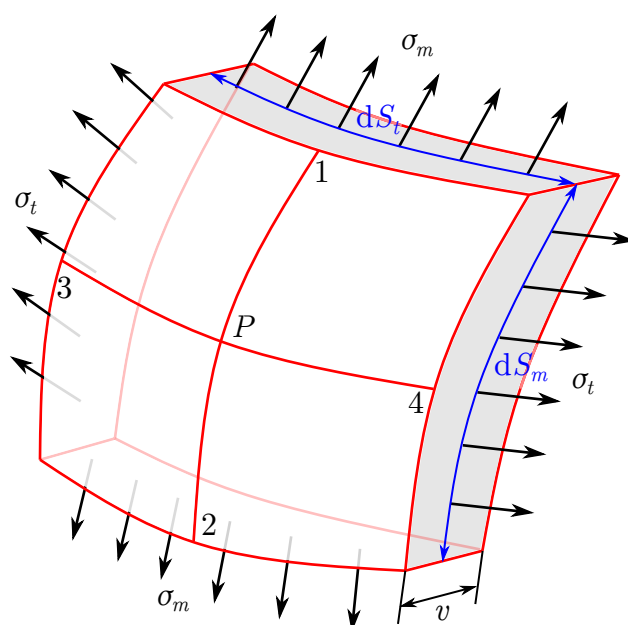


Szilárdságtan

Csernák Gábor



Lektorálta:
Berezvai Szabolcs

Ez a tankönyv az alábbi e-könyv pdf változata:

Csernák Gábor: Szilárdságtan
<https://mersz.hu/csernak-szilardsagtan>
Akadémiai Kiadó, 2021
ISBN: 978 963 454 698 6
DOI: 10.1556/9789634546986

©Csernák Gábor, 2021

Előszó

Ez a kiadvány a BME Gépészmérnöki Karán alapképzésben oktatott Szilárdságtan tantárgy tematikájához igazodik, tehát elsősorban gépész- és mechatronikai mérnök hallgatóknak kíván segítséget nyújtani a szilárdságtan alapvető összefüggéseinek és módszereinek ismertetésével. Az itt közölt ismeretanyag a BME Műszaki Mechanikai Tanszék dolgozóinak több évtizedes oktatási tapasztalata alapján alakult ki, akik folyamatosan részt vettek a tantárgy tananyagának és oktatási módszereinek fejlesztésében. Köszönettel tartozom munkatársaimnak, hogy tudásukat, tapasztalataikat megosztották velem. Különösen hálás vagyok Kovács Ádám és Berezvai Szabolcs kollégáimnak, akik számos hasznos javaslattal segítették munkámat.

Bízom abban, hogy mind a hallgatók, mind az esetleg érdeklődő szakemberek haszonnal forgatják majd ezt a könyvet.

Csernák Gábor

Tartalomjegyzék

| | |
|---|-----------|
| Előszó | III |
| Tartalomjegyzék | VIII |
| 1. Alapfogalmak, rudak húzása-nyomása | 1 |
| 1.1. Mivel foglalkozik a szilárdságtan? | 1 |
| 1.2. Prizmatikus rudak húzása | 2 |
| 1.2.1. Egytengelyű húzókísérlet | 2 |
| 1.2.2. Alakváltozás | 3 |
| 1.2.3. Feszültség | 5 |
| 1.2.4. Kísérleti tapasztalatok | 6 |
| 1.2.5. Az egyszerű Hooke-törvény | 10 |
| 1.2.6. A tönkremenetel elkerülése | 10 |
| 2. Hajlítónyomatéki igénybevétel | 15 |
| 2.1. Előzetes megfontolások | 15 |
| 2.2. Egyenes rudak tiszta egyenes hajlítása | 16 |
| 2.2.1. Egyszerűsítő feltevések | 17 |
| 2.2.2. Az alakváltozás és a feszültség alapvető összefüggései hajlításnál | 18 |
| 2.2.3. Méretezés és ellenőrzés egyenes hajlításra | 23 |
| 2.3. Másodrendű nyomatékok | 25 |
| 2.3.1. A másodrendű nyomatékok értelmezése | 25 |
| 2.3.2. Steiner-tétel | 28 |
| 2.3.3. Másodrendű nyomatékok elforgatott tengelyek esetén | 30 |
| 2.3.4. Főmásodrendű nyomatékok, főirányok | 32 |
| 2.4. Ferde hajlítás | 38 |
| 2.4.1. Az egyenes hajlítás feltétele | 38 |
| 2.4.2. A feszültség eloszlása ferde hajlítás esetén | 39 |
| 2.5. Síkgörbe rudak egyenes hajlítása | 43 |
| 2.5.1. A Grashof-képlet | 43 |
| 2.5.2. Hajlított síkgörbe rudak méretezése és ellenőrzése | 47 |
| 3. Nyíró- és csavaróigénybevétel | 53 |
| 3.1. Nyíróigénybevétel | 53 |
| 3.1.1. Alapfogalmak; tiszta nyírás, mint közelítés | 53 |
| 3.1.2. Hajlított és nyírt rúd | 56 |
| 3.1.3. Rudak méretezése nyírásra | 63 |
| 3.2. Kör és körgyűrű keresztmetszetű rudak csavarása | 64 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3.2.1. | A csavarónyomaték és a feszültség kapcsolata | 64 |
| 3.2.2. | Méretezés és ellenőrzés csavarásra | 66 |
| 4. | Összetett igénybevételek | 71 |
| 4.1. | Normáligénybevétel és hajlítás | 71 |
| 4.2. | A nyíróigénybevétel szerepe | 72 |
| 4.2.1. | Hajlítás és nyírás | 72 |
| 4.2.2. | Nyírás és csavarás | 72 |
| 4.3. | Hajlító- és csavaróigénybevétel | 73 |
| 5. | Feszültségi állapot | 75 |
| 5.1. | A feszültség értelmezése | 75 |
| 5.2. | A feszültség iránytól való függése | 76 |
| 5.3. | A feszültségvektor vetületeinek számítása skaláris szorzással | 78 |
| 5.4. | A feszültségi tenzor mátrixa | 80 |
| 5.5. | A tenzor és a mátrix közötti különbség | 84 |
| 5.6. | Főfeszültségek és feszültségi főirányok | 85 |
| 5.7. | A főfeszültségek és főirányok grafikus meghatározása – Mohr-körök | 91 |
| 6. | Alakváltozási állapot | 101 |
| 6.1. | Az alakváltozási állapot értelmezése | 101 |
| 6.1.1. | Húzott rúd alakváltozása | 101 |
| 6.1.2. | Alakváltozás általános esetben | 102 |
| 6.2. | Az általános Hooke-törvény | 105 |
| 6.3. | Fajlagos térfogatváltozás | 111 |
| 6.4. | Nyúlásmérés kiértékelése | 112 |
| 7. | Alakváltozási energia | 119 |
| 7.1. | Az alakváltozási energia kifejezése | 119 |
| 7.2. | Alakváltozási energia egyenes rudak esetében | 122 |
| 7.2.1. | Húzott vagy nyomott rúd | 123 |
| 7.2.2. | Hajlított rúd | 124 |
| 7.2.3. | Csavart rúd | 124 |
| 7.2.4. | Nyírt rúd | 125 |
| 8. | Méretezés többtengelyű esetben | 127 |
| 8.1. | Az egyenértékű feszültség fogalma | 127 |
| 8.2. | A Mohr-féle egyenértékű feszültség | 128 |
| 8.3. | A Huber-Mises-Hencky-féle egyenértékű feszültség | 129 |
| 8.3.1. | A feszültségi mátrix alaktorzulást okozó része: a feszültségi deviátor | 130 |
| 8.3.2. | Az egyenértékű feszültség kifejezése a feszültségi deviátorral | 131 |
| 8.4. | Az egyenértékű feszültségek összehasonlítása | 132 |
| 8.5. | A feszültségelméletek alkalmazása rudak esetében | 133 |
| 9. | A rugalmas szál differenciálegyenlete | 139 |
| 9.1. | A rugalmas szál | 139 |
| 9.2. | A differenciálegyenlet levezetése | 140 |
| 9.3. | A differenciálegyenlet megoldása | 141 |

| | |
|---|------------|
| 9.4. A rugalmas szál differenciálegyenletének használata | 145 |
| 10. Kihajlás | 153 |
| 10.1. Stabilitás | 153 |
| 10.2. A kihajlás alapmodellje | 154 |
| 10.3. A kritikus erő növelése megfelelő alátámasztással | 158 |
| 10.4. Kihajlás tetszőleges peremfeltételek mellett | 161 |
| 10.5. Méretezés és ellenőrzés kihajlásra | 165 |
| 11. A Castigliano-tétel | 171 |
| 11.1. A tétel alapgondolata | 171 |
| 11.2. Az idegen munkák egyenlőségének elve | 172 |
| 11.2.1. Két azonos támadáspontú és irányú erő esete | 172 |
| 11.2.2. A Maxwell-féle felcserélhetőségi tétel | 175 |
| 11.3. A Castigliano-tétel levezetése | 177 |
| 11.4. A Castigliano-tétel alkalmazása rudakra | 179 |
| 11.4.1. Hajlított rúd | 179 |
| 11.4.2. Normáligenybevétel | 180 |
| 11.4.3. Csavaróigenybevétel | 180 |
| 11.5. A Castigliano-tétel alkalmazásának lépései | 181 |
| 11.6. Példák | 182 |
| 11.6.1. Példák a Castigliano-tétel alkalmazására | 182 |
| 11.6.2. A Betti-tétel alkalmazása elmozdulás számítására | 186 |
| 12. Statikailag határozatlan szerkezetek | 189 |
| 12.1. A kényszererők meghatározásának problémája | 189 |
| 12.2. Az egyik kényszererő aktívvá tétele | 190 |
| 12.3. További megoldási lehetőségek | 192 |
| 12.3.1. Az M_A nyomaték aktívvá tétele | 192 |
| 12.3.2. Az A erő aktívvá tétele | 193 |
| 12.4. Belső erőrendszerre nézve határozatlan szerkezetek | 196 |
| 13. Vékonyfalú tartályok | 199 |
| 13.1. Héjak és membránok | 199 |
| 13.2. Forgásszimmetrikus tartályok geometriája | 199 |
| 13.3. Feltevések, előzetes megfontolások | 203 |
| 13.4. A tartály falában ébredő feszültségek kiszámítása | 204 |
| 13.4.1. A feszültségkomponensek eloszlása a falvastagság mentén | 204 |
| 13.4.2. A σ_m meridián feszültség kifejezése | 205 |
| 13.4.3. A σ_t gyűrűirányú feszültség kifejezése | 207 |
| 13.5. Következtetések | 208 |
| 13.6. Tartályok méretezése | 210 |
| 13.7. A tartály alakváltozása | 211 |
| 14. Függelék | 217 |
| 14.1. A görbület képletének levezetése | 217 |
| 14.2. A legfontosabb szakkifejezések angol megfelelői | 220 |

| |
|-------------|
| Tárgymutató |
|-------------|

| |
|-----|
| 227 |
|-----|