

GÉPÉPÍTŐ ALUMÍNIUM PROFIL CENTRÁL FURATÁNAK TERHELHETŐSÉGE

THE LOAD-BEARING CAPACITY OF THE CENTRAL HOLE OF OF AN ALUMINIUM PROFILE FOR MECHANICAL ENGINEERING

Besenyei István, doktorjelölt, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet
Dr. Bihari Zoltán, egyetemi docens, Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

1. ABSTRACT

The use of aluminium profiles in mechanical engineering is becoming more and more common these days. Their versatile appearance is as varied as their potential uses. However, the actual load capacity of these profiles is not fully described in the literature.

2. BEVEZETÉS

Ha a XX. század vége felé egy szerkezetet kellett tervezni, akkor a legegyszerűbb megoldást az jelentette, hogy hidegen vagy melegen hengerelt acélszelvények felhasználásából építették össze magát a szerkezetet. A szelvények egymáshoz illesztéséhez valamilyen hegesztési technológiát használtak.

Az anyag szilárdságával összemérhető nagy szilárdságú hegesztett kötés alakítható ki, ezáltal a komplett szerkezet teherbírása is lényegesen nagyobb lesz. A geometriai felépítésről illetően nagyon sokféle kialakításra ad lehetőséget ez a technológia. Az így felépülő szerkezet ellenállóbb a rezgésekkel szemben (ha egy darabnak tekintjük), mint egy több darabból álló, csavarozott konstrukció.

Ezenkívül a szilárdsági vizsgálatok könnyen elvégezhetők manuálisan és végeselemes szoftver felhasználásával is.

A hegesztési technológia hátrányai közé tartozik azonban a nagy hőközlés, ami az anyagok vetemedését eredményezheti, valamint a korlátozott anyagválaszték. Ezenkívül számos utómunkát igényel (hegesztés utáni feszültségmentesítés, varratok köszörülése, korrózióvédelem, stb.)

Ezek a hátrányok a gépépítő alumíniumprofilok alkalmazásával elkerülhetők.

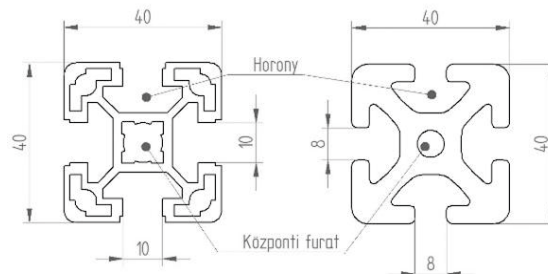
3. GÉPÉPÍTŐ ALUMÍNIUM PROFILOK

A gépépítő alumínium profilok napjaink ipari gyakorlatának az egyik legkedveltebb építőelemei közé tartoznak.

Ezek a profilok különböző méretükben és különböző keresztmetszetekben kaphatók. Az egyes profilok forgácsolási megmunkálást követően csavarkötéssel könnyen csatlakoztathatók egymással, de léteznek fúrásmentes összekötők is, amik megkönnyítik a szerelést.

Az alumínium profilok hátránya viszont, hogy alkalmazásuk lényegesen nagyobb költségáfordítást igényel más technológiákhoz képest. Továbbá egy alumínium profilokból álló összetett szerkezet végeselemes analízise sem egyszerű. A bonyolult geometriának köszönhetően sokkal több csomópont keletkezik, amit egy bizonyos elemszám fölött a szoftver csak nehezen tud kezelni. Ennek ellenére változatos megjelenésüknek és szerelhetőségüknek köszönhetően manapság egyre több szerkezetnél használják (pl.: vázszerkezet kialakításánál, állványok készítésénél, stb.)

Az alumínium profilokból történő gépépítés jellemzően a profilok hornyaiban elhelyezett horonyanyák vagy kalapácsfejű csavarok alkalmazásával történik. Ritkábban a profilok központi furatába kerülő menetes kötőelemek segítségével jön létre a kívánt geometria. Ez a tanulmány utóbbi esetet vizsgálja különböző gyártók különböző méretű termékein keresztül.

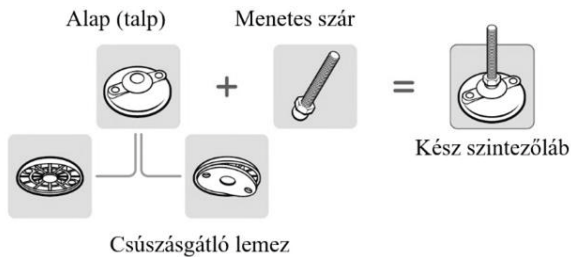


1. ábra: 4040-es Bosch profil (balra) és 4040-es Item profil (jobbra) keresztmetszete [3] [4]

Az esetek egy jelentős részében a gépek, állványok stabilitásáért, szintezéséért felelős géplábak kerülnek a centrál furatba.

4. GÉPLÁBAK

A géplábak több elemből álló, kereskedelmi forgalomban megtalálható gépelemek. Főbb részeik: menetes szár, talp, csúszásgátló, ill. rezgéscsillapító elem.

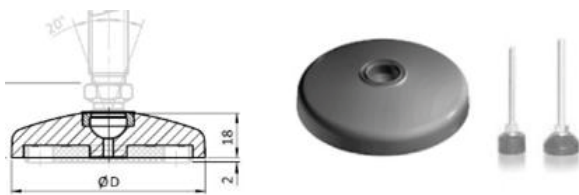


2. ábra: A géplábak felépítése [2]

A géplábak kritikusnak ítélt elemei esetén a gyártó katalógus adatokkal segíti a tervezés folyamatát. A szakirodalomban [2] megtalálható, hogy a különböző elemek esetén milyen módszerrel végezték a vizsgálatot.

Például a menetes száracokat függőlegesen terheltek egy szabványos ipari anyán. A kezdeti kb. 1500 [N] függőleges irányú terhelés után lassan és egyenletesen kezdték el növelni a terhelést addig, amíg a teljes egységnek $1,5 \pm 0,5$ [mm]-rel meg nem változott a hossza.

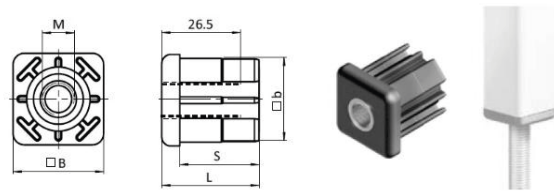
A géplábak talpait acéllemezre (felfogató alapra) helyezték el. Oldalirányú terhelés, valamint dinamikus igénybevétel nem érte a vizsgálat során ezen elemeket. Statikus nyomó igénybevétel alapján kerültek a katalógusba azok a terhelhetőségek, amelyeket a tervezés során figyelembe lehet venni.



3. ábra: Nagy szögbeállásra alkalmas beálló talp, valamint géplábak összeszerelve [2]

Egy másik vizsgálat során a menetes perselyeket és betéteket (4. ábra) addig terheltek, amíg a törés be nem következett. A vizsgálatokat egyenként három mintán végezték el.

A katalógusban a gyártó külön felhívja a figyelmet arra, hogy ezek a terhelési adatok inkább tájékoztató jellegűek, teljes mértékben nem szabad rájuk hagyatkozni, hanem érdemes egyéni vizsgálatokat elvégezni.



4. ábra: Menetes persely és csatlakozása profilhoz [2]

Bár a talpakra és a menetes száracokra vonatkozóan a terhelések adottak, egy összeállított vázszerkezet maximális terhelhetőségét a leggyengébb láncszem maximális terhelhetősége adja. Így nem szabad figyelmen kívül hagyni a számításnál az alumínium profilokra vonatkozó hatásokat sem.

Azok a gyártók, amelyek összekötő elemek gyártásával foglalkoznak, csak ritkán adják meg a csatlakozó elemekre vonatkozó terheléseket, mivel állításuk szerint egy összetett szerkezet gyenge láncszeme az alumínium profil lesz.

A gépépítő alumínium profilokhoz a géplábak többféleképpen csatlakoztathatók. A leggyakrabban alkalmazott módja a szerelésnek, ha a profil központi furatában egy előre kialakított menetes részben rögzítjük a menetes száracokat.

Ez a cikk az alumínium gépépítő profilok centrál furatát vizsgálja és arra próbál választ adni, hogy mekkora az a maximális terhelés, aminél még nem keletkezik számottevő elváltozás, esetleg roncsolódás.

5. VIZSGÁLATI SZEMPONT ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEK

A kialakított koncepció szerint az alumínium profil előre kialakított menetes furatába adott mélységig beletekerjük egy gépláb menetes szárát. Ezt a géplábat centrális axiális húzó vagy nyomó erővel terheljük, amíg valamilyen károsodás be nem következik.

A jellemző igénybevétel a menettő hajlítása lesz. A felületi nyomástól eltekinthetünk, mivel a menetes kötőelemeknél a súrlódást, kopást venné figyelembe. A szilárdsági számítások elvégzéséhez a terhelt elemek anyagjellemzőinek ismerete nélkülözhetetlen. A katalógusokban az alumínium profilok anyagára a gyártók az 1. táblázat szerinti értékeket adják meg.

Egy másik fontos adat, amire szükségünk lehet, hogy mekkora biztonsági tényezővel érdemes számolni. Mivel menettő hajlításnál azt a legnagyobb terhelést keressük, aminél a menet

megszakad, ezért 1-es biztonsági tényezővel javasolt számolni, vagyis a tönkremeneteli határt keressük.

1.táblázat: Bosch és Item profilok anyagára vonatkozó adatok DIN (ISO) szabvány szerint. [3; p. 324.]

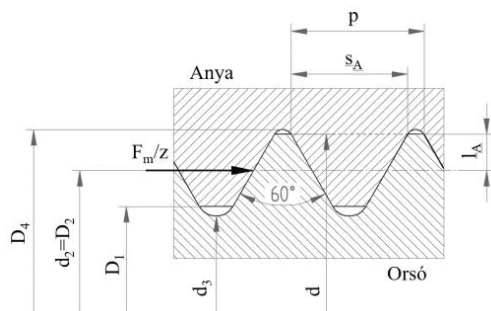
Anyagjelölés:	AlMgSi 0.5 F25
Anyagszám:	3.3206.7
Szakítószilárdság:	$R_m=250 \text{ N/mm}^2$
Egyezményes folyáshatár:	$R_{p0,2}=200 \text{ N/mm}^2$
Rugalmassági modulus:	$E = 70000 \text{ N/mm}^2$
Felületi keménysége:	300 HV

A legismertebb gépépítő profilokat a 2020; 3030; 4040; 5050 és 6060 jelöléssel látták el. A Bosch forgalmazza még a 4545 profilt is, de ez a konkurens gyártóknál nem jellemző, ezért most nem vizsgáljuk. Ezeknek a centrál furatába más-más keresztmetszetben ki lehet alakítani M5-től M12-ig terjedő menetes furatokat. Ezekre a menettípusokra javasolt elvégezni a számításokat. A különböző méretű menetek geometriai adatait szabvány rögzíti. A geometria ismeretében menetű hajlításra kell vizsgálni az anya (jelen esetben az alumínium profil) terhelhetőségét. A szilárdsági ellenőrzések során az alap összefüggés ([1] szerint), hogy a redukált feszültségnek kisebbnek vagy egyenlőnek kell lennie, mint a megengedhető feszültség.

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{meg} \quad (1)$$

Tiszta hajlítást feltételezve a redukált feszültség a hajlító nyomaték és a keresztmetszeti tényező hányadosa. Az összefüggésekben szereplő geometriai jelöléseket az 5. ábra mutatja. A „z” az érintkező menetek száma.

$$\sigma_{red} = \frac{M_{hj}}{K} = \frac{\frac{F_m(t)}{z} \cdot l_{A(t)}}{\frac{D_{4(t)} \cdot \pi \cdot s_{A(t)}^2}{6}} \quad (2)$$



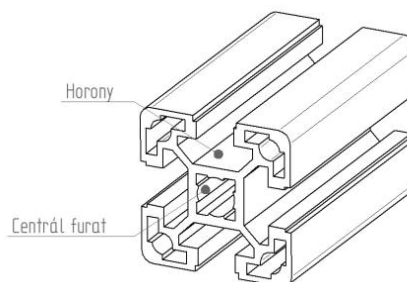
5. ábra: Menetű hajlítás geometriai méretei

Átalakítva az egyenletet megkapjuk, hogy mennyi az egy menetre jutó megengedhető terhelés az anyára vonatkoztatva:

$$F_{m(t)} = \frac{R_m \cdot z \cdot D_{4(t)} \cdot \pi \cdot s_{A(t)}^2}{s \cdot l_{A(t)} \cdot 6} \quad (3)$$

A fenti összefüggések az Item által forgalmazott profilokra érvényesek. Az egyes geometriai paraméterekben az „I” index erre utal. A továbbiakban a „B” indexet a Bosch profilok esetén alkalmazzuk.

A Bosch kompatibilis profiloknál be kell vezetni egy új méretet. Ez az ún. „t” méret, ami a központi furat körül található hornyoknak a szélessége. Ezek azt a célt szolgálják, hogy ne kelljen a menetfúrást egy menetfúró szerszámmal elvégezni a profil központi furatában, hanem egy speciálisan kialakított menetű csavarral forgácsképződés nélküli menetformázást hozhassunk létre. Ez a „t” szélességű, és „n” darabszámú horony (6. ábra) azonban gyengíti a kötést.



6. ábra: Hornyok a centrál furatban

A hornyok figyelembe vételével a keresztmetszeti tényező az alábbiak szerint módosul:

$$K_{(B)} = \frac{(D_{4(B)} \cdot \pi - t \cdot n) \cdot s_{A(B)}^2}{6} \quad (4)$$

Ebben az esetben a terhelőerő:

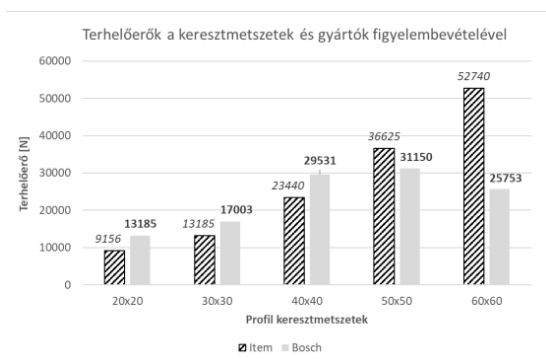
$$F_{m \text{ Bosch}} = \frac{R_m \cdot z \cdot (D_{4(B)} \cdot \pi - t \cdot n) \cdot s_{A(B)}^2}{s \cdot l_{A(B)} \cdot 6}$$

Az összefüggések ismeretében a két gyártó profiljait az alábbi módon hasonlítottuk össze:

1. A profilok központi furatai alapján meghatároztuk, hogy a különböző profilkeresztmetszetekbe milyen méretű menetes furat alakít-

ható ki. Ezek az értékek a profilok mérete alapján és az egyes gyártók esetében is eltérő.

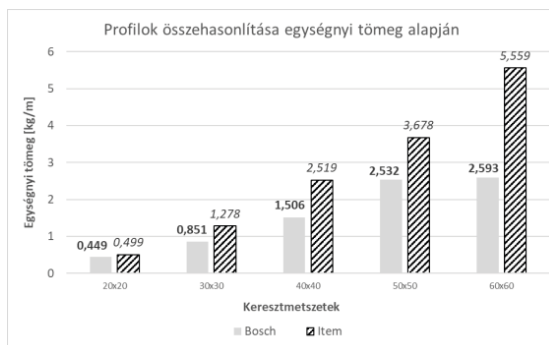
2. A geometria ismeretében a már korábban említett vizsgálati módokon a szakítószilárdságot figyelembe véve a menet elszakadását kerestük, vagyis azt, hogy ez a károsodás mekkora terhelőerő hatására következik be. Az alábbi diagram jól szemléltet az Item és a Bosch profilok terhelhetőségét.



7. ábra: Terhelőerők a profilméretnek és a gyártók figyelembevételével

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A Bosch profilok központi furatai ugyan hornyokkal kikönnnyítették, azonban sokkal nagyobb névleges méretű menetes szár befogadására alkalmasak, mint az ugyanolyan keresztmetszetű Item profil. Ennek oka, hogy a Bosch profilok nagyobb központfurattal rendelkeznek. (Például a 4040-es keresztmetszet esetén az ITEM profilban M8-as menetes furat, míg a Bosch profilban M10-es furat alakítható ki.) Nyilván ahogy a menet mérete növekszik, úgy nő a teherviselő képessége is.



8. ábra: Profilok összehasonlítása egységnyi tömeg alapján

A két gyártó profiljait nem csak terhelhetőség szerint, de egységnyi hosszra vonatkoztatott tömeg alapján is összehasonlítottuk. A 8.

ábra diagram formában azt mutatja, hogy a különböző gyártók egyes profiljainak 1 m-es darabjai mekkora tömegűek. Egyes forgalmazók szerint a különböző gyártók által hengerelt alumínium ötvözetek összetételében nincs számottevő különbség.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat eredményei azt igazolják, hogy különböző keresztmetszetű Bosch profilok sokkal könnyebbek, mint a hasonló keresztmetszettel rendelkező Item profilok.

A terhelhetőséget illetően a kisebb keresztmetszetű profiloknál a Bosch, míg a nagyobb keresztmetszeteknél az Item profilok bírnak el nagyobb terhelést.

A 8. ábrán látható diagram tanúsága alapján megállapítható, hogy valamennyi méret esetén az Item jelentősen több alapanyagot használ fel a profil előállításakor. Ennek a jövőbeli vizsgálatok során lesz jelentősége, amikor a terhelhetőséget, a profilhoz felhasznált alapanyag mennyiségével, valamint egyéb gyártási költségek figyelembevételével, megfelelő súlyozással vesszük figyelembe.

8. FORRÁSOK

- [1] Zsáry Árpád: *GÉPELEMEK I. kötet*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [2] FATH Components: *Themenkatalog Maschinenbaukomponenten* 18, 1. Auflage, Februar 2018.
- [3] Rexroth Bosch Group: *Aluminium Structural Framing System*, Version 6.0
- [4] Item Aluprofil katalógus: (www.easy-systems.eu/wp-content/uploads/2016/05/2_Series_40_EASY_ENG_20012016.pdf), (letöltés dátuma: 2023.09.11.)
- [5] Lipro Modular System: (www.entra-sys.hu/pdf/Modularis_rendszer.pdf), (letöltés dátuma: 2023.09.11.)
- [6] MayTech: *The Profile System*, English 1/2018
- [7] Syma-System30: *Technical documentation*
- [8] www.boschrexroth.com/hu/hu/termekek/termekcsoportok/szerelstechnika/temak/aluminium-profilok-megoldasok-es-alkatreszek/ (letöltés dátuma: 2023.09.11.)
- [9] <https://uk-product.item24.com/en/nc/productsearch/> (letöltés dátuma: 2023.09.11.)