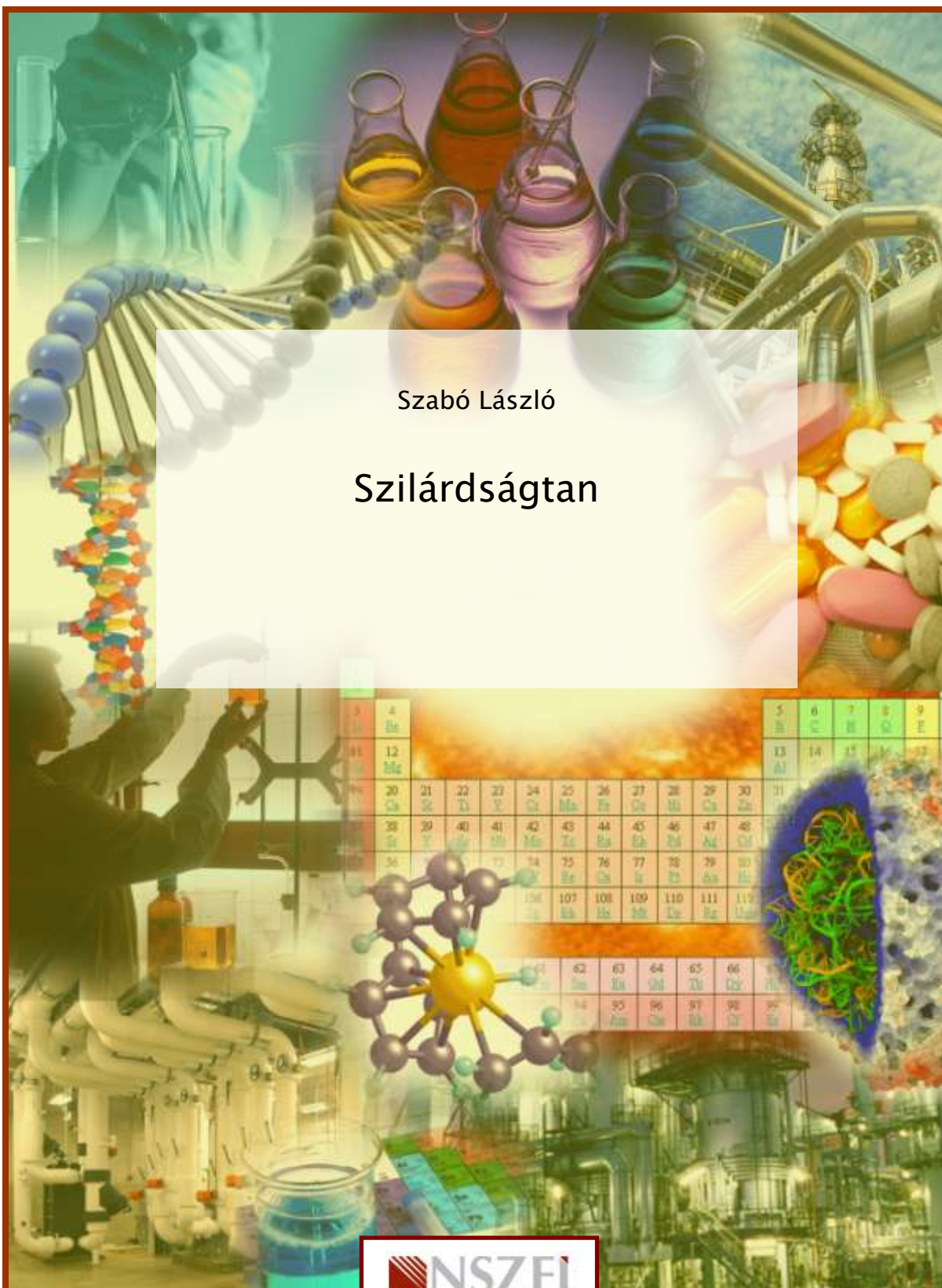




Szabó László

Szilárdságtan



A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-002-50



SZILÁRDSÁGTANI ALAPISMERETEK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A különböző vegyipari műveletek, vegyipari technológiák üzemeltetése során csővezetékeket, tartályokat kell üzemeltetnie

Mint technikusnak figyelnie kell, hogy az adott üzemi viszonyok mellett **nincsenek-e túlterhelve**. Az üzemi nyomásnál nagyobb terhelésnek kitett berendezések **meghibásodhatnak**, a bennük lévő, esetleg veszélyes anyag szivárogni kezd, balesetveszélyt okoz. Nagyobb terhelés esetén **robbanásveszély** léphet föl.

Balesetveszélyt jelenthet forgó tengelyek túlterhelése. A túlterhelés csapágytöréshez, esetleg tengelytöréshez vezethet.

A vegyipari berendezések **terhelését** a szerkezeti elemekre, egységekre ható **erők, erőrendszerek** hatására fellépő **igénybevételek** idézik elő. Az üzemeltetéshez tisztában kell lenni az erők, erőrendszerek tulajdonságaival, az erők, erőrendszerek hatására fellépő igénybevételekkel.

Munkatársainak sok esetben el kell tudni magyarázni az igénybevételek jellegét, hatását. Az erők, erőrendszerek tulajdonságait, hatásukat a gépelemekre, a gépelemek üzemeltetésére, a berendezések kezelésére.

Milyen tulajdonságai vannak az erőnek? Hogyan ábrázolható az erő?

Hogyan lehet meghatározni egy erőrendszer eredőjét?

Hogyan lehet egy erőt felbontani alkotóelemeire?

Milyen igénybevételek hatnak a gépelemekre?

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

ERŐK, ERŐRENDSZEREK, IGÉNYBEVÉTELEK

1. Az erő fogalma, jellemzése

Az erő fogalma

Ha két test érintkezik, hatással vannak egymásra. A hatás megnyilvánulhat a mozgásállapot megváltozásában, vagy alakváltozásban.

Az erő testek egymásra hatása. A testek egymásra hatása következtében mozgásállapot- vagy alakváltozás következhet be.

Az erő jele **F**. Az erő a tömeg és a gyorsulás szorzataként határozható meg. Képletben:

$F = m \cdot a$, ahol **F** az erő, **m** a tömeg, **a** a gyorsulás jele.

A tömeg mértékegysége a *kg*, a gyorsulás mértékegysége: m/s^2 , így az erő mértékegysége, levezetve az előbbiekből: $kg \cdot m/s^2$.

A $kg \cdot m/s^2$ mértékegység elnevezése: newton (ejtsd: nyúton), jele: N. A továbbiakban az erő mértékegységéként a N mértékegységet kell használni:

$1 \text{ kg} \cdot m/s^2 = 1 \text{ N}$.

A mértékegységet Isaac Newton (1643–1727) angol fizikus tiszteletére nevezték el newton-nak. Newton fogalmazta meg a dinamika legfontosabb alaptörvényeit. Newton II. törvénye, a dinamika alaptörvénye alapján vezethető le az erő és a test gyorsulásának kapcsolata: "bármilyen test esetén a test gyorsulása egyenesen arányos a rá ható erők összességével".

A nemzetközi mértékegység rendszerben a newton (N) az az erő, amely az 1 kg tömegnek 1 m/s^2 gyorsulást ad.

Az erő jellemzése

Az erőt négy adattal jellemezhetjük, amelyek a következők:

nagyság,

irány,

értelme,

támadáspont (–vonal, –felület).

Az erő nagyságát a **mérőszámával és mértékegységével** adjuk meg. Például 100 N, ahol 100 a mérőszám, N a mértékegység.

Az **irányt** (vízszintes, függőleges, ferde) valamilyen **alapegyenessel bezárt hajlásszöggel** adjuk meg, de pl. egy függőleges erő fel- és lefelé is irányulhat, így meg kell adnunk az erő **értelmét** is.

Az erő **értelmét** az erőszakaszra rajzolt **nyíllal** adjuk meg.

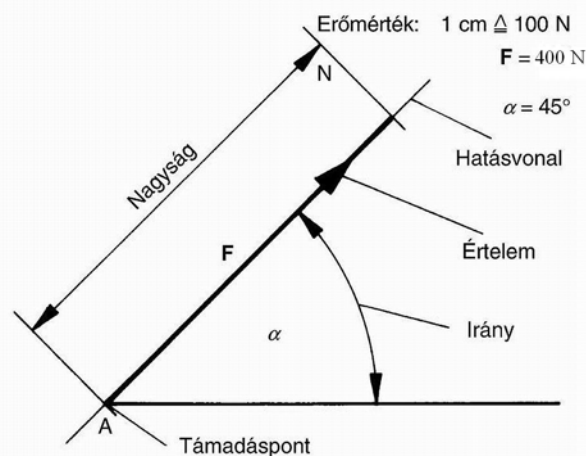
A testekre ható erők esetén megkülönböztetünk koncentrált erőt. Ebben az esetben az erő egy pontban hat. Ilyen erőhatást fejt ki például egy tű hegye.

A koncentrált erő mellett vonal mentén megoszló és felületen megoszló erőt ismerünk. Vonala mentén megoszló erő például egy kés élén ható erő, felület mentén megoszló erő például egy oszlop terhelése az alapjára. A vonal mentén megoszló erő mértékegysége N/m , a felületen megoszló erő mértékegysége N/m^2 .

Azok a fizikai mennyiségek, amelyeknek nagysága és iránya is van: vektormennyiségek. Az erő vektormennyiségeket kézírásban felülhúzással ($\vec{F}$), nyomtatott szövegben vastag betűvel (**F**) különböztetjük meg a nem vektormennyiségek jeleitől. A továbbiakban azonban az egyszerűség miatt eltekintünk ettől a követelménytől.

Az erő ábrázolása

Az erő vektormennyiség. Az erőt vektorként ábrázolva két végén lehatárolt szakaszként ábrázoljuk, nagyságát a vektor hosszával jellemezzük.



1. ábra. Az erő ábrázolása

Az erő hatásvonala a támadásponton átmenő, erőirányú egyenes. Az erő – a statikai, szilárdságtani szerkesztéseknél – hatásvonalán tetszőlegesen eltolható.

Az erő nagyságát a vektor hosszával jellemezzük. Ez a hossz függ az erőmértéktől. Az erőmérték egy választott hosszegységnek megfelelő erő nagyságát jelenti. Megadja, hogy egy adott hosszúságú szakasz hány newton erőnek felel meg.

Például: **Erőlépték:** $1\text{ cm} \hat{=} 100\text{ N}$; vagyis 1 cm hosszú vonaldarab 100 N nagyságú erőnek felel meg.

Síkban ábrázolt vektor **irányát** a vízszintes tengely pozitív irányával bezárt szög jellemzi.

Az erő **értelmét** mutató nyilat szerkesztésnél általában az erővektor közepén (esetleg a végén) helyezzük el.

2. Erőrendszer eredője, erők összegzése szerkesztéssel

Erőrendszer eredője

Egy testre általában több erő hat. Sok esetben azonban nehéz több erő hatását figyelembe venni. Ezért a több erőt általában helyettesítjük egy erővel, amelyik hatásában megegyezik a testre ható erők együttes hatásával.

Több erő esetén erőrendszerről beszélünk.

Több – valamilyen szempontból összetartozó – **erőből** álló csoportot **erőrendszernek** nevezzük, az **erőket** pedig az erőrendszer tagjainak vagy **alkotóinak** hívjuk.

A műszaki feladatok megoldásánál célszerű az erőrendszert egyetlen erővel helyettesíteni, mert ebben az esetben a problémák megoldása egyszerűbbé válik.

Az **erőrendszer eredője** egy **olyan erő**, amelynek hatása a testre **ugyanolyan**, mint az erőrendszer hatása.

Az erőrendszerek egyik gyakran előforduló esete, amikor az erők egy síkban helyezkednek el. A következőkben ilyen esetekkel foglalkozunk.

Az eredő meghatározásához az erőket összegezni kell. Két esetet különböztetünk meg:

- az erők közös hatásvonalon helyezkednek el,
- az erők szöget zárnak be.

Egy hatásvonalon elhelyezkedő erők összegzése

Erőket összeadni algebrai úton csak akkor lehet, ha egy hatásvonalon helyezkednek el. Ebben az esetben matematikai összegzéssel adhatjuk meg az erő eredőjét.

Két erő esetén, ha az erők értelme megegyezik (egy irányba mutatnak) összeadjuk a két erőt, az eredő a két erő összege lesz. Ha az erők értelme különböző (ellentétes irányba mutatnak) a nagyobb erőből kivonjuk a kisebb erőt, az eredő nagysága tehát a két erő különbsége, az eredő értelme a nagyobb erő értelmének felel meg.

Több erő esetén az eredőt az erők algebrai összegzéseként kapjuk meg.

Szöget bezáró erők eredője

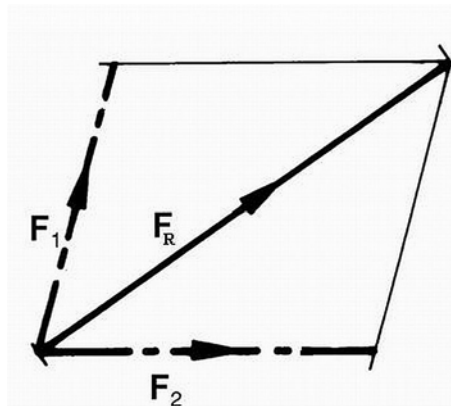
Ha az erők nem egy egyenesen, nem azonos hatásvonalon helyezkednek el, és az erők hatásvonala egy pontban metsződik, az erőket vektoriálisan kell összegezni.

Ha két erő hatásvonalja közös pontban metsződik, az eredő hatásvonalja szintén a metszésponton megy át, és az erő síkjában fekszik; az eredő nagysága az erők vektoriális összegével egyenlő

A vektoriális összegzés két esetét különböztetjük meg:

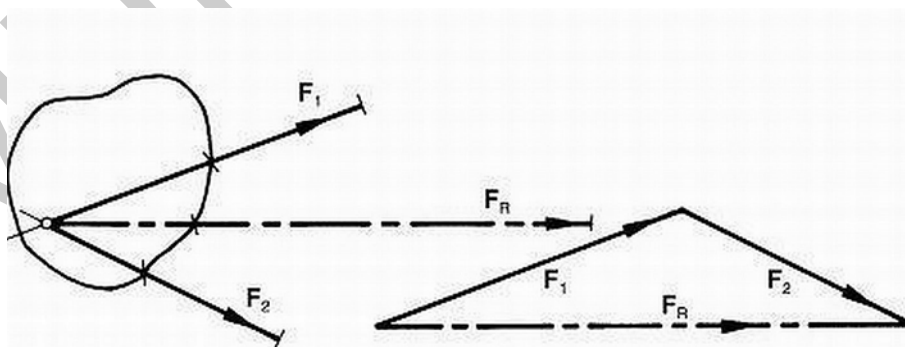
- a paralelogramma módszert, illetve
- a háromszög módszert.

A **paralelogramma** módszernél a két erő végpontján keresztül párhuzamosokat húzunk az erőkkel. Az így kialakult paralelogramma átlója adja ki az eredőt. Az eredő értelme az erők metszéspontjából a paralelogramma másik csúcsába mutat, amelyet az erő egyenesére rajzolt nyíllal jelöljük (2. ábra).



2. ábra. Két erő eredőjének megszerkesztése paralelogramma módszerrel

A **háromszög** módszer esetén az első erő végpontjából szerkesztjük a második erőt. Az első erő végpontjából irány és nagyság szerint felmérjük a második erőt. Az eredő az első erő kezdőpontjából a második erő végpontjába mutató erő (3. ábra).

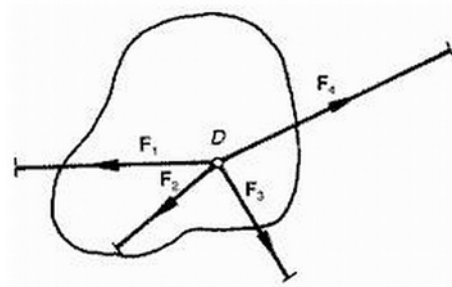


3. ábra. Két erő eredőjének megszerkesztése háromszög módszerrel

Az ábrák alapján könnyen belátható, hogy a két szerkesztés azonos eredményt ad, de a háromszög módszerrel egyszerűbb az eredő erő megszerkesztése. A következőkben az eredő erők szerkesztésénél a háromszög módszert alkalmazzuk.

Több erő esetén a két erőhöz hasonló módon járunk el. Az első erő végpontjából irány és nagyság szerint felmérjük a második erőt, majd a második erő végpontjából hasonló módon a harmadik erőt stb. Az eredő az első erő kezdőpontjából az utolsó erő végpontjába mutató erő. Ez az úgynevezett **vektorsokszög** módszer.

Az alábbi ábrán látható test D pontjában 4 erő hat. Jellegre helyesen megrajzolt erőkkel. Szerkessze meg az erők eredőjét!



4. ábra. Szerkessze meg a négy erő eredőjét!



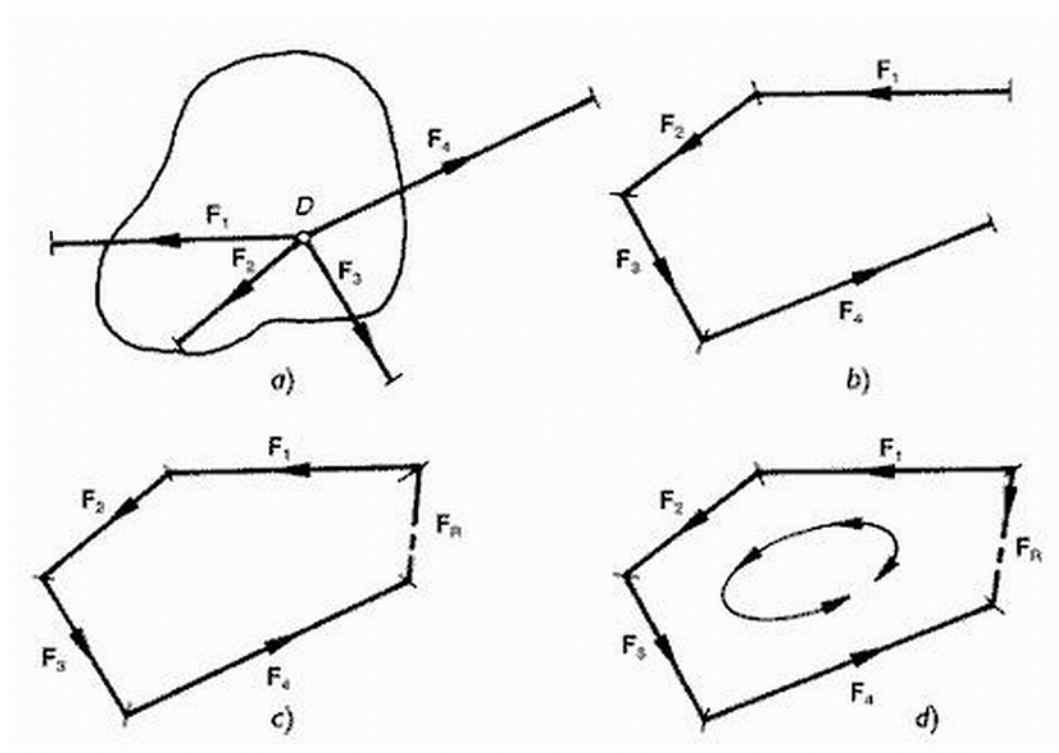
Közös pontban metsződő erők eredőjét úgy szerkesztjük, hogy az összetevőket folytonos nyílfolyammal egymás után felmérjük:

az első vektor végpontjából a második vektorát, a második végpontjából a harmadik vektorát stb. (5. b) ábra),

az első vektor kezdőpontját az utolsó vektor végpontjával összekötve megkapjuk az eredő irányát és nagyságát (5. c) ábra);

az erők nyílfolyamával ütköző nyíllal megkapjuk az eredő értelmét (5. d) ábra).

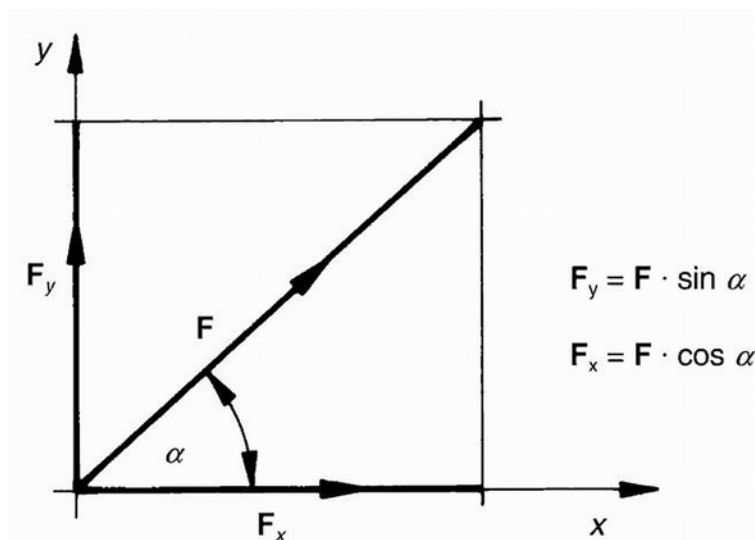
Az eredő szerkesztését lépésenként a 5. ábra szemlélteti.



5. ábra. Az eredő szerkesztésének lépései

3. Erő felbontása alkotóira

Számítási eljárásokhoz gyakran van szükség egy adott erőnek függőleges és vízszintes komponensekre bontására. Az erőt egy derékszögű koordináta-rendszerbe helyezzük és így határozzuk meg az y és x irányú komponenseket (6. ábra).



6. ábra. Erő felbontása alkotóira

Az y és x irányba eső összetevőket úgy kapjuk meg, hogy az erő végpontjából merőlegeseket bocsátunk az irányokra, azaz a tengelyekre. Így két egybevágó derékszögű háromszöget kapunk, melyek befogói az erő adott irányokba eső összetevői, a közös átfogó pedig maga az erő.

A hajlásszög nagyságát figyelembe véve a következő trigonometriai összefüggés írható fel:

$$\sin \alpha = \frac{F_y}{F}, \text{ ebből: } F_y = F \cdot \sin \alpha, \text{ illetve}$$

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F}, \text{ ebből: } F_x = F \cdot \cos \alpha.$$

Az erők y és x irányú összetevői:

$$F_y = F \cdot \sin \alpha \text{ és } F_x = F \cdot \cos \alpha$$

4. Erő eredőjének meghatározása számítással

A szerkesztéses eljárással történő eredő meghatározás egyszerű eljárás, de sok a szerkesztésnél pontosabb eljárásra van szükségünk. A szerkesztésnél pontosabb eljárást a számítással történő eredő meghatározás.

A számítással történő eredő-meghatározás alapja, hogy az összegzendő erőket felbontjuk y és x irányú komponenseikre. Az erők y és x irányú komponensei algebrailag összegeezhetők.

Az összegzés eredménye az eredő y és x irányú komponense lesz. Az eredőt az y és x irányú komponensekből Pitagorasz tétellel számíthatjuk. Az eredő irányát szögfüggvény (például tangens függvény) segítségével számíthatjuk.

Legegyszerűbb esetben, két erő esetén a számítás menete a következő:

mindkét erőt felbontjuk y és x irányú komponenseire:

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha_1, \text{ illetve } F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha_1,$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha_2, \text{ illetve } F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha_2,$$

az y és x irányú komponenseket algebrailag összegezzük, így megkapjuk az eredő y és x irányú komponenseit:

$$F_{Ry} = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2,$$

$$F_{Rx} = F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2,$$

az eredő nagyságát Pitagorasz tétellel számoljuk ki:

$$F_R^2 = F_{Ry}^2 + F_{Rx}^2,$$

$$F_R = \sqrt{F_{Ry}^2 + F_{Rx}^2},$$

az eredő irányát (a pozitív x tengellyel bezárt szögét) tangens összefüggéssel számoljuk:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}.$$

Több erő esetén hasonlóan járunk el.

n számú erő eredőjének meghatározása számítással:

$$F_{iy} = F_i \cdot \sin \alpha_i, \text{ illetve } F_{ix} = F_i \cdot \cos \alpha_i, \text{ ahol } i = 1, 2, \dots, n$$

$$F_{Ry} = \sum F_{iy} \text{ és } F_{Rx} = \sum F_{ix},$$

$$F_R = \sqrt{F_{Ry}^2 + F_{Rx}^2},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}.$$

5. Igénybevételek

Az igénybevétel fogalma

Egy testre ható erő alakváltozást okoz. Például, ha egy rudat, amelynek egyik vége rögzített, meghúzzunk, a rúd megnyúlik, nagyobb erő esetén elszakad.

A külső terhelőerők szilárd testre gyakorolt alakváltoztató hatását **igénybevételnek** nevezzük.

A szilárdságtanban megkülönböztetünk **egyszerű és összetett** igénybevételeket.

Egyszerű igénybevétel:

- a húzó,
- a nyomó,
- a nyíró,
- a hajlító és
- a csavaró igénybevétel.

Ha viszont a szerkezetre egyidejűleg **két vagy több egyszerű igénybevétel** hat, akkor az igénybevétel **összetett**.

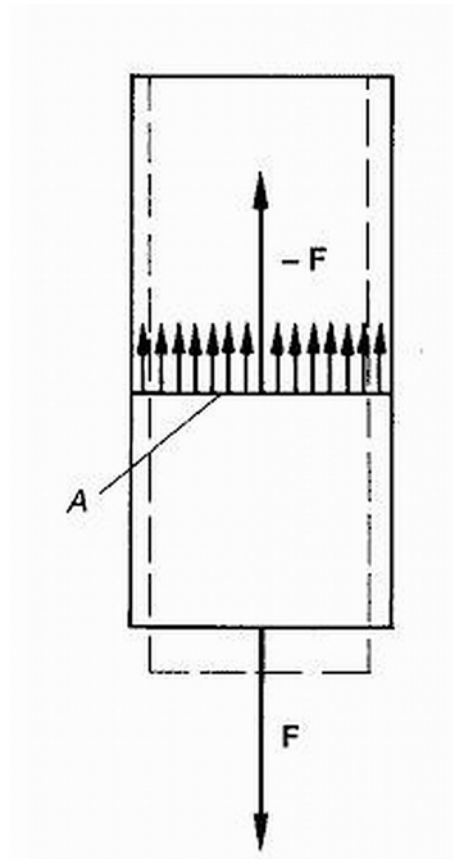
A feszültség és a megengedett fogalma

A terhelőerő hatására az anyag részecskéi között belső erők ébrednek. Ezek iránya azonos a terhelőerőével, értelmük viszont ellentétes. A terhelőerő és a terhelt felület hányadosával meghatározott mennyiség a belső feszültség.

A feszültség számítása

A 7. ábrán látható testre húzóerő hat, amely húzó-igénybevételt eredményez. Az igénybevétel hatására a testben belső erők ébrednek. Ezek iránya azonos a terhelő erőével, értelmük viszont ellentétes. Az erők egyenlő nagyságú összetevőkből álló, párhuzamos erőrendszert alkotnak, melynek eredője egyensúlyt tart a külső erővel. A belső erők okozzák a testben ébredő feszültséget.

A feszültséget a terhelőerő és a felület hányadosaként határozzuk meg.



7. ábra. A feszültség számítása

A feszültség számítása:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \text{ ahol:}$$

σ a feszültség,

F a terhelő erő,

A a terhelt keresztmetszet.

Ha a terhelőerőt N-ban, a terhelt felületet m^2 -ben adjuk meg, a feszültség mértékegységeként N/m^2 , azaz Pa (pascal) adódik.

A megengedett feszültség

A különféle anyagok a terhelés hatására eltérő módon viselkednek. Szilárdságtani tulajdonságaik anyagvizsgálatokkal állapíthatók meg. Leggyakrabban ún. szakítóvizsgálatot végeznek. Ennek során a vizsgálandó anyagból próbapálcát készítenek, azt szakítógéppbe fogják be, majd egyenletesen növekvő húzóerővel addig terhelik, amíg a pálcá el nem szakad. A mérés alapján határozhatók meg az anyag szilárdsági adatai.

A szilárdságtani feladatok megoldásánál fontos adat az anyagokra jellemző ún. σ_m , a **megengedett feszültség**.

A σ_m , megengedett feszültség az a feszültséghatár, amely feszültség esetén biztos, hogy az igénybevétel hatására nem lép fel a testben maradandó elváltozás.

A terhelés hatására a test megváltoztatja alakját. Először úgynevezett rugalmas alakváltozás jön létre, nagyobb terhelés esetén maradandó alakváltozás következik be, majd további terhelésnél a test eltörik, elszakad.

Rugalmas alakváltozás esetén a test az erőhatás megszűnte után visszanyeri eredeti alakját. Maradandó alakváltozásról beszélünk, ha a test az erőhatás megszűnte után nem nyeri vissza eredeti alakját. Ilyen, és ennél nagyobb terhelést nem szabad megengedni.

A megengedett feszültség értéke több tényezőtől függ. Megállapításánál döntő a terhelés módja. A következő terhelési módokat különböztetjük meg:

I. nyugvó vagy állandó (statikus terhelés): a terhelőerő állandó nagyságú;

II. lüktető vagy változó (dinamikus terhelés): a terhelőerő 0 és $+F$ érték között állandóan változik;

III. lengő vagy váltakozó terhelés: a terhelőerők $+F$ és $-F$ értéke között változik.

A megengedett feszültség értékét a terhelési módtól függően Wöhler határozta meg, ezért az I., II. és III. számmal jelölt terhelési módtól függően Wöhler-eseteknek is nevezik.

Az egyes szakaszokra úgy állapították meg a megengedett feszültségértékeket, hogy a σ_B szakítószilárdságot elosztották egy biztonsági tényezővel. A biztonsági tényező értéke a terhelési módtól függ, legkisebb az I., legnagyobb a III. terhelési módnál.

Húzó igénybevétel

A 7. ábrán látható testre F erő hat. A rúd részecskéi távolodni igyekeznek egymástól, a rúd hossza nő, keresztmetszete csökken. Ha az erő ilyen módon hat a testre, **húzó igénybevételről** beszélünk.

A húzófeszültség számítása:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

ahol σ a húzófeszültség, Pa; F a húzóerő nagysága, N; A a húzóerőre merőleges keresztmetszet, m^2 .

Ha egy adott test méretellenőrzését akarjuk elvégezni, vagyis azt ellenőrizni, hogy a terhelőerőnek megfelelően ellenáll-e, a képlet alapján számítjuk ki a testben ébredő feszültséget, majd ellenőrizzük, hogy a megadott feszültség nem lépi-e túl a megengedett feszültséget.

Ha az erő ismeretében a terhelésnek ellenálló keresztmetszet nagyságát akarjuk meghatározni, vagyis méretezni akarjuk a testet, az összefüggésből kifejezzük az A keresztmetszetet, és a feszültség helyébe a megengedett feszültséget helyettesítjük be:

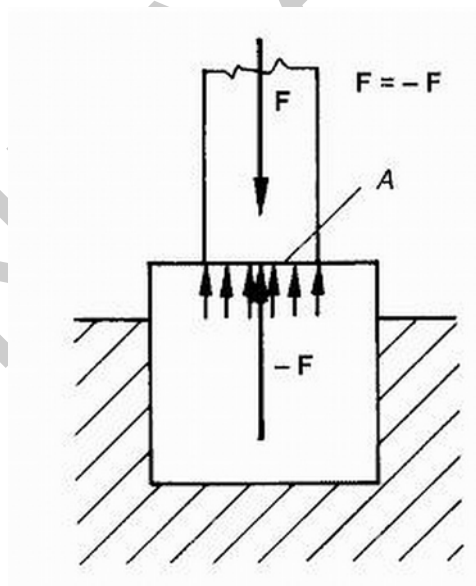
$$A = \frac{F}{\sigma_{meg}}.$$

Nyomó igénybevétel

Ha egy, a keresztmetszetéhez képest nem túlságosan hosszú testet úgy terhelünk, hogy a test részecskéi egymáshoz közeledjenek, az igénybevétel nyomás.

A nyomó igénybevétel a test hosszát csökkenti, keresztmetszetét növeli.

A 8. ábrán látható oszlop terhelésének hatására az alap nyomó-igénybevételnek van kitéve. A nyomóerő hatására keletkező feszültség a nyomott felületen egyenletesen oszlik el, és a hatóerővel ellentétes értelmű.



8. ábra. Nyomó-igénybevétel

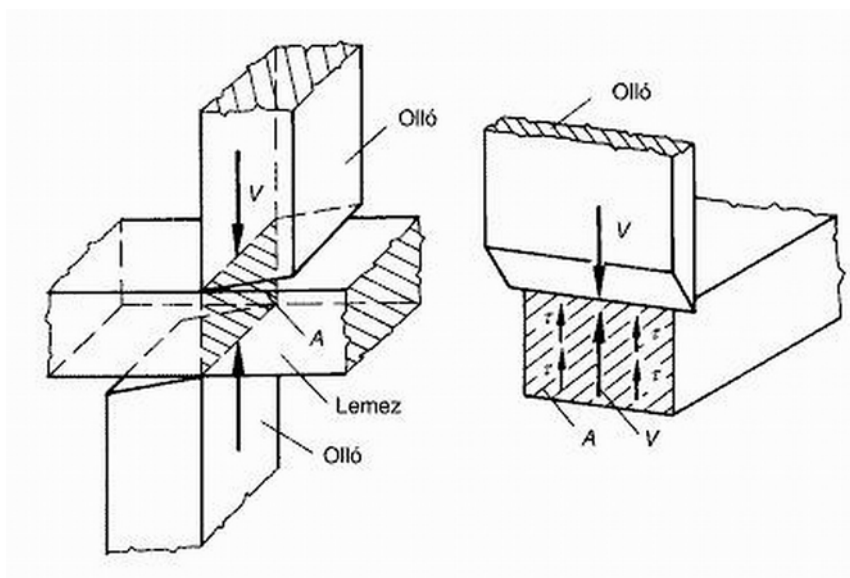
A nyomófeszültség meghatározása:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Nyomó igénybevétel esetén a méretellenőrzést és a méretezést a húzásnál megismert eljárásokhoz hasonlóan végezhetjük el.

Nyíró igénybevétel

A 9. ábrán nyíró igénybevételt látunk. Tiszta nyírásról beszélünk, amikor a terhelőerők a rúd keresztmetszetében hatnak. Ilyen hatást fejt ki például egy lemezvágó olló.



9. ábra. Nyíró-igénybevétel

A nyíróerő el akarja csúsztatni egymáshoz képest a keresztmetszeteket, így τ csúsztatófeszültség, jelen esetben nyírófeszültség lép fel.

A nyírófeszültség nagysága:

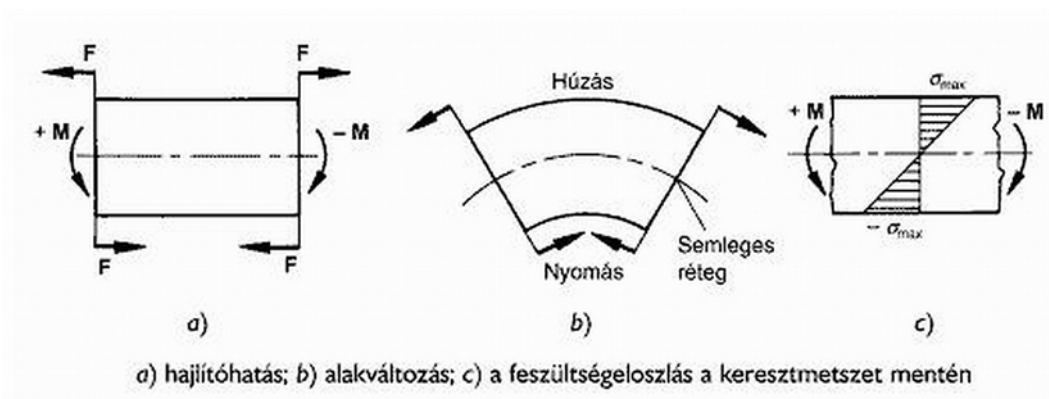
$$\tau = \frac{F}{A},$$

ahol τ a nyírófeszültség, Pa; F a nyíróerő, N; A a nyírt keresztmetszet, m^2 .

Nyíró-igénybevétel esetén a méretellenőrzést és a méretezést a húzásnál megismert eljárásokhoz hasonlóan végezhetjük el.

Hajlító igénybevétel

Hajlító igénybevétellel terhelünk egy rudat, ha rá két végén közös síkban elhelyezkedő, azonos nagyságú, ellentétes értelmű erőpár hat (10. ábra).



10. ábra. Hajlító igénybevétel

A külső erők nyomatéka a rudat ív alakban görbíti meg (b) jelű ábrarész). Ez a tiszta hajlítás esete, ami a legritkább esetben fordul elő, ugyanis a hajlítás a legtöbb esetben nyírással párosul.

Az ív alsó, homorú részén az anyag összetömörödik, ezért itt nyomó igénybevétel lép fel. Az ív felső részében, a domború részben húzófeszültség ébred. A rúd felső rétege megnyúlik, alsó szálai megrövidülnek. A keresztmetszet súlypontján átmenő réteg hossza nem változik, ez az ún. semleges réteg.

A szélső szálakban a legnagyobb az alakváltozás, ezért ott lép fel a legnagyobb feszültség is. A rúd keresztmetszetére merőlegesen fellépő feszültségek eloszlását a c) ábrarész mutatja. Az ábrából kitűnik, hogy annál nagyobb a rúdban a fellépő feszültség, minél nagyobb az erők távolsága a semleges rétegtől.

A hajlítás alapegyenlete:

$$\sigma_h = \frac{M_h \cdot e}{I}$$

ahol σ_h a hajlítófeszültség, Pa; M a hajlítónyomaték, N·m; I az ún. másodrendű nyomaték, m⁴; e a szélső szál távolsága a semleges száltól, m.

A másodrendű nyomaték nagysága a keresztmetszet alakjától, méretétől és a terheléshez viszonyított helyzetétől függ. Az I/e hányadost keresztmetszeti tényezőnek nevezzük, és K betűvel jelöljük, mértékegysége m³. A hajlítás alapegyenletét a $K = I/e$ helyettesítéssel egyszerűbb alakra hozhatjuk.

A hajlítás alapegyenlete:

$$\sigma_h = \frac{M_{\max}}{K}, \text{ ahol: } \sigma_h \text{ a hajlítófeszültség, Pa; } M_{\max} \text{ a testet terhelő legnagyobb (maximális) hajlítónyomaték, N·m; } K \text{ a keresztmetszeti tényező, m}^3.$$

Körkeresztmetszet esetén a keresztmetszeti tényező egyszerűsített számítási formája:

$K = 0,1 \cdot d^3$, ahol: **K** a keresztmetszeti tényező, **d** az átmérő.

A hajlító igénybevétellel terhelt tartó vizsgálata esetén feladataink a következők lehetnek:

A hajlításra igénybevett alkatrész anyagának és terhelésének ismeretében meg kell határozni a szükséges keresztmetszeti tényező nagyságát.

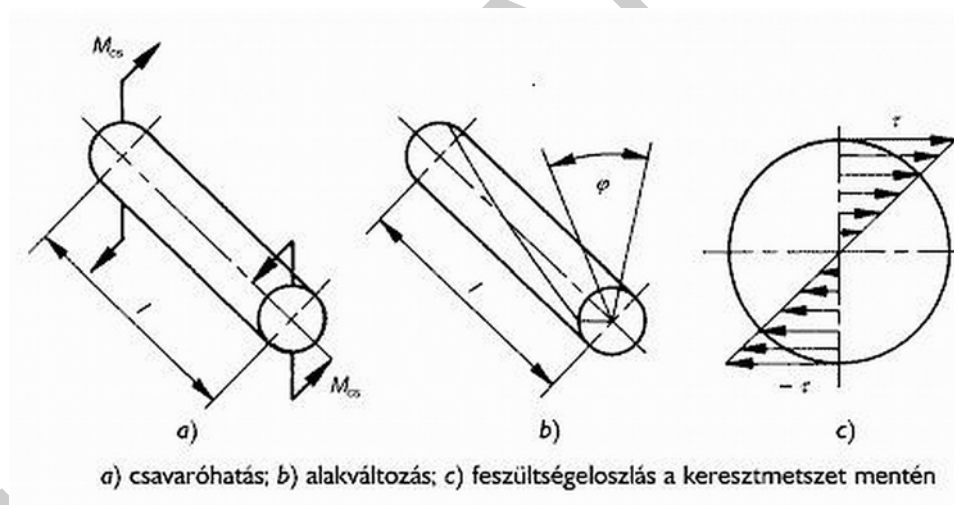
Az alkatrész anyagának és keresztmetszeti méreteinek ismeretében meg kell állapítani a maximális megengedhető terhelőnyomaték nagyságát.

Ellenőrizni kell, hogy az igénybevétel hatására a tartóban ébredő feszültség nem haladja-e meg a megengedhető feszültséget.

Mindhárom esetben a hajlítás alapegyenletével, illetve annak átrendezésével oldjuk meg a feladatot.

A csavaró igénybevétel

A kör keresztmetszetű rúd két végén levő, párhuzamos síkokban a 11. ábrán látható módon ellentétes értelmű forgató erőpár hat.



11. ábra. Csavaró-igénybevétel

Az l hosszúságú rúd végén levő két keresztmetszet (körlap) a nyomaték hatására egymáshoz képest φ szöggel elfordul, a rúdra csavaró igénybevétel hat.

A külső erők nyomatékának hatására a keresztmetszeti síkokban csúsztatófeszültségek keletkeznek, nagyságuk a csavarónyomatéktól és a csavarás tengelyétől mért távolságtól függ.

A csúsztatófeszültség legnagyobb értéke:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{cs} \cdot r}{I_p}, \text{ Pa}$$

ahol $\tau_{\max}$ a csúsztatófeszültség, Pa; M_{cs} a csavaró nyomaték, N·m; r a sugár vagy szélső szál távolsága, m; I_p a poláris másodrendű nyomaték, m⁴.

Az I_p/r hányados a poláris keresztmetszeti tényező: K_p .

Így a csavarás egyenlete:

$$\tau = \frac{M_{cs}}{K_p}, \text{ Pa.}$$

Összetett igénybevételek

Ha két igénybevétel együtt lép fel (pl. hajlítással párosult nyírás), akkor az igénybevétel összetett.

Az összetett igénybevételek a következőképpen csoportosíthatók:

Ha valamelyik egyszerű igénybevétel miatt fellépő feszültség jóval meghaladja a másikat, ilyenkor az adott nagyobb igénybevételt okozó egyszerű igénybevételre érvényes összefüggés alapján méretezünk.

Ha két egyszerű igénybevétel okozta feszültség jellege azonos (csak τ vagy csak σ feszültség lép fel), akkor egy irányú összetett igénybevételről beszélünk (pl. húzás-hajlítás, nyomás-hajlítás, nyírás-csavarás).

Ha a két egyszerű igénybevétel okozta feszültség jellege eltérő, tehát egyidejűleg τ és σ feszültség is fellép: többirányú összetett igénybevétel szerint számolunk (pl. húzás-csavarás, hajlítás-csavarás).

Egyirányú összetett igénybevételre való méretezésnél az eredő feszültséget az egyszerű igénybevételből keletkezett feszültségek algebrai összegezésével számíthatjuk ki. Például egyidejű húzás (nyomás) és hajlítás esetén az eredőfeszültség:

$$\sigma = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{M}{K}, \text{ Pa}$$

Az első tag a húzó (+ előjellel) vagy nyomó (– előjellel) igénybevétel következtében fellépő feszültséget jelenti. A második tag a hajlításnál fellépő feszültség számítására való (a + előjel a húzott szálakban, a – előjel a nyomott szálakban ébredő feszültséget jelenti).

Kör keresztmetszetű testre ható hajlító- és csavarónyomaték esetén az ún. redukált nyomatékkal számolunk, amelynek értéke:

$$M_{red} = \sqrt{M_h^2 + M_{cs}^2}.$$

A szükséges keresztmetszet:

$$K \geq \frac{M_{red}}{\sigma_{meg}}$$

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

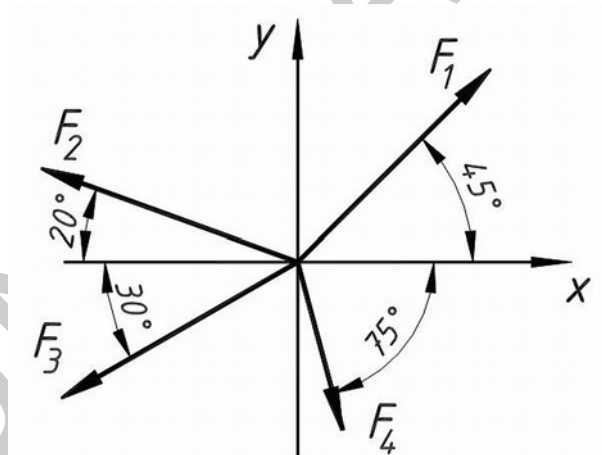
A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen az **"ERŐK, ERŐRENDSZEREK, IGÉNYBEVÉTELEK"** részből az **"1. Az erő fogalma, jellemzése"**, a **"2. Erőrendszer eredője, erők összegezése szerkesztéssel"** című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket.

1. feladat

A 12. ábrán négy erő látható.

Az erők nagysága: $F_1 = 2000 \text{ N}$, $F_2 = 1750 \text{ N}$, $F_3 = 2500 \text{ N}$ és $F_4 = 1500 \text{ N}$.



12. ábra. Szerkessze meg a négy erő eredőjét

Szerkessze meg a négy erő eredőjét!

A szerkesztéshez javasolt erőlépték: $1 \text{ cm} \hat{=} 500 \text{ N}$

Olvassa el figyelmesen a **"3. Erő felbontása alkotóira, komponenseire"** és a **"4. Erő eredőjének meghatározása számítással"** című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

2. feladat

Ellenőrizze az 1. feladatban megoldott szerkesztés eredményét számítással!

Olvassa el figyelmesen az "5. Igénybevételek" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

3. feladat

Írja be az alábbi táblázatba, hogy az adott összefüggést milyen feladat megoldásához használhatjuk!

Összefüggés	Feladat
$K \geq \frac{M_{red}}{\sigma_{meg}}$	
$\tau = \frac{M_{cs}}{K_p}$	
$\tau = \frac{F}{A}$	
$A = \frac{F}{\sigma_{meg}}$ (húzás esetére)	
$M_{red} = \sqrt{M_h^2 + M_{cs}^2}$	
$\sigma = \frac{F}{A}$ (nyomás esetén)	

4. feladat

Egy 1000 mm hosszú, 10 mm átmérőjű tengelyt középen 200 N nagyságú erő terhel. Számítsa ki a tengely végpontjain ébredő reakcióerők nagyságát és a tengelyt terhelő maximális nyomaték értékét!

A maximális nyomaték a tengelyt terhelő erő keresztmetszetében (jelenleg középen ébred).

Számítsa ki a tengelyben ébredő feszültség nagyságát!

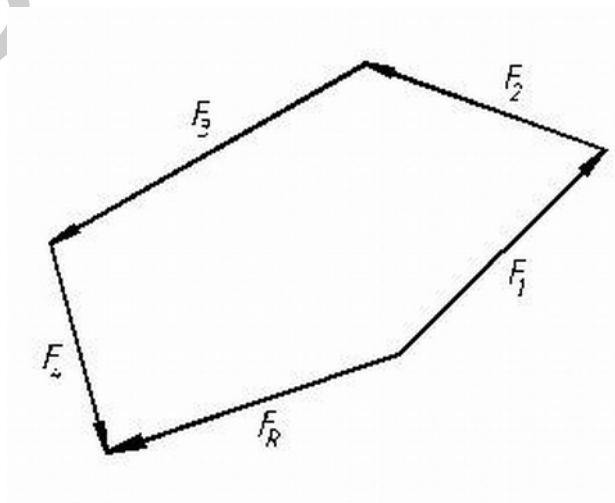
Adatok:

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza** át még egyszer a feladathoz tartozó fejezetet.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Szerkesztés:



13. ábra. Az eredő meghatározása szerkesztéssel

$$F_R = 2120 \text{ N}$$

2. feladat

Számítás:

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha_1 = 2000 \text{ N} \cdot 0,707 = 1414 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha_1 = 2000 \text{ N} \cdot 0,707 = 1414 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha_2 = 1750 \text{ N} \cdot (-0,9397) = -1644 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha_2 = 1750 \text{ N} \cdot 0,342 = 599 \text{ N}$$

$$F_{3x} = F_3 \cdot \cos \alpha_3 = 2500 \text{ N} \cdot (-0,866) = -2165 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \cdot (-\sin \alpha_3) = 2500 \text{ N} \cdot (-0,5) = -1250 \text{ N}$$

$$F_{4x} = F_4 \cdot \cos \alpha_4 = 1500 \text{ N} \cdot 0,2588 = 388 \text{ N}$$

$$F_{4y} = F_{41} \cdot (-\sin \alpha_4) = 1500 \text{ N} \cdot (-0,9659) = -1449 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= \Sigma F_{ix} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = \\ &= 1414 \text{ N} - 1644 \text{ N} - 2165 \text{ N} + 388 \text{ N} = -2007 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{Ry} &= \Sigma F_{iy} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = \\ &= 1414 \text{ N} + 599 \text{ N} - 1250 \text{ N} - 1449 \text{ N} = -686 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(-2007 \text{ N})^2 + (-686 \text{ N})^2} = 2121 \text{ N}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \frac{-686 \text{ N}}{-2007 \text{ N}} = 0,3419$$

$$\alpha = 180^\circ + 18^\circ 53'$$

3. feladat

Összefüggés	Feladat
$K \geq \frac{M_{red}}{\sigma_{meg}}$	A keresztmetszeti tényező számítása összetett igénybevétel esetén
$\tau = \frac{M_{cs}}{K_p}$	Csavaró feszültség számítása

$\tau = \frac{F}{A}$	Nyírófeszültség számítása
$A = \frac{F}{\sigma_{meg}}$ (húzás esetére)	Méretezés húzó-igénybevétel esetén
$M_{red} = \sqrt{M_h^2 + M_{cs}^2}$	A redukált nyomaték kiszámítása
$\sigma = \frac{F}{A}$ (nyomás esetén)	A nyomófeszültség számítása

4. feladat

Adatok:

$$d = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m},$$

$$F = 200 \text{ N},$$

$$l = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}.$$

A tengely két végén ébredő reakcióerők nagysága 100 N, mert az erő középen hat, így a két végén egyenletesen oszlik meg.

Számítással:

$$F_A = \frac{F \cdot \frac{\ell}{2}}{\ell} = \frac{200 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 100 \text{ N}$$

A középen ébredő maximális nyomaték:

$$M_{\max} = F_A \cdot \frac{\ell}{2} = 100 \text{ N} \cdot 0,5 \text{ m} = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_h = \frac{M_h}{K}, \quad K = 0,1 \cdot d^3$$

$$K = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot (0,01 \text{ m})^3 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_h = \frac{M_h}{K} = \frac{50 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 500 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Az erő fogalma, mértékegysége

Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Az erő _____.

Az erő mértékegysége:

2. feladat

Az erő jellemzése

Írja le az erő jellemzésére szolgáló adatokat!

Az erőt négy adattal jellemezzük: _____

a/ _____

b/ _____

c/ _____

d/ _____

3. feladat

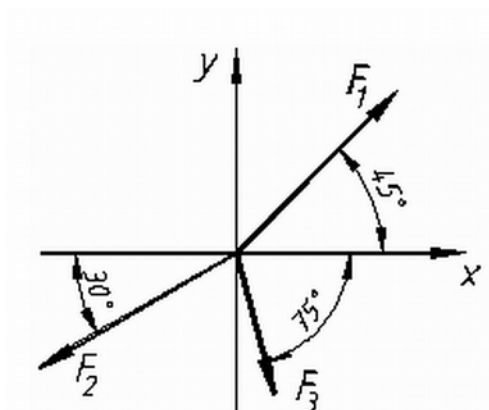
Írja le, milyen lépésekbe kell kiszámítani több erő erdőjét! Írja le az alkalmazott összefüggéseket!

	Lépések	Az alkalmazott összefüggés
1		
2		
3		

4

4. feladat

Az ábrán három, egy pontban metsződő erő látható. Nagyságuk $F_1 = 2000 \text{ N}$, $F_2 = 1750 \text{ N}$, $F_3 = 2500 \text{ N}$.



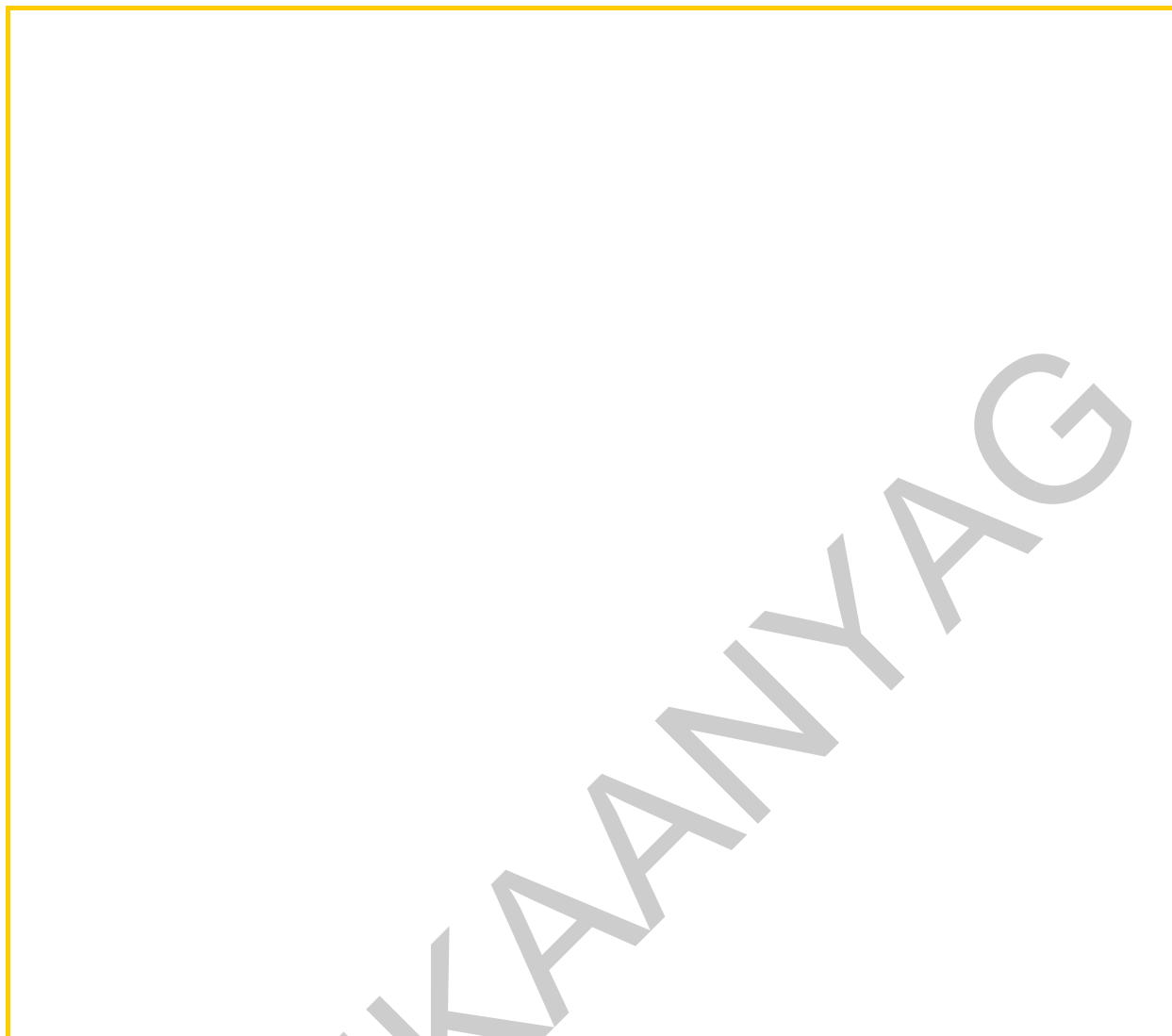
14. ábra. Szerkessze meg három erő eredőjét

Feladatok:

a/ Határozza meg szerkesztéssel az erők eredőjét!

A szerkesztéshez javasolt erőlépték: $1 \text{ cm} \hat{=} 500 \text{ N}$

b/ Ellenőrizze a szerkesztést számítással!

**5. feladat**

Írja be az alábbi táblázatba a feladat megoldásához alkalmazandó összefüggést!

Feladat	A feladat megoldásához alkalmazott összefüggés
Húzófeszültség számítása	
A redukált nyomaték számítása	
Méretezés hajlítás és csavarás összetett igénybevétel esetén	
Egyirányú (például húzás és hajlítás) összetett igénybevétel esetén	
Nyomásra való méretezés	

Csavaró feszültség számítása	
Nyírófeszültség számítása	

6.feladat

Egy 100 mm átmérőjű hengeres rudat 10 kN nagyságú húzóerő terhel. Számítsa ki a rúdban ébredő feszültség nagyságát!

Adatok:

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Az erő testek egymásra hatása. Az erő mértékegysége: N.

2. feladat

Az erőt négy adattal jellemezzük:

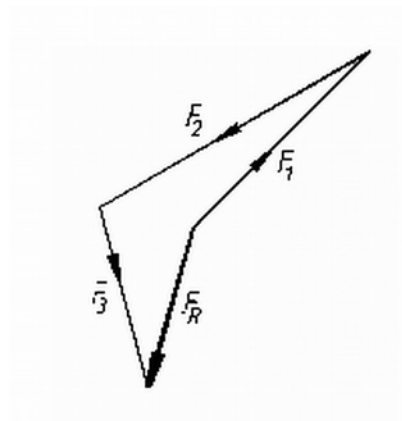
- nagyság,
- irány,
- értelem,
- támadáspont.

3. feladat

	Lépések	Az alkalmazott összefüggés
1	Az erőket felbontjuk y és x irányú komponensekre	$F_{iy} = F_i \cdot \sin \alpha_i,$ $F_{ix} = F_i \cdot \cos \alpha_i$
2	Az y és x irányú komponenseket algebrailag összegezzük	$F_{Ry} = \sum F_{iy} \text{ és } F_{Rx} = \sum F_{ix}$
3	Pitagorasz tétellel kiszámítjuk az eredő nagyságát	$F_R = \sqrt{F_{Ry}^2 + F_{Rx}^2}$
4	Meghatározzuk az eredő hajlásszögét	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}$

4. Feladat

a/ Szerkesztés



15. ábra. Az eredő meghatározása szerkesztéssel

b/

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha_1 = 2000 \text{ N} \cdot 0,707 = 1414 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha_1 = 2000 \text{ N} \cdot 0,707 = 1414 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha_2 = 1750 \text{ N} \cdot (-0,9397) = -1644 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha_2 = 1750 \text{ N} \cdot 0,342 = 599 \text{ N}$$

$$F_{3x} = F_3 \cdot \cos \alpha_3 = 2500 \text{ N} \cdot (-0,866) = -2165 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_3 \cdot (-\sin \alpha_3) = 2500 \text{ N} \cdot (-0,5) = -1250 \text{ N}$$

$$F_{Rx} = \Sigma F_{ix} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x} = 1414 \text{ N} - 1644 \text{ N} - 2165 \text{ N} = -2395 \text{ N}$$

$$F_{Ry} = \Sigma F_{iy} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y} = 1414 \text{ N} + 599 \text{ N} - 1250 \text{ N} = 763 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(-2395 \text{ N})^2 + (763 \text{ N})^2} = 2514 \text{ N}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \frac{763 \text{ N}}{-2395 \text{ N}} = -0,3184$$

$$\alpha = 180^\circ - 17^\circ 40'$$

5. feladat

Feladat	A feladat megoldásához alkalmazott összefüggés
Húzófeszültség számítása	$\sigma = \frac{F}{A}$

A redukált nyomaték számítása	$M_{red} = \sqrt{M_h^2 + M_{cs}^2}$
Méretezés hajlítás és csavarás összetett igénybevétel esetén	$K \geq \frac{M_{red}}{\sigma_{meg}}$
Egyirányú (például húzás és hajlítás) összetett igénybevétel esetén	$\sigma = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{M}{K}$
Nyomásra való méretezés	$A = \frac{F}{\sigma_{meg}}$
Csavaró feszültség számítása	$\tau = \frac{M_{cs}}{K_p}$
Nyírófeszültség számítása	$\tau = \frac{F}{A}$

SZILÁRDSÁGTANI ISMERETEK VEGYIPARI ALKALMAZÁSA

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A vegyipari gyakorlatban a szilárdságtani ismeretek alkalmazása több esetben jelenik meg technikai feladatként. A legfontosabb esetek:

- csővezetékek szilárdsági ellenőrzése,
- belső túlnyomással terhelt nyomástartó edény szilárdsági ellenőrzése,

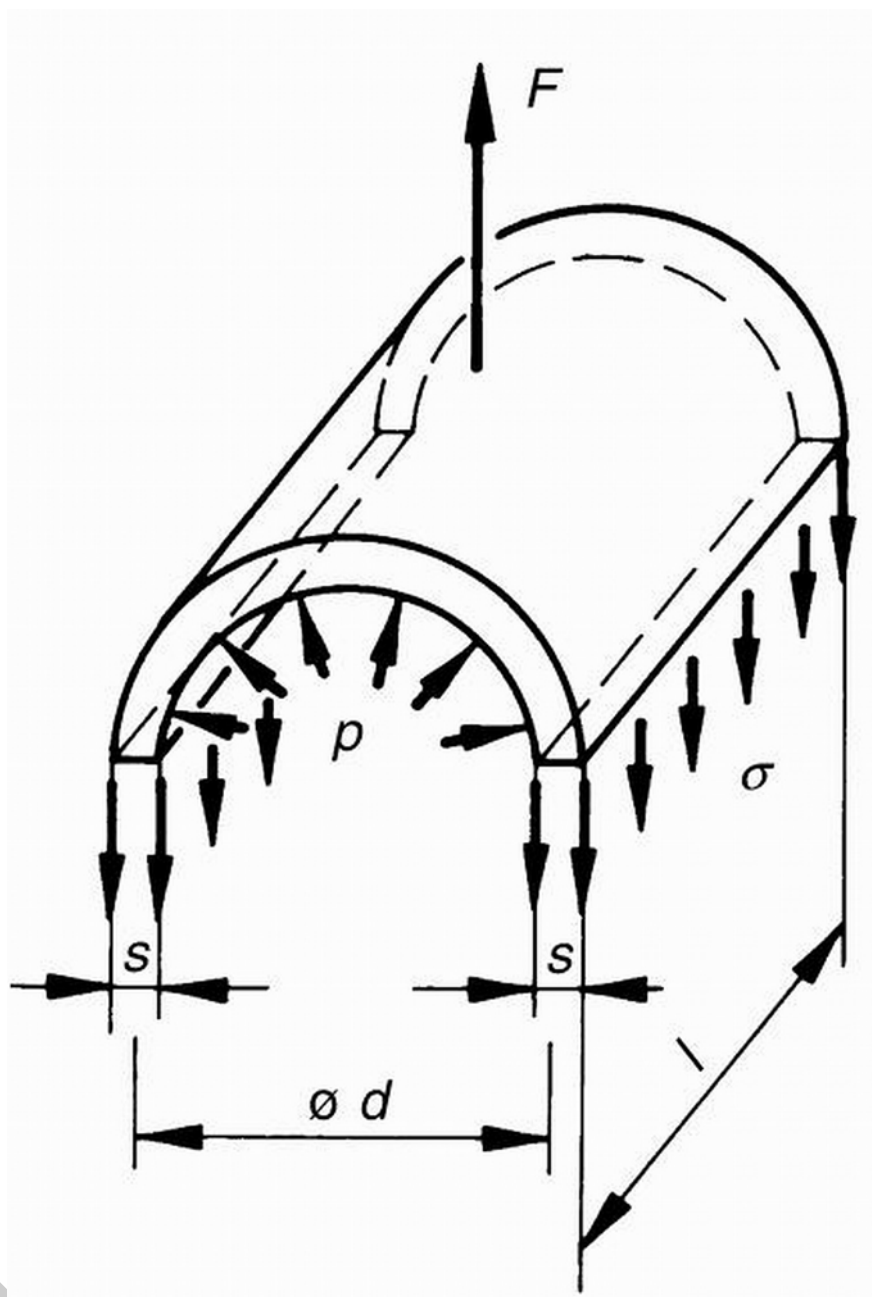
Gyakran kell foglalkoznia tartályok üzemeltetésének, üzembe helyezésének engedélyeivel, a Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályainak vizsgálatával.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A SZILÁRDSÁGTANI ISMERETEK ALKALMAZÁSA HENGERES ELEMekre

1. Csővezetékek szilárdsági ellenőrzése

Csövek igénybevétele általában belső túlnyomás. A 16. ábrán egy belső túlnyomással terhelt cső igénybevétele látható. A képzeletben elvágott cső falában húzó igénybevétel ébred.



16. ábra. Belső túlnyomással terhelt cső igénybevétele

A csőelem hossza legyen l , a vékony falú, cső középtátmérője d , falvastagsága s . Belső nyomás hatására a cső köpenyében, az alkotóra merőleges irányban húzófeszültség ébred. A húzóerő a belső nyomásból számolható a $F = p \cdot A$ összefüggéssel. A csőelem belső nyomással terhelt keresztmetszete $A = l \cdot d$ alakban felírható, így $F = p \cdot l \cdot d$ a húzóerő. A húzásra igénybe vett keresztmetszet $A = 2 \cdot s \cdot l$.

A húzófeszültség:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{d \cdot l \cdot p}{2 \cdot s \cdot l} = \frac{d \cdot p}{2 \cdot s}$$

Innen a szükséges falvastagság, amely kifejezés az ún. **kazánformula**:

$$s = \frac{d \cdot p}{2 \cdot \sigma_m} + C$$

ahol σ_{meg} a cső falában megengedhető feszültség az üzemi hőmérsékleten, MPa; p a belső túlnyomás, MPa; d a cső átmérője, mm; s a szilárdságilag szükséges falvastagság, mm; C a pótlék, mm.

A pótlék a korróziós hatást, illetve a gyártástechnológiai hatást veszi figyelembe. Acélcsöveknél ennek értéke általában 1 mm.

A csővezetékek méretellenőrzésének alapja, hogy adott falvastagságnál a feszültség értéke csak kisebb vagy határesetben egyenlő lehet, mint a cső anyagára jellemző megengedett feszültség.

2. Tartályok szilárdsági ellenőrzése

A tartályok, nyomástartó edények hengeres kialakításúak, így a tartályok hengeres köpenye lényegében egy nagyobb átmérőjű cső. Szilárdsági szempontból tehát a csövek méretezési szempontjai szerint ellenőrizhetjük ezeket is.

Vegyipari készülékeknel a közepes átmérő helyett vagy a külső vagy a belső átmérővel számítjuk a falvastagságot.

A tartályok falvastagságának meghatározására szolgáló összefüggések:

a belső átmérővel számolva:

$$s = \frac{D_b \cdot p}{2 \cdot \sigma_m - p},$$

a külső átmérővel számolva:

$$s = \frac{D_k \cdot p}{2 \cdot \sigma_m + p},$$

ahol: s a falvastagság, mm; D_k a tartály külső átmérője mm; D_b a tartály belső átmérője, mm; p a belső túlnyomás, MPa; σ_{meg} a cső falában megengedhető feszültség az üzemi hőmérsékleten, MPa.

NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK

1. A nyomástartó edény fogalma

Nyomástartó edény olyan zárt vagy zárható berendezés, amely nincs égéstermékeknek vagy vegyitermékeknek, illetőleg villamosenergia közvetlen fűtőhatásának kitéve, benne 0,7 bar túlnyomásnál nagyobb nyomás van, vagy keletkezhet. A nyomástartó edény a közvetlen kapcsolódó (be- és kilépő) peremes vagy hegesztett csőkötésig terjed.

A nyomástartó edények gyártásával, üzemeltetésével kapcsolatos követelményeket, továbbá a biztonságtechnikai jellegű hatósági engedélyezések és ellenőrzések szabályait külön rendelet tartalmazza (4/1979. (III. 7.) NIM rendelet a Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályzata hatálybalépéséről)

2. Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályzata (NyEBSZ)

A nyomástartó edény veszélyességi mutatója

A nyomástartó edény veszélyességi mutatóját a következő kifejezéssel kell kiszámítani:

$Y = V \cdot p \cdot k(c + f + t)$, ahol:

Y a veszélyességi mutató, **V** a nyomástartó edény egyes nyomástereinek, vagy az egymástól el nem zárhatóan összekötött nyomástartó edények nyomástereinek összes űrtartalma m³-ben 1%-os pontossággal, **p** az engedélyezési nyomás bar (túlnyomás)-ban, **k** a korrózióra, kopásra jellemző tényező, **c** a töltet fizikai állapotára jellemző tényező, **f** a töltet tűzveszélyességére jellemző tényező, **t** a töltet mérgező hatását kifejező tényező.

Veszélyességi osztályok

Veszélyességi osztályok:

- kisveszélyességű osztály,
- középveszélyességű osztály,
- nagyveszélyességű osztály.

Kisveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:

$$4 < Y \leq 100.$$

Középveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:

$$100 < Y \leq 10\,000.$$

Nagyveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:

$Y > 10\,000$.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "A SZILÁRDSÁGTANI ISMERETEK VEGYIPARI ALKALMAZÁSAI" részből az "1. Csővezetékek szilárdsági ellenőrzése", a "2. Tartályok szilárdsági ellenőrzése" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

1. feladat

Egy csővezeték átmérője 500 mm, a csőben áramló folyadék nyomása 5 bar túlnyomás, a cső anyagának megengedett feszültsége 50 MPa.

Számítsa ki a cső falvastagságát! A pótlék értéke 1 mm.

Adatok:

2. feladat

Fejezze ki a nyomástartó edényekre vonatkozó, a falvastagság meghatározására szolgáló összefüggést, ha a tartályátmérő helyett a tartály belső és ha a külső átmérő szerepel az összefüggésben!

Segítség a feladat megoldásához:

$$D = \frac{D_k + D_b}{2} \quad \text{és} \quad s = \frac{D_k - D_b}{2}, \text{ ahol:}$$

D a tartályátmérő, D_k a tartály külső átmérője, D_b a tartály belső átmérője, s a falvastagság.

Olvasa el figyelmesen a "3. Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályzata (NyEBSZ)" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket:

3. feladat

A nyomástartó edény fogalma

Egészítse ki az alábbi meghatározást!

Nyomástartó edény olyan vagy berendezés, amely nincs

....., illetőleg

villamosenergia kitéve, benne

..... túlnyomásnál nyomás van, vagy keletkezhet.

4. feladat

A nyomástartó edény veszélyességi mutatója és a veszélyességi osztályok

Sorolja fel a veszélyességi osztályokat!

Veszélyességi osztályok: _____

1 _____

2 _____

3 _____

Töltse ki az alábbi táblázatot!

Feladat	Megoldás
A veszélyességi mutató kiszámítása	
Kisveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	
Középvészélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	
Nagyveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Adatok:

$$d = 500 \text{ mm},$$

$$p = 5 \text{ bar} = 0,5 \text{ MPa},$$

$$\sigma_m = 50 \text{ MPa},$$

$$C = 1 \text{ mm}.$$

$$s = \frac{d \cdot p}{2 \cdot \sigma_m} + C = \frac{500 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ MPa}}{2 \cdot 50 \text{ MPa}} + 1 \text{ mm} = 3,5 \text{ mm}$$

2. feladat

$$s = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_m}, \quad D = \frac{D_k + D_b}{2}, \quad s = \frac{D_k - D_b}{2},$$

$$D_k = 2 \cdot s + D_b, \quad D = \frac{2 \cdot s + D_b + D_b}{2} = s + D_b,$$

$$s = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_m} = \frac{(s + D_b) \cdot p}{2 \cdot \sigma_m} = \frac{s \cdot p + D_b \cdot p}{2 \cdot \sigma_m}, \quad s \cdot 2 \cdot \sigma_m - s \cdot p = D_b \cdot p,$$

$$s = \frac{D_b \cdot p}{2 \cdot \sigma_m - p}$$

Hasonlóan levezetve:

$$s = \frac{D_k \cdot p}{2 \cdot \sigma_m + p}$$

3. feladat

Nyomástartó edény olyan **zárt**, vagy **zárható** berendezés, amely nincs égéstermékeknek, vagy vegyitermékeknek, illetőleg villamosenergia közvetlen fűtőhatásának kitéve, benne 0,7 bar túlnyomásnál **nagyobb** nyomás van, vagy keletkezhet.

4. feladat

Veszélyességi osztályok:

- 1. kisveszélyességű osztály,
- 2. közepveszélyességű osztály,
- 3. nagyveszélyességű osztály.

Feladat	Megoldás
A veszélyességi mutató kiszámítása	$Y = V \cdot p \cdot k(c + f + t)$
Kisveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	$4 < Y \leq 100$
Közepveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	$100 < Y \leq 10\,000$
Nagyveszélyességű osztályba kell sorolni a nyomástartó edényt, ha a veszélyességi mutató értéke:	$Y > 10\,000$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja le a feladat meghatározáshoz alkalmazható összefüggést!

Feladat	A feladat meghatározásához alkalmazható összefüggés
Csővezeték falvastagságának meghatározása	
Csővezeték falában ébredő feszültség meghatározása	
Tartály falvastagságának meghatározása a belső átmérővel	
Tartály falvastagságának meghatározása a külső átmérővel	

2. feladat

Egy csővezeték átmérője 100 mm, a csőben áramló folyadék nyomása 10 bar túlnyomás, a cső anyagának megengedett feszültsége 50 MPa. A cső falvastagsága 5mm!

Ellenőrizze, megfelel-e a cső szilárdsági szempontból!

Adatok:

3. feladat

Egy 600 mm belső átmérőjű tartály falvastagsága 10 mm. A tartályban a belső túlnyomás 10 bar. A tartály anyagának megengedett feszültsége: 50 MPa.

Megfelelő-e a tartály falvastagsága szilárdsági szempontból, ha a pótlék nagysága 3 mm?

Adatok:

4. feladat

Nyomástartó edények veszélyességi mutatója

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be az összefüggést és a betűjelek értelmezését!

A veszélyességi mutató kiszámításához alkalmazandó összefüggés	
Y	
V	
p	
k	
c	
f	
t	

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Feladat	A feladat meghatározásához alkalmazható összefüggés
Csővezeték falvastagságának meghatározása	$s = \frac{d \cdot p}{2 \cdot \sigma_m} + C$
Csővezeték falában ébredő feszültség meghatározása	$\sigma = \frac{d \cdot p}{2 \cdot s}$
Tartály falvastagságának meghatározása a belső átmérővel	$s = \frac{D_b \cdot p}{2 \cdot \sigma_m - p}$
Tartály falvastagságának meghatározása a külső átmérővel	$s = \frac{D_k \cdot p}{2 \cdot \sigma_m + p}$

2. feladat

Adatok:

$$d = 100 \text{ mm},$$

$$p = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 50 \text{ MPa},$$

$$s = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{d \cdot p}{2 \cdot s} = \frac{100 \text{ mm} \cdot 1 \text{ MPa}}{2 \cdot 5 \text{ mm}} = 10 \text{ MPa}, \quad \sigma < \sigma_{meg}, \text{ a cső szilárdsági szempontból megfelelő}$$

3. feladat

Adatok:

$$D_b = 600 \text{ mm},$$

$$s = 10 \text{ mm},$$

$$p = 10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa},$$

$$\sigma_m = 50 \text{ MPa},$$

$$C = 3 \text{ mm}.$$

$$s = \frac{D_b \cdot p}{2 \cdot \sigma_m - p} = \frac{600 \text{ mm} \cdot 1 \text{ MPa}}{2 \cdot 50 \text{ MPa} - 1 \text{ MPa}} = 6,1 \text{ mm},$$

A tartály szilárdsági szempontból szükséges falvastagsága 6,1 mm, a pótlék 3 mm. A szükséges falvastagság 9,1 mm. A tartály 10 mm-es falvastagsága **megfelelő**.

4. feladat

A veszélyességi mutató kiszámításához alkalmazandó összefüggés	$Y = V \cdot p \cdot k(c + f + t)$
Y	a veszélyességi mutató
V	a nyomástartó edény egyes nyomástereinek, vagy az egymástól el nem zárhatóan összekötött nyomástartó edények nyomástereinek összes űrtartalma m ³ -ben 1%-os pontossággal
p	p az engedélyezési nyomás bar (túlnyomás)-ban
k	a korrózióra, kopásra jellemző tényező
c	a töltet fizikai állapotára jellemző tényező
f	a töltet tűzveszélyességére jellemző tényező
t	a töltet mérgező hatását kifejező tényező

IRODALOMJEGYZÉK**FELHASZNÁLT IRODALOM**

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

4/1979. (III. 7.) NIM rendelet a Nyomástartó Edények Biztonsági Szabályzata hatálybalépéséről

Nyomástartó berendezések Műszaki–biztonsági szabályzata a 63/2004. (IV.27) GKM rendelet és a 23/2006. (II.3.) Kormányrendelet végrehajtásához szükséges részletes műszaki követelmények

AJÁNLOTT IRODALOM

Szabó László: Szakmai alapismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.

Dr. Kálmán András–Szabó László–Tamás Gyula: Mechanika, KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 1999.

A(z) 2047–06 modul 002–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 524 01 0000 00 00	Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője
54 524 02 1000 00 00	Vegyipari technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató