



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Önbeálló alkalmazásbővítő készülékelemek tervezése modulrendszerű mérőkészülékhez

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Pap Zsolt
T009188/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Pap Zsolt

Szaktervezési száma: SZD22052513061184

Törzskönyvi száma: T009188/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Önbeálló alkalmazásbővítő készülékelemek tervezése modulrendszerű mérőkészülékhez

A dolgozat címe angolul: Design of self-adjusting application expansion device elements for modular measuring device

A feladat részletezése:

1. Ismertesse a koordináta méréstechnika jelentőségét a gépiparban!
2. Mutassa be a közepes méretű munkadarabok mérésére alkalmas koordináta mérőgépeket!
3. Mutassa be a mérendő darabok készülékezési lehetőségeit, készülék modulrendszereket!
4. Vizsgálja meg a Witte-rendszer alkalmazhatóságát, korlátait!
5. Tervezzen lyukraszteres rendszerhez alkalmazásbővítő készülék-elemeket önbeállás lehetőségével! Elemesse a feladat megoldásának eredményességét!

Intézményi konzulens neve: Kis Ferenc

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak tartom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022. 11. 27.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	5
2.	Koordináta mérés technika jelentősége a gépiparban.....	6
2.1	Általános koordináta mérőgép elrendezések.....	9
2.2	Koordináta mérés technika geometriai elemei	10
3.	Közepes méretű munkadarabok mérésére alkalmas koordináta mérőgépek	11
3.1	Mozgóoszlopos (portálos) koordináta mérőgép.....	11
3.2	Mozgóasztalos koordináta mérőgép.....	12
3.3	Konzolos koordináta mérőgép	13
4.	Munkadarabok készülékezési lehetőségei, készülék modulrendszerek.....	14
4.1	Készülékezés nélküli mérés	14
4.2	Ragasztás, mint készülékezés.....	15
4.3	Munkadarab-specifikus készülékek	16
4.4	Egyetemesen összeállítható készülékrendszerek (készülék modulrendszerek).....	17
5.	Witte modulrendszer alkalmazhatósága és korlátai.....	19
5.1	Witte modulrendszer felhasználási területei	22
6.	Alkalmazásbővítő készülékelemek tervezése lyukraszteres modulrendszerhez	23
6.1	Készülék alap tervezése	25
6.1.1	Készülék alap és modulrendszer kapcsolat: első megoldás.....	25
6.1.2	Készülék alap és modulrendszer kapcsolat: második megoldás.....	27
6.2	Síkban eltolható alkatrész tervezése.....	28
6.2.1	Csúszka készülék alaphoz való rögzítése szerint: első megoldás.....	29
6.2.2	Csúszka készülék alaphoz való rögzítése szerint: második megoldás.....	31
6.3	Elforgathatóság megvalósítása.....	33
6.4	Munkadarab-alátámasztás	35
6.5	A készülék.....	36
6.6	A készülék további elemeinek meghatározása, anyagok ismertetése	42
7.	Összefoglalás	44
8.	Summary.....	46
9.	Irodalomjegyzék	48
10.	Mellékletek	49

1. Bevezetés

Manapság, a nagymértékű ipari fejlődés következtében, ahol mind a biztonság, mind a tartós, megbízható működés gyakran fontos szerepet játszik, elengedhetetlen a tervezők által megadott tűréshatárok ellenőrzése, mérése. A mérés kiértékeléséből többek közt meghatározható a szerszám kopásának mértéke, melynek függvényében korrigálni lehet a bemenő gyártási paramétereket, akár automatikusan is. Ez megvalósítható valós időben is, a gyártás idejének növelése nélkül.

A koordináta méréstechnika az ipari méréstechnika egyik alapköve. Legfontosabb jellemzője, hogy ily módon üzemelő eszközök a mérés során egy adott koordináta rendszerben végzik a munkadarab mérését. Kontakt (tapintós) vagy non-kontakt (lézeres) módon működhetnek. A mérőeszköz kontakt mérés során közvetlenül érinti a mérendő munkadarabot, így geometriai számításokkal meghatározható a darab felülete. A koordináta mérőgépeknél gyakran felmerül az igény a mért alkatrészek alátámasztására, befogására.

Feladatom koordináta mérőgéphez egy olyan készülék tervezése, amely kibővíti az egyetemen használt Witte-féle modulrendszer alkalmazhatóságát és alaktalan munkadarabok alátámasztását biztosítja. A készülék fontos eleme a koordináta mérőgépeknek, ugyanis ez biztosítja a munkadarab stabil, mozdulatlan elhelyezkedését, illetve hozzáférést biztosít a darab mérendő geometriájához, például a furatokhoz, hengeres felületekhez, síkokhoz, stb.. A modulrendszer széleskörű alkalmazást tesz lehetővé a munkadarabok befogásában, azonban összeállításuk időigényes lehet. Céлом egy olyan alkalmazásbővítő készülékelem tervezése, amely felgyorsítja az összeállítást, bonyolult, alaktalan munkadarab befogására is alkalmas, a mérendő darabok cseréje kis energiabefektetéssel, gyorsan, és precízen megvalósítható.

Továbbá a szakdolgozatom során ismertetni fogom a koordináta méréstechnika jelentőségét a gépiparban, bemutatom a korunkban használt különböző mérőgépeket, készülékeket, köztük a Witte-féle lyukraszteres modulrendszert, melynek ismertetni fogom a felépítését, használhatóságát, illetve a korlátait. Végül részletezem az egyénileg tervezett készülék tervezési folyamatát, működését. Továbbá megvizsgálom a feladat megoldásának eredményességét, és javaslatokat teszek a további fejleszthetőség szempontjából.

2. Koordináta mérés technika jelentősége a gépiparban

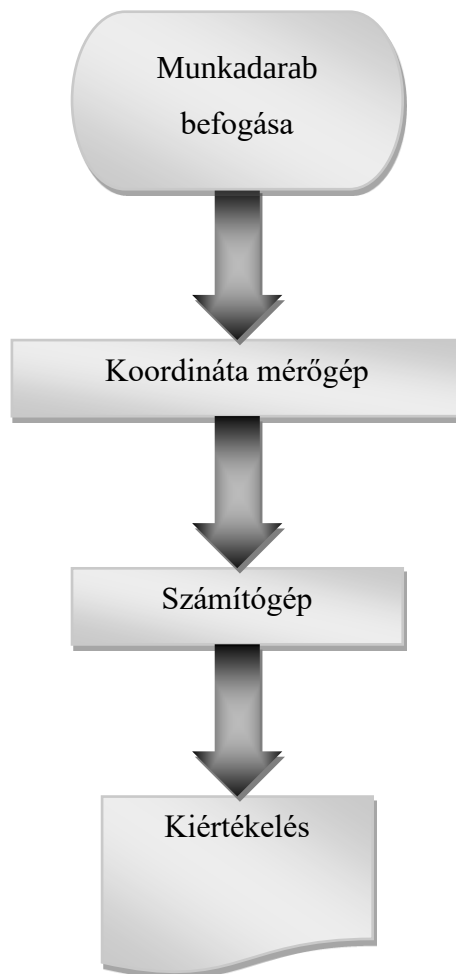
A korunkbeli koordináta mérés technika a 20. században vert gyökeret, első körben az Egyesült Államokban, majd később világszerte is. A koordináta mérőgépek korunk egyik legelterjedtebb, széles körben használható mérés technikai berendezése. Ezeket a gépeket eleinte csak nagyobb cégek használták magas beszerzési árak miatt, de a technika fejlődésével párhuzamosan egyre inkább elérhetővé vált kisebb befektetők számára is. Természetesen ettől függetlenül, az egyre pontosabb mérések elvégzésére képes, újabb berendezések költségei magasak. Hátránya – befektetői szempontból – a koordináta mérőgépeknek az, hogy nehéz a költségmegtérülésüket kiszámítani, mert csak közvetetten vannak hatással a termék minőségére. Ezért fontos rámutatni arra, hogy a koordináta mérőgépekkel nagymértékben csökkenthető a selejtes gyártmányok száma, illetve a darabidő, így végül csökkentve a gyártási költségeket.

Nehéz találni olyan gépelemet, amely mérésére nincs alkalmas koordináta mérőgép. A repülőgépek szárnyaitól kezdve, az egészen apró mechanikus, elektronikus berendezések mérésére is alkalmas koordináta mérőgépek nagy számban megtalálhatóak a piacon. Használatában rugalmasság és precizitás jellemzi, míg operálása gyors és viszonylag egyszerű, üzembiztos.

Az alábbi forrás szerint [1] az elsődleges feladata egy koordináta mérőgépnek, hogy megmérje a munkadarab alakját, és azt összehasonlítsa egy, a rendszerbe beillesztett, digitális megfelelővel. Ez a digitális megfelelő általában egy CAD modell, melynek méretei pontosan megadják a kívánt alakot. Összehasonlítás során a szoftver a valódi, kézzel fogható munkadarab különböző értékeit veti össze a modell értékeivel. Ezek a mérés technikában használt, összehasonlítandó értékek például a forma, elhelyezkedés, hossz, méret, orientáció, stb..

A munkadarab valódi alakja a felületén felvett pontok alapján számítható, mely során a fontos - az adott alak meghatározásához nélkülözhetetlen - pontokat keressük és mérjük. Az adatok felvétele számos módon kivitelezhető, mind érintéssel, érintésmentes, folyamatos, vagy egyesével történő adatfelvétellel van lehetőség. Az érintéssel, pontokat külön-külön felvevő mérésre alkalmas például a tapintós koordináta mérőgép. Az érintésmentes, másodpercenként több tízezer pont felvételére képes berendezésre példa

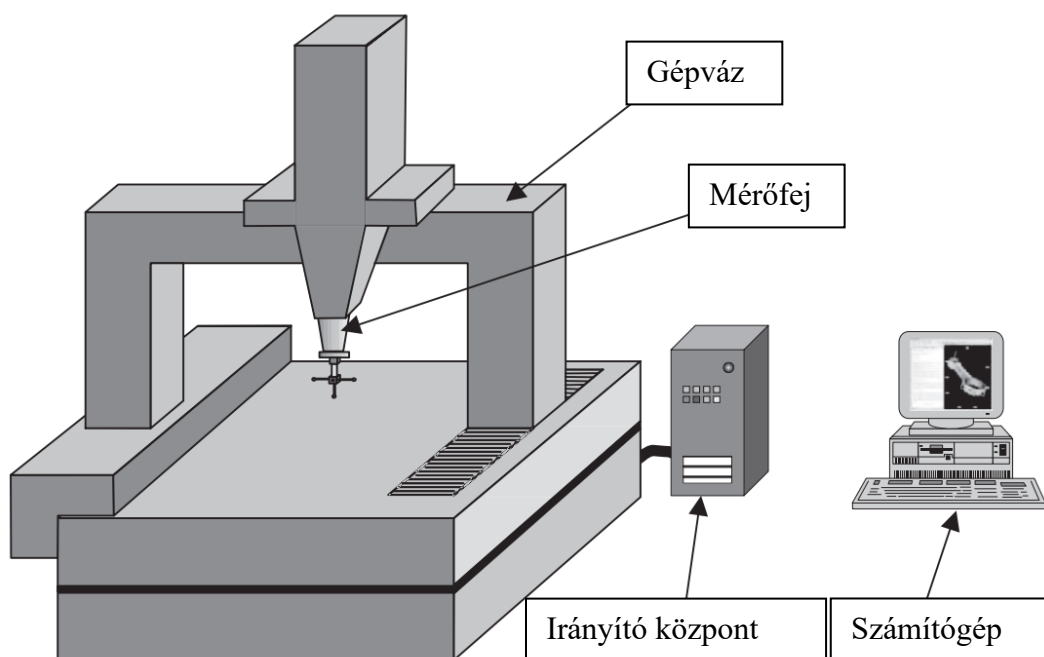
az optikai koordináta mérőgép. A munkadarab alakját (átmérő, hossz, stb.) nem lehetséges meghatározni közvetlenül a felvett pontok koordinátái alapján, hanem szükséges hozzájuk az ideális modell, mely biztosítja a számításhoz elengedhetetlen információkat.



1. ábra. Koordináta mérés folyamata

Az 1. ábra a koordináta mérést mutatja be egy folyamatábrában. Az első lépés a munkadarab stabil befogása egy készülékbe, ami történhet manuálisan vagy automata rendszerbe integrálva. A második lépés a mérés. A koordináta mérőgép mérőfeje pontokat vesz fel a munkadarab felületén, és kapott pontok koordináta adatait eljuttatja a számítógéphez. A folyamat harmadik lépése során a számítógép értékeli a koordináta mérőgéptől kapott adatokat, kiszámolja a releváns helyettesítő geometria elemek elhelyezkedését, formáját, méretét, orientációját. Negyedik lépés - az előbbieik alapján -

a munkadarab geometriájának meghatározása, majd összehasonlítása a mérés során közvetlenül kapott helyettesítő elemekkel, a modellel vagy a géprajzzal, és a hozzá tartozó tűrésekkel.



2. ábra. Koordináta mérőgép egységei [1]

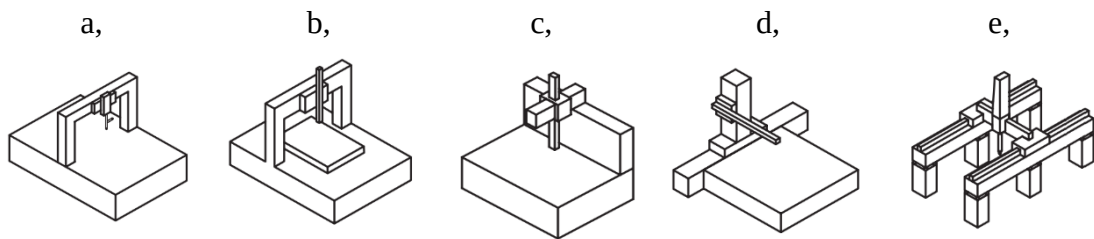
A 2. ábrán láthatóak az előbb ismertetett folyamatábra (1. ábra) alapján jellemzett általános koordináta mérőgép különböző egységei. A 2. ábrán feltüntetett elemek nélkülözhetetlen részei a koordináta mérőgépnek, mely tartalmazza az alábbi részegységeket:

- 3 tengelyű mechanikus váz, mely a stabil, rezgésmentes futást kell, hogy biztosítsa;
- befogófej, mely a tapintós, vagy lézeres mérőfej befogására szolgál. A mérőfej befogása történhet manuálisan, vagy automatikus, a CNC gépek szerszámcseréjéhez hasonlóan;
- irányító központ, mely folyamatosan felügyeli a gép működését;
- számítógép, mely elvégzi a szükséges számításokat, kijelzőmonitor segítségével megjeleníti a mért adatokat, ezeket tárolja, és szükség esetén továbbítja lokálisan vagy internethálózaton keresztül.

A hagyományos mérési eljárásoknál külön-külön kerül megmérésre minden egyes geometriai jellemző, például hosszmérőgéppel, szögmérővel, stb., így ezeket a méréseket külön-külön kell elvégezni. Ennek eredményeként más-más koordinátarendszerben kerülnek megmérésre az egyes elemek, ezáltal gyakran előfordul figyelmetlenségi hiba.

2.1 Általános koordináta mérőgép elrendezések

A gépiparban leggyakrabban használt mérőgépek a mozgóoszlopos (3. ábra. a), mozgóasztalos (3. ábra. b), konzolos (3. ábra. c), horizontál karos (3. ábra. d), hídportál (3. ábra. e) elrendezésű mérőgépek.



3. ábra. Gyakran használt koordináta mérőgép elrendezések [1]

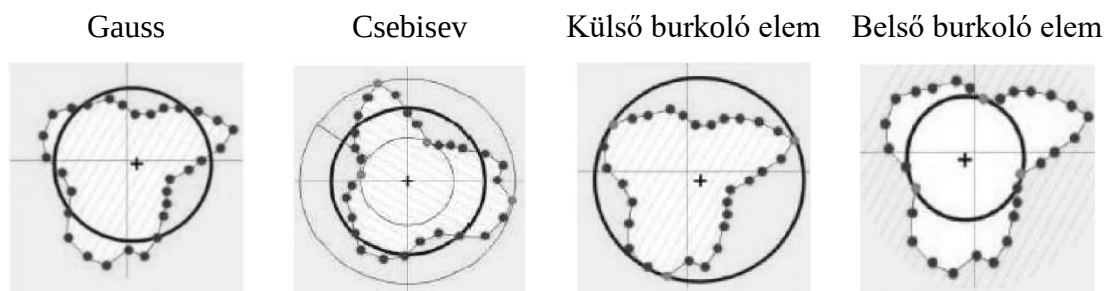
A mozgóoszlopos és mozgóasztalos, illetve a konzolos elrendezésű mérőgépek jellemzően közepes méretű munkadarabok mérésére használatosak. Ezekről a 4. fejezetben (Közepes méretű munkadarabok mérésére alkalmas koordináta mérőgépek) bővebb jellemzés olvasható. A horizontál karos mérőgépet - bár használható közepes méretű munkadarabok mérésre is - leggyakrabban autók vázának mérésére alkalmazzák. A hídportál mérőgépeket az ennél is nagyobb vázak, járművek elemeinek mérésére, például repülőgépek szárnyai, hajók lemezeinek mérésére használják. Ezeknek a pontossága megfelelő, de kevésbé pontosak, mint az oszlopos elrendezésű koordináta mérőgépek. Ezeken túl léteznek még robotszerű mérőkarok, melyek emberi erővel mozgathatóak, új mérési helyre áthelyezhetőek.

2.2 Koordináta mérés technika geometriai elemei

Koordináta mérés technikában leggyakrabban használt geometriai elemek [2] szerint:

- | | |
|--|--|
| – Síkbeli: | – Térbeli: |
| <ul style="list-style-type: none"> · Pont · Egyenes · Kör | <ul style="list-style-type: none"> · Sík · Henger · Gömb · Kúp |

Ezeket az elemeket illesztjük koordináta mérő gép által felvett pontokra. Az illesztés az alkatrész felhasználásától függ. A számításai módszerek:



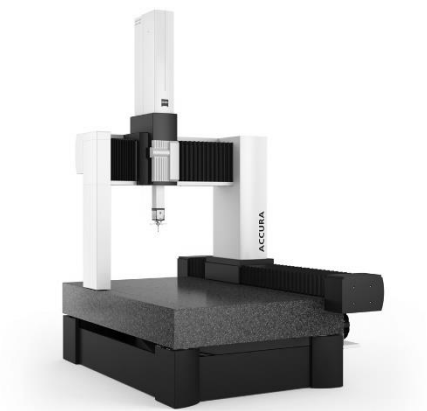
4. ábra. Geometriai elemek számítási módszerei [2]

Az egyes számítási módszereket különböző esetekben érdemes használni. A Gauss-féle módszer jól számítható. A Csebisev-féle módszer jellemzően alakhibák felderítésére szolgál. Ha szerelésről beszélünk, fontos, hogy meg tudjuk állapítani, hogy adott esetben belefér-e a csap az anyába, vagy fordítva. Erre alkalmasak a külső- illetve belső burkoló elem számítási módszerei. Ezekkel meghatározható a munkadarab legnagyobb és legkisebb külső, belső átmérője.

3. Közepes méretű munkadarabok mérésére alkalmas koordináta mérőgépek

3.1 Mozgóoszlopos (portális) koordináta mérőgép

A koordináta méréstechnikában legelterjedtebb elrendezésű mérőberendezés a mozgóoszlopos koordináta mérőgép. A munkadarabot egy stabil asztalra helyezve, mozgóoszlopok által mozgatott mérőfej segítségével méri meg. A meghajtás gyakran csak az egyik oldalon van biztosítva, a másik oszlop ebben az esetben megvezetve, légcsapágyakkal felszerelve mozog. Ekkor létrejöhét az úgynevezett „lépegetés” jelensége, amikor a megvezetett oszlop késik a hajtott oszloptól, a közöttük átfutó híd csavarodásának következtében. Ez hatással van a berendezés pontosságára a mozgás irányával megegyező, de különböző helyeken mért pontok között. A jelenség kiküszöbölhető, ha a meghajtást az oszlopok közötti hídon, középen helyezzük el, vagy ha az oszlopok külön-külön kerülnek meghajtásra, illetve, ha az oszlopok gyűrűszerűen, alul és felül is híddal összekötve vannak kialakítva. Az előnye a mozgóoszlopos elrendezésnek, hogy a mérőkar mindkét oldalról meg van támasztva, így a lehajlás nagymértékben csökkenthető. Mérési bizonytalansága alacsony. Használata jellemző kis- és közepes méretű daraboknál. Példa a mozgóoszlopos koordináta mérőgépre:



5. ábra. Mozgóoszlopos koordináta mérőgép [Zeiss]

3.2 Mozgóasztalos koordináta mérőgép

A mozgóasztalos koordináta mérőgép esetében az oszlopok mereven rögzítve vannak a gépágyra. Ennél az elrendezésnél az asztal - melyre a munkadarab kerül - végzi az adott tengelyen a mozgást, nem pedig a két oszlop, ezzel megszüntetve a „lépegetés” jelenségét, egy sokkal merevebb kialakítást eredményezve. Ennek köszönhetően kisebb mérési bizonytalansággal rendelkezik a mozgóoszlopos mérőgéphez képest. Ezzel szemben csökken a mérés sebessége, mert mind az asztalt, mind a munkadarabot mozgatni kell. Továbbá az asztal lehajolhat, ezért korlátozni kell a munkadarab maximális súlyát. A mozgóasztalos elrendezés hátránya még, hogy az asztal kinyúlása miatt nagyobb a helyigénye. Példa a mozgóasztalos koordináta mérőgépre:



6. ábra. Mozgóasztalos koordináta mérőgép [Lead Metrology Co., Ltd.]

3.3 Konzolos koordináta mérőgép

A konzolos koordináta mérőgép legnagyobb előnye, hogy 3 oldalról hozzá tud férni a kezelő (vagy az automatikus munkadarab-cserélő berendezés) a mért alkatrészhez. A kétszlopos kivitelekkel ellentétben, itt csak az egyik oldalról van alátámasztva a mérőfej. Ez azt a hibát vonja maga után, hogy a lehajlás fokozatosan nő, ahogy távolodik a mérőfej az alátámasztástól. A lehajlás okozta hiba azonban szoftveresen korrigálható. A konzolos kivitel miatt a berendezés mérete korlátozott, így általában kis-, és közepes méretű darabok mérésére alkalmas. Ennek azonban előnye is van, ugyanis a mozgatott darabok kis súlyából adódóan a mérés sebessége jellemzően gyors. Az asztalára nagytömegű munkadarab is felhelyezhető és pontosan mérhető, mert nem okoz jelentős gondot az ebből eredeztethető lehajlás, ellentétben az oszlopos kiserelésnél tapasztaltakkal. Példa a konzolos koordináta mérőgépre:



7. ábra. Konzolos koordináta mérőgép [Smlease Design]

4. Munkadarabok készülékezési lehetőségei, készülék modulrendszerek

A készülék az egyes gyártási és mérési folyamatokban a munkadarab fix pozícióban tartását szolgálja. A méréstechnikában alkalmazott készülékek szerepe hasonló, de néhány szempontból mégis eltér a gyártás során használtaktól. Ellentétben a forgácsolás során ható nagy erőktől és rezgéstől, mérés során a munkadarabra ható erő a tapintó és a munkadarab felülete közötti érintésből származik, amennyiben a mérés kontakt módon történik. Az erő bár kis mértékű, de nem elhanyagolható. A munkadarab stabil megtámasztása mérés során is elengedhetetlen, kis elmozdulás is jelentős hibákhoz vezethet. Az alábbi forrás [3] szerint fontos szempont a készülék megtervezésénél, hogy a tapintó által hozzáférhető legyen a munkadarab. Amennyiben nem fér hozzá a mérőfej a munkadarabhoz, akkor azt - forgácsoláshoz hasonlóan - más felületen kell befogni. Ez jelentős időnövekedést okoz, ha sok ugyanolyan munkadarabot kívánunk megmérni. Készülékezésnél ügyelni kell a készülék súlyára. Általánosságban elmondható, hogy célszerű minél kisebb súlyú készüléket választani a méréshez, hogy az asztal terhelése, és az abból fakadó lehajlás, majd mérési pontatlanság ne legyen túl jelentős. Különösen igaz ez a mozgóasztalos koordináta mérőgépre, ahol a készülék is együtt mozog az asztallal. Összefoglalva, egy jó készülékről elmondható, hogy kis tömegű, stabil megfogást biztosít, munkadarabok gyorsan cserélhetőek benne, hozzáférhetőséget biztosít a munkadarab mérendő felületeihez, akár különböző méretű és felépítésű munkadarabok befogására is alkalmas, kielégíti a hatpont-szabályt.

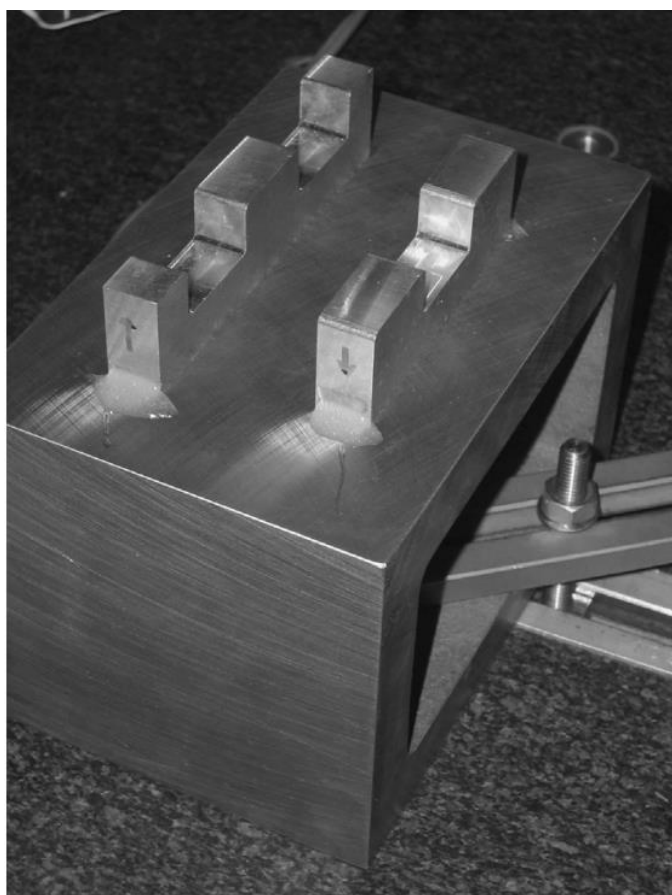
4.1 Készülékezés nélküli mérés

Bizonyos esetekben, ha a mérendő munkadarab elég nehéz ahhoz, hogy önsúlyával képes legyen mozdulatlan maradni a mérőerő hatására, és rendelkezik síkfelülettel, akkor nincs szükségünk készülékre. Természetesen, ha non-kontakt mérésről beszélünk, akkor a munkadarabra nem hat mérőerő, tehát nincs szükség készülékre. Kivételt képeznek azok

az esetek, ha minden irányból megmérendő alkatrészünk van, ugyanis ebben az esetben a mérési idő csökkentésére érdemes lehet készüléket alkalmazni.

4.2 Ragasztás, mint készülékezés

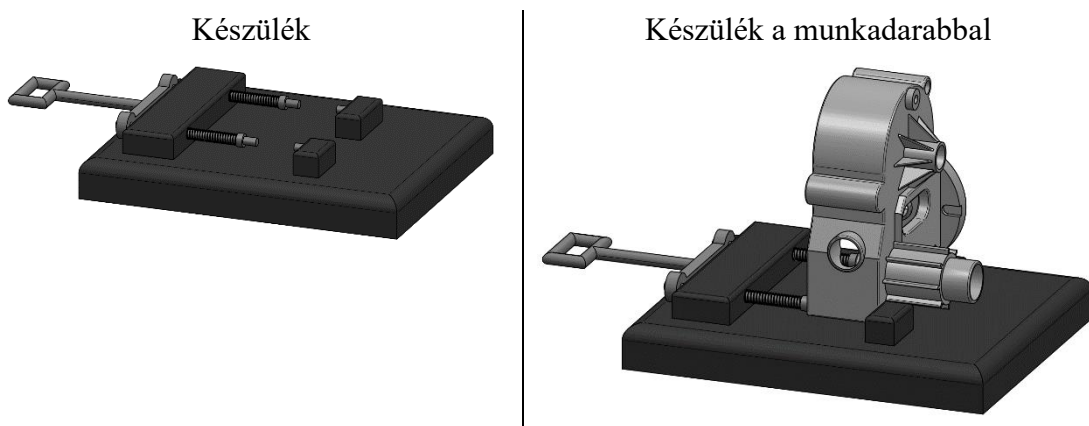
A ragasztás az egyik legegyszerűbb, széles körben elterjedt munkadarab lefogási művelet. Ragasztás során egy asztallal párhuzamos lemezre ragasztjuk a mérendő darabot, majd a lemezt rögzítjük az asztalhoz. Azért nem javasolt közvetlenül az asztalra ragasztani, mert sérülhet az asztal felülete. A ragasztás előnye, hogy egy stabil és erős kötést hoz létre, melyet a mérés után könnyen „szétszerelhetünk”. A ragasztó eltávolításához használhatunk acetont, vagy akár egy hajszárítót. A ragasztás olcsósága és egyszerűsége miatt terjedt el, de tömeges mérés során érdemes lehet beszerezni egy adott darabra specializált mérőkészüléket. Az alábbi ábrán a méréshez leragasztott munkadarabok láthatóak.



8. ábra. Méréshez leragasztott munkadarabok [1]

4.3 Munkadarab-specifikus készülékek

Tömeggyártásnál gyakran érdemes befektetni egy-egy munkadarab-specifikus készülékre, mely az adott alkatrész mérését a lehető legjobban kiszolgálja. Ha a mérendő darabszám meghalad egy bizonyos mértéket, akkor az egyedileg tervezett készülék az ideális választás. Ezeknek a készülékeknek a célja az, hogy minél inkább csökkentsék a mérési időt, és bizonyos esetekben minimális költségráfordítással segítsék az automatizálást. A készülékeknek általában nem célja a nagypontosságú helyzet biztosítása, mert a koordináta rendszert a darabról veszi fel a koordináta mérőgép. A modulrendszerrel ellentétben ezeknél a készülékeknél nincs mód széleskörű használatra, általában kizárólag egy bizonyos alkatrészt képesek stabilan befogni. A munkadarab-specifikus készülékeket lehetőleg úgy kell megtervezni, hogy a munkadarab átfogás nélkül mérhető legyen. További szempontok közé tartozik a kis tömeg, a munkadarab gyors cserélhetősége, és a stabil megfogás biztosítása. A munkadarabon bázisnak (ahol a készülék és a munkadarab között létrejön a kapcsolat) olyan felületet kell választani, amely minden munkadarabon azonos (sík, csap, stb.). Példa a munkadarab-specifikus készülékre a 9. ábrán látható.



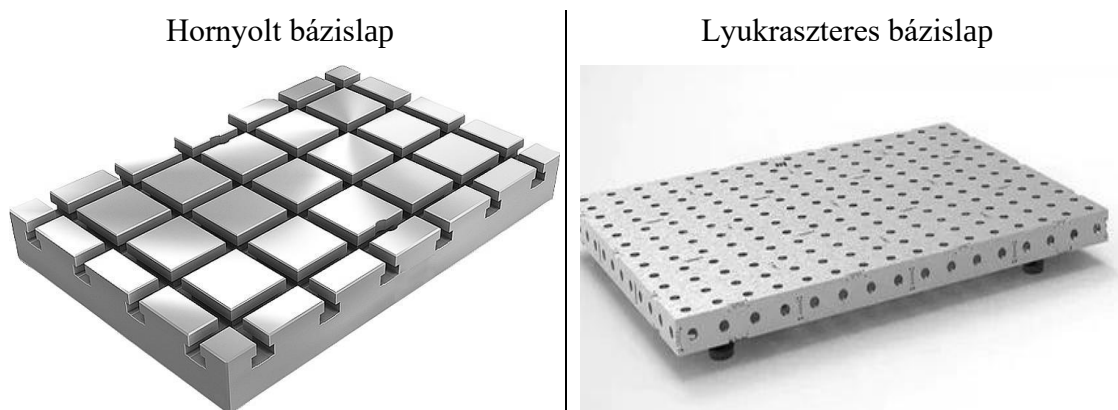
9. ábra. Munkadarabra specializált befogókészülék

A 9. ábrán bal oldalon a készülék megfigyelhető munkadarab nélkül. Látható rajta kettő csap, melyek egy fogantyú segítségével kihúzhatóak, hogy a munkadarabot be

lehessen helyezni. A munkadarabon a két furat és a sík biztos bázisként szolgál a befogásra. A munkadarab szorítását egy-egy - a mozgatható csapokon elhelyezett – rugó biztosítja. Ez egy alapvetően manuális munkadarabcsere-re tervezett készülék, de szükség esetén automatizálható bizonyos változtatásokkal. A síklapolt alsó felület ráhelyezhető a koordináta mérőgép asztalára. A készülék - önsúlya miatt - nem mozdul el mérés során, ezért további rögzítésre ebben a megvalósításban nincs szükség.

4.4 Egyetemesen összeállítható készülékrendszerek (készülék modulrendszerek)

A modulrendszerű készülékek szét-, és összeszerelhető mérőkészülékek, melyek nem csak egy adott darabra specializálódnak, hanem egy, vagy akár több munkadarabcsaládra, illetve egy-egy bizonyos geometriára. Az ilyen típusú készülékeket elsősorban kis-, és közepes mérésnél érdemes alkalmazni, mert ebben az esetben sok különböző darab kerülhet gyártásra, melyekre nem költséghatékony egyesével készülékeket tervezni és gyártani. A modulrendszereknél van egy bázislap, melyre felszerelésre kerülnek a kiegészítő elemek. Ez a bázislap két típusú lehet: lyukraszteres vagy hornyolt kivitelű. A 10. ábrán bal oldalt egy hornyolt, míg jobb oldalt egy lyukraszteres kivitelű alumínium bázislap látható.

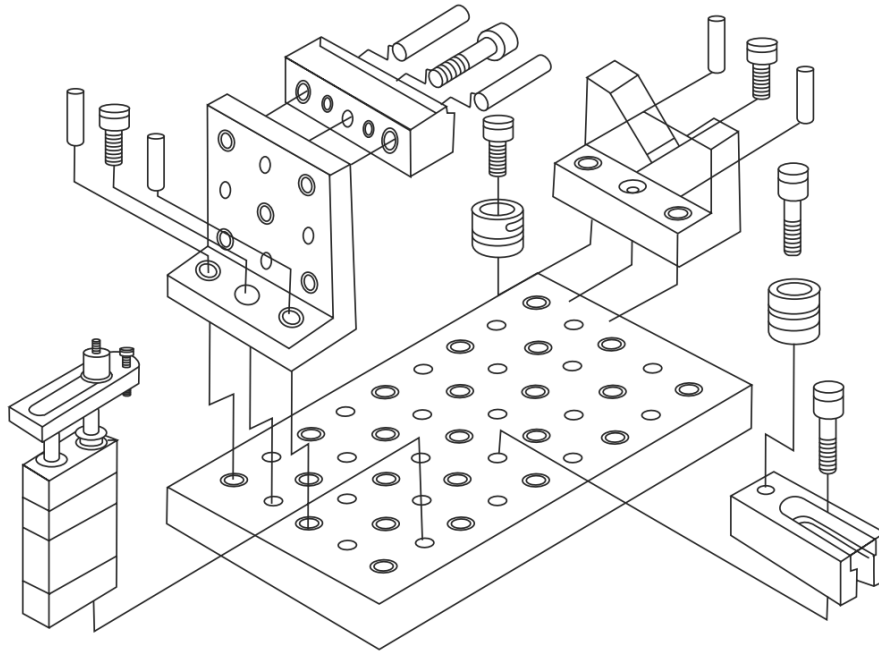


10. ábra. Hornyolt (bal) és lyukraszteres (jobb) bázislap [HEINRICH KIPP WERK GmbH & Co. KG]
[R-Tech Welding Equipment Ltd]

Természetesen az ábrán látható bázislapokon kívül létezik még számos más méretű és anyagú lap, melyeket a mérendő alkatrészek alapján érdemes kiválasztani.

Például, ahol nagy tömegű munkadarab kerül megmérésre, oda érdemes olyan anyagú modulrendszert választani, melynek nagy a szakítószilárdsága.

A 11. ábrán egy lyukraszteres modulrendszernek a robbantott ábrája látható, ütközőkkel és rögzítőelemekkel.



11. ábra. Lyukraszteres modulrendszer robbantott ábrája [4]

Az ütközők a munkadarab elsődleges pozícionálására szolgálnak. Manuális vagy automata munkadarab behelyezésnél ezeknek kell nekitalni a darabokat, így kerülnek a mérési pozícióba. Ezt követően a leszorításhoz használatos elemek rögzítik a munkadarabot.

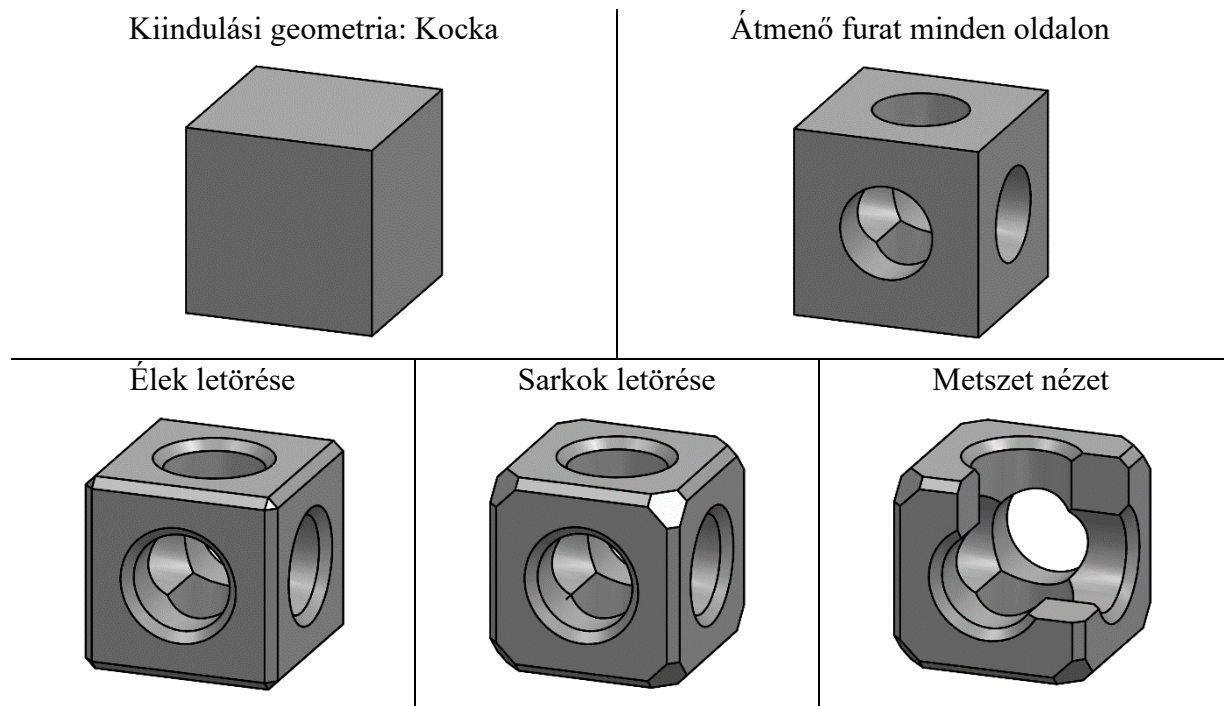
Néhány ismert modulrendszeres mérőkészülékeket gyártó cég:

- Witte Barskamp GmbH & Co. KG (Lásd 6. fejezet: Witte modulrendszer alkalmazhatósága és korlátai)
- Renishaw plc.
- Rayco Manufacturing, Inc.

5. Witte modulrendszer alkalmazhatósága és korlátai

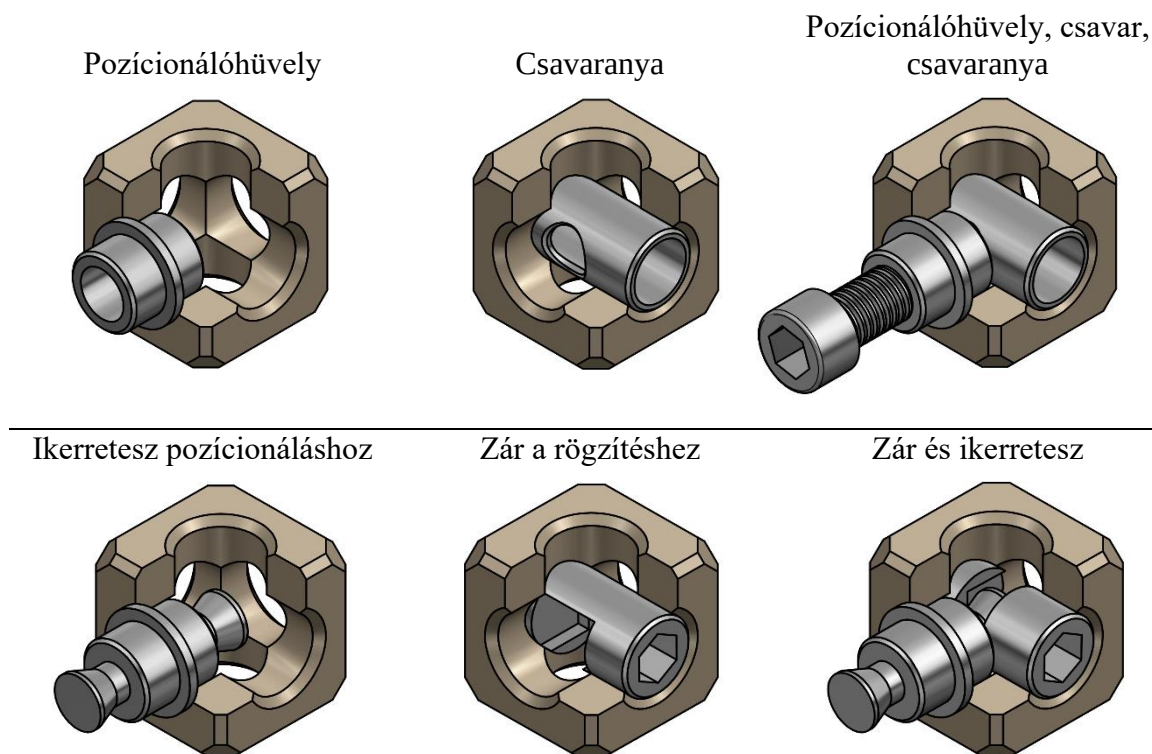
Napjainkban a Witte modulrendszerű és pozicionáló mérőkészülékeket, illetve műszereket tervez és gyárt. A céget 1969-ben alapították, és eredetileg repülőgépekhez gyártott nagy pontosságú alkatrészeket. Manapság számos nagy cég alkalmazza a Witte termékeit, elsősorban az autó-, és a repülőgépiparban. A cég nagy hangsúlyt fektet az univerzálisan alkalmazható termékek fejlesztésére és gyártására.

A Witte modulrendszer alapvetően azonos, kisméretű egységnyi kockákra épül, melyek minden oldallapról át vannak fúrva. Ezeknek az egységnyi kockáknak a felépítését (furatokat, letöréseket) ábrázolja a 12. ábra:



12. ábra. Egységkockák felépítése a Witte-féle modulrendszerben [Witte Barskamp KG]

Az egységnyi kockákon a furatok nem kizárólag a pozicionálásra szolgálnak, hanem rögzítési funkciókat is ellátnak. A pozicionálás többek között történhet ikerretessel vagy pozicionálóhüvellyel, a rögzítés pedig pozicionálóhüvellyel, csavar, csavaranya kombinációjával, vagy zár és ikerretesz összeszerelésével. A 13. ábra két példát ábrázol lehetséges rögzítési és pozicionáló összeállításokra:

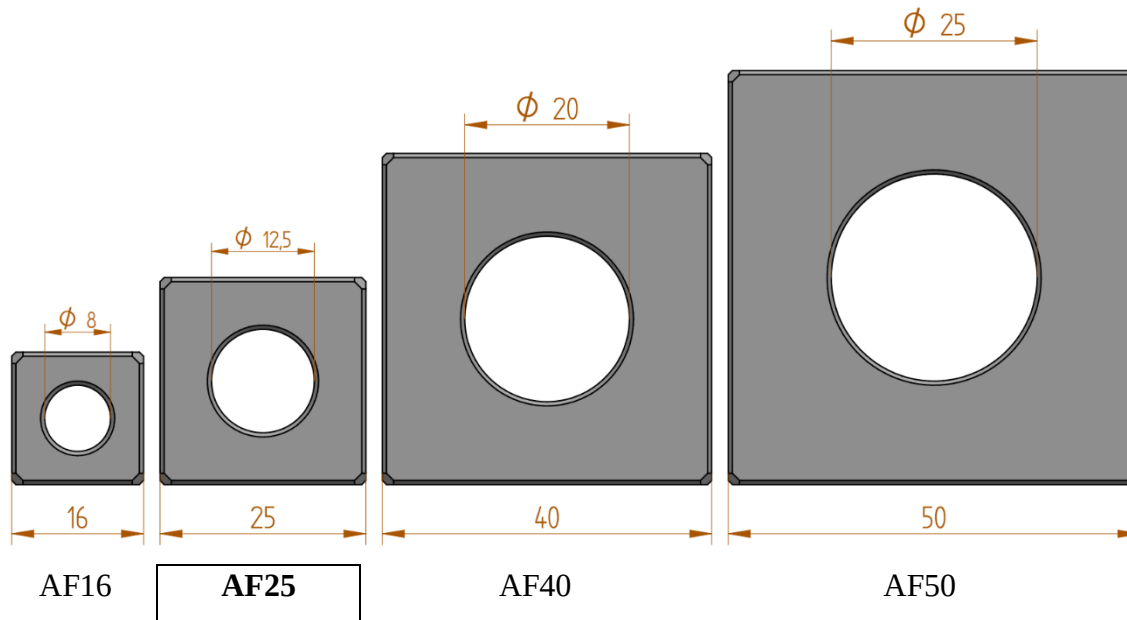


13. ábra. Példák a pozícionáló és rögzítési opciókra a Witte modulrendszerben

A Witte által forgalmazott ALUFIX nevű modulrendszereknek alapvetően kettő fajtája van, az ALUFIX Classic, illetve az ALUFIX Eco. A Classic, azaz klasszikus modulrendszert egy magas szakítószilárdságú alumínium alkotja, mely megfelel a következő elvárásoknak: nagytömegű alkatrészek befogásának lehetősége, pontosság, kopásállóság, és stabilitás. Az ALUFIX Eco-t - ahogy a neve is sugallja - egy olcsóbb, gazdaságosabb alumínium alkotja. Közepes szakítószilárdság biztosítja a stabilitást, de nagyobb modul-összeállításokra nem alkalmas.

Az ALUFIX négy különböző méretben kapható: AF16, AF25, AF40, AF50. A megnevezéseknél az AF az ALUFIX-et, míg a számok a bázislapon található furatok távolságait (és az egységkockák élhosszait) jelentik. Az AF16-os méretű kiszerelés kis munkadarabok támasztására alkalmas optikai mérésekhez. Az AF25 kis- és közepes munkadarabok befogására használatos, ezzel a kiszereléssel rendelkezik az Óbudai Egyetem is, tehát a tervezett készülék ezzel kompatibilis. Az AF40 közepes és nagy munkadarabok, összeszerelések, míg az AF50 nagytömegű rendszerek támasztására

alkalmas. A 14. ábra szemlélteti a négy különböző méretet, és az egymáshoz viszonyított arányukat. A bekeretezett, AF25-ös mérettel rendelkezik az Óbudai Egyetem:



14. ábra. ALUFIX rendszer méretei

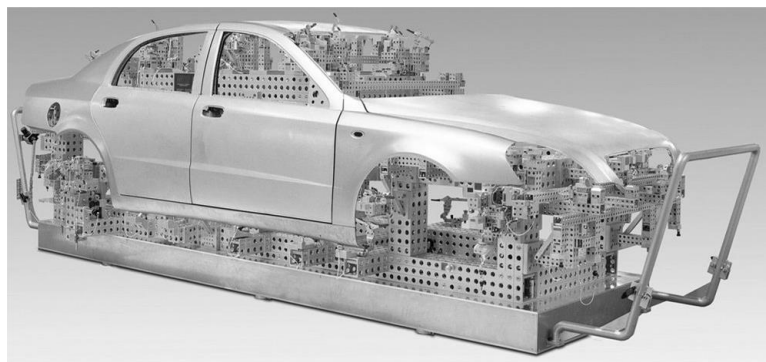
A rendszer alapvető elemcsoportjai a bázis-, az állítható-, az érintő-, a szorító-, és a kötőelem-csoportok. Az 1. táblázat a Witte modulrendszer alapvető elemcsoportjait, és a hozzájuk tartozó elemeket tartalmazza.

1. táblázat. Witte modulrendszer alapvető csoportjai és elemei

Báziselemek	Állítható elemek	Érintőelemek	Szorítóelemek	Kötőelemek
Lemezek Rudak Támaszok Polcok	Csúszkák Hinták Emelők Forgóelemek	Központosítók Golyóérintkezők Prizmák Profilelemek	Szorítórugók Kapcsolófogók Tokmányok Mágnesek Satuk Vákuumszorítók	Fogaselemek Mágnescsatlakozók Csavarok Reteszek

5.1 Witte modulrendszer felhasználási területei

A Witte – ALUFIX modulrendszer 4 különböző méretben érhető el, melyek egymással is kompatibilisek. A 4 méret biztosítja, hogy szinte bármekkora alkatrész vagy szerkezet alátámasztható a rendszerrel. Egészen kis méretű, egészségügyben használt nagy pontosságú eszközök befogásától, személygépjárművek vázainak megtámasztásáig használhatóak. A megtámasztás elsősorban mérésre szolgál, de bizonyos esetekben akár gyártásnál, megvizsgálásnál, hegesztésnél is alkalmazhatóak. Természetesen a nagyméretű alkatrészek méréséhez jóval több modulrendszert felépítő elem szükséges, költségvetési szempontból megkérdőjelezhető választás a külön erre a célra kifejlesztett támaszok helyett. A 15. ábrán látható egy autó vázának alátámasztása modulrendszerrel:



15. ábra. Modulrendszerrel alátámasztott autóváz [Witte Barskamp KG]

Ahogy a 15. ábrán is látható, egy-egy váz alátámasztásához rengeteg elem szükséges, így például gyártósori használata, ahol sokszorozódik az alátámasztandó alkatrészek száma, költség és összeállítási idő szempontjából nem éri meg.

Előny, hogy a tervezés segítségével a Witte biztosítja az egyes ALUFIX elemek CAD fájljait, így akár előre, elektronikusan is össze lehet állítani és tervezni a megtámasztást, ezzel értékes időt és energiát megspórolva.

6. Alkalmazásbővítő készülékelemek tervezése lyukraszteres modulrendszerhez

Az iparban gyakran előfordul, hogy bizonyos, mérni kívánt alkatrészek alátámasztása és befogása nem kivitelezhető a rendelkezésre álló eszközökkel. Ekkor van szükség a szempontok mérlegelésére, a problémát megoldó lehetőségek megvizsgálására, majd a legkézenfekvőbb ötlet kiválasztására és kivitelezésére. Az Óbudai Egyetemen is felmerült az előző probléma, melynek a megoldására szolgál a szakdolgozatom 6. fejezete. Egy több elemből álló készüléket tervezek, mely univerzális alátámasztásra használható kisméretű, alakatlan munkadarabokhoz. Az Óbudai Egyetemen a Witte-féle lyukraszteres megoldású modulrendszert használjuk, azonban csekély elemszám áll rendelkezésre. Az elérhető elemek számának bővítése többször felmerült, hogy ezáltal a lyukraszteres megoldás alkalmazható legyen többféle alkatrész alátámasztására a mérések során.

A készülék, és elemeinek tervezése során (hasonlóan a többi gépészeti alkatrészhez) számos szempontot érdemes figyelembe venni, hogy az minél jobban megfeleljen az elvárt követelményeknek. Gazdaságosnak kell lennie, hogy gyártása megvalósítható legyen a rendelkezésre álló keret szempontjából. Megbízhatónak kell lennie, hogy használat során a meghatározott paraméterek szerint lehessen alkalmazni. Gyárthatónak kell lennie. Kopásállónak kell lennie, hogy az ismétlődő igénybevételek ellenére is, hosszú évekig használható maradjon. Fontos szempont még a biztonságosság, hogy semmiképpen se okozzon sérülést használat során, illetve az újrahasznosíthatóság, hogy a készülék selejtezés után ne szennyezze a környezetet.

Az imént felsorolt szempontok általánosságban elmondhatóak a gépelemekről, ezeken kívül viszont egyes gépelemekre, alkalmazástól függően külön szempontok vonatkozhatnak. A szakdolgozat során tervezett készülék célja megfelelni további követelményeknek is. Biztosítani kell a szabadságfokmentes beállást, azaz a készülék szabadságfokainak száma nulla kell, hogy legyen, ezzel megfelelve a hatpont-szabálynak. Deformációra hajlamos darabot is képes legyen alátámasztani. Csatlakoztathatónak kell lennie az Óbudai Egyetem által használt Witte-féle AF25 modulrendszerhez. Golyós alátámasztásnak biztosítva kell lennie a készülék befogófején, hogy így alkalmas legyen

alakatlan munkadarab alátámasztására. T-horonyban eltolhatónak és rögzíthetően kell lennie a készülék alapjának. A befogott munkadarabbal együtt forgatható legyen a készülék akár 360°-ban is. Az előbbieken felsorolt általános és készülékspecifikus szempontok lefedik a tervezést, részletezésük a releváns fejezeteknél kerülnek ismertetésre. A 2. táblázat a felsorolt szempontokat foglalja össze, általános és készülékspecifikus csoportokra bontva.

2. táblázat. Készüléktervezés szempontjai

Készülékkel szemben elvárt követelmények	
Általános	Készülékspecifikus
Gazdaságosság	Hatpont-szabály betartása
Megbízhatóság	Deformációra hajlamos darab alátámasztása
Gyárthatóság	Witte modulrendszerhez csatlakoztatható
Biztonságosság	Síkban elmozgatható
Újrahasznosíthatóság	Elforgatható
	Önbeálló
	Golyós alátámasztás

A készülék tervezési folyamatát alapvetően úgy építettem fel, ahogyan az alkatrészek egymásra kerülnek. Ezért az első lépés a készülék alapja, mely közvetlenül, vagy rúdelemeken keresztül csatlakozik a Witte modulrendszer lyukraszteres AF25 bázislapjához. Ez egy rögzíthető alap, mely biztosítja a készülék és modulrendszer kapcsolatát. Ezt követi a T-horonyban eltolható és rögzíthető elem, mely lehetővé teszi, hogy a készülék a munkadarabbal együtt egy sík mentén mozgatható legyen. Erre épül a forgatható elem, amihez csatlakoztatható a szár a golyós alátámasztással.

A tervezett készülékelemek a Solid Edge 2022 szoftverben kerülnek modellezésre, illetve az itt elkészült modellek alapján, a szoftver segítségével készülnek a műhelyrajzok. Az ötletnek felvetett megoldások a készülék felépítésére ismertetésre kerülnek, viszont kidolgozásuk nem teljeskörű. Részletes kidolgozás kizárólag a kiválasztott készülékösszeállításnál van. A tervezést segítette az [5]-ös számú forrás. A Witte elemei és CAD fájllai megtalálhatóak az alábbi weboldalon: [6].

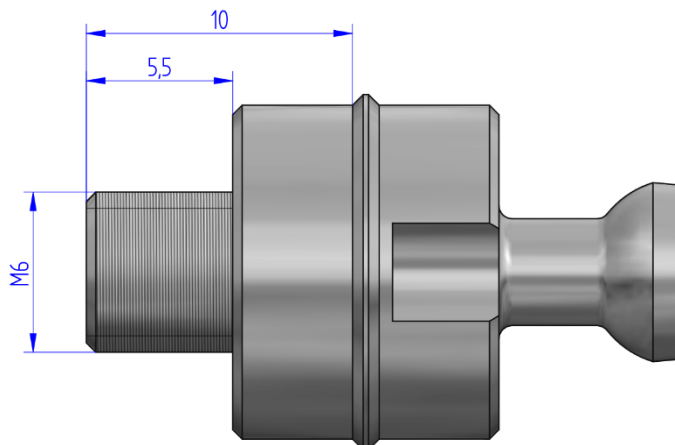
6.1 Készülék alap tervezése

A készülék alapja vagy közvetlen kapcsolatban áll a Witte modulrendszer bázislapjával, vagy további rúdelemeken keresztül csatlakozik ahhoz. A bázislap furatai egymástól 25 mm távolságra vannak. Fontos, hogy a készülék alap rögzíthető legyen a bázislaphoz, illetve a rendszert tartalmazó többi elemmel is kompatibilis legyen, hogy a rögzítési variációk igény szerint változtathatóak legyenek. A készülék alap tervezése során kétféle rögzítési opciót vizsgáltam és modelleztem, majd ebből a két ötletből választottam ki körülményeknek megfelelően a jobb megoldást. Azért érdemes ezeket a rögzítési opciókat választani, mert ezeket a rögzítőelemeket alapvetően tartalmazza a modulrendszer, tehát további tervezést nem igényelnek. A készülék alap 4 helyen kerül lefogatásra a Ø12,5mm-es furatokban, ezzel teljes mértékben rögzítve azt a bázislaphoz. Mivel a Ø12,5mm-es furatok a bázislapon 25 mm távolságra vannak egymástól, ezért a készülék alap lefogatására szolgáló furatoknak is 25 mm, vagy ennek többszörösei távolságra kell, hogy legyenek egymástól. Ezek alapján készült a kettő, modulrendszerhez való csatlakozás szempontjából különböző készülék alap-variáció. A készülék alap első és második megoldása is gyártható, csatlakoztatható a Witte-féle modulrendszerhez.

6.1.1 Készülék alap és modulrendszer kapcsolat: első megoldás

Az első megoldás során a készülék az alján található négy furat segítségével csatlakozik a Witte-féle lyukraszteres modulrendszerhez. A furatok egy, a Witte modulrendszerben alapvetően megtalálható alkatrészszel kompatibilisek, ezekkel valósul meg a modulrendszerhez a csatlakoztatás. A furatok tervezésénél ez volt a kiindulási pont, így a készülék alapra M6-os menetes, süllyesztett furatok kerültek. Amennyiben van rá igény, a készülék alap egymással szemközti oldalára is készíthetőek furatok, ekkor a csatlakozás többféleképpen kivitelezhető. A készülék méretei 75x75x28 mm. Azért célszerű ezt, vagy ennél kisebb méretet választani, mert így a készülék rögzítésére használt bázislap furatokkal szomszédos furatok is igénybe vehetők, nem akadályozza ezt a készülék. A következő, 16. ábra ábrázolja a furatok tervezésénél kiindulásnak használt,

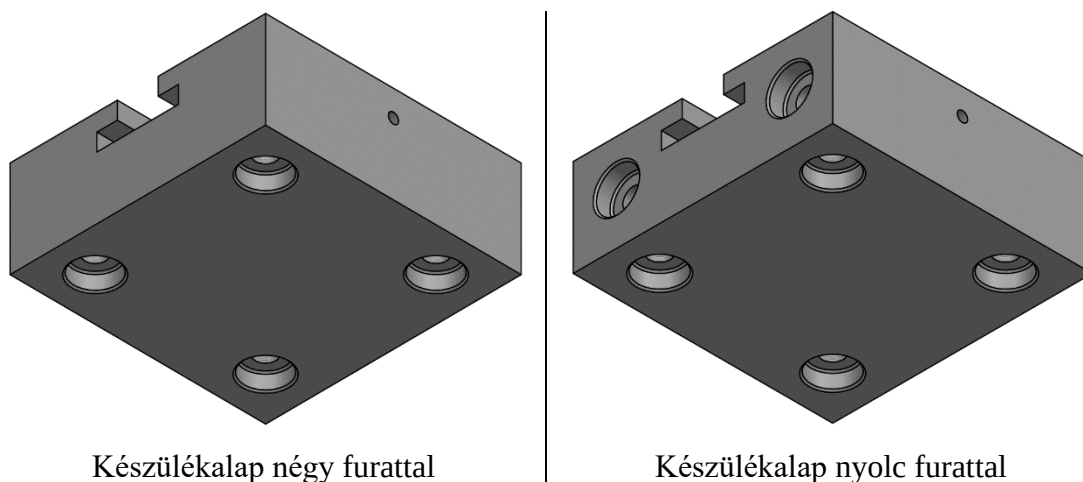
illetve a modulrendszerhez való csatlakozást megvalósító úgynevezett csavaros összekötőt. A 16. ábrán a csavaros összekötő látható.



16. ábra. Csavaros összekötő alkatrész

A 16. ábrán látható alkatrész a menetes végén a tervezett készülékhez, míg a másik végén a modulrendszerhez csatlakozik a 13. ábrán ismertetett „Zár a rögzítéshez” elem segítségével. A modulrendszerhez való rögzítés megegyezik a szintén a 13. ábrán ismertetett „Zár és ikerretesz” kombinációval. Az ikerretesz oldalai azonosak a csavaros összekötő alkatrész egyik felével.

A 17. ábrán látható a négy, illetve kettő-kettő furattal ellátott készülékalap.



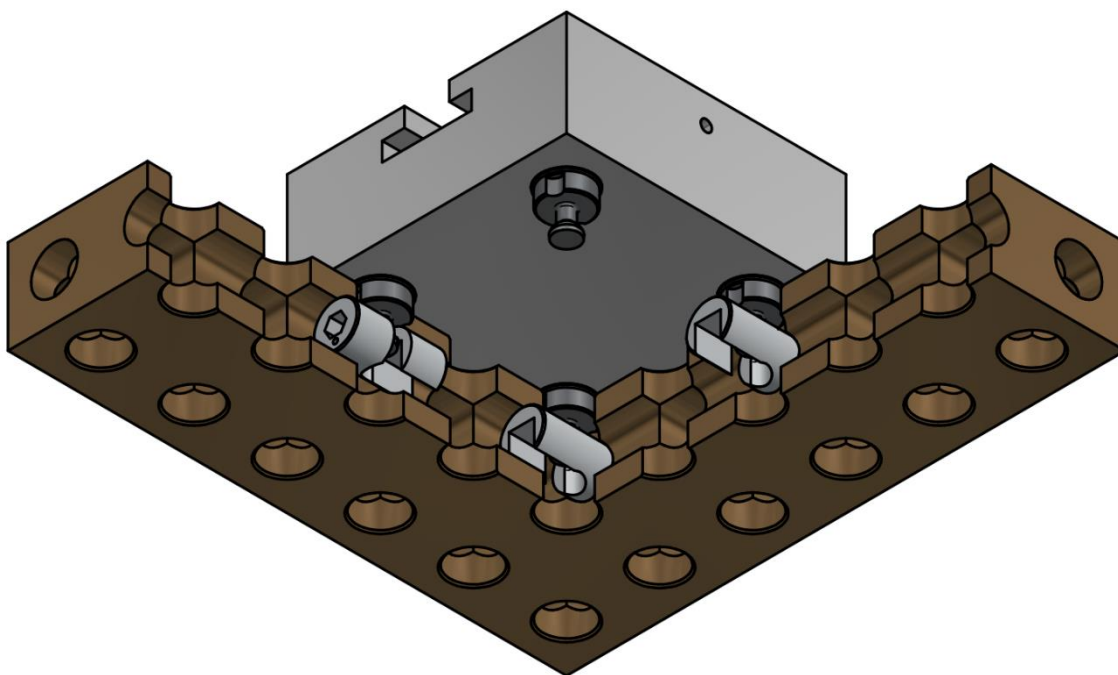
Készülékalap négy furattal

Készülékalap nyolc furattal

17. ábra. Készülékalap első megoldás, négy vagy nyolc furattal

A nyolc furattal rendelkező készülékalap elsősorban bonyolultabb modulrendszer-összeállításoknál alkalmazható gazdaságosan, mivel az alkalmazhatósága

széleskörűbb. Gyártásuk kis elemszámú modulrendszereknél felesleges. Mivel esetünkben egyedi gyártásról beszélünk, illetve kis elemszámú modulrendszerhez tervezem a készüléket, ezért a négy furatos megoldás a célravezető. A készülékalap első megoldása és modulrendszerhez való csatlakozása a 18. ábrán látható, a bázislap metszésével.



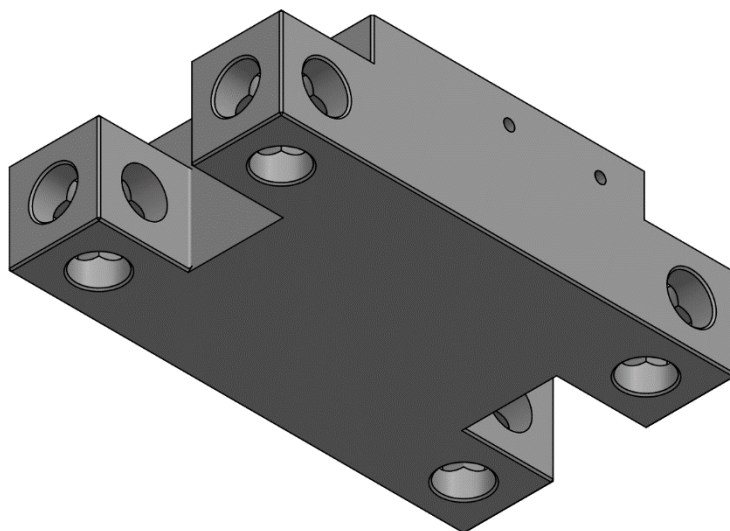
18. ábra. Készülékalap első megoldása modulrendszerhez csatlakoztatva

A 18. ábrán látható szerelés első lépésében a csavaros összekötő alkatrész menetes végét betekerjük a készülékalap süllyesztett, menetes furataiba, majd ezt követően a bázislap furataiba helyezzük a csavaros összekötő reteszkes végét. Ezután a bázislap furatain keresztül végigcsúsztatjuk a négy zárelemet, majd a modulrendszerhez tartozó kulccsal elforgatjuk azokat, így rögzítve a készüléket a bázislaphoz.

6.1.2 Készülékalap és modulrendszer kapcsolat: második megoldás

A készülékalap modulrendszerhez való rögzítésére egy másik megoldás az AF25 méretű egységkockák felhasználása a bázislaphoz való rögzítéshez. Ekkor a készülékalap is tartalmazza ezeket a furatos kockákat, így növelve a rendszerbe való beépíthetőséget,

új rögzítési megközelítéseket létrehozva. Ebben az esetben a készülék két, egymással szemközti oldalán kettő-kettő egységkocka kerül kialakításra. Ez történhet forgácsleválasztó eljárással, vagy az egységkockák előgyártmányhoz hegesztésével. Hátránya ennek a megoldásnak, hogy egyedi gyártáshoz nagyon gazdaságtalan, forgácsolásnál sok az anyagfelesleg. A 19. ábrán látható a készülékalap második megoldása.



19. ábra. Készülékalap második megoldás

A második készülékalap az egységkockák furatain keresztül, a 13. ábrán ismertetett rögzítési megoldások valamelyikével, vagy több kombinálásával rögzíthető a bázislaphoz. A rögzítés történhet egyik oldalról, de akár az alsó és oldalsó furatok közös használatával is. A készülék ekkor úgy van kialakítva, hogy bármilyen irányból képes legyen illeszkedni a modulrendszer tervezett elemeihez.

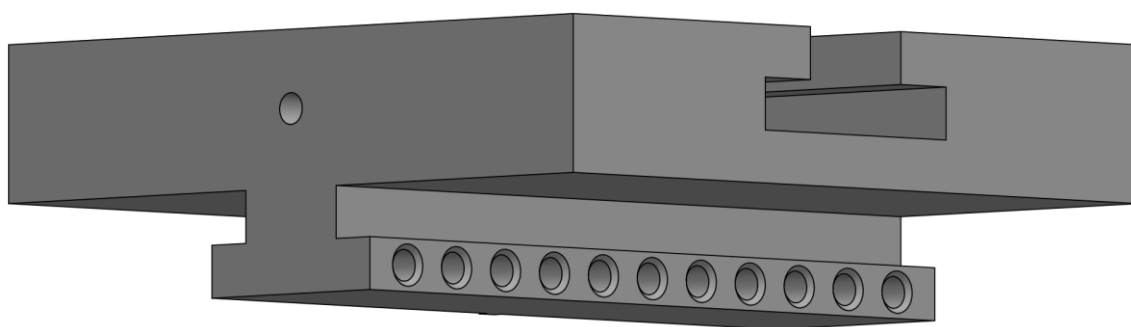
6.2 Síkban eltolható alkatrész tervezése

A síkban eltolható alkatrész csatlakozik a készülékalaphoz. A készülékalap felső részén egy T-horony kerül kialakításra, míg a síkban eltolható alkatrészen (csúszkán), egy, a készülékalap T-hornyába illeszkedő kialakítás található. Követelmény az eltolás során az egyenletes, kis súrlódással való futás. Ennek megvalósítására a felületeknek

simának kell lenniük, forgácsleválasztó kialakításuknál fontos a simítás és esetleg a köszörülés. Fontos még az is, hogy egymáshoz képest kizárólag egyirányban történhet elmozdulás, ezért csatlakozásuknál a tűrések meghatározandók. A csúszka és a készülékalap kialakítása változhat a csúszka pozíciójának rögzítésére tervezett megoldás alapján. A rögzítésre alapvetően három megoldás készült, melyből kettőt modelleztem. Az első a csapos rögzítés, a második a fogaskerék-fogasléc használata, a harmadik pedig az enyhén anyagba fúródó csavaros megoldás.

6.2.1 Csúszka készülékalaphoz való rögzítése szerint: első megoldás

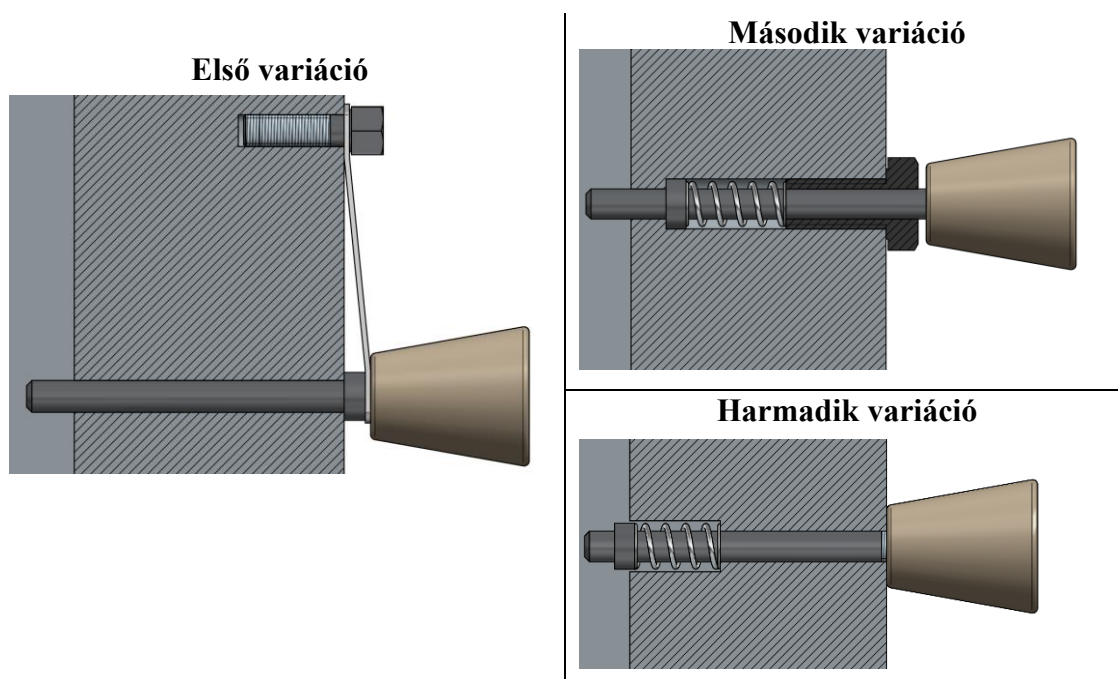
Az első megoldás során a rögzítés csap segítségével történik. A síkban elmozduló csúszkán bizonyos közönként furatok vannak kialakítva, melyekbe illeszkedik a készülékalapon keresztül a rögzítőcsap. A csapon rugó van elhelyezve, ezzel biztosítva azt, hogy az beugorjon a csúszka egy-egy furatába. Továbbá a csap végét érdemes kúposra kialakítani, hogy segítse a beugrást. A csap kihúzásával állítható a csúszka pozíciója, és elengedésével pedig fix helyzetben tartja a csúszkát. Az első megoldásnak többféle kivitelezési módja van, viszont mindhárom esetben egy csap és furat kapcsolatával történik a rögzítés. A 20. ábrán a csúszka látható, furatokkal:



20. ábra. Csúszka kialakítása első megoldásnál

A csúszka szélessége és hossza a készülékalaphoz hasonlóan 75x75 mm. A 20. ábrán a kialakított, furatos rész is látható, mely segítségével csatlakozik készülékalap T-hornjához.

A harmadik variáció során a rugó és a csap a készülékalap felső síkjából kerül beszerelésre, míg a másik két esetben ez oldalról, az amúgy is használt furaton keresztül történik. Ezért a harmadik esetben a készülékalapra egy további hornyot kell forgácsolni, hogy szerelhető legyen a szerkezet. A 21. ábra ezt a három megoldásvariációt mutatja be felülnézetből:



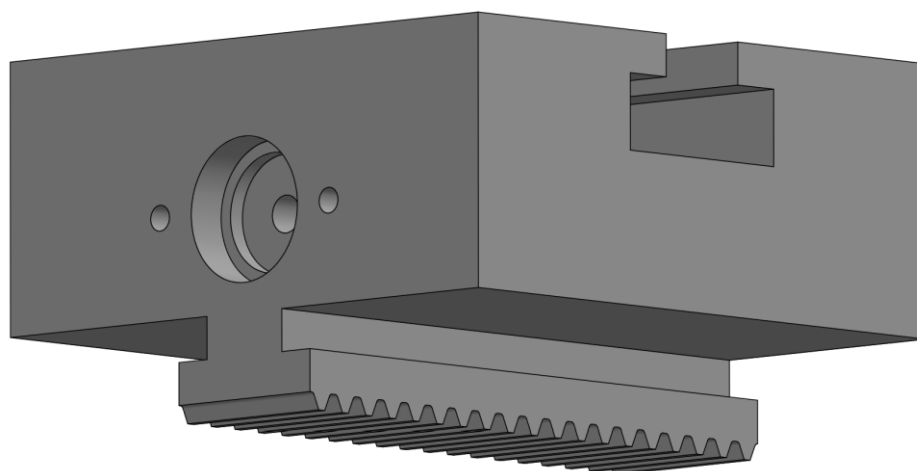
21. ábra. Csúszka rögzítési módjai az első megoldásnál felülnézetből

Az 21. ábrán is megjelenített, első variáción a csap visszaugrása a csúszka furatába egy lemez rugalmasságának segítségével történik. Nagyon egyszerű és olcsó a gyártása, de hátránya, hogy a csap elegendő erővel teljesen kihúzható, így kevésbé üzembiztos, mint a másik kettő kivitel. Az ábrákon a metszett rész a készülék. A harmadik variációnál látszik, hogy egy horony is ki van munkálva a készülékből, ez teszi lehetővé a szerelést. A második és harmadik variáció rugóerő segítségével tolja vissza a csapot a csúszka furatába. Különbség a két variáció között a szerelésben van. A második variáción a feketével jelölt alkatrész egy csavar furattal. A csap szabad végén mindhárom esetben menet van kialakítva, erre kerül a szintén menetes csapfej, amelynek funkciója a kihúzás megkönnyítése a használó számára. Üzembiztonsági szempontból a második és harmadik variáció jól működik, de a másodikonál a horony kimunkálása költséges lehet, és a csap

hosszabb kinyúlása miatt magasabb a törésveszély. Ezek alapján, az ábrázolt megoldások közül összeségében a második variáció a legjobb választás a feladat végrehajtásához.

6.2.2 Csúszka készülékalaphoz való rögzítése szerint: második megoldás

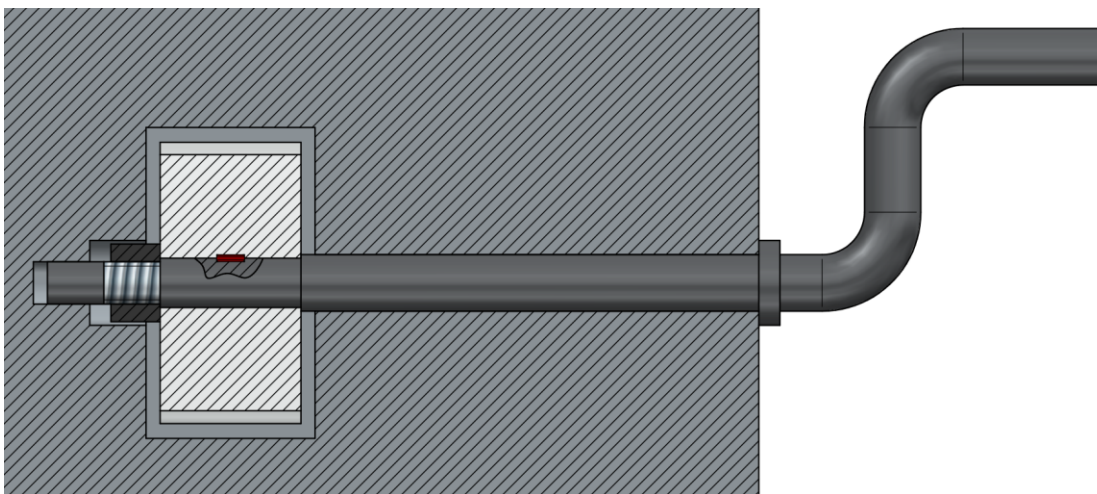
Második megoldásként egy fogasléc-fogaskerék kapcsolat megvalósításával lehet működtetni és beállítani a csúszka mozgását. Legnagyobb előnye az első megoldással szemben, hogy itt nem előre meghatározott lépésközökkel működik a készülék, hanem bárhol megállítható és rögzíthető. Egy kar segítségével, emberi erővel hajtható a tengelyként funkcionáló csap, melyre kerül a fogaskerék. A fogaskerék csatlakozik a csúszka alján végig kialakított fogasléchez. Csapágyazásra nincs szükség, mert a terhelőerők elhanyagolhatóan kicsik. Hátránya ennek a kialakításnak, hogy egyedi gyártásnál gazdaságtalan. A 22. ábrán a fogasléces kialakítási csúszka látható:



22. ábra. Fogasléces csúszka csapágyinak kialakított süllyesztékkel

A fogasléces kialakításnak további hátránya, hogy növeli a készülék teljes magasságát, és a készülékalapon kiforgácsolandó T-horony mélységét is. A magasságnövekedést elsősorban a fogantyú forgatása okozza. Az erőkar csökkentésével vagy a meghajtás másféle kialakításával kevésbé lenne jelentős ez a növekedés.

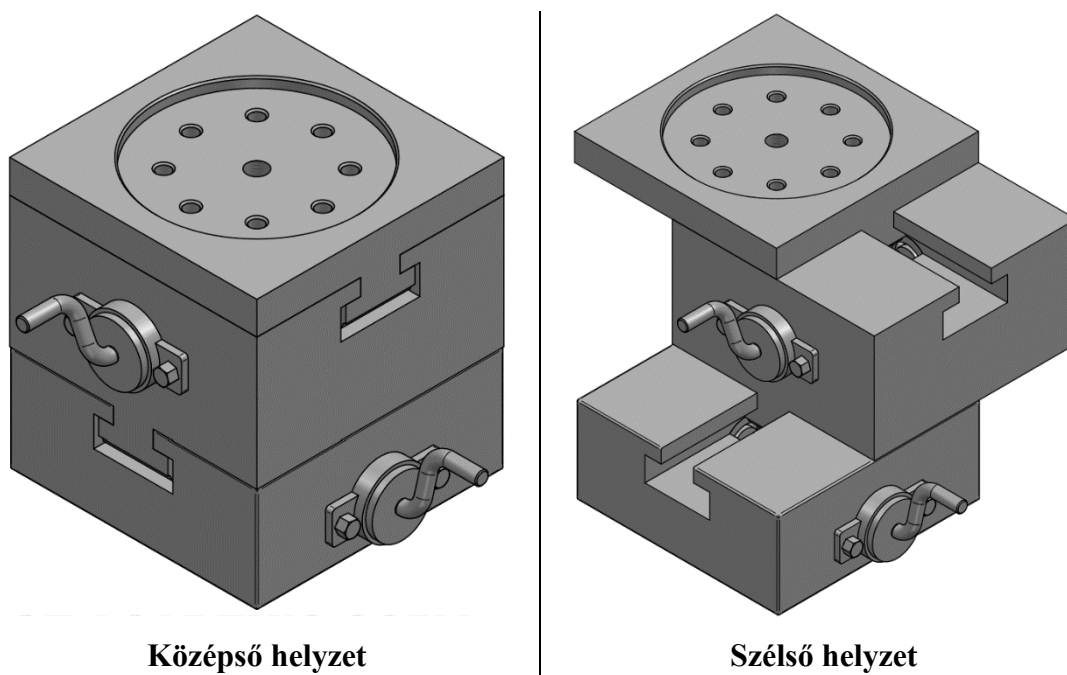
A 23. ábra szemlélteti a második megoldásnál a készülékalap és csúszka hajtásának kialakítását.



23. ábra. Második (fogaskerekes) megoldásnál a hajtás kialakítása

A 23. ábrán a készülékalap metszve van. A fogaskerék egy vállra fekszik fel a csapon, míg másik oldalról egy menetes furat és anya kombinációja rögzíti azt. A fogaskerék elfordulásának megakadályozására egy, a csapon kialakított horonyba illesztett retesz szolgál. Az ábrán továbbá látható a kézzel hajtható csap. Azért nem hosszabb az erőkar a csapon, hogy ne akadályozza a felette lévő másik, csúsztatható elemet. Mivel kis erő elegendő a fogaskerék meghajtására, ezért nem okoz gondot a kis erőkar. Amennyiben mégis nehéznek bizonyul a meghajtás, úgy csapággyal ellátott összeállítás is megvalósítható.

Az eddigiekben ismertetett csúszka és készülékalap összeállítás jelenleg csak egy vonalú elmozdulást biztosít. Emiatt van szükség egy második síkban eltolható elem beépítésére, mely biztosítja, hogy az adott síkon minden irányba elmozgatható készüléket kapjunk. A második csúszka csatlakozási módjai azonosak az eddig felsorolt csatlakozási módokkal, minden ismertetett megoldás alkalmazható a kiépítésénél, akár az egyes megoldásvariációk kombinálhatóak egymással, így vegyes készüléket eredményezve (például fogaskerék-fogasléc, csapos kialakítással). Amennyiben elegendő az egyirányú elmozgatás, abban az esetben nincs szükség a közbenső csúszka beépítésére, a tervezett második (felső) csúszka felszerelhető a készülékalapra, ugyanis ezek a készülékelemek kompatibilisek egymással. A 24. ábrán kétsúszkás készülékösszeállítás látható fogaskerék-fogasléces meghajtással középső és szélső helyzetben.

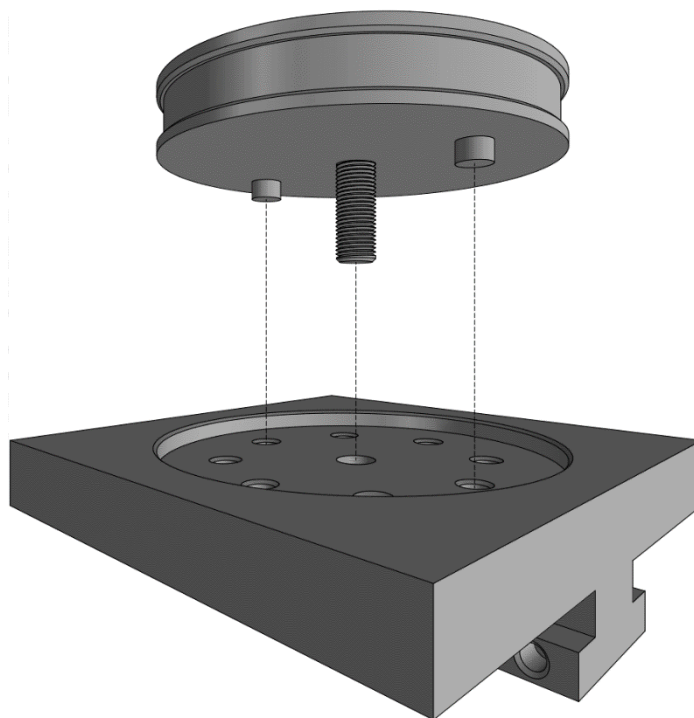


24. ábra. Kétcsúszkás összeállítás középső és szélső helyzetben

A 24. ábrán lévő megoldás a fogasléc-fogaskerekes kialakítás, de a többi megoldás is hasonló az ábrán látható helyzetek szempontjából.

6.3 Elforgathatóság megvalósítása

Második síkban eltolható alkatrész felső részéhez csatlakozik egy tárcsa, mely biztosítja az elforgathatóságot. A tárcsa, és a második csúszka felső kialakítása függ a megvalósítás módjától, ugyanúgy, mint a készülékalap és csúszka kapcsolatánál. A tárcsa tengelyirányú elmozdulását egy csavar gátolja. Első megoldásként egy csap és egy furat kapcsolata biztosítaná a tárcsa rögzítését. Ezt a 25. ábra szemlélteti perspektivikus nézetben.



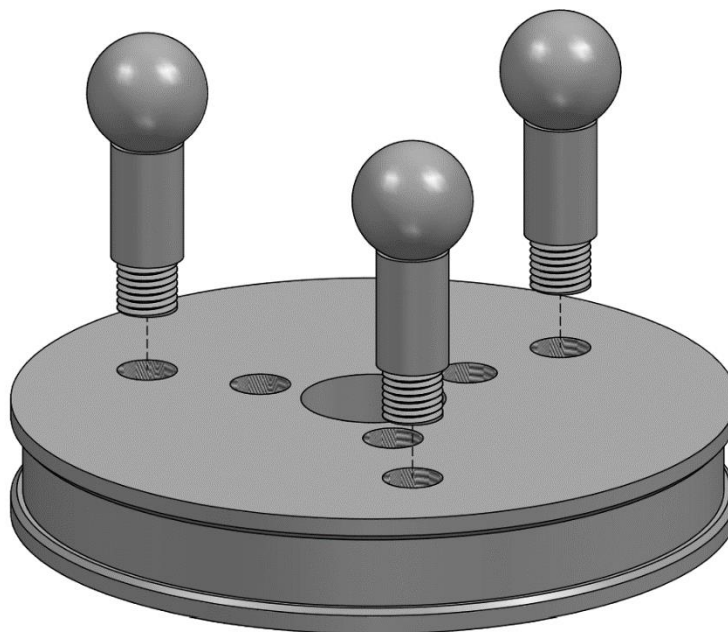
25. ábra. Tárcsa és csúszka kapcsolata perspektivikus nézetben

Ahogy a 25. ábrán látható, a tárcsán két csap van kialakítva, mely a csúszka furataiba illeszkedik. A csavar biztosítja a tárcsa beállítása utáni rögzítést. Hátránya, hogy minden forgatásnál ki kell tekerni a csavart, majd az új pozíció felvétele után ismét rögzíteni azt. Ennek kiküszöbölésére rugó helyezhető a tárcsa és a csavarfej közé, mely állandó szorítást biztosíthat a tárcsa és csúszka között. A csapok és a furatok fixek, ezért a készülék ilyen kivitelezésnél nem képes minden helyzetet felvenni, de a furatok számának növelésével ez a hátrány enyhíthető. A furatok alapvetően hengeresek, viszont a központosítás érdekében adott esetben kúposan is kialakíthatóak, megmunkálási többletköltséggel. A tárcsa palástfelületén a jobb megfoghatóság érdekében beszúrás van kialakítva.

A második lehetőség, hogy a tárcsa elfordulásának megakadályozására palástirányú erőt fejtünk ki rá. Ez megvalósítható gömbvégű csavarral, mely enyhén az anyagba fúródva biztosítaná a rögzítést. Ekkor a csúszka oldalán egy menetes furatot kellene kialakítani, viszont az összes többi furat és csap elhagyható. Hátránya, hogy az anyagba fúródás roncsolja azt, illetve kevésbé üzembiztos, mint az első variáció.

6.4 Munkadarab-alátámasztás

Munkadarab alátámasztására szolgál a három darab gömbvégű csap, mely alkalmas az alaktalan alkatrészek alátámasztására. A 26. ábra ábrázolja a tárcsa és a három gömbvégű csap kapcsolatát:



26. ábra. Tárcsa gömbvégű csapokkal

A gömbvégű csapok másik végén menet található, mely illeszkedik a tárcsán kialakított menetes furatokba. A határozott alátámasztás érdekében három csapot érdemes használni, de ez alkalmazható más leszorítókészülékekkel is. A tárcsán igény szerint több furat is kialakítható az alkalmazhatóság növelésének érdekében, bár ez ebben az esetben nem szükségszerű, elegendő a 6 furat.

A szár végén elhelyezkedő gömb csapágygolyó. Ennek az az oka, hogy a csapágygolyók eléggé pontosak, illetve könnyen beszerezhetőek. A golyó rögzítése többek között történhet furattal és csavarral, hegesztéssel vagy ragasztással. A furatos megoldás kivitelezése bonyolultabb geometriát eredményez, gyártási többletköltséget okozva ezzel. A hegesztés jobb megoldás, viszont fontos szempont a csapágygolyó anyagösszetétele a hegesztett varrat kialakítása során. A hegeszthetőség nagyban függ az acél szénttartalmától, minél nagyobb a széntartalma, annál kevésbé hegeszthető. Ezzel szemben a golyónak kopásállónak kell lennie, mert érintkezik a munkadarabbal. A

kopásállóság szintén függ a széntartalomtól, általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb az acél széntartalma, annál kevésbé kopik. A hegesztés további hátránya, hogy általa megváltozik az anyag geometriája, tulajdonságai, és nagy precizitást igényel. Ezzel szemben a ragasztás során nem változik a geometria, nem igényel nagy precizitást, a csapokon kialakított furatokba ragasztóanyag helyezhető, majd a csapágygolyók ráilleszthetők a furatos rész éleire. Ezek alapján a ragasztás a legjobb megoldás a csapágygolyó rögzítésének szempontjából.

6.5 A készülék

Az ismertetett készülékmegoldások közül ki kell választani azokat, melyek leginkább megfelelnek az előre meghatározott tulajdonságoknak. Ezen tulajdonságok súlyozása alapján kerül kiválasztásra a végső készülék. Természetesen más esetekben, ha például tömeggyártásról beszélünk, a választás kimenetele változhatna. A kiválasztás után sor kerül a választott készülékelemek részletezésére és a műhely-, illetve összeállítási rajzaik elkészítésére.

A megoldások közötti döntéshozatali folyamat segítésére a Guilford-eljárás, és a Kesselring módszer kombinációját alkalmaztam. A Guilford-eljárásnak a lényege, hogy egy döntéshozó esetén a különböző tulajdonságokat súlyozunk, az egyes tulajdonságok egymással való összehasonlításával. A Kesselring módszer során pedig a Guilford-eljárásból kapott súlyszámok figyelembevételével meghatározható a súlyozott tulajdonságoknak leginkább megfelelő megoldás. Ezek azok a tulajdonságok, melyeket a 2. táblázat tartalmaz.

A Guilford-eljárás első lépésénél kiválasztottam a 2. táblázatból azokat a tulajdonságokat, melyeket összehasonlítani kívánok egymással. Itt szűrésre kerültek azok a tulajdonságok, melyek minden összeállításra érvényesek (pl. a golyós alátámasztás), mert ezek az összehasonlítási folyamat során kiesnének, nem befolyásolják a végeredményt. A 3. táblázat tartalmazza ezeket a kiválasztott értékelési tényezőket (tulajdonságokat).

3. táblázat. Értékelési tényezők a Guilford-eljáráshoz

E ₁ :	Gazdaságosság	E ₅ :	Eltolható a síkok mentén
E ₂ :	Megbízhatóság	E ₆ :	Elforgatható
E ₃ :	Gyárthatóság	E ₇ :	Önbeálló
E ₄ :	Biztonságosság		

Az értékelési tényezők meghatározása után a Ross-féle optimális párelrendezési táblázat segítségével párok keletkeznek. A Ross-féle táblázat célja, hogy a kitöltő minél inkább következes legyen a szavazólap kitöltése során, ezért osztja fel így a párokat. A Ross-féle táblázat az 1. sz. mellékletben található. Esetemben az értékelési tényezők (n) száma 7. Ezért a táblázatnak azt a részét használom, melynél $n = 7$. Az így kapott lehetséges párok értékelési tényezőit felírom a szavazólapra, és „X”-el jelölöm azt, amelyik számomra fontosabb. A 4. táblázat a szavazólap egy részét tartalmazza, a teljes, kitöltött szavazólap a 2. sz. mellékletben található.

4. táblázat. Kitöltött szavazólap egy részlete (teljes szavazólap 2. sz. mellékletben)

Sorsz.	Jellemző	Jel	Jellemző	Jel
1.	E ₁	X	E ₂	
2.	E ₇		E ₃	X
3.	E ₆	X	E ₄	
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
21.	E ₂		E ₇	X

A kitöltött szavazólap alapján elkészíthető az egyéni preferenciatáblázat, mely összesítve mutatja a szavazás eredményeit, az egyes értékelési tényezőkre leadott szavazatokat összesíti, majd sorrendbe állítja azokat. A preferenciák gyakoriságából számítható az úgynevezett konzisztencia együttható, mely százalékos formában szemlélteti a következetességet. Erre azért van szükség, mert, ha a táblázat kitöltése során nem vagyunk teljesen következetesek, akkor körhármások alakulhatnak ki, így nem lesz egy tényleges sorrend az értékelési tényezők között. A preferált tényező sorának és az ehhez képest nem preferált tényező oszlopának metszetébe 1-est kell írni. Miután elkészült a táblázat, az eredmények összegezni kell, és a preferált tényezők gyakorisága

alapján a táblázat „r” oszlopába felvételre kerül a sorrend 1-től n-ig. Az egyéni preferencia táblázat az 5. táblázat tartalmazza:

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	a	a ²	r
E ₁		1	1	1	1	1	1	6	36	1
E ₂				1				1	1	6
E ₃		1		1	1	1	1	5	25	2
E ₄								0	0	7
E ₅		1		1		1	1	4	16	3
E ₆		1		1			1	3	9	4
E ₇		1		1				2	4	5
Σ	0	5	2	5	2	3	4	21	91	

A konzisztencia együttható kiszámítása n = 7 esetben az alábbi képlettel történik:

$$K [\%] = 1 - \left(\frac{\frac{n \cdot (n-1) \cdot (2 \cdot n - 1)}{12} - \frac{\sum a^2}{2}}{\frac{n^3 - n}{24}} \right) \cdot 100$$

Ahol; K = konzisztencia együttható nagysága

n = értékelési tényezők száma

Behelyettesítve:

$$K = 1 - \left(\frac{\frac{7 \cdot (7-1) \cdot (2 \cdot 7 - 1)}{12} - \frac{91}{2}}{\frac{7^3 - 7}{24}} \right) \cdot 100 = 100\%$$

A szavazólap kitöltése során teljes mértékben következetes voltam. Amennyiben a kitöltés során inkonzisztens körhármak keletkeztek volna, úgy azok fontossági sorrendjét közvetlen becsléssel határoztam meg. Ezek alapján az értékelési tényezők sorrendje: E₁ → E₃ → E₅ → E₆ → E₇ → E₂ → E₄

A Guilford-eljárással meghatározott sorrend alapján súlyoztam a Kesselring módszerhez az egyes tulajdonságokat. A módszer során az értékelés 0-tól 4-es skálán

terjed, ezek alapján kapnak a készülékelemek pontokat. A 4-es pont a legjobb. A súlyskálát 10-ről indítva, visszafelé haladva adtam meg az egyes tulajdonságok súlyát, tehát például az E_1 azaz, gazdaságosság kapja a 10-es, míg az E_4 kapja a legkisebb, azaz a 4-es értéket. A következő, 6. táblázat tartalmazza a készülékelemek minősítés értékelését tényezőnként.

5. táblázat. Készülékelemek tényezőnkénti értékelési táblája

Értékelési tényező	Tulajdonság	Értékelési skála (p_i)					Súly s_i
		4	3	2	1	0	
E_1	Gazdaságosság	olcsó	kedvező	megfizethető	költséges	drága	10
E_2	Megbízhatóság	üzembiztos	jó	elfogadható	hanyag	megbízhatatlan	5
E_3	Gyárthatóság	kiváló	jó	megfelelő	bonyolult	szinte lehetetlen	9
E_4	Biztonságosság	veszélytelen	biztonságos	elfogadható	kockázatos	veszélyes	4
E_5	Eltolható a síkok mentén	teljes mértékben	lépésközönként	megfelel	alig eltolható	nem eltolható	8
E_6	Elforgatható	teljes mértékben	lépésközönként	megfelel	alig elforgatható	nincs	7
E_7	Önbeálló	teljes mértékben	kielégítő	megfelel	alig önbeálló	nem önbeálló	6

Az 5. táblázat alapján, a következő készülékmegoldások kerültek összehasonlításra a megadott tulajdonságok alapján:

- I. készülékalap, modulrendszer kapcsolat alapján:
 - I.II. első megoldás: menetes, süllyesztett furatos kialakítás,
 - I.II. második megoldás: egységkockás kialakítás,
- II. csúszka készülékalaphoz való rögzítése szerint:
 - II.II. első megoldás: furatok, csap, rugó kombinálása,
 - II.III. második megoldás: fogaskerék, fogasléc,
- III. elforgathatóság biztosítása szerint:
 - III.I. első megoldás: furatok osztása, csapokkal rögzítés,
 - III.II. második megoldás: rögzítés az anyagba fúródó csavarral.

Az előbbieken felsorolt készülékmegoldások értékelését a tulajdonságok és az 5. táblázat alapján a 6. táblázat tartalmazza:

6. táblázat. Készülékelem értékelési táblázata

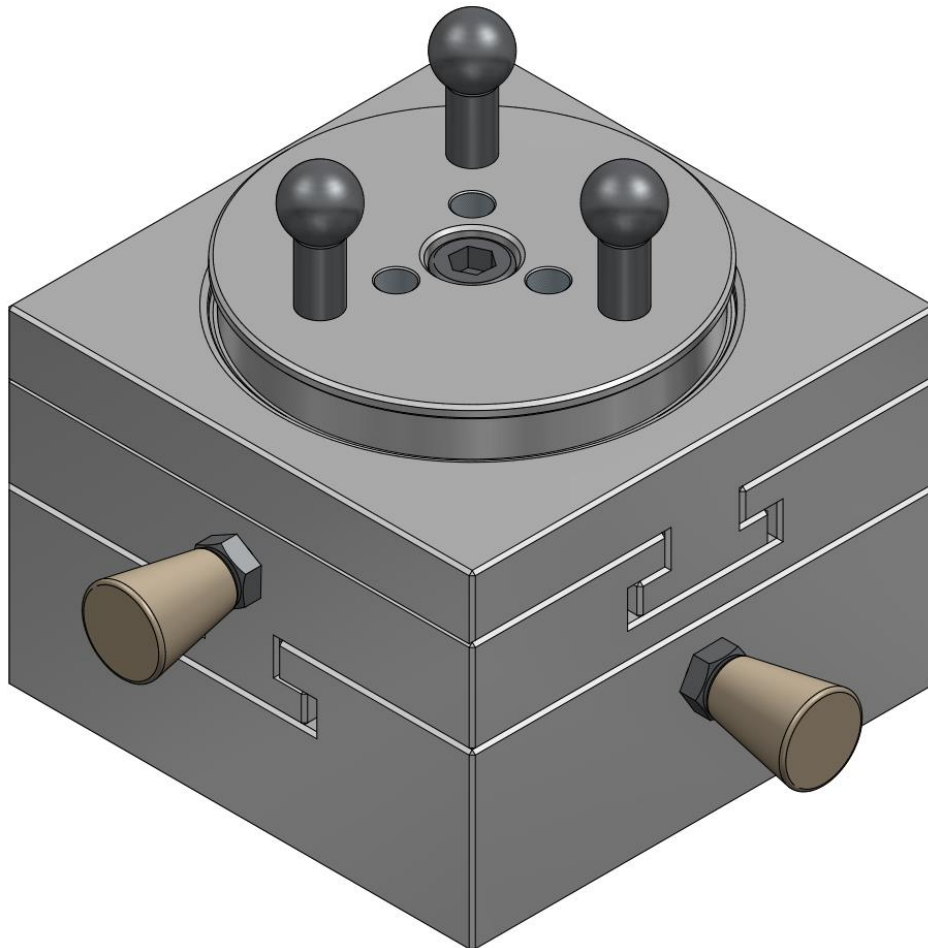
Értékelési tényező	Megoldások pontszáma - p_i					
	I.		II.		III.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
E_1	4	1	3	1	3	3
E_2	3	2	3	4	4	0
E_3	3	1	4	3	3	4
E_4	4	4	3	2	4	3
E_5	4	4	3	4	4	4
E_6	4	4	4	4	3	4
E_7	4	4	3	4	3	4

A 6. táblázat alapján a készülékelemek összehasonlíthatóak, műszaki értékük meghatározható, és ezek alapján ki lehet választani a megfelelőbb kialakítást. Ezt a 7. táblázat tartalmazza:

7. táblázat. Készülékelemek műszaki értéke

Termék száma	Értékelési tényezők (E_i)	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	$\Sigma p_i \cdot v_i$	$\frac{\Sigma p \cdot v_i}{\Sigma p_{max} \cdot v_i}$
	Súlyszám (s_i)	10	5	9	4	8	7	6	-	$p_{max} = 1,00$
I.I.	$p_i \cdot s_i$	40	15	27	16	32	28	24	182	0,93
I.II.	$p_i \cdot s_i$	10	10	9	16	32	28	24	129	0,66
II.I.	$p_i \cdot s_i$	30	15	36	12	24	28	18	163	0,83
II.II.	$p_i \cdot s_i$	10	20	27	8	32	28	24	149	0,76
III.I.	$p_i \cdot s_i$	30	20	27	16	32	21	18	164	0,84
III.II.	$p_i \cdot s_i$	30	0	36	12	32	28	24	162	0,83

A 7. táblázatban a p_i a kapott pontja a készülékmegoldásoknak a különböző tulajdonságokra, az s_i az adott tulajdonság súlyszáma, a $p_{\max}$ az ideális megoldás, melynek értéke 1. A táblázatban a számítások eredményéül azt kaptam, hogy mindhárom eldöntendő esetben az I. megoldás felel meg a leginkább az előírt követelményeknek. Természetesen egyik sem érte el a maximális pontot, tökéletes megoldást nehéz, vagy lehetetlen találni, de ennek ellenére is a választott megoldások műszaki értéke meghaladja a 80%-ot, ami jónak tekinthető. Az ezek alapján választott készülék modellje a 27. ábrán látható:



27. ábra. A kész modell

6.6 A készülék további elemeinek meghatározása, anyagok ismertetése

A készülék főbb elemei közepes szakítószilárdságú alumínium előgyártmányból kerülnek kialakításra. Ide tartozik a készülékalap, közbenső csúszka, felső csúszka és a forgó alkatrész. Az alumínium előnye, hogy olcsó és könnyű. A készülék alapvetően kisméretű és kistömegű elemek alátámasztására szolgál, ezért nem szükséges acélból kialakítani azt, de igény szerint ez is megvalósítható. A rögzítőcsap anyaga 42CrMo4. Ez alapvetően egy tengelyekhez használt acél, de előnyös, ha a csap minél inkább ellenáll a nem rendeltetésszerű használat során ért igénybevételeknek, azaz a csap kihúzása nélkül éri erő a csúszkát a lehetséges csúszka-elmozdulás irányában. A csapágygolyó anyaga 102Cr6, ami egy általános csapágygolyó anyag, könnyen beszerezhető. A furatos csavar az MSZ EN ISO 4017 szerint [15. sz. melléklet], a belső kulcsnyílású csavar a MSZ EN ISO 4762 szerint [16. sz. melléklet] került megtervezésre.

A 6.5 pont alapján választott készülék elemeit a 8. táblázat tartalmazza összefoglalva:

		Mellékletszám	
Elem	Anyag	Anyagtulajdonság	Műhelyrajz
Készülékalap	Alumínium 6061-T6	11. sz. melléklet	3. sz. melléklet
Közbenső csúszka	Alumínium 6061-T6	11. sz. melléklet	4. sz. melléklet
Felső csúszka	Alumínium 6061-T6	11. sz. melléklet	5. sz. melléklet
Forgó alkatrész	Alumínium 6061-T6	11. sz. melléklet	6. sz. melléklet
Golyós támasz	C45, 102Cr6 (golyó)	12. sz. melléklet	7. sz. melléklet
Rögzítőcsap	42CrMo4	13. sz. melléklet	8. sz. melléklet
Fogantyú	Műanyag	-	9. sz. melléklet
Rugó	EN 10270-1 SM	14. sz. melléklet	-
Készülék	-	-	10. sz. melléklet
		Szabvány	
Furatos csavar	-	MSZ EN ISO 4017	15. sz. melléklet
Belső kulcsnyílású csavar	-	MSZ EN ISO 4762	16. sz. melléklet

A rugó EN 10270-1 SM szabványos, közepes szakítószilárdságú rugóacélból készül, GuteKunst Feder nyomórugó katalógusából [7] került kiválasztásra, cikkszáma D-078. A rugónak 10 mm hely van kialakítva, de a szükséges előfeszítés miatt 15 mm hosszú rugót választottam. Rugósebessége $1,17 \text{ N/mm}$, ezzel, és az előfeszítéssel biztosítja a rögzítőcsap pozícióját, de nem nehezíti meg túlzottan annak kibiztosítását a használó számára, de a furatos csavar állításával adott esetben ez még könnyebbé tehető. A rugó eléggé összenyomható ahhoz, hogy a rögzítőcsap vége ne legyen útban a csúszka eltolásához.

7. Összefoglalás

Szakdolgozatom célja egy olyan készülék megtervezése volt koordináta mérőgéphez, mely kisméretű, alaktalan munkadarabok alátámasztását biztosítja, és csatlakoztatható az Óbudai Egyetem által használt Witte-féle modulrendszerhez. Ennek alapján tanulmányoztam a témával kapcsolatos irodalmat, illetve elmélyültem a Witte által forgalmazott ALUFIX modulrendszerben, megismerve annak felépítését, elemeit és korlátait. A szakirodalom tanulmányozásával meghatároztam, hogy az általam tervezett készülék milyen jellemzőknek kíván megfelelni. Ide tartoztak a gépészetben szinte minden alkatrészre jellemző tulajdonságok (gazdaságosság, biztonságosság, stb.), illetve a készülékspecifikus jellemzők, melyek az adott problémára széleskörűen megoldást nyújtanak. Ilyen jellemző például a készülék síkban történő elmozgathatósága, illetve elforgathatósága. A tulajdonságok alapján több készülékmegoldást is terveztem, melyek működését modelleken keresztül ismerttettem, előnyeiket, hátrányaikat bemutattam.

A tulajdonságok közül kiválasztottam azokat, melyek alapján dönteni lehet, hogy melyik megoldás felel meg leginkább a körülményeknek. Ezekből Guilford-eljárással egy fontossági sorrendet állítottam fel, majd a sorrend meghatározása után Kesselring-módszer segítségével döntöttem az egyes készülékmegoldások között.

A végső készülék-összeállítás egy - a Witte modulrendszerhez tartozó - csavaros összekötő elem segítségével csatlakozik a rendszer bázislapjához. A készülékalapon négy süllyesztett, menetes furat kerül kialakításra a rögzítéshez. A készülékalaphoz T-horonyban csatlakozik a közbenső csúszka, és erre kerül - azonos kialakítással - a felső csúszka. Ez a két elem biztosítja a síkban történő mozgást. A csúszkák rögzítése egymáshoz, illetve a készülékalaphoz csappal történik. A T-hornyokban futó geometriára bizonyos közönként furatok kerülnek megmunkálásra. Ezekbe illeszkedik a rögzítőcsap, melyet egy rugó szorít a helyére. A rugóerő ellenében a csap kihúzható a furatból, ekkor állítható az eszköz. A felső csúszkára kerül a forgó tárcsa, melyet axiálisan egy belsőkulcsnyílású csavar rögzít. Rögzített állapotban az elforgatás ellen csap-furat kialakítás szolgál. A tárcsa forgatása kézzel történik, a csavar kitekerése után. A végső három elem - a forgó alkatrészre három különböző ponton becsavart – menetes, golyós támasz, melyek alaktalan alkatrészek alátámasztását biztosítják. Ezek alapján a készülék

két irányban eltolható, 360°-ban elforgatható, és rögzíthető. A teljes készülék-összeállítás méretei így 75x75x80 mm, de a csúszkák szélső pozíciójában ez 107,5x107,5x88 mm.

8. Summary

The aim of my thesis was to design a device for a coordinate measuring machine that provides support for small, shapeless workpieces and can be connected to the Witte module system used by the University of Óbuda. Based on this, I studied the literature related to the topic and delved into the ALUFIX module system distributed by Witte, learning about its structure, elements and limitations. By studying the literature, I determined the characteristics of the device I designed. These included features typical of almost all parts in mechanical engineering (economy, safety, etc.), as well as device-specific features that provide a comprehensive solution to the given problem. Such a feature is, for example, the ability to move and rotate the device in a plane. Based on the properties, I designed several device solutions, the operation of which was explained through models, and their advantages and disadvantages were presented.

Among the properties, I have selected the ones on the basis of which it is possible to decide which solution best suits the circumstances. From these, I established an order of importance using the Guilford method, and after determining the order, I decided between the individual device solutions using the Kesselring method.

The final device assembly is connected to the base plate of the system using a screw connection element - belonging to the Witte module system. Four countersunk, threaded holes are made on the device base for fixing. The intermediate slider is connected to the device base in a T-groove, and the upper slider is placed on it - with the same design. These two elements ensure movement in the plane. The sliders are attached to each other or to the device base with a pin. Holes are machined at certain intervals for the geometry running in the T-grooves. The fixing pin fits into these, which is held in place by a spring. Against the force of the spring, the pin can be pulled out of the hole, then the device can be adjusted. The rotating disc is placed on the upper slider, which is fixed axially by a screw with an internal keyhole. In the fixed state, a pin-hole design serves to prevent rotation. The disc is rotated by hand, after the screw has been unscrewed. The final three elements - screwed onto the rotating part at three different points - are threaded ball supports, which provide support for shapeless parts. Based on these, the device can be moved in two directions, rotated 360°, and fixed. The dimensions of the entire device

assembly are thus 75x75x80 mm, but in the extreme position of the sliders it is 107.5x107.5x88 mm.

9. Irodalomjegyzék

- [1] Robert J. Hocken - Paulo H. Pereira: Coordinate Measuring Machines and Systems Second Edition. CRC Press, Talyor & Francis Group. London, New York, 2012, p. 58-67, p. 82-87
- [2] Czampa Miklós: Koordináta mérés technika alkalmazása. Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. 2011, p. 10-11.
- [3] Ka Ching Chan: A Modular Programmable Fixturing System, Journal of Manufacturing Science and Engineering, December 1991, p 1.
- [4] K. Venkataraman: Design of Jigs, Fixtures and Press Tools. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom, 2015, 70-73. oldal.
- [5] Geoffrey Boothroyd – Peter Dewhurst – Winston Knight: Product Design for Manufacture and Assembly Second Edition. Marcel Dekker AG. Basel, Switzerland, 2002, p. 85-93.
- [6] 2022 WITTE Automotive. Modellek, CAD fájlok
<https://witte.partcommunity.com/3d-cad-models/>
- [7] 2022 GuteKunst Feder. Nyomórugók
<https://www.federnshop.com/de/produkte/druckfedern>

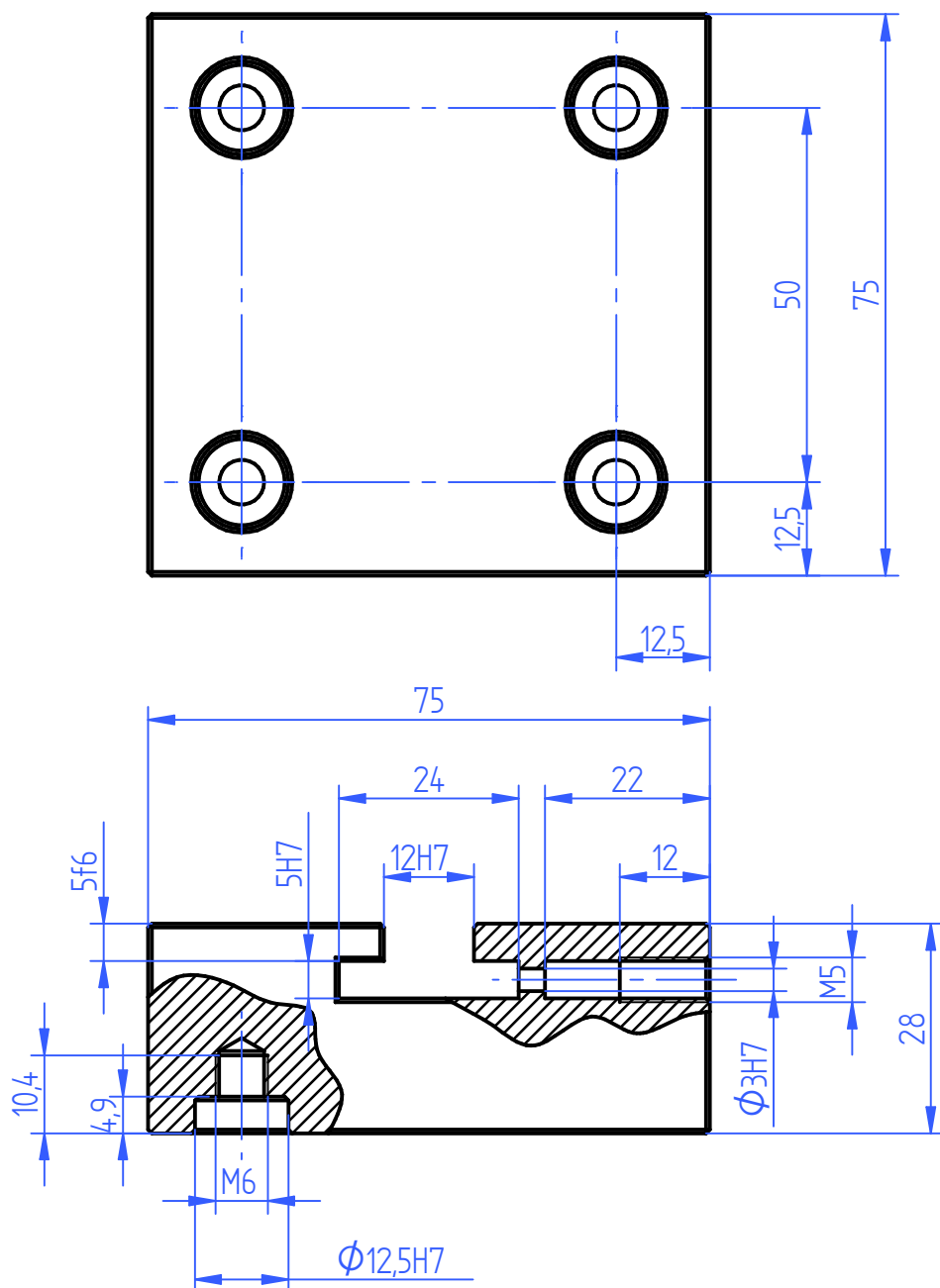
10. Mellékletek

1. sz. melléklet: Ross-féle optimális párelrendezési táblázat, használt rész: $n = 7$ eset

$n = 5$	$n = 7$	$n = 9$		$n = 11$		
1 – 2	1 – 2	1 – 2	9 – 7	1 – 2	8 – 9	9 – 2
5 – 3	7 – 3	9 – 3	8 – 1	11 – 3	1 – 4	10 – 11
4 – 1	6 – 4	8 – 4	5 – 4	10 – 4	3 – 5	1 – 6
3 – 2	5 – 1	7 – 5	6 – 3	9 – 5	2 – 6	5 – 7
4 – 5	3 – 2	6 – 1	7 – 2	8 – 6	11 – 7	4 – 8
1 – 3	4 – 7	3 – 2	8 – 9	7 – 1	10 – 8	3 – 9
2 – 4	5 – 6	4 – 9	1 – 5	3 – 2	9 – 1	2 – 10
5 – 1	1 – 3	5 – 8	4 – 6	4 – 11	5 – 4	11 – 1
3 – 4	2 – 4	6 – 7	3 – 7	5 – 10	6 – 3	6 – 7
2 – 5	7 – 5	1 – 3	2 – 8	6 – 9	7 – 2	5 – 8
	6 – 1	2 – 4	9 – 1	7 – 8	8 – 11	4 – 9
	4 – 3	9 – 5	5 – 6	1 – 3	9 – 10	3 10
	5 – 2	8 – 6	4 – 7	2 – 4	1 – 5	2 11
	6 – 7	7 – 1	3 – 8	11 – 5	4 – 6	
	1 – 4	4 – 3	2 – 9	10 – 6	3 – 7	
	3 – 5	5 – 2		9 – 7	2 – 8	
	2 – 6	6 – 9		8 – 1	11 – 9	
	7 – 1	7 – 8		4 – 3	10 – 1	
	4 – 5	1 – 4		5 – 2	6 – 5	
	3 – 6	3 – 5		6 – 11	7 – 4	
	2 – 7	2 – 6		7 – 10	8 – 3	

2. sz. melléklet: Szavazólap a Guilford-eljáráshoz

Sorsz.	Jellemző	Jel	Jellemző	Jel
1.	E ₁	X	E ₂	
2.	E ₇		E ₃	X
3.	E ₆	X	E ₄	
4.	E ₅		E ₁	X
5.	E ₃	X	E ₂	
6.	E ₄		E ₇	X
7.	E ₅	X	E ₆	
8.	E ₁	X	E ₃	
9.	E ₂	X	E ₄	
10.	E ₇		E ₅	X
11.	E ₆		E ₁	X
12.	E ₄		E ₃	X
13.	E ₅	X	E ₂	
14.	E ₆	X	E ₇	
15.	E ₁	X	E ₄	
16.	E ₃	X	E ₅	
17.	E ₂		E ₆	X
18.	E ₇		E ₁	X
19.	E ₄		E ₅	X
20.	E ₃	X	E ₆	
21.	E ₂		E ₇	X



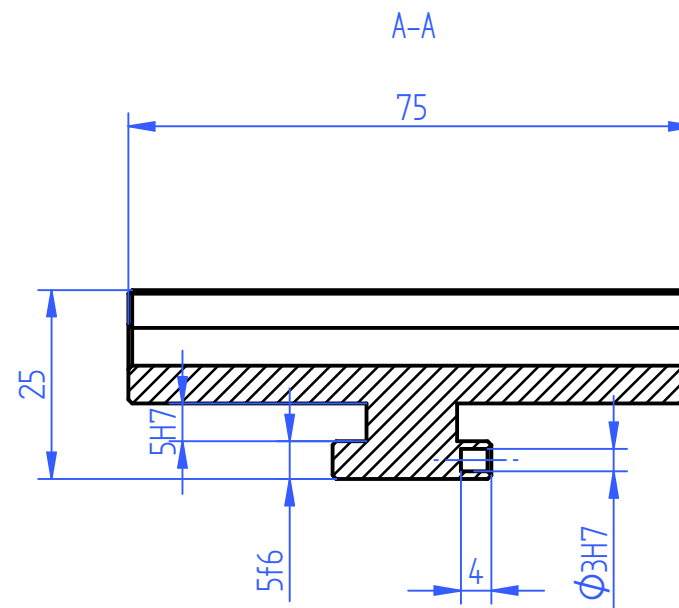
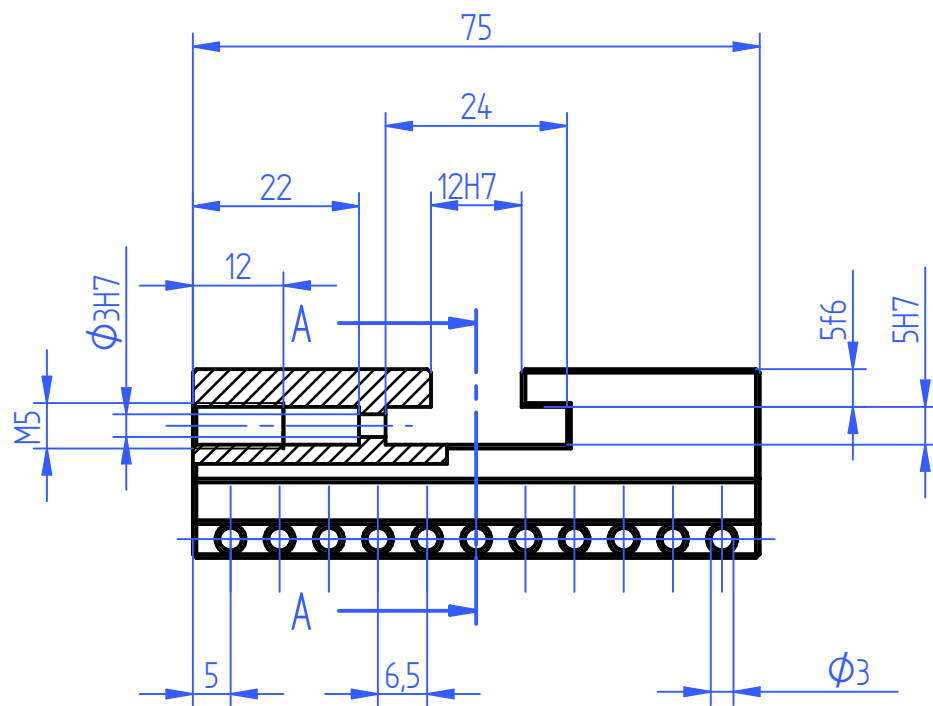
3. sz. melléklet

$\phi 12,5H7$	$\phi 12,5^{+0,018}_{-0}$
5f6	$5^{-0,01}_{-0,018}$
12H7	$12^{+0,018}_{-0}$
5H7	$5^{+0,012}_{-0}$
$\phi 3H7$	$\phi 3^{+0,012}_{-0}$

Általános élettörés: 0,5x45°

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	Megnevezés	Méretarány	Tömeg
-	Készülékalap	1:1	0,381 kg
Dátum		Anyag	Aluminium 6061-T6
2022. 12. 14.	Pap Zsolt	Rajzszám	SZ222-102
Sorszám			
-			



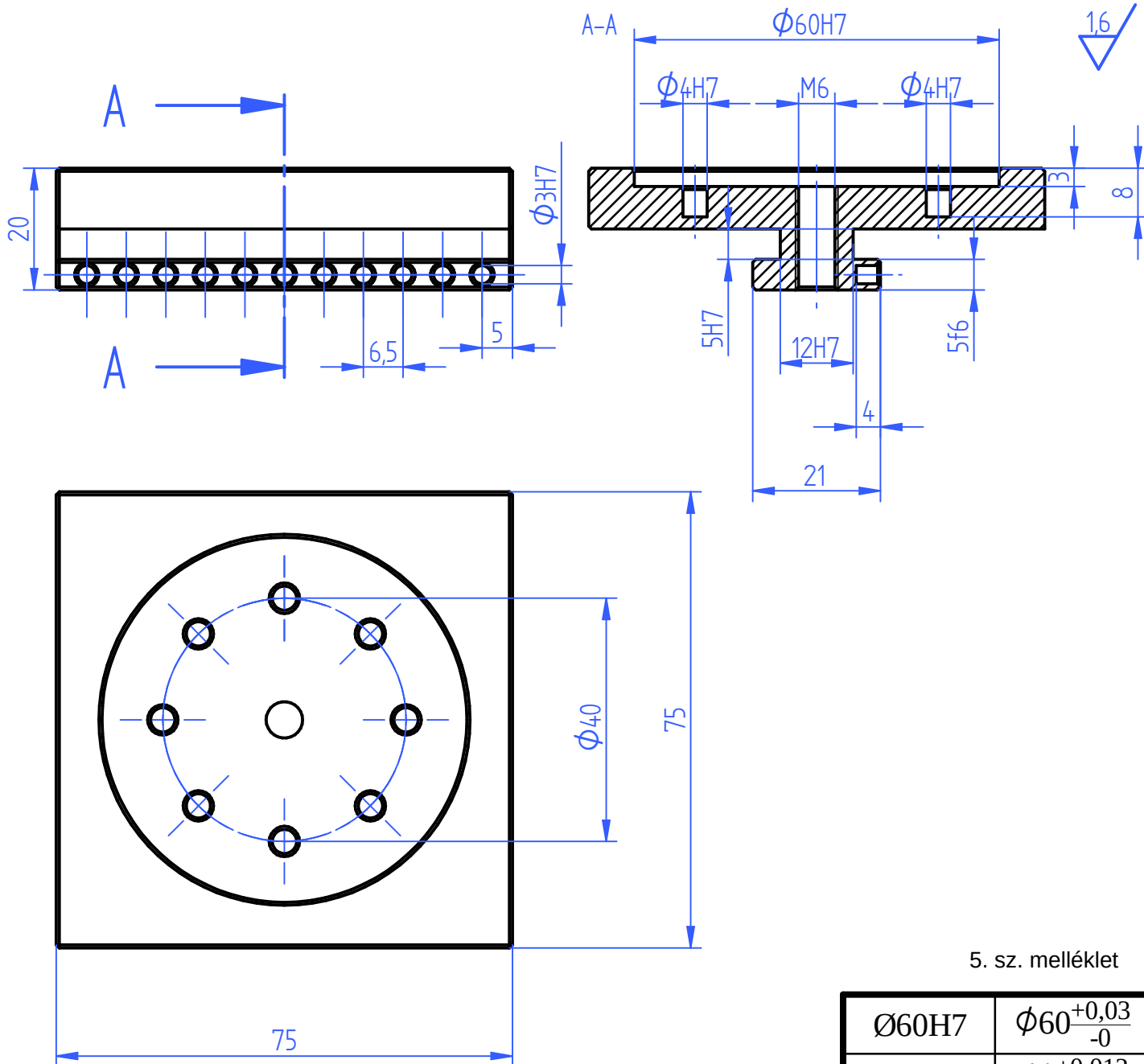
4. sz. melléklet

5f6	$5 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,018 \end{smallmatrix}$
12H7	$12 \begin{smallmatrix} +0,018 \\ -0 \end{smallmatrix}$
5H7	$5 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ -0 \end{smallmatrix}$
Ø3H7	$\phi 3 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ -0 \end{smallmatrix}$

Általános élettörés: 0,5x45°

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	-	Megnevezés	Közbenső csúszka	Méretarány	1:1	Tömeg	0,223 kg
Dátum	2022. 12. 14.			Anyag	Aluminium 6061-T6		
Gorszám	-	Név	Pap Zsolt	Rajzsám	SZ222-103		



5. sz. melléklet

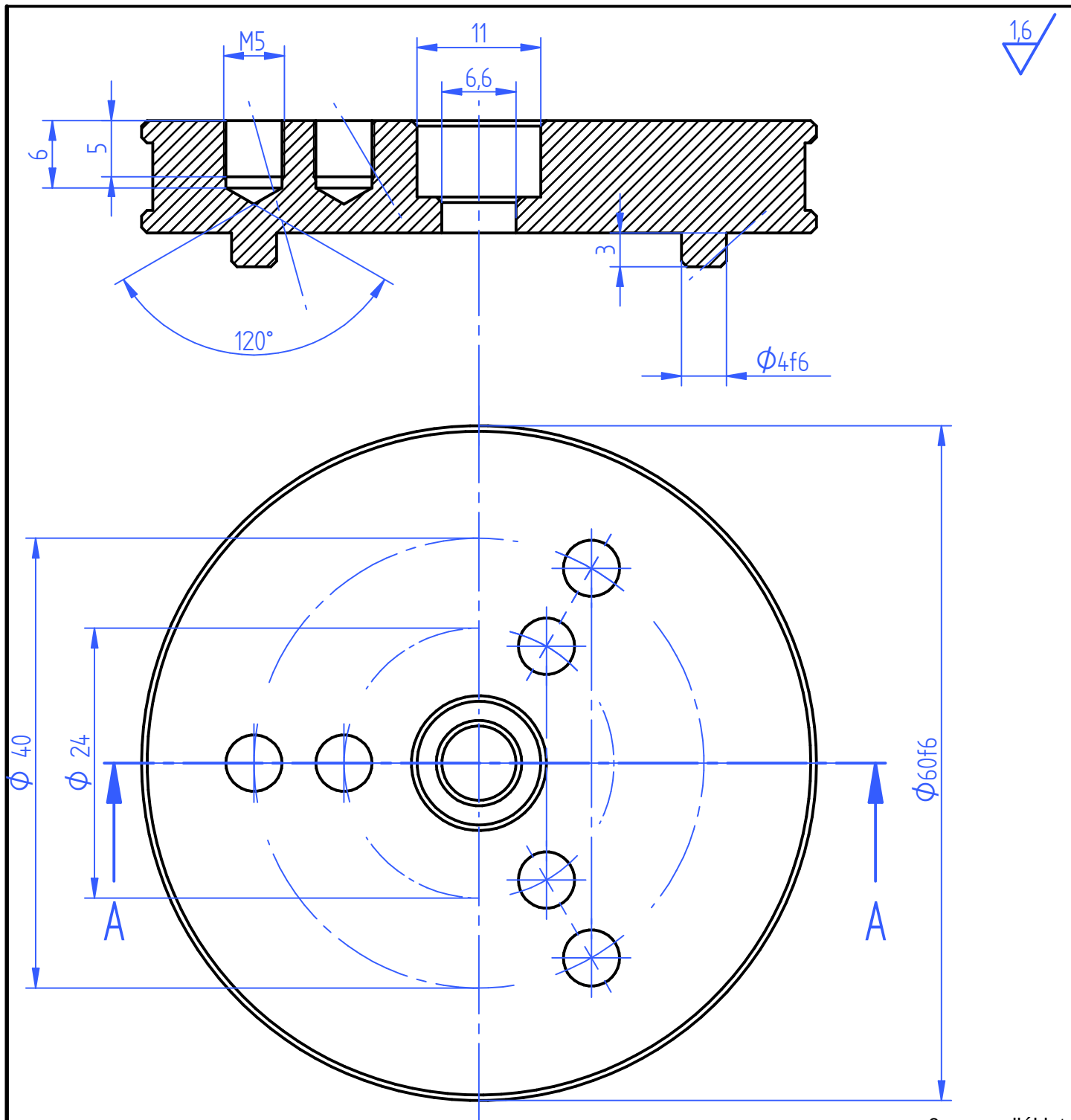
$\varnothing 60H7$	$\varnothing 60^{+0,03}_{-0}$
$\varnothing 4H7$	$\varnothing 4^{+0,012}_{-0}$
5f6	$5^{+0,01}_{-0,018}$
12H7	$12^{+0,018}_{-0}$
5H7	$5^{+0,012}_{-0}$
$\varnothing 3H7$	$\varnothing 3^{+0,012}_{-0}$

Általános élettörés: 0,5x45°

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	Megnevezés	Méretarány	Tömeg
-	Felső csúszka	1:1	0,159 kg
Dátum		Anyag	
2022. 12. 13.		Aluminium 6061-T6	
Sorszám	Név	Rajzszám	
-	Pap Zsolt	SZ222-105	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



1,6

6. sz. melléklet

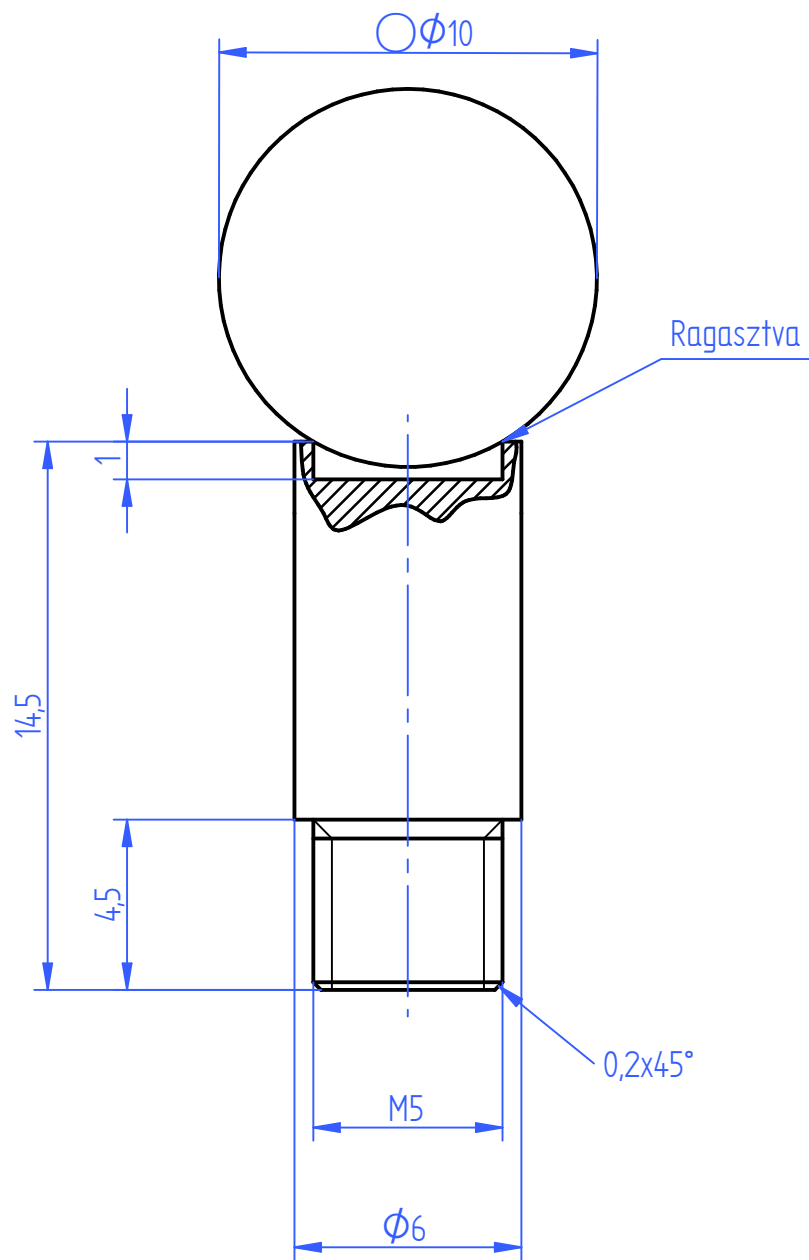
$\phi 60f6$	$\phi 60 \begin{smallmatrix} -0,03 \\ -0,049 \end{smallmatrix}$
$\phi 4f6$	$\phi 4 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,018 \end{smallmatrix}$

Általános élettörés: $0,5 \times 45^\circ$

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	Megnevezés	Méretarány	Tömeg
-	Forgó alkatrész	2:1	0,07 kg
Dátum		Anyag	Aluminium 6061-T6
2022. 12. 13.		Rajzszám	SZ222-107
Rajzszám	Név		
-	Pap Zsolt		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

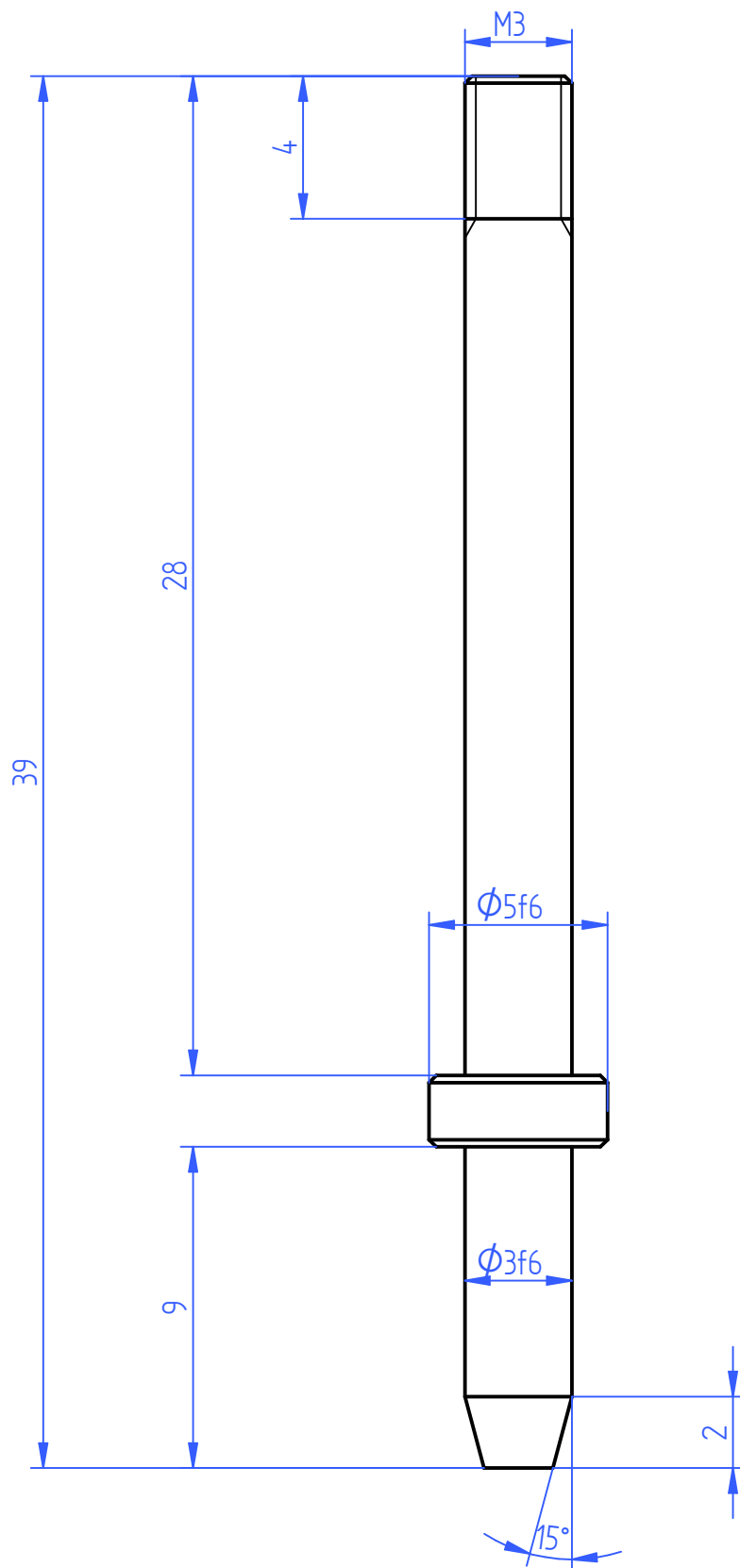


7. sz. melléklet

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	-	Megnevezés	Golyós támasz		Méretarány	5:1	Tömeg	0,007 kg
Dátum	2022. 12. 13.				Anyag	102Cr6		
Sorszám	-	Név	Pap Zsolt			Rajzszám	SZ222-108	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



8. sz. melléklet

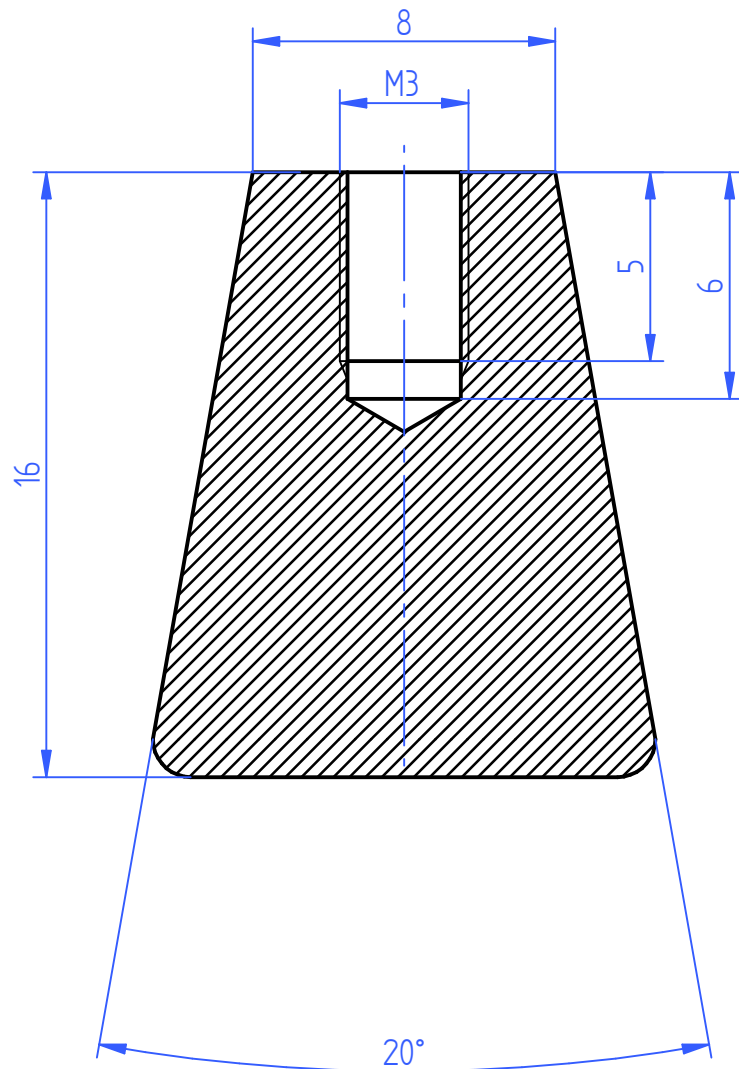
Általános élettörés: $0,2 \times 45^\circ$

$\text{Ø}5f6$	$\text{Ø}5 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,018 \end{smallmatrix}$
$\text{Ø}3f6$	$\text{Ø}3 \begin{smallmatrix} -0,01 \\ -0,018 \end{smallmatrix}$

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte -	Megnevezés Rögzítőcsap	Méretarány 4:1	Tömeg 0,002 kg
Dátum 2022. 12. 14.		Anyag 42CrMo4	
Rajzszám -	Név Pap Zsolt	Rajzszám SZ222-104	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



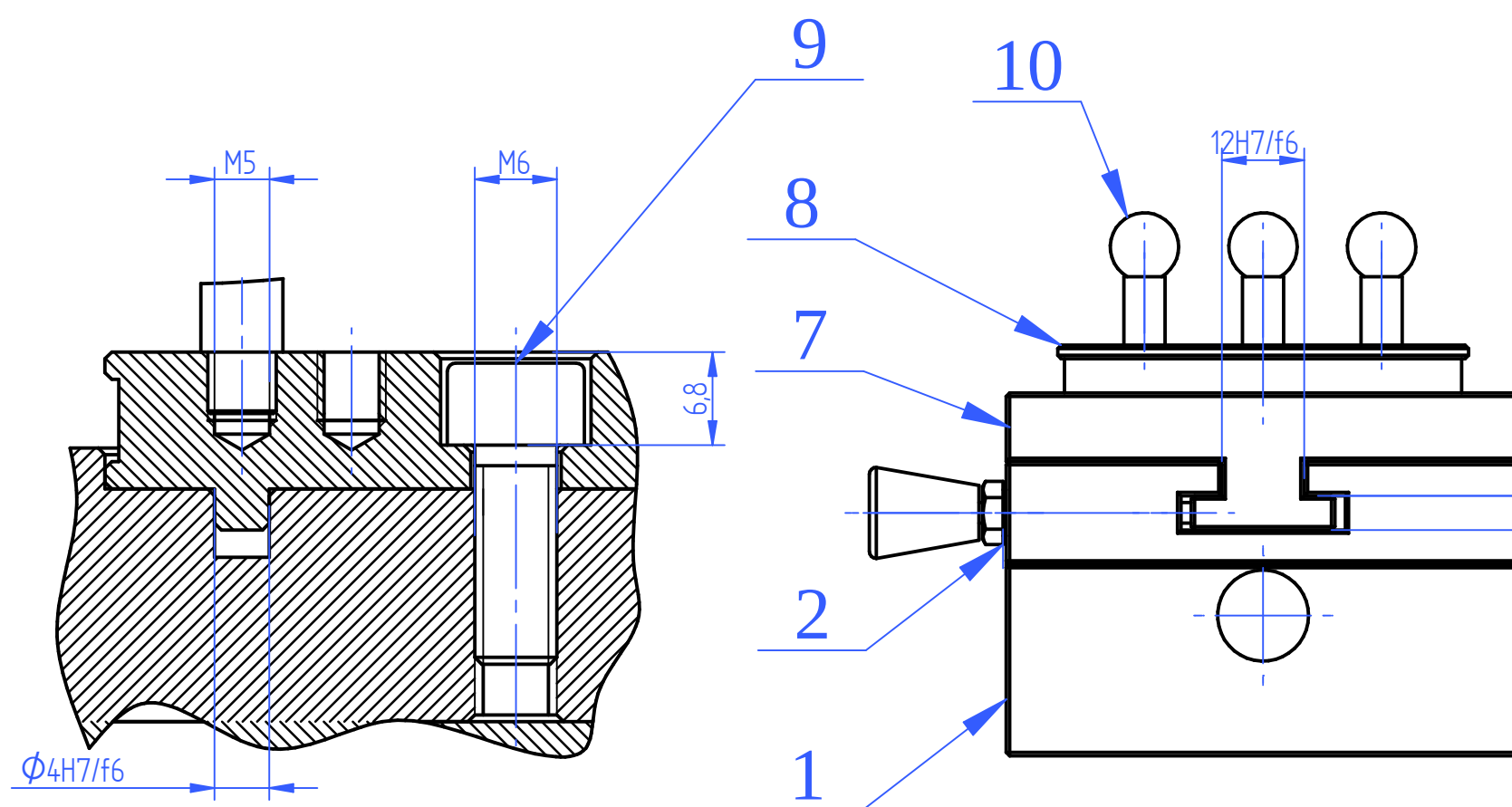
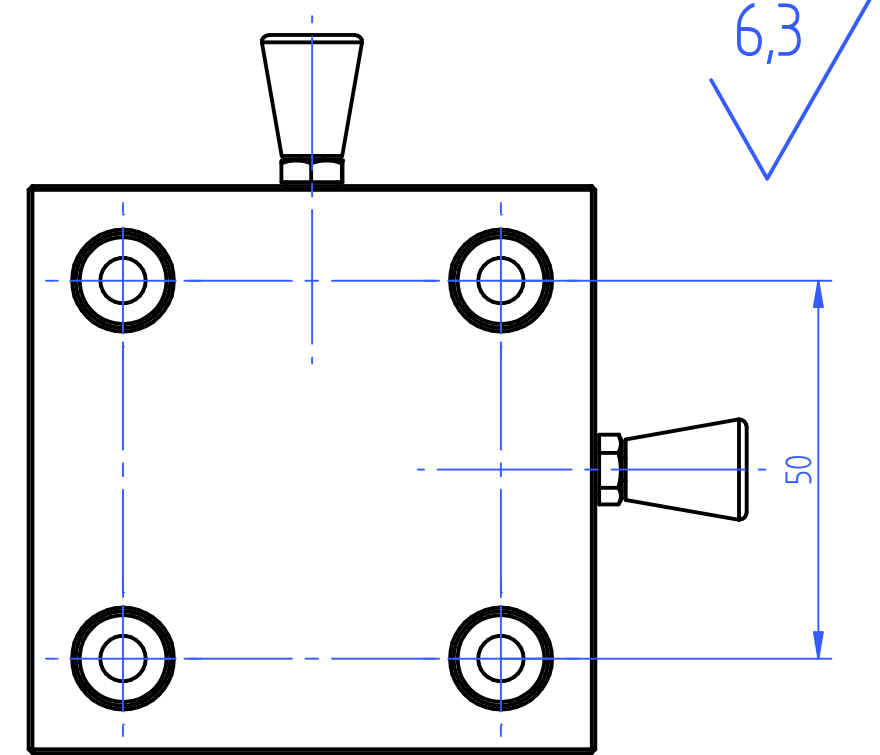
9. sz. melléklet

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

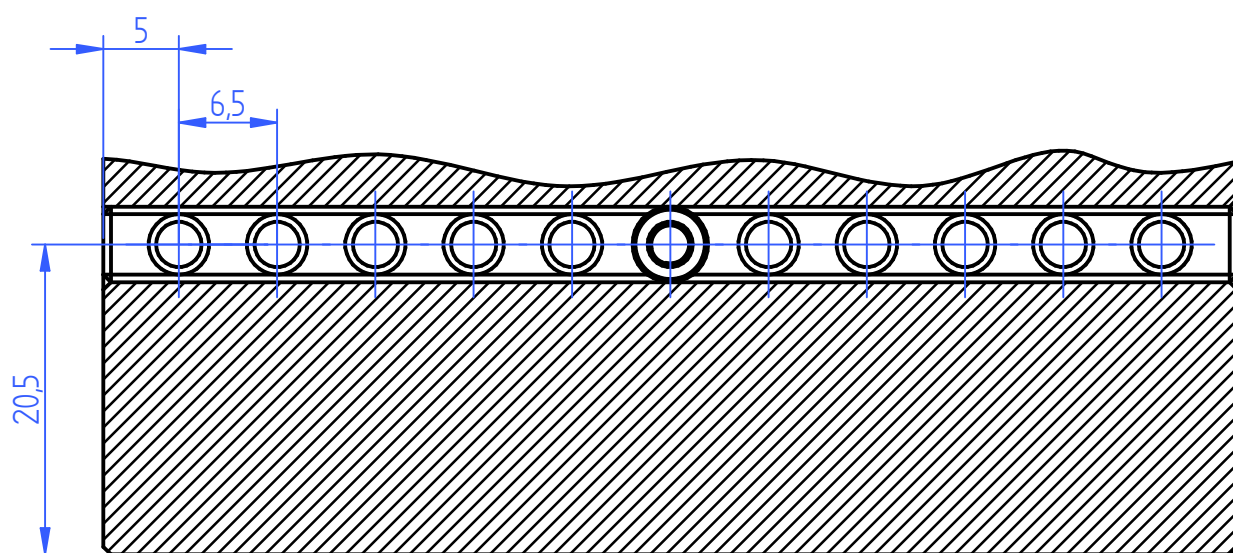
Ellenőrizte	-	Megnevezés	Fogantyú	Méretarány	5:1	Tömeg	0,001 kg
Dátum	2022. 12. 13.			Anyag	ABS Plastic		
Rajzszám	-	Név	Pap Zsolt	Rajzszám	SZ222-106		

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

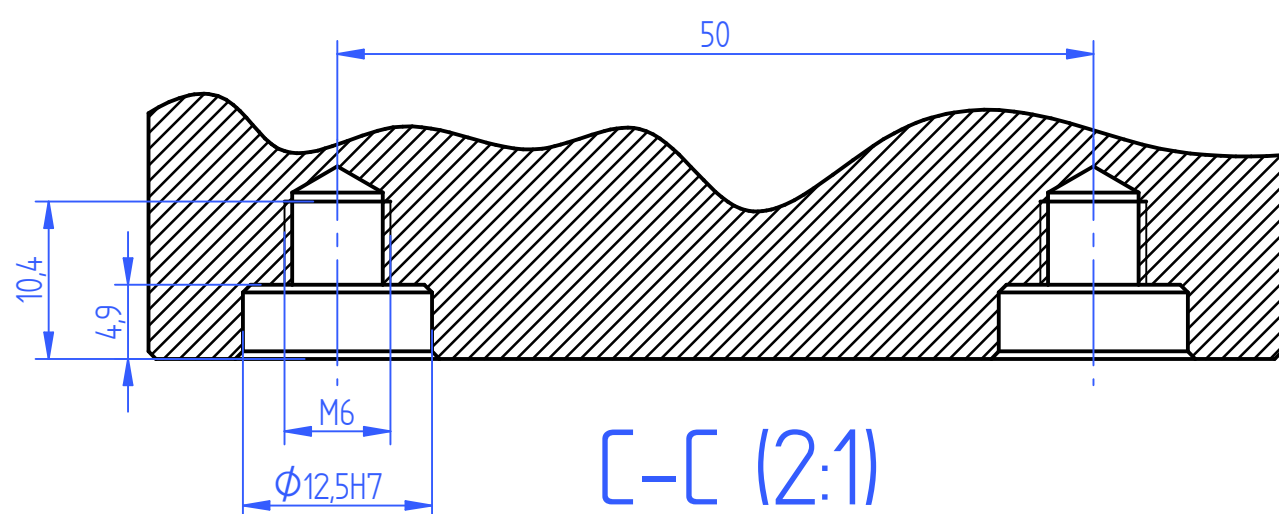
D (2:1)



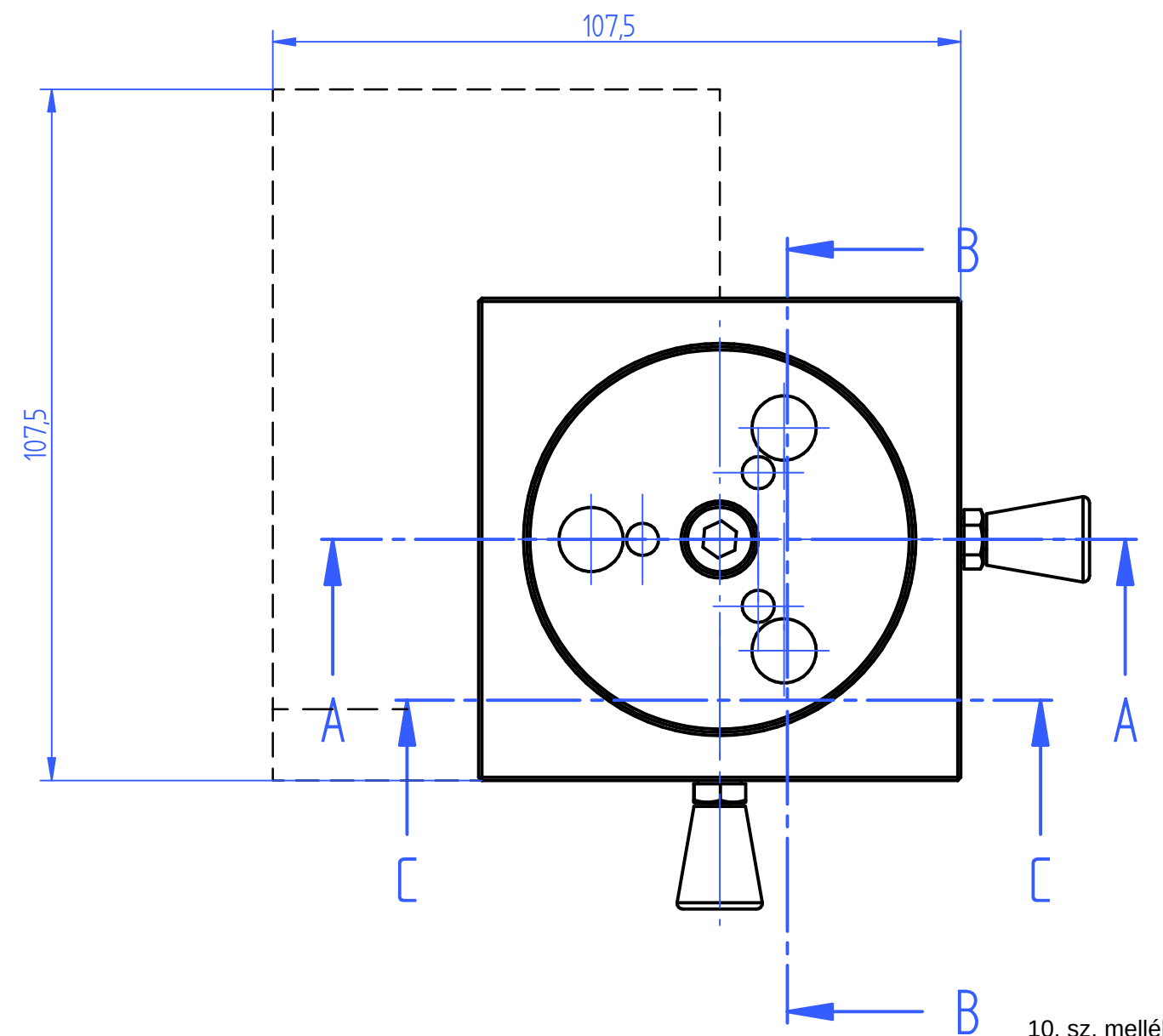
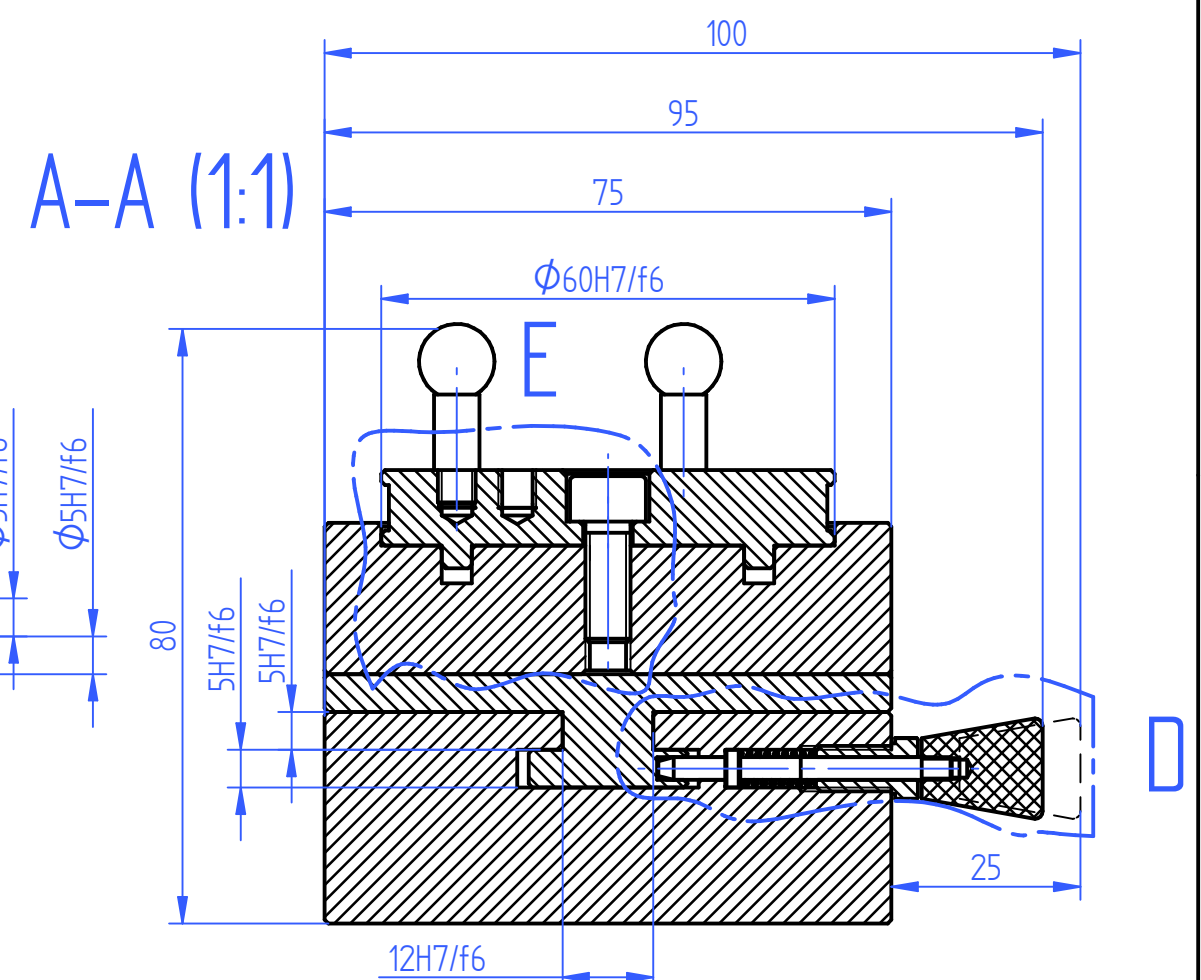
E (2:1)



B-B (2:1)



[-[(2:1)



10. sz. melléklet

Ø60H7	$\phi 60^{+0,03}_{-0}$
Ø12,5H7	$\phi 12,5^{+0,018}_{-0}$
12H7	$12^{+0,018}_{-0}$
Ø5H7	$\phi 5^{+0,012}_{-0}$
5H7	$5^{+0,012}_{-0}$
Ø4H7	$\phi 4^{+0,012}_{-0}$
4H7	$4^{+0,012}_{-0}$
Ø3H7	$\phi 3^{+0,012}_{-0}$
3H7	$3^{+0,012}_{-0}$
Ø60f6	$\phi 60^{-0,03}_{-0,049}$
12f6	$12^{-0,016}_{-0,027}$
Ø5f6	$\phi 5^{-0,01}_{-0,018}$
5f6	$5^{-0,01}_{-0,018}$
Ø4f6	$\phi 4^{-0,01}_{-0,018}$
4f6	$4^{-0,01}_{-0,018}$
Ø3f6	$\phi 3^{-0,01}_{-0,018}$
3f6	$3^{-0,01}_{-0,018}$

10	Golyós támasz	3	SZ222-108
9	Belső kulcsnyílású csavar	1	
8	Forgó	1	SZ222-107
7	Felső csúszka	1	SZ222-105
6	Fogantyú	2	SZ222-106
5	Furatos csavar	2	SZ222-101
4	Rugó	2	
3	Rögzítőcsap	2	SZ222-104
2	Közbenső csúszka	1	SZ222-103
1	Készülékalap	1	SZ222-102
Tétel	Megnevezés	Darab	Megjegyzés

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrző -		Megnevezés Készülékösszeállítás	Méretarány 1:1	Tömeg 0,85 kg
Dátum 2022. 12. 14.			Anyag -	
Sorszám -	Név Pap Zsolt	Rajzsám SZ222-100		

SOLID EDGE ACADEMIC © 4f6

Általános élettörés: 0,5x45°

11. sz. melléklet: Alumínium 6061-T6 tulajdonságai, összetétele (Készülékálap, közbenső csúszka, felső csúszka, forgó alkatrész)

Alumínium 6061-T6			
Mechanikai tulajdonságok		Anyagösszetétel [%]	
Sűrűség	2700 kg/m ³	Alumínium, Al	95,8 - 98,6
Keménység	95 HB	Króm, Cr	0,04 - 0,35
Szakítószilárdság	310 MPa	Réz, Cu	0,15 - 0,4
		Vas, Fe	≤ 0,7
		Magnézium, Mg	0,8 – 1,2
		Mangán, Mn	≤ 0,15

12. sz. melléklet: C45, 102Cr6 tulajdonságai összetétele (Golyós támasz – C45: csap, 102Cr6: csapágygolyó)

C45			
Mechanikai tulajdonságok		Anyagösszetétel [%]	
Sűrűség	7850 kg/m ³	Szén, C	0,42 - 0,5
Folyáshatár	370 N/mm ²	Szilícium, Si	≤ 0,4
Szakítószilárdság	630 N/mm ²	Mangán, Mn	0,5 - 0,8
		Foszfor, P	≤ 0,035
		Króm, Cr	≤ 0,4
		Kén, S	≤ 0,035
		Molibdén, Mo	≤ 0,1
		Nikkel, Ni	≤ 0,4

102Cr6			
Mechanikai tulajdonságok		Anyagösszetétel [%]	
Sűrűség	7850 kg/m ³	Szén, C	0,95 - 1,1
Keménység	61 HRC	Szilícium, Si	0,15 - 0,35
Szakítószilárdság	750 N/mm ²	Mangán, Mn	0,25 - 0,45
		Foszfor, P	≤ 0,03
		Króm, Cr	1,35 - 1,65
		Kén, S	≤ 0,03

13. sz. melléklet: 42CrMo4 tulajdonságai, összetétele (Rögzítőcsap)

42CrMo4			
Mechanikai tulajdonságok		Anyagösszetétel [%]	
Sűrűség	7800 kg/m ³	Szén, C	0,38 – 0,45
Keménység	241 HB	Szilícium, Si	≤ 0,4
Szakítószilárdság	900 N/mm ²	Mangán, Mn	0,6 - 0,9
		Foszfor, P	≤ 0,035
		Kén, S	≤ 0,035
		Króm, Cr	0,9 - 1,2
		Molibdén, Mo	0,15 - 0,3

14. sz. melléklet: EN 10270-1 SM szabványos rugóacél tulajdonságai, összetétele (Rugó)

EN 10270-1 SM			
Mechanikai tulajdonságok		Anyagösszetétel [%]	
Sűrűség	7850 kg/m ³	Szén, C	0,35 - 1
Szakítószilárdság	1020 N/mm ²	Szilícium, Si	0,1 - 0,3
Rugalmassági modulus	206 Gpa	Mangán, Mn	0,5 - 1,2
		Foszfor, P	≤ 0,035
		Kén, S	≤ 0,035
		Réz, Cu	≤ 0,2
		Molibdén, Mo	0,15 - 0,3

MSZ EN ISO 4014 Hatlapfejű csavarok
MSZ EN ISO 8765 Hatlapfejű csavarok
finom métermenettel

MSZ EN ISO 4017 Hatlapfejű tövigmenetes csavarok
MSZ EN ISO 8676 Hatlapfejű tövigmenetes csavarok
finom métermenettel

Termékosztályok; A: M24-ig és ≤150 mm-ig
B: M24 felett és >150 mm

Szilárdsági csoportok: 5.6, 8.8, 10.9

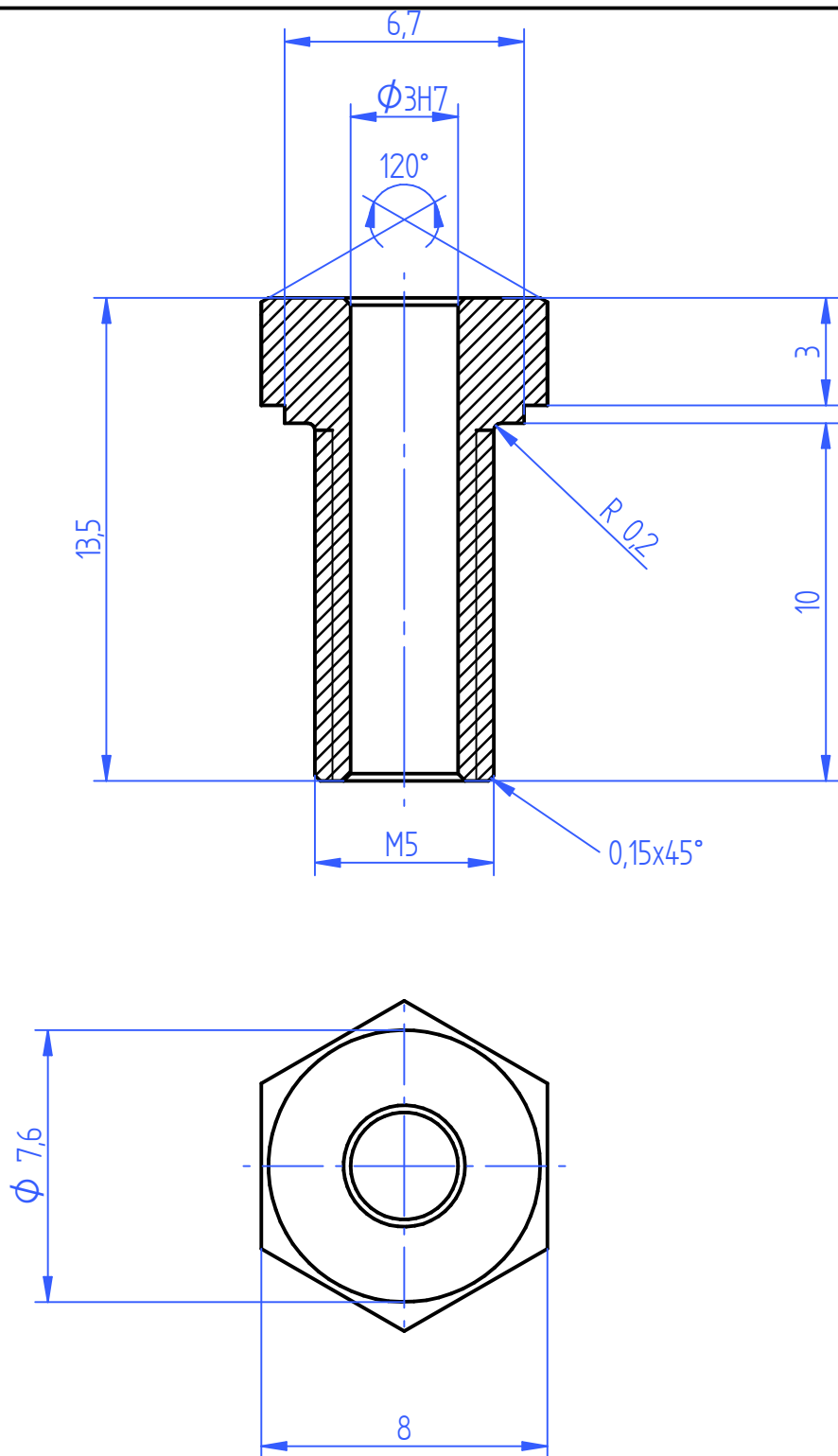
Megnevezések:

Hatlapfejű csavar ISO 4014-M12x80-8.8
Hatlapfejű csavar ISO 8765-M12x1,5x80-8.8

Hatlapfejű tövigmenetes csavar ISO 4017-M12x80-8.8
Hatlapfejű tövigmenetes csavar ISO 8676-M12x1.5x80-8.8

d	d	a	c	d _w		r	s	k	l ₍₁₎	b	l ₍₂₎
normál	finom menet	max	max	A	B	min	max	névl.	-től -ig	≤10d vagy >10d >150	-től -ig
M4	—	2,1	0,4	5,9	—	0,2	7	2,8	25-40	14	8-40
M5	—	2,4	0,5	6,9	6,7	0,2	8	3,5	25-50	16	10-50
M6	—	3	0,5	8,9	8,7	0,25	10	4	30-60	18	12-60
M8	M8x1	3,8	0,6	11,6	11,4	0,4	13	5,3	40-80	22	16-80
M10	M10x1,25	4,5	0,6	14,6	14,4	0,4	16	6,4	45-100	26	20-100
M12	M12x1,5	5,3	0,6	16,6	16,4	0,6	18	7,5	50-120	30	25-120
(M14)	(M14x1,5)	6	0,6	19,6	19,2	0,6	21	8,8	60-140	34	30-140
M16	M16x1,5	6	0,8	22,5	22	0,6	24	10	65-160	38	30-200
M20	M20x2	7,5	0,8	28,2	27,7	0,8	30	12,5	80-200	46	40-200
M24	M24x2	9	0,8	33,6	33,2	0,8	36	15	90-240	54	50-200

Az l méretsora: 8,10,12,16,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,80,90,
100,110,120,130,140,150,160,180,200 mm



Ø3H7

$\phi 3^{+0,012}_{-0}$

ÓBUDAI EGYETEM Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Ellenőrizte	-	Megnevezés	Furatos csavar		Méretarány	5:1	Tömeg	-
Dátum	2022. 12. 14.				Anyag	-		
Sorszám	-	Név	Pap Zsolt			Rajzszám	SZ222-101	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

16. sz. melléklet: MSZ EN ISO 4762 Belsőkulcsnyílású hengeresfejű csavarok és beépítésük

