.6. Reconocido 467
 14.7. Normalizado 470
 14.8 Temple 471
 14.9. Teoría de temple 472
 14.10 Factores que modifican el temple 473
 14.11. Templabilidad 474
 14.12. Ensayo Jominy 474
 14.13. Medios de enfriamiento para el temple 476
 14.13.1 Patenting 476
 14.13.2 Austempering 477
 14.13.3 Martempering 477
 14.14. Revenido 477
 14.15. Tratamientos con variaciones de composición 478
 14.16. Cobre y sus aleaciones 479
 14.16.1 Latones 480
 14.16.2 Bronces 482
 14.17. Clasificación ASTM de cobres y sus aleaciones 484
 14.18. Aluminio y sus aleaciones 485
 14.18.1 Clasificación ANSI del aluminio y sus aleaciones 485

NORMAS DE METALES 487

APENDICE III - TABLAS

- Tabla N° 1: Módulos de Elasticidad 493

XIV

Tabla N ^o 2:	Coefficientes de Poisson	493
Tabla N ^o 3:	Tensiones admisibles	493
Tabla N ^o 4:	Valores del coeficiente de forma	495
Tabla N ^o 5:	Valores de ensayos de tracción y compresión	496
Tabla N ^o 6:	Valores de dureza Brinell para bolilla 10 mm y cargas de 500; 1500 y 3000 kgf para impresiones de 2,00 a 5,94	498
Tabla N ^o 7:	Factores de corrección de las durezas Rockwell C, A y D para barras cilíndricas	502
Tabla N ^o 8:	Factores de Corrección de las durezas Rockwell B, F y G para barras cilíndricas	502
Tabla N ^o 9:	Factores de corrección de las durezas Rockwell Superficial 15N, 30N y 45N para barras cilíndricas	503
Tabla N ^o 10:	Factores de corrección de las durezas Rockwell Superficial 15T, 30T y 45T para barras cilíndricas	503
Tabla N ^o 11:	Valores de dureza Vickers para cargas de 1 kgf y diagonales de la impresión de 0,005 a 0,055	504
Tabla N ^o 12:	Factores de corrección de la dureza Vickers para superficies cóncavas y convexas	506
Tabla N ^o 13:	Conversión de pulgadas a milímetros	507
Bibliografía		509