

10. MŰSZAKI RAJZKÉSZÍTÉS ALAPJAI

Dr. Mikó Balázs – Horváth Richárd

A modern számítógéppel segített tervező rendszerekben termék, illetve a szerelvény egy virtuális térben jön létre különféle modellezési építőelemek felhasználásával, azonban a műszaki kommunikáció hagyományos médiumának a műszaki rajz tekinthető. CAD rendszerek elengedhetetlen része a 3 dimenziós modell síkba vetítésével műszaki rajzot generáló modul. Bár a nézetek automatikusan generálhatók, a műszaki rajzkészítés szabályait ismernünk kell. A fejezet nem kívánja teljes részletességgel bemutatni a műszaki rajzkészítés minden előírását, pusztán egy rövid összefoglalót ad a legfontosabb előírásokról, irányelvekről és szabályokról. További részleteket a hivatkozott szakirodalom, illetve a képzésben előírt géprajz tankönyvek és jegyzetek tartalmazzák.

Egy gépészeti alkatrészt számos formában ábrázolhatunk. A legegyszerűbb az élő szóban vagy írásban történő alkatrész ábrázolás, mely egyszerű ugyan, de csak korlátozottan alkalmas pontos leírásra. Leginkább egyszerű alkatrészek, illetve szabványos alkatrészek esetén használjuk, pl. $\varnothing 10 \times 30$ -as illesztőszeg DIN 7 szerint.

Bonyolultabb szerkezetek illetve alkatrészek szabadkézi vázlat formájában ábrázolhatók. A képi ábrázolás több információt hordoz, a hozzá kapcsolódó szöveges kiegészítések pedig segítik a tervező gondolatainak jobb megértését. Leonardo da Vinci művészi igényességgel készítette el műszaki konstrukcióinak dokumentációját. Szabadkézi vázlatok elsősorban koncepciók felvázolására alkalmas, a méretek arányos ábrázolása nagy gyakorlatot igényel.

A gépészet területén a műszaki rajz a legelterjedtebb ábrázolási forma, melynek szabályait szabványok rögzítik. A műszaki rajz alapvetően egymásra merőleges vetületekben ábrázolja a konstrukciót, ezt egészítik ki nagyítások, kiemelések, a vetületeken adhatók meg a méretek, méter-, alak- és helyzettűrések, felületi érdesség és egyéb paraméterek.

A modern számítógéppel segített tervező rendszerekben (CAD rendszerekben) a termék, illetve a szerelvény egy virtuális térben jön létre különféle modellezési építőelemek felhasználásával, azonban a műszaki kommunikáció hagyományos médiumának ebben az esetben is a műszaki rajz tekinthető. CAD rendszerek elengedhetetlen része a 3 dimenziós modell síkba vetítésével műszaki rajzot generáló modul. Bár a nézetek automatikusan generálhatók, a műszaki rajzkészítés szabályait ismernünk kell.

10.1 Rajzkészítés CAD rendszerekben

A 3 dimenziós parametrikus testmodellező CAD rendszerek műszaki rajzkészítő modulja tartalmaz minden olyan eszközt, mely lehetővé teszi a különböző szabványok szerinti műszaki rajz elkészítését. A rendszerek biztosítanak minden olyan funkciót, mely a fejezetben ismertetett ábrázolási, méretmegadási és egyéb lehetőségeket lefedik.

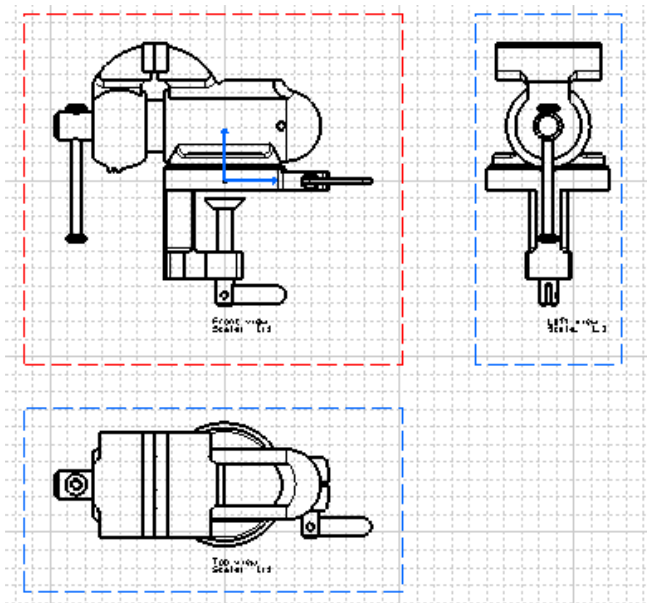
CAD rendszerekben a rajzkészítés a 3D modell alapján készül. A rajzon szereplő méreteket a 3D modell határozza meg, tehát a méret változtatásához a modellt kell változtatni. Néhány CAD rendszer biztosítja az oda-vissza kapcsolatot a modell és a rajz között, vagyis a rajzi méret megváltoztatása visszahat a 3D modellre és változik a rajz is.

A rajzkészítés előkészítéseként általában a 3D modellen ki kell jelölni a fő nézeteket. CAD rendszertől függően a 3D modellen lehet megadni a metszetek metszősíkját is. Fontos előkészítő feladat a modell paraméter táblájának kitöltése, amely a modell adatait tartalmazza: rajzszám, tételszám, név, méret, anyag, és egyéb szabadon definiálható illetve rendszerből adódó adat (pl. fájl neve, mérete, mentés dátuma stb.).

A CAD rendszerek rajzkészítő moduljai számtalan automatizmust tartalmaz, melyek célja a nem kreatív tevékenységek csökkentése, a parametrikusság és az asszociativitás minél szélesebb körű kiterjesztése.

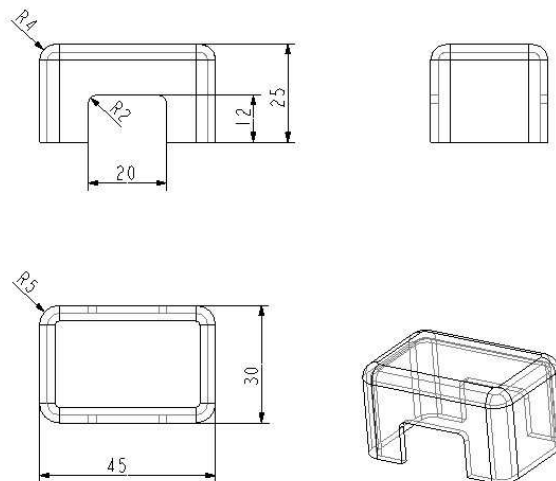
CAD rendszerek a rajzkészítés számos lépését egyszerűsítik:

- A nézetek, metszetek automatikusan generálhatók a 3D modell alapján, tehát ábrázolási hibák nem jelenhetnek meg a rajzon, nincsenek hiányzó élek, nézetvonalak, a vetített nézetek megfelelő helyre kerülnek (10.1. ábra).



10.1. ábra Automatikusan generált nézetek

- A rajzterület mérete rajzkészítés közben is változtatható. Ennek előnye nyilvánvaló, elég nehéz felmérni a rajzkészítés elején, hogy mekkora rajzterületre lesz szükség, illetve, hogy hova helyezzük el a főnézetet illetve a többi nézetet. Ezek könnyen módosíthatók, áthelyezhetők.
- Rajz sablonok alkalmazása. Egy modell létrehozásának kezdetekor hozzá rendelhetünk egy rajz sablont, mely tartalmazza a nézetek helyét, szövegmezőt, az állandó rajzi elemeket, így a modellezési folyamattal párhuzamosan készül a rajz is, tulajdonképpen automatikusan. Természetesen egy komplett rajz nem készülhet el tervezői beavatkozás nélkül, de a rajzkészítésre fordított idő csökkenhet. Ez különösen jellegre azonos alkatrészek tervezése esetén lehet jelentős segítség.
- Axonometrikus nézet készítése. Mivel axonometrikus kép elkészítése nagyságrendekkel egyszerűbb, mint hagyományos rajzolás esetén, így a jobb megértés érdekében szélszerű elhelyezni a rajzon. Az axonometrikus nézet könnyebben áttekinthetőbbé teszi a konstrukciót (10.2. ábra).



10.2. ábra Három nézeti ábrázolás axonometrikus nézettel kiegészítve

- Az egyes nézeteken automatikus méretháló létrehozást alkalmazhatunk, ha a modellezés során a vázlat szerkesztés méreteit szeretnénk alkalmazni. Tehát nem kell újra megadnunk a méretháló elemeit, viszont a modellezés során úgy kell felépítenünk a modellt, úgy kell megválasztani a modellezési során alkalmazott bázisokat, hogy azok megfeleljenek a rajzi ábrázolás céljának.
- A méretháló automatikusan rendezhető megadott távolságra lévő segédvonalakhoz, ami az esztétikus méretháló kialakítását segíti.
- Tűrésezett méretekhez határeltérések kapcsolása és automatikus megjelenítése. ISO tűrések számértékének automatikus számításának lehetőségét szintén a legtöbb CAD rendszer tartalmazza. Ez nagy segítség a tűréstáblák összeállítása során, viszont itt is előre kell dolgozni a modellezés során, célszerű már a modellezett méreteket tűréssel ellátni.



10.3. ábra Tűrések megadása CATIA V5 CAD rendszerben

- Minden rajzon feliratmezőt kell elhelyezni a rajzlap jobb alsó sarkában. A feliratmező tartalmazza az alkatrész illetve szerelvény minden adatát. A feliratmezővel

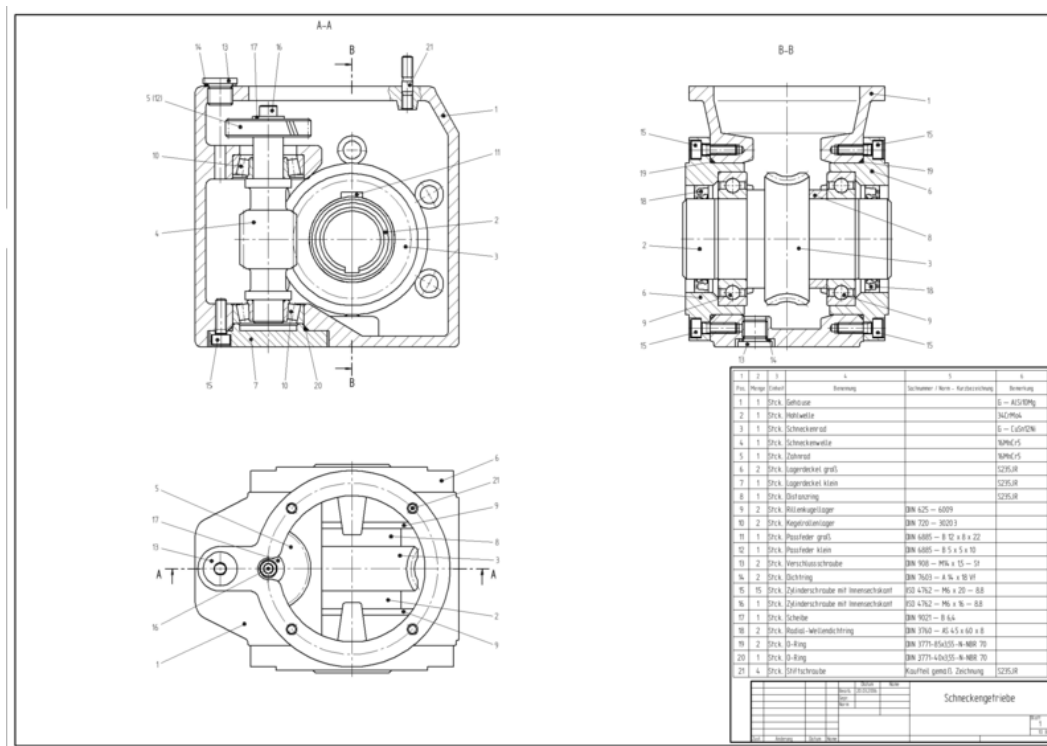
kapcsolatos előírásokat az *EN ISO 7200* szabvány rögzíti (3. Melléklet). CAD rendszerek lehetőséget adnak olyan szövegmező alkalmazására, mely a 3D modell paramétereivel van összekötve, így az adatok kitöltése automatikus. A redundancia mentes adatmegadás a hatékony információ áramlás egyik alapfeltétele. A funkció biztosítja, hogy a rajzokon, darabjegyzékeken azonos adatok szerepeljenek. Bizonyos paramétereket származtathatunk magából a modellből is, mint például a befoglaló méretek vagy az alkatrész tömege, amely növeli az adatpontosságot, valamint csökkenti a nem kreatív tevékenységek arányát.

- Furattáblák automatikus készítése sok furattal ellátott alkatrészek gyártását könnyíti meg. A furattábla az alkatrész adott felületén, tehát egy felfogásból megmunkálható furatok átmérő értékét és középpontjainak koordinátáit tartalmazza, a könnyebb gyártás érdekében átmérő értékenként csoportosítva.
- Az összeállítási rajz az alkatrészekből felépített termék felépítését, az elemek kapcsolatát és a szerelvény csatlakozásait bemutató rajztípus (10.1. ábra). Az összeállítási rajzon adjuk meg a szerelés és az ellenőrzés számára szükséges helyzeti adatokat, a hegesztett, forrasztott kötések adatait, az illeszkedési előírásokat, a szerelés után megmunkálendő felületek adatait. Szükség esetén további adatok, információk is megadhatók, mint például a működésre vonatkozó adatok, a kapcsolódó alkatrészek kontúrjai (vékony folytonos vonallal) stb. Az összeállítási rajz az alkatrészrajzokhoz hasonlóan a 3D modell alapján generálható.
- Összeállításoknál robbantott ábra automatikusan generálható. A robbantott ábra (esetleg axonometrikus ábrázolásban) segíti a szerkezet felépítésének megértését, a konstrukció áttekinthetőségét, a szerelési folyamat tervezését.
- Az összeállítási rajzon az alkatrészeket és a szerelt egységeket tételszámozzuk. A tételszám helyett használható rajzsorszám, azonosító termékjel vagy azonosító betű is. A tételszámot vagy más jelölést vékony vonalú mutató vonalon helyezzük el az alkatrész legjellemzőbb vetületén. A tételszámokat az áttekinthetőség érdekében függőleges oszlopba vagy vízszintes sorba rendezzük. Összeállítási rajzok tételszámozása automatikusan megoldható CAD rendszerekben. A CAD rendszer automatikusan elhelyezi a tételszámokat, mutató vonalakkal jelöli az alkatrészeket, képes automatikusan rendezni a tételszámokat, melyek stílusa szintén beállítható.
- A darabjegyzék a szerelt egység alkotórészeinek fajtáját és mennyiségét összegző dokumentum. A darabjegyzék készülhet önálló A4 méretű lapon vagy az összeállítási rajzon, annak részeként. A darabjegyzéket táblázatos formában készül, általában a következő oszlopokkal:
 - tételszám,
 - megjelölés (rajzsorszám),
 - megnevezés,
 - mennyiség,
 - tömeg,
 - mező (hol helyezkedik el az alkatrész az összeállításon),
 - megjegyzés.

A pontos felépítést a vállalati előírások tartalmazzák, ez a CAD rendszerekben sablonként definiálható. A darabjegyzék fejléce tradicionálisan a táblázat alján helyezkedik el, az alkatrészek növekvő tételszám szerint letről felfelé következnek. A kis tételszámú alkatrészek általában a szerelvény fődarabjai. Bonyolult szerelvény esetén a darabjegyzéket célszerű csoportosítani alszerelvényenként, alkatrész típuson-

ként (tengelyszimmetrikus, lemezszerű, szabványos stb), anyagonként vagy egyéb szempont szerint. Darabjegyzék automatikusan generálható CAD rendszerekben, így minden alkatrész szerepelni fog a darabjegyzékben. Amennyiben kitöltöttük az alkatrészek paraméter listáját a pontos név, méret, anyag, tömeg stb. adat lesz látható, a darabszámokat a program összegzi.

- A változáskövetés automatikus megjelenítése a rajzon a projektvezetés munkáját segíti, mivel kiderül belőle, hogy mikor, ki, milyen változtatást végzett a konstrukción.

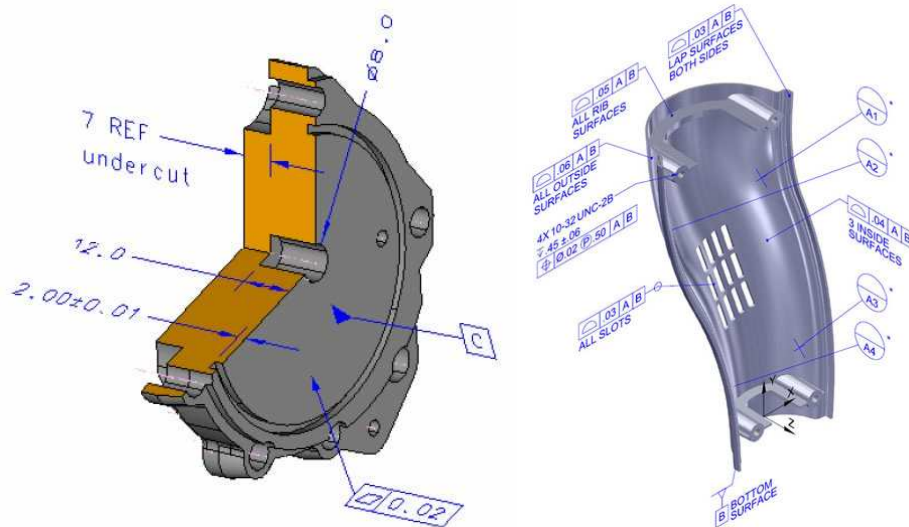


10.4. ábra Összeállítási rajz darabjegyzékkel

A CAD technológia fejlődésével megjelent az igény (pl. a Toyota részéről) a rajz nélküli dokumentálásra. A hosszú évek alatt kialakult ábrázolási és méretmegadási irányelveket az ASME¹ Y14.5-2009 ajánlás tartalmazza, mely számos CAD rendszerben elérhető (10.5. ábra).

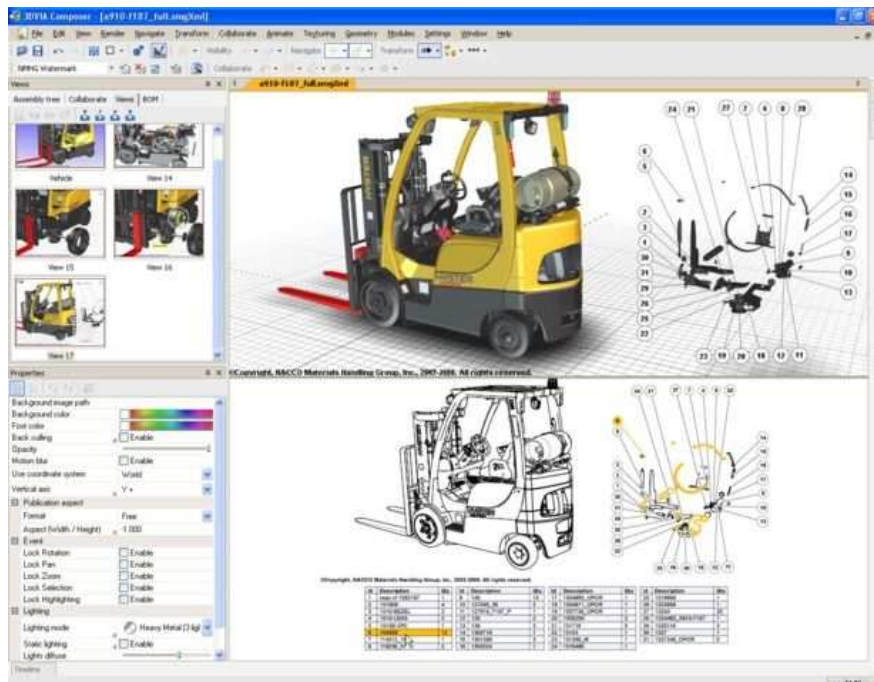
A módszer elsősorban méretségény, alapvetően 3D-s felületekből álló alkatrészek esetén használható hatékonyan. Mint látható, az egyes méretek, tűrések és egyéb rajzi jelek térben jelennek meg, a metszetek láthatósága ki-be kapcsolható, a modell forgathatósága és nagyíthatósága miatt a nézetek és kinagyítások nem értelmezhetők, azonban előre definiált nézetek létrehozhatók.

¹ ASME – American Society of Mechanical Engineers – Amerikai Gépészmérnök Egyesület



10.5. ábra 3D-s „rajz”

A műszaki kommunikáció sajátos, egyre fontosabb formája a nem műszaki szakemberek között megvalósuló információ csere. Ilyenkor a CAD adatok az információ csere alapjai, azonban a CAD rendszereknél egyszerűbben kezelhető eszközökre van szükség. A létező rendszerek (pl. 3DVia Composer, 10.6. ábra) a CAD adatok dinamikus, asszociatív megjelenítésére alkalmas, különböző nézetek, metszetek állíthatók be, kitakarhatók illetve kiemelhetők részek, beméretezhetők az elemek. Többféle megjelenítési mód alkalmazható, készíthető darabjegyzék, valamint a nézetek dinamikusak, forgathatók, nagyíthatók, a képeken mérések végezhetők illetve kommentek fűzhetők hozzá. Bár a CAD adatokat használjuk a prezentáció készítéséhez, azok mégsem kerülnek átadásra, így az adatbiztonság nagymértékű, a geometria nem másolható le.



10.6. ábra 3DVia Composer

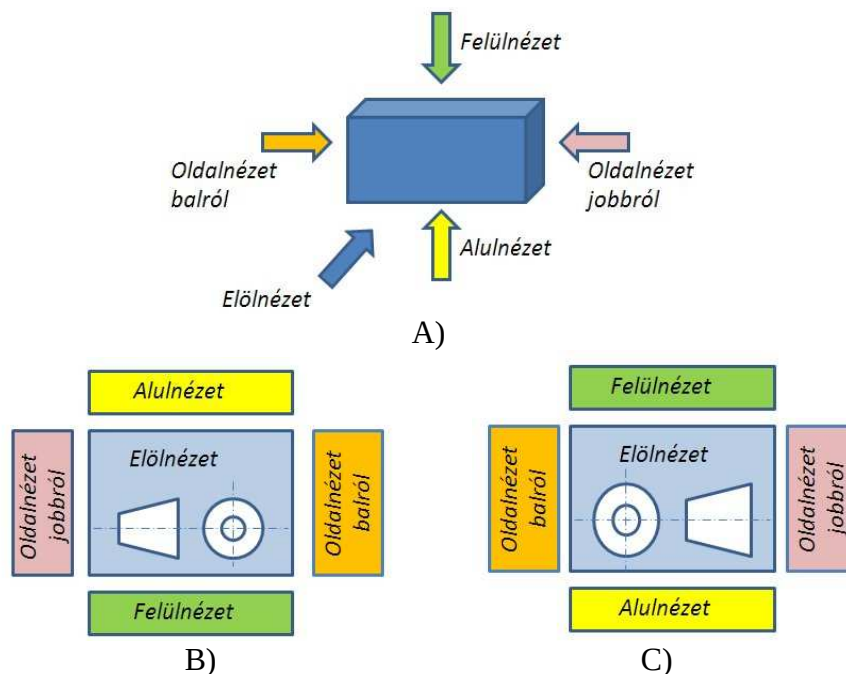
10.2 A gépészeti alkatrészek ábrázolása

Gépészeti alkatrészek műszaki ábrázolásának szabályait számos szabvány rögzíti, melyeket CAD rendszer alkalmazása esetén is be kell tartanunk. Mivel ezen szabványok földrajzi területenként eltérőek, a megfelelő szoftveres beállításokról a telepítés során kell gondoskodnunk. A CAD rendszerek szinte bármilyen rajzi megjelenítés beállítását lehetővé teszik.

A műszaki rajz szabványos készméretű átlátszó, áttetsző vagy nem átlátszó anyagon készülhet, ami lehet pausz, papír vagy egyéb anyag. A szabványos méretű rajzlapok méretei az MSz ISO 5457 szabvány tartalmazza. E szabványos méretű lapok rövidebb oldala többszörözhető, az A4 méretű lapot álló, a többi álló és fekvő elrendezésben is használhatjuk.

A rajzon különböző vastagságú és típusú vonalakat alkalmazhatunk (MSz ISO 128). Folytonos vastag vonallal jelöljük a látható éleket és körvonalakat. Folytonos vékony vonallal ábrázoljuk a métervonalakat, méretsegédvonalakat, sraffozást, menetmagot és különböző mutató vonalakat. Eltört vagy megszakított nézeteket és metszeteket vékony szabadkézi vagy törésvonallal jelölünk. Szaggatott vastag vonal jelöli a felületkezelés kontúráját. A nem látható éleket és körvonalakat szaggatott vékony vonal jelöli. Vékony pontvonal a középvonalakat, szimmetria vonalakat, furatköröket és osztóköröket jelöli. Metszősíkok megadására szolgál a vastag pontvonal. A vonalvastagság szabványos értékei: 0.7 / 0.35, 0.5 / 0.25 illetve 0.35 / 0.18.

Az alkatrészt egymásra merőleges nézetekben ábrázoljuk. A rajz központjában az előnézet helyezkedik el, melyhez képest helyezzük el a többi nézetet. A nézetek helye függ a vetítési rendtől. Az 1. vagy európai vetítési rend esetén (10.7. ábra B)) az egyes nézetek a vetítés irányában helyezkednek el, míg a 3. vagy amerikai vetítés esetén a nézeti irányban helyezkednek el (10.7. ábra C)).



10.7. ábra Műszaki rajz vetítési rendszerei

Egy műszaki rajzon a minimálisan szükséges számú nézettel célszerű ábrázolni az objektumot, az előnézet a fő nézet legyen, ez hordozza a legtöbb információt. A rajzlap méretét

úgy kell megválasztani, hogy a terület ki legyen használva, de ne legyen zsúfolt. A méterarány megválasztásánál ügyelni kell a láthatóságra és a rajzlap méretére.

Amennyiben az ábrázolt nézet nem a vetítésnek megfelelő helyen kerül ábrázolásra (pl. ferde nézet), a vetítési irányt nyíllal és betűvel jelöljük.

Metszetnek nevezzük a tárgy egy képzelt síkkal elmetszett részének szabályos, merőleges vetületét, amelyen egyaránt látható a metszősíkban lévő és a metszősík mögötti tárgy rész is. Csak a metszősíkban lévő tárgy rész kirajzolása a **szelvény**. A metszősíkot úgy kell elhelyezni, hogy a nézeten nem ábrázolható belső részeket mutassa meg. Az egy síkkal történő egyszerű metszet mellett alkalmazhatunk összetett metszeteket:

- befordított metszet metszősíkjai 90° -nál nagyobb szögben metszik egymást,
- lépcsőmetszet metszősíkjai párhuzamosak,
- befordított lépcsőmetszet esetén a metszősíkok sugár irányúak.

A metszősík nyomvonalának végét vastag vonallal, a vetítés irányát mutató nyíllal és azonosító betűvel jelöljük. Összetett metszetek esetén a metszősíkot pontvonallal, a töréspontokat vastag vonallal jelöljük, ha több metszősík szerepet egy nézeten, a töréspontokat a metszet betűjelével azonosítjuk.

A szelvény ábrázolása megadható:

- befordított szelvényként a nézetbe rajzolva,
- a nézet megszakításában ábrázolva,
- a helyét meghatározó középvonalon,
- a rajzlap más helyén,
- a metszősíkok sorrendjében,
- a tárgy rész határáig rajzolva, részszelvényként.

Részmetszetnek nevezzük a metszősíkban ábrázolt tárgy rész nem teljes kirajzolását, a nem kirajzolt részt elhagyhatjuk, vagy nézetben ábrázoljuk (kitörés). A részmetszetet szabadkézi vonallal vagy törésvonallal határoljuk. Tengelyszimmetrikus alkatrészek tipikus ábrázolási módja a *félnézet-félmetszet* ábrázolás, amikor a nézet – metszet határa a tengelyvonal.

A metszetben ábrázolt tárgyakat általános metszeti jelöléssel, vékony folytonos vonalkázással (sraffozás) látjuk el, mely 45° -os szöget zár be a rajzlap szélével. Amennyiben a vonalkázás párhuzamos lenne az ábrázolt tárgy kontúrjával, a 30° és 60° is megengedett. Egy elem metszetén a vonalkázás iránya és sűrűsége mindig azonos. A vonalkázás sűrűségének megválasztása az ábra méretétől, jellegétől és az esetleges kapcsolódó alkatrészekről függ. Csatlakozó alkatrészek esetén az irány, a sűrűség illetve az eltolás jelzi, hogy másik alkatrész kapcsolódik. 2 mm-nél keskenyebb szelvényű alkatrészeket nem sraffozunk, hanem feketítjük, ha több ilyen feketített alkatrész kapcsolódik, az egybefolyás elkerülése érdekében kissé széthúzzuk az alkatrészeket.

A vonalkázás mintázatával utalhatunk az alkatrész anyagára:

- fém, fémtövezetek: 45° -os folytonos vonal,
- műanyag, gumi: egymást keresztező 45° -os folytonos vonal,
- üveg, plexi és más átlátszó anyag: 45° -os rövid vonalszakasz, két oldalán párhuzamos, rövidebb vonalak,
- folyadék: vízszintes szaggatott vonal, föntről lefelé növekszik a vonalsűrűség,
- fa: a fa erezetét utánozó mintázat,
- szemcsés anyag: véletlenszerűen elhelyezett pontok.

Amennyiben a rajz méretaránya nem teszi lehetővé a kis méretű részek ábrázolását és a rajz méretaránya sem növelhető, az ábrázolni kívánt rész kinagyítható. A nagyított részt körbe kell jelölni, betűvel azonosítani és külön területen a betűjel és a méretarány feltüntetésével ábrázolható.

10.3 Méretmegadás

A méretmegadás a méretvonalak, méretsegédvonalak és méretszámok felírásából áll. Az ábrázolt objektum méretét és alakját mindig a méretszámok határozzák meg, függetlenül a rajz méretarányától.

Gépipari műszaki rajzon a hosszméreteket milliméterben adjuk meg a mértékegység megadása nélkül. Szögméreteket fokban, percben és másodpercben adjuk meg a mértékegységgel együtt, a fok és perc csak egész szám lehet, a másodperc tizedes tört is, a 0° is kiírandó ($0^\circ 40' 3,2''$).

A tárgy ábrázolása során minden méret csak egyszer adható meg, ha valamilyen okból az adott méretet más nézetben is meg kívánjuk adni, az kerek zárójelbe kell tenni, mint tájékoztató méret. Ugyancsak tájékoztató méretként, zárójelben adunk meg olyan méreteket, melyek más méretekből kiszámíthatók. Tájékoztató méret nem használható fel gyártáshoz, ellenőrzéshez, szereléshez, és nem tűrésezhető. Amennyiben egy méretet a későbbi hivatkozás miatt jelölni szeretnénk, mutató vonalon elhelyezett belűvel tehetjük meg (pl. „D méret festés előtt ellenőrizendő”).

A **méretvonal** vékony folytonos vonalú egyenes vagy körív. A méretvonal elhelyezhető

- a kontúrvonalak között,
- a közép-, osztó-, a tengely- vagy szimmetriavonalak között,
- méretsegédvonalak között, vagy
- vegyesen az előbb felsorolt vonalak között.

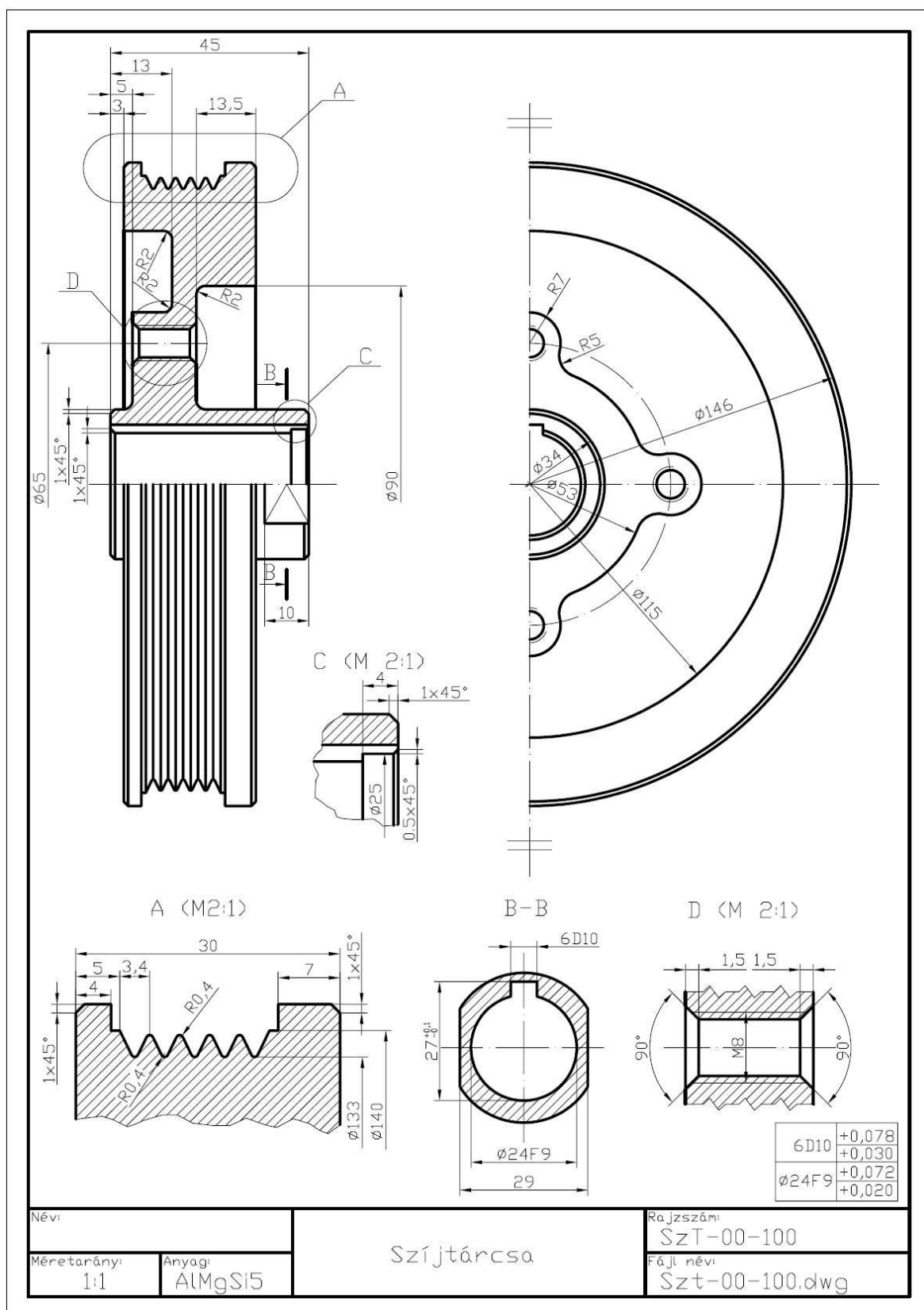
Egyenes szakasz méretvonala a méret irányával párhuzamos. Több egyenes szakasz méretvonalát úgy kell elhelyezni, hogy egymástól legalább 7 mm-re legyenek, a kontúrhoz legközelebbi pedig legalább 10 mm-re, a méretvonalat más vonal általában nem keresztezheti, méretvonal más vonallal nem eshet egybe. Bizonyos esetekben a méretvonal nem rajzolható ki teljesen:

- kör átmérőjének megadásakor, ha csak a felét rajzoljuk meg,
- szimmetrikus tárgy félnézet-félmetszetén,
- fél vetületen,
- a rajzon nem ábrázolt bázistól megadott méret esetén.

A méretvonalat 2.5 mm hosszú, $15-20^\circ$ -os nyilakkal kell határolni, más megoldás nem megengedett (pl. 45° -os ferde vonal). Mérethatároló nyilat nem keresztezheti semmi, szűkség esetén az alatta futó kontúrvonalat is meg kell szakítani. Ez az elv több CAD rendszerben nem valósítható meg, ekkor a méretvonalak megfelelő elhelyezésével kell megoldani az egyértelmű értelmezhetőséget. Ha a méretvonal hossza nem elegendő a méretnyílak kirajzolásához, a méretvonalat meg kell hosszabbítani, és a nyilakat kívül elhelyezni.

Méretláncban megadott kis méretek esetén, ahol a méretnyílnak nincs hely, pont rajzolható mérethatárolóként (pont mérete: $\varnothing 1$ mm) vagy elhagyható a mérethatároló.

Vonalkázott rész felett lehetőleg ne adjunk meg méretet. Töréssel ábrázolt hosszú alkatrész esetén a méretvonal folytonos. Körív hosszának megadása koncentrikus körívvel történik. Szaggatott vonallal ábrázolt nem látható él méretmegadása nem lehetséges, metszetet, részmetszetet kell rajzolni.



10.8. ábra Szíjtárcsa műhelyrajza

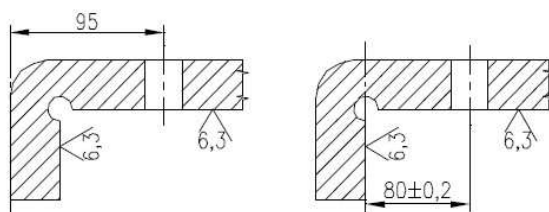
A **méretsegédvonal** olyan vékony folytonos egyenes vagy körív, amely a méretvonalon 2-4 mm-re túlnyúlik és a méret kivetítésére használjuk, ha a méret megadásához a méretvonal közvetlenül nem helyezhető el. a méretsegédvonal általában merőleges a méretvonalra, de ferde kivetítés esetén nem. Hegyesszögű ívhossz megadásakor a méretsegédvonalak a szögfelezővel párhuzamosak, szög megadásakor a méretsegédvonalak sugár irányúak, a szögszárak folytatásai. Méretsegédvonalak szükség esetén más vonalakat keresztezhetnek, azonban érdemes ügyelni az átlátható méretmegadásra.

A **méretszámot** a méretvonal közepe fölött, azzal párhuzamosan helyezzük el, ez alól kivétel a koncentrikus kör belsejébe írt méretszám, amit nem középen helyezzük el. A méretszám mérete általában 3.5 mm. Méretszámot megadhatunk méretvonal meghosszabbításán, vagy mutatóvonalon is. Ha a méretvonalak szimmetrikusan helyezkednek el egymás alatt, a méretszámokat célszerű jobbra-balra kissé eltolni. Metszet vonalkázását a méretszám felett meg kell szakítani. Sugár megadása esetén R , átmérő esetén $\varnothing$, négyzet esetén $\square$ jelölést alkalmazunk.

Ha az önálló méretek egymáshoz csatlakoznak, soros méretláncról, ha legalább egy közös felületre vonatkoznak, párhuzamos méretláncról beszélünk. Ezen soros és párhuzamos, valamint az egyéb elemi méretek alkotják a mérethálózatot. A mérethálózat felépítése általában derékszögű, vagyis a méretvonalak többsége vízszintes illetve függőleges, ritkán előfordul a polár-koordinátás méretmegadás is, amennyiben az alkatrész jellege megköveteli. A mérethálózat kialakításának célja az alkatrész felületeinek helyzetének és alakjának meghatározása a gyártás és a szerelés részére. A mérethálózatot célszerűen megválasztott bázisfelületekre kell építeni. Ilyen bázis lehet a működés szempontjából fontos határvonal, tengelyvonal, felfekvő sík nyomvonala stb. A bázisfelületeket úgy kell kiválasztani, hogy azoktól az alkatrész geometriai elemeinek méretét és helyzetét könnyen és egyértelműen meg lehessen adni, a gyártási és szerelési bázisfelületekkel egybeessen.

Az alkatrész főirányaihoz képest ferdén álló részeket olyan bázistól kell méretezni, amihez képest a méretvonalak párhuzamosak illetve merőlegesek. Ha egy elem méretei több vetületen is megadhatók, akkor az elem méreteit arra a vetületre kell összegyűjteni, ahol a legtöbb méret megadható. Félnézet-félmetszet ábrázolás esetén a külső geometria méreteit a nézet, a belső geometria méreteit a metszet oldalon jelöljük. Egymáshoz csatlakozó alkatrészek csatlakozó felületeit azonos bázistól, azonos struktúrában kell megadni.

A következő részben a mérethálózat kialakítására látunk helytelen és helyes példákat, melyek rávilágítanak a mérethálózat helyes kialakításának szükségszerűségére és főbb irányelveire [3.]. Megmunkálatlan felület méretezési alapfelület céljára alkalmatlan. Ha a 80-as méret (10.9. ábra) tűrésezett, úgy helytelen a megmunkálatlan felületet méretezési alapfelületül választani.

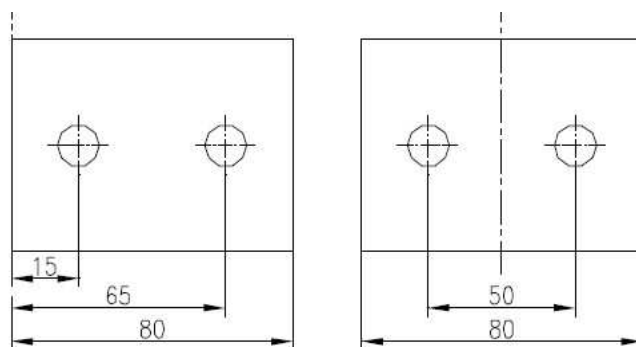


Helytelen

Helyes

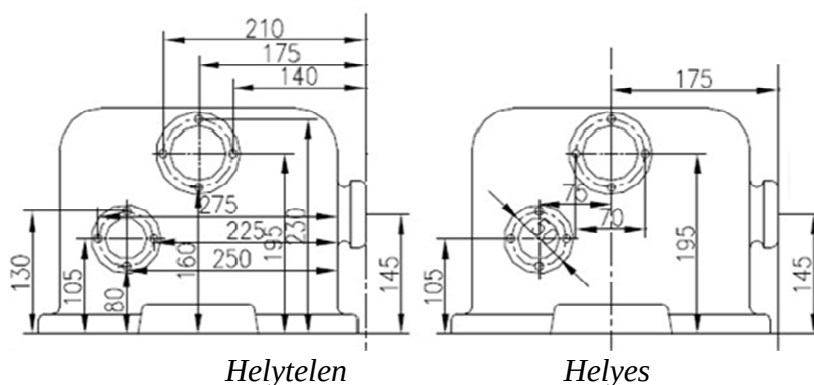
10.9. ábra Méretezési bázis helytelen és helyes megválasztása

Ha a furatok helyzetének szimmetrikusnak kell lenni, úgy nem a munkadarab élétől kell kiindulni, hanem középtengelyt rajzolva, ennek megfelelően írjuk be a méreteket (10.10. ábra) Ha ugyanis a 80-as méret nagyon pontatlan, akkor a furatok középtávolsága egyenlő.



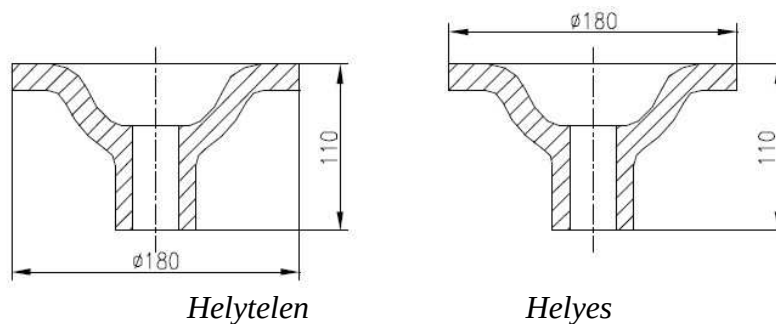
Helytelen *Helyes*
10.10. ábra Szimmetrikus méretmegadás

A csatlakozócsonkok mindegyike egy önálló csatlakozórendszert alkot (10.11. ábra), ezek furattávolsággal stb. nem egymáshoz, hanem csak egymás között illeszkednek.



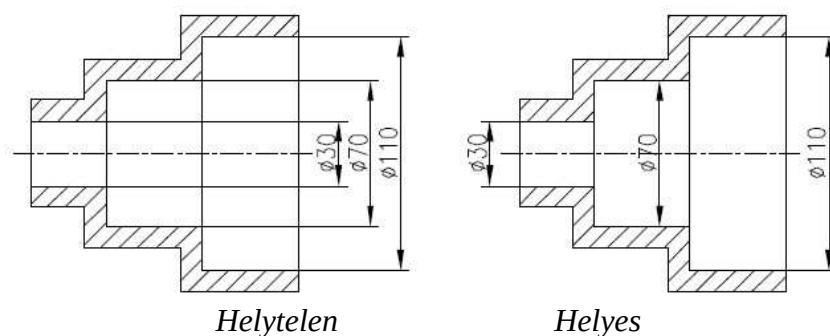
Helytelen *Helyes*
10.11. ábra

A méretsegédvonalak legyenek minél rövidebbek, a méretvonal kerüljön a méret közelébe. Minden méret ott tüntetendő fel a rajzon, ahol hosszú méretsegédvonal nélkül lehetőleg a méretezendő felülethez közel, jól láthatóan beírható (10.12. ábra).



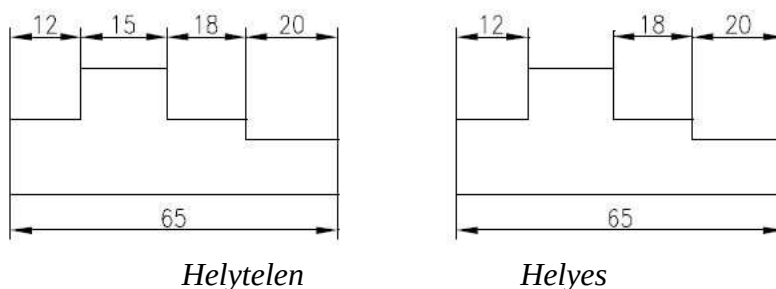
Helytelen *Helyes*
10.12. ábra

Hosszú méret segédvonalakat igénylő, sok egymás alatt fekvő méret elkerülendő (10.13. ábra), viszont a nézetben lévő méretek is lehetnek zavaróak.



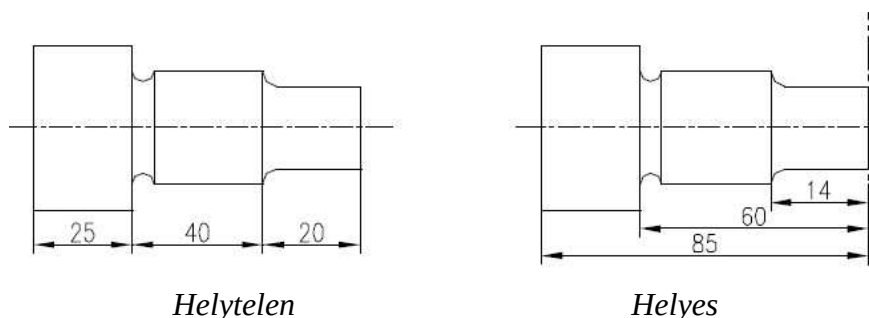
10.13. ábra

Láncot alkotó méretmegjelölések lehetőleg korlátozandók, mert a tűrések összegeződhetnek, és így egyik méret a másik számára helytelen vonatkoztatási alapot alkot (10.14. ábra). Célszerű egy bázisról méretezni az alkatrészt, illetve kerülni a redundáns méretmegadást.



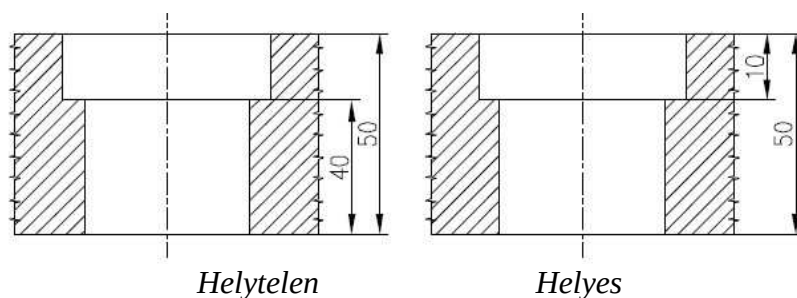
10.14. ábra Méretlánc megadása

Ha a kis tengelyt rúdból munkálják ki (10.15. ábra), akkor előbb a 60-as hosszt és utána a 20-as hosszt esztergálják, végül pedig a darabot a 85-ös méretre szúrják le. Ennek megfelelően a jobboldali felületet választják méretezési alapvonalként és a méreteket ebből kiindulva vezetjük rá a rajzra. Ez a méretmegadás van összhangban a gyártással.



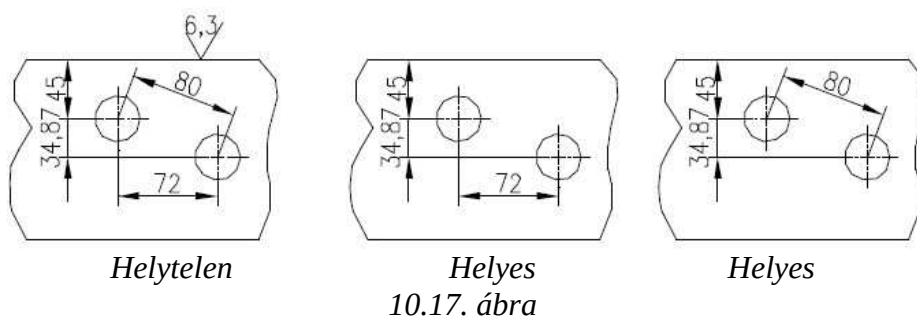
10.15. ábra Tengely jellegű alkatrész méretmegadása

A furatot előbb fúrják, azután süllyesztik, tehát a süllyesztési mélység jelölendő, amelyet a gépen is be lehet állítani (10.16. ábra). Nemcsak gyártási, de mérési szempontból is ez a helyes méretmegadás.



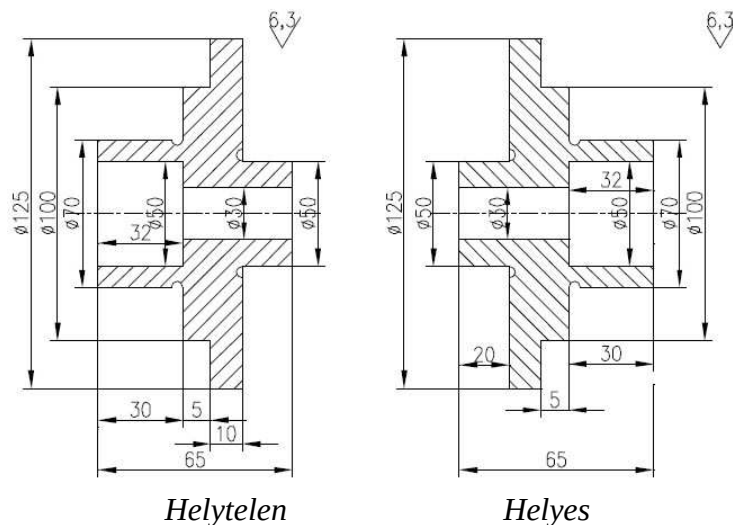
10.16. ábra Süllyesztett furat méretmegadása

Furatoknak egymáshoz közti helyzetével kapcsolatban három méret nem tartható be (10.17. ábra). Az egyik megoldás szerint – baloldalon – csak a vízszintes és a függőleges távolságokat adják meg (különösen akkor, ha a műhelyben a fúrást koordináta-mozgású asztallal ellátott fúrógépen végzik, mint pl. a helyzetfúrógép a készülékgyártásnál), vagy a másik megoldás szerint – jobboldalon – csak két méretet, amelyek a helyzet meghatározására elegendők. Ha azonban valamilyen oknál fogva három méretet kell megadni, úgy az egyik méretet tájékoztató méretnek kell minősíteni.



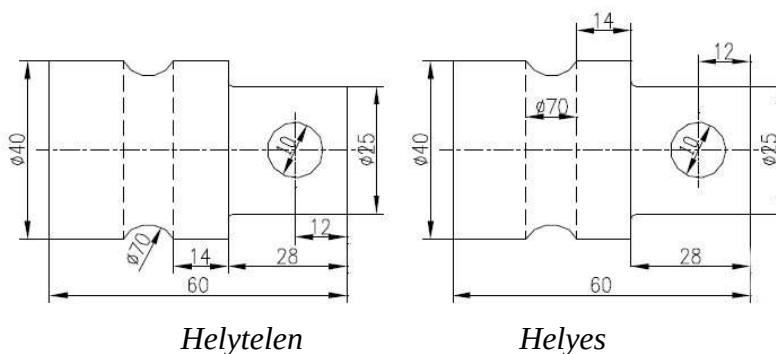
10.17. ábra

A munkadarabot két felfogásra kell esztergán megmunkálni; az első felfogásnál kívülről fogják meg, a másodiknál pedig belülről egy tüskére. Ajánlatos a méreteknek olyan értelmezhető szétválasztása, hogy az első és a második felfogásra vonatkozó méretek elkülönítve jelentkezzenek (10.18. ábra).



10.18. ábra

Ha a munkadarabon különböző munkákat végeznek el, mint 10.19. ábra esetében az esztergálás és a fúrás, akkor a vonatkozó méretmegjelöléseket is el kell osztani. Ezáltal a rajz az esztergályos és a fúrós számára áttekinthetőbbé válik.



10.19. ábra

10.4 Méret-, alak- és helyzettűrések

A gyártás során pontos méret előállítása nem lehetséges. Bár az egyes gyártási eljárások pontossága jelentősen eltér egymástól, még a legpontosabb eljárással is csak bizonyos hibával tudjuk legyártani. A megengedett hiba a tűrés, amely vonatkozhat méretre, geometriai alakra és helyzetre.

A **mérettűrést** többféle képen adhatjuk meg.

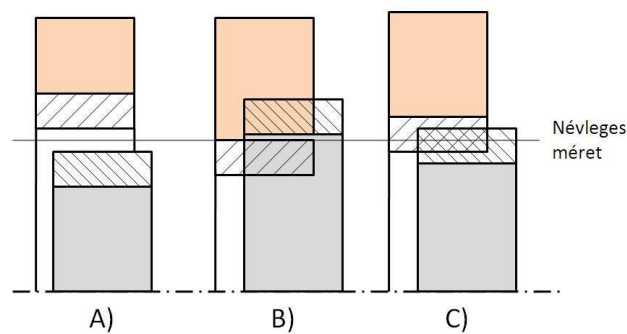
Amennyiben nem adunk meg a méretszám után tűrést, szöveges információként adhatjuk meg. Ez kétféle módon történhet. Vagy a hossz és szögméretek általános tűrései című, MSz ISO 2768 számú szabványra hivatkozunk, vagy külön szövegben adjuk meg a tűrések értékeit. A szabvány finom (f), közepes (m), durva (c) és nagyon durva (v) tűrésosztályokat különböztet meg, valamint a méreteket, lekerekítési sugarakat illetve szögméreteket mérettartományokba sorolja. A rajzon a következő képen hivatkozhatunk: „Tűrésezetlen méretek tűrései MSz ISO 2768-m szerint”. Egy 90mm-es méret esetén ennek értéke $\pm 0,3$ mm. A szabvány szerzői jogi okok miatt nem közölhető, megtalálható a [4.] irodalomban.

A másik szöveges megadási mód a szövegmező részeként, általában táblázatos formában rögzíti az egyes méretek tűréseit.

Tűrést megadhatunk az *alsó és felső határeltérés* számszerű megadásával is. Ebben az esetben a határeltérések lehetnek szimmetrikusak (pl. $90 \pm 0,2$) illetve aszimmetrikusak (pl. $90 +0,2 / - 0,1$). Gyártási szempontból a szimmetrikus tűréseket részesítjük előnyben. Ehhez hasonló módon megadhatjuk a méretet a két *határmérettel* is (pl. $89,8 - 90,2$).

A tűrés megadható szabványos illesztési rendszerben (MSz EN 20 286, ISO 286). Ebben az esetben a névleges méret mellett egy betű és egy szám jelöli a tűrés értékét. A betű futatok esetén *a* és *zc* közötti kis betű, külső méret (csap) esetén pedig nagy betű. A betű adja meg a névleges mérethez képest a tűrésmező elhelyezkedését, a szimmetrikus tűrésmezőt a *j / J* betű jelzi. A tűrésmező szélességét a betű utáni szám adja, amely 01, 0, 1, 2, ... 17 érték lehet. Minél nagyobb a szám, annál szélesebb a tűrésmező. Például 90k6 egy nem kör keresztmetszetű külső méret, melynek tűrése $90 +0,025 / +0,003$.

Csatlakozó alkatrészek illeszkedő méreteinek tűrés megadása egységes *illesztési rendszerben* kezelhetjük, ahol egy közös alapméretű mérethez tartozó tűrések határozzák meg a játék vagy a túlfedés értékét. Játék esetén a furat mérete mindig nagyobb a csap méreténél, fedés esetén a csap mérete nagyobb a furat méreténél. Laza illesztés esetén az alkatrészek játékkal illeszkednek, vagyis a furat tűrésmezője teljes egészében a csap tűrésmezője felett vagy azt érintve helyezkedik el. Szilárd illesztés esetén az alkatrészek csak fedéssel illeszkednek, tehát a csap tűrésmezője helyezkedik el a furat tűrésmezője felett vagy éppen csak érinti azt. Átmeneti illesztés esetén az alkatrészek illeszkedhetnek játékkal és fedéssel is a gyártás függvényében (10.20. ábra).



10.20. ábra A) Laza illesztés, B) Szilárd illesztés, C) Átmeneti illesztés

A megfelelő illesztés alap-furatrendszerben és alap-csaprendszerben adhatjuk meg. Első esetben egy fix tűrésű furathoz különböző csattűréseket választva hozhatjuk létre a megfelelő játékot illetve fedést. Alap-csaprendszerben értelem szerűen fordítva történik. Az illesztés jellegét és mértékét a tervező a szerkezet funkciójának illetve a gyártási technológiának megfelelően határozza meg. A szabvány illetve mérnöki kézikönyvek tartalmaznak ajánlásokat az illesztés megválasztására. Például:

H7/h6 – Laza illesztés – Jó kenés esetén kézzel még éppen összehozható – Pontos központosítások, feltételesen eltolható darabok – Példák: sebességváltók váltókerekei a tengelyen; körmös kapcsolók; csapágyperselyek és vezetőperselyek külső átmérőinek és befogó furatainak az illesztése; indexcsapok és perselyük; marók illesztése marótengelyen.

Alaktűrésnek nevezzük a valóságos felület vagy profil alakjának legnagyobb megengedett eltérését a névleges felület vagy profil alakjától. Másként fogalmazva a valóságos felület egyes pontjainak a névleges felülettel párhuzamos olyan elméleti felület – a test anyagán kívül elhelyezkedve – a valóságos felülettel csak egy pontban érintkezik.

Az alaktűrés fajtái:

- egytengelyűség tűrés,
- síklapúság tűrés,
- köralak tűrés,
- hengeresség tűrés,
- hossz-szelvény profiltűrés.

A **helyzettűrés** az alkatrész valamely elemének rajzon meghatározott névleges helyzetétől megengedett legnagyobb eltérése. A helyzetűrést általában valamilyen bázishoz viszonyítjuk. A helyzetűrés előírásakor a vizsgálandó elem alaktűrését figyelmen kívül hagyjuk. A helyzetűrés-mező a síknak vagy a térnek azon része, amelyben a vizsgálandó elemnek el kell helyezkednie.

A helyzetűrések fajtái:

- párhuzamosság tűrés,
- merőlegesség tűrés,
- hajlásszög tűrés,
- egytengelyűség tűrés,
- szimmetria tűrés,
- pozíció tűrés,
- tengelymetsződés tűrés.

Az **összetett alak- és helyzetűrés** jellemzője, hogy az előírt tűréstérben a vizsgálandó elem minden pontjának el kell helyezkednie a vonatkoztatási hossz határain belül. Ebből következően a vizsgálandó elem alaktűrését is figyelembe kell venni.

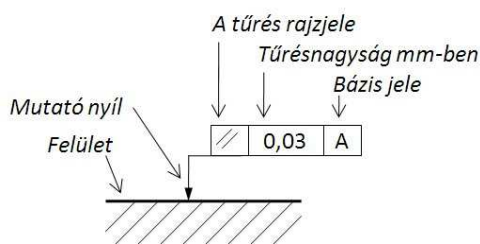
Az összetett alaktűrések fajtái:

- radiális ütés tűrés,
- homlokütés tűrés,
- adott irányú ütés tűrése,
- teljes radiális ütés tűrése,
- teljes homlokütés tűrése,
- adott profil alaktűrése,
- adott felület alaktűrése,
- kombinált tűrések.

Ezek értelmezését és rajzjeleit a 1. Mellékelt tartalmazza.

Az alak és helyzetűrés a rajzon megadható függő tűrésként és nem függő tűrésként. **Függő tűrés** olyan változó tűrés, amely az adott alkatrész ráfekvő vizsgált elemének tényleges mérete és a legnagyobb anyagterjedelemnek megfelelő méret (a csapok felső és a furatok alsó határmérete) különbségének megfelelő értékkel az előírtat túllépheti. A függő tűrés jele körbe foglalt nagy M betű. **Nem függő tűrés** megadása esetén a tűrés értéke a rajz alapján készítendő összes alkatrésze állandó, és független a vizsgálandó elem tényleges méretétől. A nem függő tűrések alkalmazása a gyakoribb.

Az alak és helyzetűrést tűréskeretben adjuk meg (10.21. ábra) (MSz ISO 1101), amennyiben bázis megadása nem szükséges, a harmadik mezőt elhagyjuk. A tűréskeretet lehetőleg vízszintesen helyezzük el, és azt semmilyen vonal nem keresztezheti. A tűréskeretet egyenes vagy tört, nyílban végződő kötővonallal kapcsoljuk a kontúrvonalhoz, közép- vagy tengelyvonalhoz, méretsegédvonalhoz vagy egyéb jelölő vonalhoz.



10.21. ábra Alak és helyzettűrés megadása

Alak- és helyzettűrést abban az esetben adunk meg, ha az a konstrukció működése szempontjából elengedhetetlen. Figyelnünk kell a mérettűrésekkel való összhangra (pl. köralak tűrés nem lehet nagyobb, mint az adott átmérő mérettűrése). Szintén megfontolandó, hogy az előírás hogyan, milyen eszközökkel ellenőrizhető. Az alak és helyzettűrés általános értékeit az MSz ISO 2768 szabvány tartalmazza, megadni csak ennél szigorúbb értékeket érdemes.

10.5 Felületi minőség jelölése

A felületi minőség a tényleges felület minőségére utaló fizikai és geometriai jellemzők összessége. A felületminőség előírása a felület egyes jellemzőinek vagy összességüknek meghatározását illetve a megengedett eltérés megadását jelenti.

A felületminőséget meghatározó tényezők:

- a felületi egyenetlenségek,
- a felület mechanikus kialakítása,
- a felület bevonása.

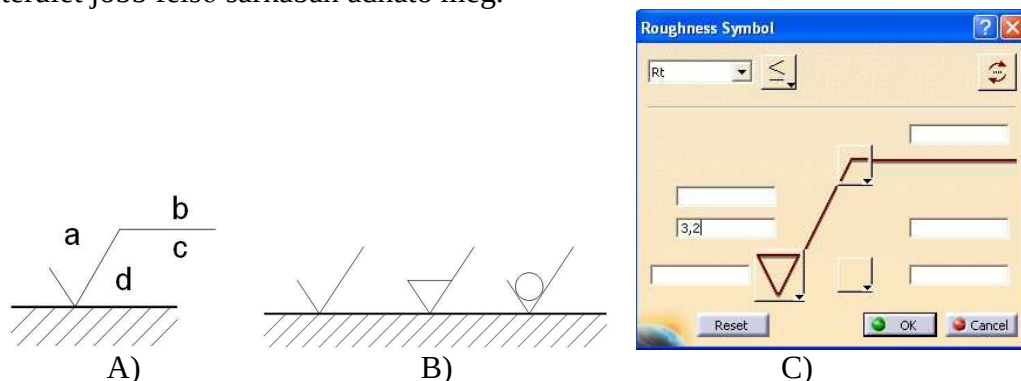
A felületi egyenetlenség a felület hullámosságából és az érdességből áll.

Az érdesség a munkadarab valóságos felületének viszonylag kis térközű, különféle jellegzetes mintázatot mutató ismétlődő egyenetlensége. A felületi érdesség kialakulása igen összetett. Forgácsolás során a szerszám anyaga, geometriája, a munkadarab és a szerszám mozgása, a különböző véletlenszerű zavaró hatások együttesen határozzák meg. Öntési technológiák esetén a szerszám felülete másolódik át az alkatrészre, így alapvetően ez határozza meg a felület minőségét, míg képlékeny alakítás során az anyag minőség és a sűrűlődségi viszonyok eredménye a felületi érdesség. A különböző gyártási eljárásokra jellemző felületi érdesség értékeket az 2. Melléklet tartalmazza.

A leggyakoribb érdességi jellemző az *átlagos érdesség*, melynek jele R_a . Az átlagos érdesség a valóságos profil pontjainak a középvonaltól abszolút értékben mért átlagos távolsága az alaphosszon. Az *egyenetlenség-magasság* (jele: R_z) az alaphosszon belül az észlelt profil öt legmagasabb és öt legmélyebb pontjának távolságából számított átlag. Az R_y *maximális egyenetlenség* a legmagasabb és a legmélyebb pont közötti távolság. Ezen kívül számos 2D-s és még összetettebb 3D-s felületminősítő paraméterek léteznek, de a műszaki rajzokon e három a leggyakrabban szereplő mérőszám. A felületi érdesség mértékegysége μm , lehetséges értékeit az MSz ISO 1302 szabvány rögzíti.

Felületi érdességet azon felületekre adunk meg, ahol funkcionális szempontból ez szükséges és a gyártási eljárásra jellemző érdesség nem elegendő. Az érdességet az MSz ISO 1302 szabvány alapján a 10.22. ábra szerinti érdességi jellel adjuk meg, ahol az *a* mezőbe írjuk az érdességi jellemző betűjelét és számértékét, a *b* helyen adhatjuk meg a megmunkálási és ellenőrzési utasítást, a *c* helyen adhatjuk meg az alaphossz értékét, a *d* helyen adható

meg a felületi egyenetlenség irányát. Az érdességi mérőszám jelét is meg kell adni a mérőszámmal együtt. A megadott számérték maximális értéket jelent, túrés nem megadható, minimális érték viszont feltüntethető szintén az *a* mezőben. Megmunkálási utasítás a *b* mezőben akkor írható elő, ha az érdesség másként nem biztosítható. A 10.22. ábra mutatja az érdességi alapjel, az anyagleválasztással megmunkált felület és az anyagleválasztással nem megmunkálható felület érdességi jelét. Az egész alkatrészre vonatkozó érdesség érték a rajzterület jobb felső sarkában adható meg.



10.22. ábra A) Érdességi jel; B) Érdességi rajzjel változatok, C) Felületi érdesség megadása CAD rendszerben (CATIA v5)

A *d* mezőn megadható barázda irány jelölése a következő:

- = a kijelölt felület kontúrvonalával párhuzamos,
- $\perp$ a kijelölt felület kontúrvonalára merőleges,
- X a kijelölt felület kontúrvonalára ferde, egymásra merőleges,
- M meghatározott irány nélküli,
- C a felület középpontjához képest megközelítőleg kör alakú,
- R a felület középpontjához képest megközelítőleg sugár irányú,
- P nem barázdált, pontszerű bemélyedésekből áll (pl. szikraforgácsolt).

A **felületi hullámosság** az alakhiba és az érdesség között elhelyezkedő egyenetlenség, azaz olyan ismétlődő egyenetlenség, amely az alakhibánál finomabb, de az érdességnél finomabb térközű, a névleges felületre merőleges térközű. A felület hullámosságát a műszaki rajzon a hullámosság alapjével, a hullámosság magasság számértékével és szükség esetén egyéb adattal írjuk elő.

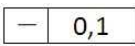
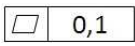
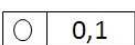
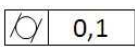
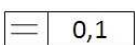
Galvanikus és egyéb kémiai bevonatokat az érdességi jel *b* mezőjén adhatunk meg szövegesen MSz 693 szerint. Hengeres felületek mechanikus úton történő **recézése** mutató nyílon adható meg. A recézés típusa a recézés alakjelével és osztás értékével adható meg [4.].

10.6 Irodalom

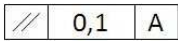
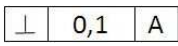
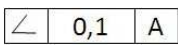
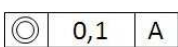
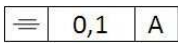
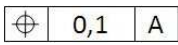
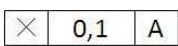
- [1.] Oldal György: Gépipari műszaki rajz; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [2.] Házkötő István: Műszaki 2D-s ábrázolás; Műegyetemi Kiadó, 2008.
- [3.] H. Rögnitz: Célszerű szerkesztés a gépiparban Nehézipari Könyvkiadó Budapest, 1953.
- [4.] Frischherz – W. Dax – K. Gundelfinger – W. Häffner – H. Itschner – G. Kotsch – M. Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok; B+V Lap- és könyvkiadó Budapest 1997.

1. Melléklet – Alak- és helyzetűrések értelmezése és rajzjelei

Alaktűrések

egyenesség tűrés	 0,1	Síkban értelmezve: a valós profillal egy pontban érintkező ráfekvő egyenes és a valós profil közötti legnagyobb megengedett távolság. Térben értelmezve: annak a hengernek az átmérője, melyből a valós profil nem lép ki.
síklapúság tűrés	 0,1	A ráfekvő sík és a valós felület legnagyobb távolsága.
köralak tűrés	 0,1	A ráfekvő kör és a valós profil pontjai között megengedett legnagyobb távolság.
hengeresség tűrés	 0,1	A ráfekvő henger és a valós felület pontjai között megengedett legnagyobb távolság.
hossz-szelvény profiltűrés	 0,1	A ráfekvő profil és a valós profil közti legnagyobb távolság. Közelítőleg megegyezik a hengeresség tűrés tengelymetszetével.

Helyezettűrések

párhuzamosság tűrés	 0,1 A	A bázis geometriai elemmel (sík, tengely) párhuzamos két geometriai elem közti távolság, melyek közé esik a valós geometriai elem.
merőlegesség tűrés	 0,1 A	A bázis geometriai elemre (sík, tengely) merőleges két egymással párhuzamos geometriai elem közti távolság, melyek közé esik a valós geometriai elem.
hajlásszög tűrés	 0,1 A	A vonatkoztatási geometriai elemmel adott szöget bezáró két párhuzamos, a valós geometriai elemet közrefogó geometriai elem (egyenes vagy sík) közötti távolság.
egytengelyűség tűrés	 0,1 A	A vizsgált forgásfelület tengelye és a bázisfelület tengelye között megengedett legnagyobb távolság. Értelmezhető átmérőként és sugárként is.
szimmetria tűrés	 0,1 A	A vizsgált geometriai elem szimmetria tengelye és a bázisfelület szimmetria tengelye között megengedett legnagyobb távolság.
pozíció tűrés	 0,1 A	A geometriai elem valós helyzete és a névleges helyzete közti megengedett legnagyobb távolság.
tengelymetsződés tűrés	 0,1 A	A névlegesen metsződő tengelyek között megengedett legnagyobb távolság.

Összetett alaktűrések

radiális ütés tűrés	 0,1 A	A forgásfelület valóságos profilpontjai és a bázistengely között a bázistengelyre merőleges síkban a legnagyobb és a legkisebb távolság.
homlokütés tűrés		A homlokfelület valóságos profiljának pontjai és egy, a bázistengelyre merőleges sík között mért távolság.
adott irányú ütés tűrése		A vizsgált forgásfelület valóságos profiljai és a profilt kimetsző kúp csúcsa közötti távolság. A metszőkúp tengelye egybeesik a bázistengellyel és az alkotója adott irányú.
teljes radiális ütés tűrése	 0,1 A	A valóságos hengerfelület összes pontja, valamint a bázistengely közötti legkisebb és legnagyobb távolság különbsége. A hengerfelülettől való eltérés és a bázistengelyhez viszonyított központeltérésének együtteséből ered.
teljes homlokütés tűrése		A homlokfelület összes pontja és egy, a bázistengelyre merőleges sík között mért legnagyobb és legkisebb távolság különbsége. A felület síklapúság eltérésének és a bázistengelyhez viszonyított merőlegesség eltérésének együtteséből ered.
adott profil alaktűrése	 0,1 A	A névleges profil és a valóságos profil pontjai között megengedett legnagyobb távolság a névleges profilra merőleges irányban.
adott felület alaktűrése	 0,1 A	A névleges felület és a valóságos felület pontjai között megengedett legnagyobb távolság a névleges felületre merőleges irányban.
kombinált tűrések	 0,1 A  0,1 A  0,1 A	

2. Melléklet - A különböző gyártási technológiákra jellemző felületi érdességet és elérhető méretpontosság értékek.

Mégmunkálási módok, technológiák			Elérhető pontosság																																		
			IT-minőség																Érdesség R _a , μm																		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200		
Alakadás	Kokillaöntés																																				
	Öntés homokformába																																				
	Centrifugál öntés																																				
	Nyomásozott öntés																																				
	Folyamatos öntés																																				
Öntés héjformába																																					
Alakítás	Meleghengerrés																																				
	Felületi hideghengerrés																																				
	Hidegfolytatás																																				
	Mélyhúzás																																				
	Súlyszétkészítés kovácsolás																																				
Leválasztás, szétválasztás	Gyalulás	nagyoló																																			
		símitó																																			
	Vésés	nagyoló																																			
		símitó																																			
	Fúrás	készülék nélkül																																			
		készülékkel																																			
		finomfúrás																																			
	Dörzsálás	kézi																																			
		gépi																																			
	Esztergálás	hossz és furat	nagyoló																																		
			símitó																																		
			finom																																		
			ultrap.																																		
			sík																																		
	Marás		besz.-, menet																																		
			nagyoló																																		
			símitó																																		
finom																																					
mikro																																					
Üregelés		ultrap.																																			
		külső																																			
Leválasztás, szétválasztás	Köszörülés		belső																																		
			palást																																		
			sík körk.																																		
			sík																																		
			besz.-körk.																																		
			Hónolás																																		
			Hántolás																																		
			Szuperfiniselés																																		
			Leppelés																																		
			Polírozás																																		
			Lángvágás																																		
			Lézervágás																																		
Plazmavágás																																					
Vízugarasvágás																																					

3. Melléklet – Feliratmező tartalma és formája az EN ISO 7200 szabvány szerint

<i>Adat neve</i>	<i>Értelmezés</i>	<i>Ajánlott karakterhossz</i>	<i>Státusz</i>
Tulajdonos	A dokumentum tulajdonosának neve, cégnév és logó.	Nem specifikált	Kötelező
Rajzszám	A tulajdonos által meghatározott formátumú azonosító szám.	16	Kötelező
Cím	A rajz megnevezése, rövidítést nem tartalmazhat.	25	Kötelező
Kiegészítő cím		25	Opcionális
Tervező neve		20	Kötelező
Jóváhagyó neve		20	Kötelező
Méret	A rajz mérete (pl. A0, A1 stb.)	4	Opcionális
Méretarány		6	Kötelező
Anyag	Az alkatrész anyaga	20	Kötelező
Vetítési rend	A vetítési rend szimbóluma		Kötelező
Módosítás jele	Rajzváltozat, javított kiadás jele, pl. AA, B1.	2	Opcionális
Dátum	Az első kiadás dátuma.	10	Kötelező
Oldalszám		4	Kötelező
Összes oldal száma	Ha több oldalból áll a rajz, az összes oldal száma.	4	Opcionális
Nyelvi kód	A dokumentum nyelve ISO 639 alapján.	4	Opcionális
Felelős részleg	A dokumentum tartalmáért és karbantartásáért felelős vállalati részleg neve vagy kódja.	10	Opcionális
Technikai referens	A dokumentum technikai tartalmáért felelős személy.	20	Opcionális
Dokumentum típusa	A dokumentum típusa, amely meghatározza a tartalmának jellegét és formáját.	30	Kötelező
Besorolás / kulcsszavak	A dokumentum visszakeresését segítő információk	Nem specifikált	Opcionális
A dokumentum státusza	Például: „Tervezés alatt”, „Elfogadás alatt”, „Elfogadva”, „Visszavonva” stb.	20	Opcionális