



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Kaposvári Campus**  
**Gépészmérnök Szak**

**BARTEC 8300 lakkozógép részegységének rekonstrukciós  
tervezése**

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila  
egyetemi docens

**Külső konzulens:** Kocsis Árpád  
Központi szerszámműhely  
vezető

**Készítette:** **Laki Bence**  
Y8ZTXG  
nappali

**Intézet/Tanszék:** Műszaki Intézet,  
Anyagtudományi és Gépipari  
folyamatok Tanszék

**Kaposvár**  
**2025**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK**  
**Gépgyártó specializáció**

**SZAKDOLGOZAT**  
feladatlap

*Laki Bence (Y8ZTXG)*

részére

A szakdolgozat címe:

**Bartec 8300 típusú lakkozógép részegység és tüske ellenőrző tervezése**

**Feladatkiírás:**

Bevezetés, cégbemutató, szakirodalom feldolgozás, probléma bemutatása, Gyártástechnológiai tervezés, készülék tervezés, pneumatikus rajzkészítés, gazdasági számítás, összefoglalás

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

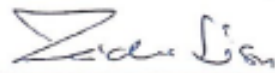
**Külső konzulens:** *Kocsis Árpád, szerszámműhelyvezető, Ziehl-Abegg Kft.*

**Belső konzulens:** *Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet*

**Beadási határidő:** 2025. november 04

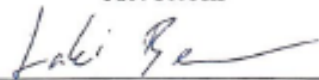
Gödöllő, 2025. szeptember 08

**Jóváhagyom**



(tanszékvezető)

**Átvettem**



(hallgató)

(szakfelélős)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2025.



(külső konzulens)

---

## Tartalom

1.	Bevezetés.....	5
2.	Cégbemutató ..... 6	6
3.	Szakirodalom feldolgozása .....	7
3.1.	Villanymotorok gyártása.....	7
3.2.	Lakkréteg műszaki jelentősége .....	8
3.3.	Műanyaggyanta alapú lakkok bemutatása .....	8
3.4.	Lakkozó technológia bemutatása .....	9
3.5.	Lakkozógépek .....	13
3.6.	Pneumatikus rendszerek.....	15
4.	Probléma bemutatása.....	19
5.	Tervezés/A probléma megoldása .....	22
5.1.	Keményítő kamra ajtóinak tervezése .....	22
5.2.	Tüske ellenőrző készülék tervezése .....	31
6.	Gyártástervezés .....	40
6.1.	Marással történő gyártás .....	41
6.1.1.	Bal oldali megvezető alkatrész forgácsolási paramétere	41
6.1.2.	Ellenőrző darab forgácsolási paramétere	46
6.1.3.	Összekötő közdarab forgácsolási paramétere	49
6.2.	Esztergálással történő gyártás .....	53
6.2.1.	Összekötő csapok forgácsolási paramétere	53
6.2.2.	A mozgó közdarabokat tartó tengely forgácsolási paramétere	57
7.	Gazdasági számítás .....	62
7.1.	Mérnöki óradíj számítása .....	62
7.2.	Üzemi óradíj számítása .....	62
7.3.	Alapanyagok árának számítása .....	62

---

7.4.	Összköltség és megtérülés számítása.....	63
8.	Összefoglalás.....	64
9.	Summary .....	65
10.	Nyilatkozatok.....	66
11.	Irodalomjegyzék .....	72
12.	Mellékletek jegyzéke .....	74

## 1. Bevezetés

A cégek megfelelő és profitáló működéséhez elengedhetetlen az üzemekben használt gépek megfelelő karbantartása. [17.]

Karbantartás során különösen fontos, hogy minél hamarabb elhárításra kerüljön minden egyes fennálló géphiba és a lehetséges hibaforrásokra megoldás legyen találva, mielőtt azok selejtes, nem megfelelő termékekhez vagy esetleg a gép megállásához vezethetnének. Lehetséges hibaforrások keresése az úgynevezett öntevékeny karbantartás elvégzésével történik, ez több formában is megvalósulhat, a gépkezelő szemrevételezésétől egészen a karbantartás által betervezett időközi karbantartásig, amikor az erre szakképzett karbantartók vizsgálják át a gépeket karbantartómérnökök segítségével a korábban említett hibaforrásokat keresve.

A karbantartás során észrevett esetleges problémák megoldása lehet a gépek átalakítása, vagyis rekonstrukciós tervezésük, mely során egy ismétlődő géphibát küszöbölünk ki.

Egyetemi éveim során a Ziehl-Abegg Kft.-nél kezdtem el dolgozni duális gyakornokként és jelenleg harmadik évemet töltöm ennél a cégnél. A cégnél található egy BARTEC 8300 lakkozógép, amin AC villanymotorok állórészeinek úgynevezett statoroknak merítéses lakkozása történik, azonban a gép korából adódóan már több hibajelenség is időről időre fellép, melyekre megoldást kell találni, egy ilyen hibajelenség a hőtartás céljára beépített pneumatikusan működtetett ajtók, melyek hiánya végett nem megfelelő a lakkréteg keményedése az állórészeken.

Szaktervezésem során a BARTEC 8300 lakkozógép felújításával fogok foglalkozni, hiányzó elemeit felmérni és pótolni fogom. Először is bemutatom a Ziehl-Abegg Kft-t, majd áttekintem a nemzetközi és szakirodalmat a szükséges témakörökben. Ezután megtervezem a szükséges készüléket, amelyet a termékek megfelelő lakkozásához és a géphibák nélküli működéséhez szükségesek, majd végezetül gazdasági számításokat végzek el. A 3D modellek és műszaki rajzok elkészítéséhez a Creo Parametric 8. szoftvert fogom igényben venni, a VEM szimulációk elkészítéséhez az Ansys Student 2025 R1 programot fogom használni.

## 2. Cégbemutató

A ZIEHL-ABEGG SE világszinten az egyik vezető motor és ventilátor gyártó cég, mely német anyavállalattal rendelkezik. Németországi székhelye Künzelsau-ban található, ez 1910-ben alapult Emil Ziehl által, és a jelenlegi adatok alapján megközelítőleg 4300 alkalmazottat foglalkoztat világszerte, több mint 30 országban.

### 2.1. ábra Ziehl-Abegg Kft. üzeme



A magyarországi leányvállalat, mely a jelenlegi legnagyobb leányvállalatként is van nyilvántartva, 1994-ben alapult meg ZIEHL-ABEGG Motor- és Ventilátorgyártó Kft. néven Marcali városában (2.1. ábra). Jelenleg is több, mint 800 munkavállalót foglalkoztat a cég 3 nagy üzemrészbe csoportosítva, illetve ezek mellett még rendelkezik egy szerszámműhellyel és egy tanműhellyel, ahol diákok tanulhatnak szakmunkás képzéseken duális keretek között is, emellett egyetemi hallgatókat is foglalkoztatnak duális képzés keretein belül. A cég az évek során megszerezte az ISO 9001-es minőségirányítási tanúsítványt (2002), az ISO 14001-es környezetirányítási rendszertanúsítást (2007), és az ISO 50001-es energetikai tanúsítást (2016).

A cég összesen négy üzemrészből épül fel, az első a rácsüzem, ahol ventilátorok védőrácsait gyártják különböző hegesztési technológiákkal. A második a tekercselő üzem, ahol AC motorok állórészeit és azok alkatrészeit gyártják. A harmadik az öntöde/CNC üzem, ahol alumínium öntézzettel foglalkoznak, valamint az AC motorok egyes alkatrészeit gyártják és munkálják meg. Az utolsó a központi szerszámműhely felelős a cégnél a rajzok, 3D modellek készítéséért, a gyártáshoz szükséges sablonok legyártásáért, illetve az ő feladatuk a cég géppálmányának folyamatos karbantartása is. A tanműhelyben a szakmunkás diákok ismerkedhetnek a forgácsolás, gépkezelés fortélyaival, illetve lehetőségük nyílik hegeszteni, más technológiákat megismerni. A cég ezen a területen szokta tartani a továbbképzéseit, felvételi napjait és különleges CO<sub>2</sub> tanfolyamait is.

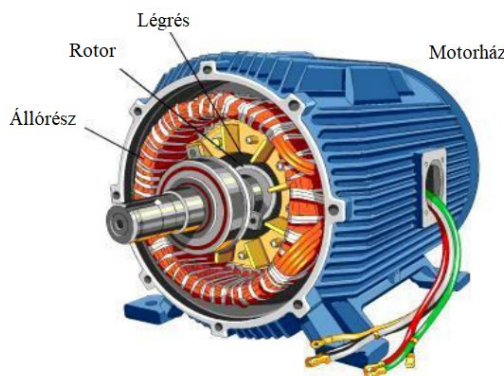
### 3. Szakirodalom feldolgoása

#### 3.1. Villanymotorok gyártása

Villanymotorok gyártásakor két részből beszélünk a forgórész vagy rotor, és állórész másnéven stator. A következőkben bemutatott lakkozó technológiák mindkét rész lakkozására alkalmasok, azonban szakdolgozatom témájában csak állórészből esik szó.

A villanymotorok állórészeinek lakkozása teljesítmény és biztonságtechnikai okokból is egy kifejezetten fontos része a gyártásnak. A vasmagokat először is összeállítják előzetesen kilézerelt vaslemezekből szegecseléssel, ezután az erre a célra alkalmas gépeken behelyezik a lehajlított szigetelő fóliát a vasmagok hornyaiba, majd legtöbb esetben ugyanebben a gépben el is végzik a tekercselést, amely során a rézhuzalokból kialakításra kerülnek a villanymotor tekercselései, majd elvégzik a bekötést is, ahol az állórészek csatlakozókábeleit alakítják ki. Következő lépésként a tekercsfejek szigetelése jön, amikor is külön erre a célra használt szigetelő szalagokkal ragasszák le a tekercsfejeket, amelyek a villanymotor két végén vasmagból úgynevezett kilógó tekercselések. Majd az erre kialakított üzemszen az ezt a feladatot ellátó dolgozók elvégzik az állórészek gyanta alapú impregnálását, vagyis a lakkozását, melynek fontosságát és módszereit bővebben kifejtem a következő bekezdésben. A lakkozás után jön a védőkupakok felhelyezése, ha azt a gyártmány előírja, ezután az állórészek festése, és végül az állórészenként eltérő kisebb alkatrészek felhelyezése, mint pl. csatlakozóvégek vagy csatlakozókábelvédők. Miután felkerültek az utolsó alkatrészek is a villanymotorra egy ellenállás teszten is átesnek, mielőtt a gyártmányokat csomagolják és előkészítik szállításra [3.,4.,14.,15.,16.,17.,19.,].

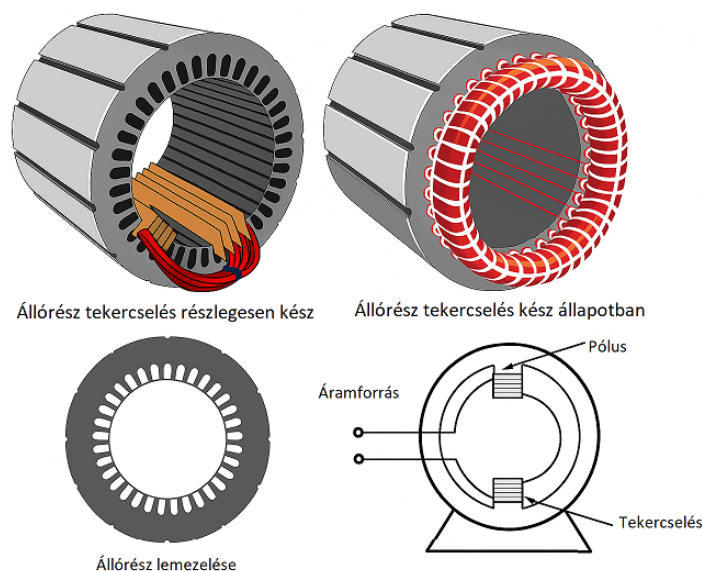
3.1 ábra Villanymotorok felépítése [14.]



### 3.2. Lakkréteg műszaki jelentősége

Az állórészek lakkozása több jelentőséggel is bír, mechanikai szilárdságot biztosít a villanymotor, de főként a tekercsfaj számára. Emellett másodlagos elektromos szigetelést biztosít a rézhuzalok számára, mivel a lakkozáshoz használt gyanta főképp műanyag alapú így kiváló szigetelőanyagként funkcionál. A lakkozás egy másik hasznos tulajdonsága a hőelvezető képessége, anélkül a tekercsek rézhuzaljai körül található levegő felmelegszik és elektromosan töltött állapotba kerül, ez leginkább magas feszültségű eszközöknél jellemző jelenség, amelyet az angol szaknyelv „corona”-nak nevez, ez rövidzárlathoz és a villanymotor tönkremeneteléhez vezethet, a lakkréteg ezt megakadályozza azáltal, hogy kitölti a rézhuzalok között található légréseket és elvezeti onnan a keletkezett hőt, mivel a lakkrétegnek sokkal jobb hőelvezető képessége van, mint a levegőnek, akár 10-szerese is lehet. Lakkozás további pozitív hatása, hogy bizonyos mértékben védelmet nyújt a pára és egyes vegyszerek ellen is. [1.,4.,7.,13.,15.,16.,17.,19.]

3.2 ábra Villanymotor tekercselése [14.]



### 3.3. Műanyaggyanta alapú lakkok bemutatása

Maga a műanyaggyanta alapú lakk két féle lehet, hozzáadott oldószeres és oldószermentes, mindkettőnek meg vannak az előnyei és hátrányai is. Az oldószeres lakk olcsóbb és egyszerűbb üzemelni, azonban mivel a kikeményedés során az oldószer lényegében

---

elpárolog a lakkból így az képes forrás közeli állapotban buborékok formájában apró réseket hagyni a lakk által kialakított szigetelésben. [5.,8.,17.,19.,20.,21.]

Az oldószermentes lakkok, viszonylag drágábbak, de oldószer hiányában nincs párolgás, így nem alakulnak ki kisebb buborékok se a szigetelésben, egyedül az állórész felszínén történő megfolyás okozhat problémát, ez azonban könnyen kiküszöbölhető, egy a keményedés folyamatakor, az állórész alá helyezett tálcával vagy gyűjtőkáddal, ami összegyűjti a gyártmányról lefolyt lakkot, így ez alkalmas lehet újbóli felhasználásra. Az oldószermentes lakkok még egyik hátránya, hogy hosszabb keményedési időre van szükségük és érzékenyebbek a hőmérsékletre, az oldószereshez képest, jobban szükséges az állandó hőmérsékleten tartás a megfelelő minőségű kikeményedéshez. [5.,8.,17.,19.,20.,21.]

A lakkok alapösszetételükben 3 félék lehetnek, az első a poliészter alapú lakkok, ezek gyakran monomerekkel vannak hígítva, vagy más oldószerekkel. Ez egy kifejezetten reaktív lakk, amely könnyen használható. A második az epoxy alapú lakk, ez a fajta is lehet oldószerrel hígítva vagy oldószermentes változatban felhasználva a felhasználás módjától és a gyártmány igényétől függően. Magas viszkozitással rendelkezik, jó adhéziós képességgel, ezek mellett pedig jók a mechanikai tulajdonságai vegyi ellenállása is keményedés után. A harmadik a szilikon alapú, ez a típus magas hőellenállással rendelkezik, de az epoxy alapú mechanikai tulajdonságai és vegyi ellenállása jobb, mint a szilikon alapúé. [5.,8.,20.,21.]

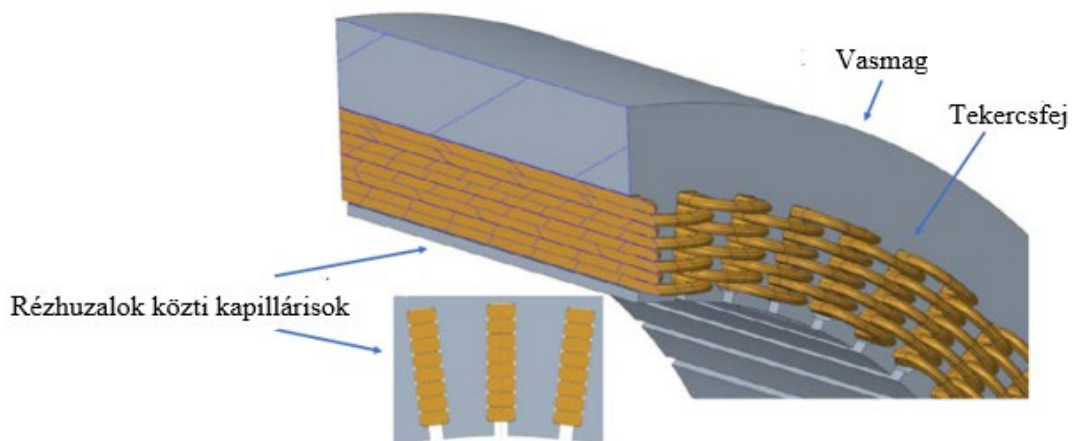
A szakdolgozatomban bemutatott lakkozás során poliészter alapú lakkot, megnevezése szerint a TRÄNKHARZ T 66-01/30-t használják az állórészek impregnálására. Az adatlapja alapján nagy mértékben, 25,01-50 %-ban, sztirollal van hígítva, amely csökkenti a lakk viszkozitását, és hő hatására elpárolog, így beindul a keményedés folyamata is lakkozás során. Továbbá megtalálhatók benne a toluol, a benzofenon és a butil-hidroxitoluol, ezek mind kis mértékben, kevesebb, mint 0,3 % arányban vannak oldva az adott lakkban. [5.,20.,21.]

### 3.4. Lakkozó technológia bemutatása

A tekercsfejek lakkozására több módszer is létezik, de a fizikai alapját mindegyiknek a hajszálcsovesség másnéven kapilláris hatás nyújtja, ez a folyadékok azon képessége, hogy képesek keskeny, szűk térben mozogni nehézségi erő ellenében is, így ki tudják tölteni a rézhuzalok közötti század milliméter vagy annál kisebb méretű tereket (3.3. ábra). Ennek az alapja, hogy a tér megfelelően szűk keresztmetszetű akkor a folyadék és az azt körül vevő tér

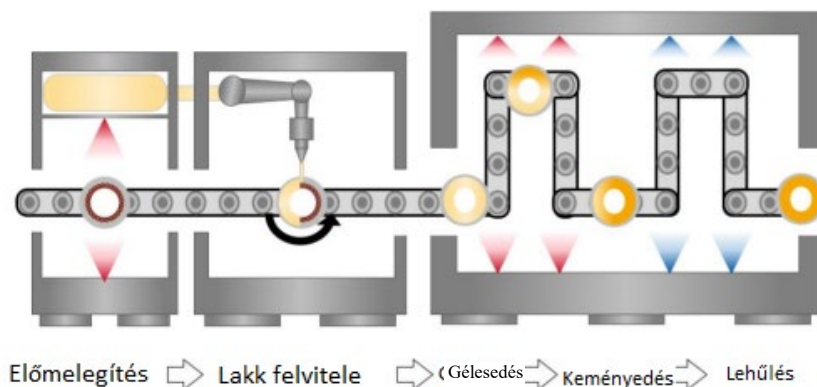
fala közötti adhéziós erő felemeli a folyadékot- a mi esetünkben a gyanta alapú lakkot- a nehézségi erő mértékétől függetlenül. [1.,9.]

3.3. ábra Állórészek kapillárisai [1.]



A lakkréteg felvitelére több módszer is létezik, viszont amelyeket a Ziehl-Abegg Kft. alkalmaz elveiben rendkívül hasonló, ha még technológia valamennyire el is tér egymástól. Az állórészeket, ahogy a 3.4. ábra is mutatja, először felmelegítik egy előre megadott vagy kiszámolt hőmérsékletre, ezután valamely módszerrel feljuttatják az említett állórészre a lakkréteget, ezután következik a „gelling”, vagyis gélesedés a gép erre a folyamatra szolgáló részében, amikor beindul a műanyaggyanta alapú lakk polimerizációja, de nem fejeződik be a keményedés folyamata. [4.,7.,16.,19.]

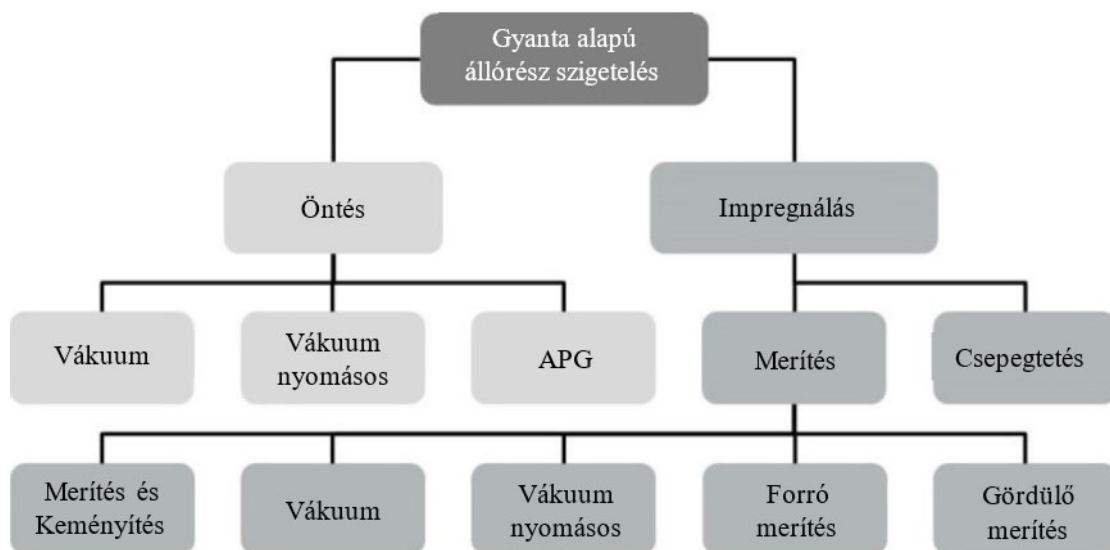
3.4. ábra-Lakkozás folyamata [16.]



A keményedés folyamata 3 féle módszerrel is történhet, melyek lehetnek a forró levegős, amikor egy zárt rendszerben elektromos hőszugárzók felmelegítik a levegőt, ezáltal beindítva a polimerizációt a lakkban. A következő az úgynevezett „SWIR”, amikor infravörös sugarakkal indítják be a keményedés folyamatát a felvitt lakkrétegben. A harmadik, amelyet az ehhez a témához kapcsolódó szakirodalom bemutat a Joule effektus, ezen módszer során az állórészek vezetőkeit rákötik egy egyen- vagy váltóáramú áramforrásra és ahogy az áram végig folyik a tekercseken, azok felmelegednek ezáltal szintén beindítva a keményedés folyamatát. [2.,4.]

A gép következő szekciójában megy végbe a „curing” azaz a keményedés folyamata, ekkor a folyékony halmazállapotú lakk teljesen megszilárdul egy előre kiszámolt hőmérséklet és idő alatt. Ezek után a gyártmány hűtése végbe megy és továbbítják az állórészeket a következő munkafolyamatra. [4.,7.,16.,19.]

### 3.5 ábra Lakkozó technológiák [7.,10.]



A lakkozás, vagyis a gyanta alapú szigetelés szerteágazó technológia, szakdolgozatomban (3.5 ábra) csak azokkal a technológiákkal foglalkozom, amelyek megtalálhatók a Ziehl-Abegg Kft.-nél és amellyel szakdolgozatomban bővebben is foglalkozom. [4., 10.]

A korábban említett több fajta módszer közül a kisebb méretű állórészek lakkozására 3 fajtát alkalmaz a Ziehl-Abegg Kft. Ezek közül első az 3.6. ábrán 1-es számmal jelölt

„Trickling”, azaz csepegtetés, amikor az állórészt egy a saját tengelye körül forgó lakkozó tüskére helyezik, előmelegítik, majd a gyanta alapú lakkot a tekercsfejre fentről ráfolyatják a megfelelő mennyiség adagolásával, egy külön erre a célra kialakított adagolófejjel. Ezt követően pedig halad tovább a gépben egy állandó hőmérsékletű kemencébe, amíg végbe nem megy a keményedés folyamata. [2.,4.,6.,7.,12.,17.,19.]

A 3.6. ábrán a 2-es számmal jelölt, amelyen típusú géppel a szakdolgozatomban is dolgozni fogok, a „Roll dipping” vagyis a gördülő merítés. Ez a fajta lakkozás során ugyanúgy, egy saját tengelye körül forgó lakkozó tüskére helyezik az állórészeket, majd elindul a körfolyamat az előmelegítéssel. Ezután a lakk-kal teli kádakba mártják a felmelegített állórészeket, miközben egy előre meghatározott fordulatszámot forognak saját tengelyük körül, így mindenhol tud kerülni megfelelő mennyiségű lakkréteg, ezután a következő állomáson a gép lehúzza a felesleges lakkot poliamid lapok segítségével, majd folytatva a korábban említett folyamatot, egy állandó hőmérsékletű kamrában a gépben végbe megy a keményedés folyamata, de ez előtt történik még egy lehúzás fém lapok segítségével már ebben a kamrában. Az állandó hőmérséklet különösen fontos mivel, ha az inkonzisztens a még folyékony halmazállapotú lakkréteg megfolyik az állórész felületén és nem lesz állandó a réteg vastagsága, illetve csepp formájú maradványok alakulnak ki a lakkréteg felületén. Ez a nem megfelelő szigeteléshez vezethet, így a villanymotor meghibásodásához, valamint növeli az állórész utómunkálási idejét is. A különbség az előbb említett csepegtetéshez, hogy ennél a módszernél az állórész teljes felületét éri a lakk mártás során, míg csepegtetéskor javarészt csak a tekercsfejre juttatunk lakkot. [2.,4.,6.,7.,12.,17.,19.]

3.6 ábra Lakkozó technológiák a Ziehl-Abegg Kft.-nél [2.]



Az utolsó a 3.6. ábrán 3-assal jelölt forró mártás alkalmazásával történik. Az elv itt is megegyezik az előző kettővel, előmelegítik az állórészeket majd egy erre a célra készített mártó

---

rácsra helyezik őket és beleemelik egy lakk-kal feltöltött mártókádba, majd ezután továbbítják egy kemencébe, ahol végbe megy a keményedés folyamata. [2.,4.,6.,7.,12.,17.,19.]

A megfelelően kialakított lakkréteg mértékét az utólagos ellenőrzések során nem a réteg vastagságával, hanem a felvitt lakk tömegével mérik. Egy, még a lakkozás előtt történő mérés során megméri a lakk réteg nélküli állórész tömegét, majd lakkozás után is leméri őket, így lehet kellőképpen ellenőrizni azt, hogy az állórész és maga a tekercsfejben található kapillárisok is megfelelően ki lettek-e töltve, mivel a nem kitöltött hézagok zárlathoz és meghibásodáshoz vezethetnek.

### 3.5. Lakkozógépek

A lakkozógépek kialakításukban lehetnek kifejezetten hasonlóak vagy eltérőek, annak függvényében, hogy milyen lakkozási technológiára lettek kialakítva. Egy gördülő merítésre kialakított gép és egy csepegtetős között nem sok eltérés van, általában csak a lakk felviteli rész különbözik, míg egy VPI, vákuum nyomásos lakkozó gép jelentősen eltérhet kialakításában az előző kettőtől. [2.,7.,12.,17.,18.]

Szakedolgozatomban egy gördülő merítésre kialakított géppel foglalkozom, azonban a hazai és külföldi szakirodalmak legtöbb esetben a csepegtetéssel foglalkoznak, így azokban az erre a technológiára kialakított gépek is vannak bemutatva, de mivel a gépek javarészt hasonlóak felépítésre így azok is megfelelőek a lakkozógépek általános bemutatásához. [2.,7.,12.,17.,18.]

Az olyan fajta kialakítású gépek felépítését, mellyel szakedolgozatomban is foglalkozok a 3.6-os ábra szemlélteti. Ezek a gépek egy zárt körön keresztül mozgatják a munkadarabokat és a körfolyamat végére egy kész kikeményedett lakkrétegű munkadarabot kapunk, egyes gyártmányok esetén kétszer is végig kell mennie a folyamatnak, hogy megfelelő mennyiségű lakk kerüljön a munkadarabra. [2.,7.,12.,17.,18.]

A körfolyamat a munkadarabok, egy erre a célra kialakított tuskére történő felhelyezésével kezdődik. Ezek a tuskék egy fix pályán mozognak, a tuskék kialakításra főképp két félek lehetnek, az első a gyártmányokra kialakított tuskék, amelyekre egy adott állórész típust lehet felhelyezni és a második a speciális tuskék, amelyekre több belső átmérőjű állórész is felkerülhet. [2.,4.,7.,12.,17.,18.]

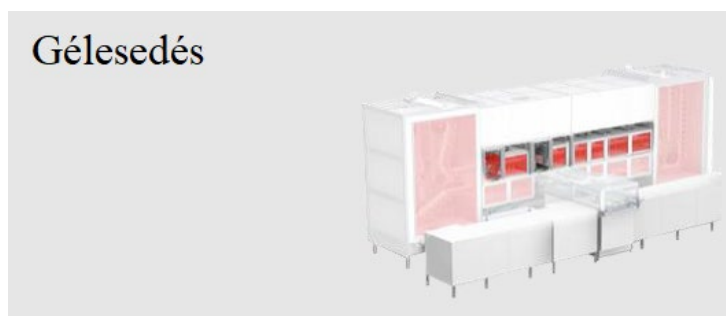
### 3.7 ábra Előmelegítő szekció



Az első állomás a körfolyamatban az állórészek felhelyezése után az előmelegítő kemence (37 ábra), itt az előmelegítés során egy állandó hőmérsékleten melegítik a gyártmányokat, az előmelegített állapot és ezáltal a hőtágulás hatására könnyebben bejut az apró résekbe a lakk, ezzel segítve a maximális kitöltést a tekercselésben, így a hőtágulás is fontos szerepet játszik a levegő lakk általi kiszorításban a tekercsekben, a kapilláris hatás mellett. [2.,4.,7.,12.,17.,18.]

A következő lépés a körfolyamatban a lakk felvitele, mint ahogy említettem ez többféleképpen is kialakításra kerülhet, a gördülő merítés során az állórészek forognak a tűskékkel együtt saját forgástengelyük körül- csepegtetős lakkozásnál ugyanígy forognak az állórészek a tengelyük körül-, így nem szükséges teljes mértékben bemártani az állórészeket a lakkal teli mártókádba, mivel a forgás hatására a gravitáció is segíti a lakk egyenletes elosztatását. Miután egy előre meghatározott ideig és fordulatszámot forgattuk a lakkot a mártókádban, történik egy lehúzás, amikor eltávolítjuk az állórész palástjáról a felesleges lakkmennyiséget, ezzel is gátolva a palást felületén kialakuló megfolyásokat. [2.,4.,7.,12.,17.,18.]

### 3.8 ábra Gélesedő szekció



Ezután történik a keményedés folyamata, ami ismét egy kemencében történik, ahol először megtörténik a gélesedés (3.8 ábra), majd a teljes keményedés és egy szilárd lakkréteget kapunk a folyamat végére (3.9 ábra). Ez történhet beépített elektromos hőszugárzókkal, amelyek, infravörös sugárzókkal, vagy ráköthetnek az állórészekre közvetlen áramforrást, amik ennek következtében maguktól felmelegednek üzemi hőmérsékletre és keményítik meg a lakkot. A szükséges idő után a kemencében kikeményedett a lakk réteg, az állórészek bekerülnek még egy hűtő szekcióba (3.10 ábra), ezzel a dolgozók munkáját megkönnyítve. [2.,4.,7.,12.,17.,18.]

3.9 ábra Keményítő szekció



3.10 ábra Hűtő szekció

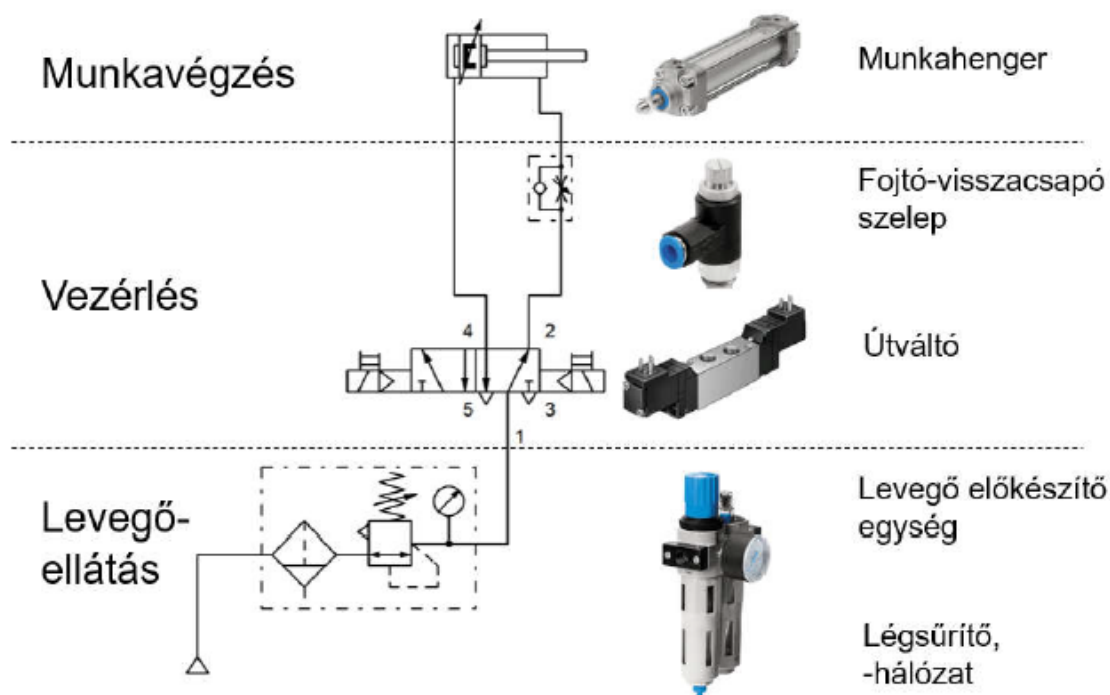


### 3.6. Pneumatikus rendszerek

A pneumatikus rendszerek és berendezések, mozgást hoznak létre a sűrített levegő energiáját felhasználva munkavégzésre. Ezeknek a pneumatikus rendszereknek számos előnye van, amelyek miatt hamar és jelentősen elterjedtek ipari alkalmazásban, a kompresszorok által felhasznált levegő mindenhol előfordul és ennek szállítása csővezetékekben könnyedén kivitelezhető, de könnyen tárolható is tartályokban. Emellett a sűrített levegő érzéketlen a

hőmérsékletváltozásokra, valamint robbanás- és tűzbiztos is. További előnye ezeknek a rendszereknek, hogy egyszerű a felépítése a munkavégző és irányító elemeknek és nem igényelnek nagy mértékű beruházást sem. Egyéb előnye még a pneumatikusan működtetett rendszereknek, hogy jelentős munkasebesség elérhető általuk, és ez a sebesség az erővel együtt fokozatmentesen szabályozható. A pneumatikus rendszerek még nagy elemválasztékkal is rendelkeznek, amelyeket elektropneumatikus szelepekkel könnyedén automatizálni is lehet. A pneumatikus rendszereknek hátránya azonban, hogy alacsony összhatásfokkal rendelkeznek, emiatt a sűrített levegő viszonylag drága energiahordozó, de ezt kompenzálja az elemei olcsó ára és azok nagy teljesítménye. A másik hátránya, hogy a sűrített levegő gondos előkészítést igényel, mivel a szennyeződések csökkentik az elemek élettartamát. Gazdaságossága csak meghatározott erő kifejtésig tart, normál üzemi 6 báros túlnyomás esetén mindössze 20000-30000 N-ig.

3.11 ábra Pneumatikus rendszer jellemző felépítése

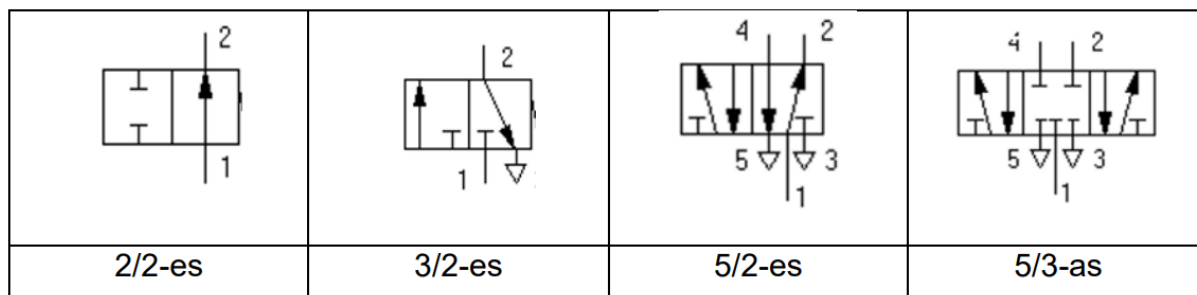


A pneumatikus rendszerek felépítésének első lépése, a levegőellátás előállítása. A sűrített levegő előállítása kompresszorházakban történik, a kompresszorok beszívják a környezeti levegőt, ezt tartályokba továbbítják, ahol ezután felépül a kívánt nyomás, ami üzemekben általában 600-700 kPa, 6-7 bár. A kompresszorba bekerülő környezeti levegő

általában számos szennyeződést tartalmaz (por, víz és kenőolaj cseppek, vízgőz), ezért a kompresszorból a tisztító készülékekbe van átvezetve. Itt szűrőkkel és vízleválasztókkal eltávolításra kerülnek az említett szennyeződések, ezzel biztosítva a sűrített levegő tisztaságát és a rendszer elemeinek élettartamát, szárítással pedig a levegő páratartalmát tartjuk a megfelelő tartományban. Ezután a sűrített levegő csővezetékeken keresztül a munkaállomásokra kerül elvezetésre, ahol általában az első elem, amivel találkoznak a levegő előkészítő egység, amely több komponenst is tartalmazhat (nyomásszabályozó, szűrő-vízleválasztó, nyomásmérő, ködolajzó, kézi bekapcsoló szelep, elágazó modul), így konfigurálása többféleképp is történhet.

Miután megtörtént a sűrített levegő előállítása, tisztítása és szállítása a munkaállomásokra, a levegő előkészítő egység után széleskörű megoldásokat ki lehet alakítani a sűrített levegő felhasználására a nagy elemválasztékból adódóan. A levegő előkészítése után a vezérlés megvalósítása a következő lépés, amikor is irányítókészülékekkel meghatározzuk az áramlás irányát, annak mennyiségét és a levegő nyomását. Ilyen irányító készülékek a szelepek, amelyek közül a pneumatikus rendszerek beállításához egyik leglényegesebb az útirányító szelep, mellyel szabályozhatjuk a levegő áramlásának irányát kapcsolási helyzetek változtatásával. Az átváltással megváltoztatjuk a csatlakozó csatornák összekötésének pillanatnyi helyzetét, egyes csatlakozásokat összenyitunk, másokat lezárunk. A szelepek nyitását és zárását különféle módokon lehet vezérelni (nyomógombos, manuális görgős, stb.). Az útirányító szelepek lehetnek monostabilok, amikor is egy stabil helyzetük van és bistabilok, amikben nincs visszatérítő elem (rugó vagy lérugó), ezáltal két stabil helyzetük is van. Amikor ezek az útirányító szelepek kibővülnek elektromos működtetéssel, már elektropneumatikáról beszélünk, ilyenkor egy elektromágnes változtatja a szelepek állását elektromos jel hatására.

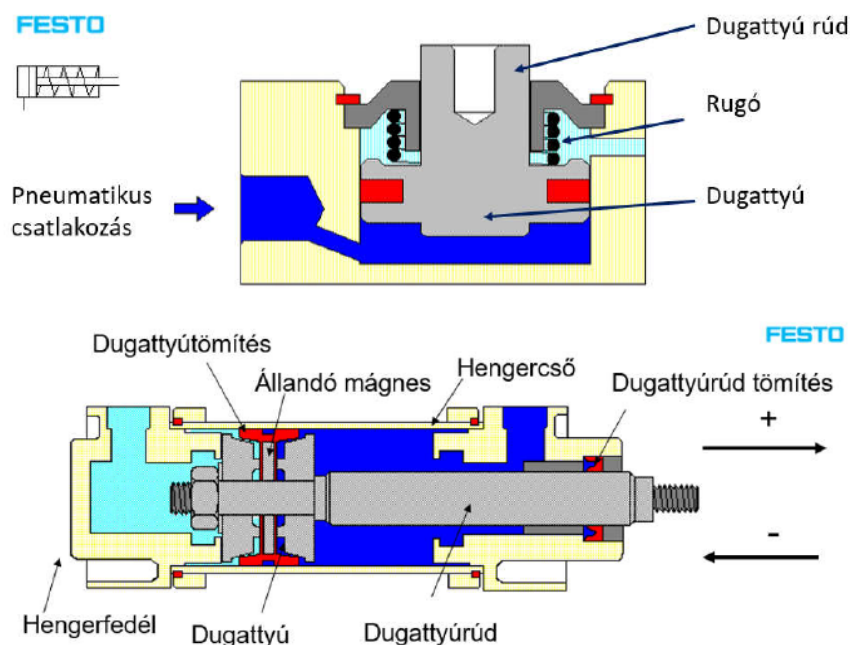
3.12 ábra Jellemző útváltó szelep típusok



A sűrített levegő az előállítás és vezérlés után mechanikai energiává alakítjuk pneumatikus munkavégzők segítségével. A mechanikai energia lehet lineáris mozgás vagy

forgó mozgás, előbbit a munkahengerek állítják elő, utóbbit pedig a légmotorok. A munkahengerekben található egy tömített dugattyú, ami a levegő hatására végez lineáris mozgást, amit általában kétállású munkavégzésre lehet felhasználni. Működésük alapján lehetnek egyszeres és kétszeres működésűek a munkahengerek, az egyszeres működésű általában egy irányba tud erőt kifejteni mivel, egy pneumatikus csatlakozás található rajta és egy kamra tölthető fel levegővel, a dugattyúnál található tömítés nem engedi meg az átáramlást a másik kamrába és a visszatérítő mozgást pedig egy rugó végzi el.

3.13. ábra Egyszeres (felső) és kétszeres (alsó) működésű munkahengerek felépítése



A kétszeres működésű munkahengereken kettő pneumatikus csatlakozás található, így a dugattyú középvezetékében két irányba is tudnak erőt kifejteni, annak függvényében, hogy melyik kamrát töltjük meg sűrített levegővel a vezérlés segítségével.

## 4. Probléma bemutatása

Szakedolgozatom témája egy Bartec 8300 lakkozógép (4.1 ábra) részegységének felújítása, hogy a lakkozás megfelelő körülmények között történhessen és megfelelő minőségű lakkréteg kerüljön az állórészekre. A Bartec 8300 egy olasz gyártmányú, gördülő merítéssel lakkozó gép, amely ugyanazon az elven dolgozik, amelyet már a szakdolgozatom szakirodalom feldolgozásában bemutattam. Található benne egy előmelegítő kemence, egy mártótér, ahol gördülő merítéssel történik a lakkozás és még egy kemence rész, ahol a kikeményedés történik.

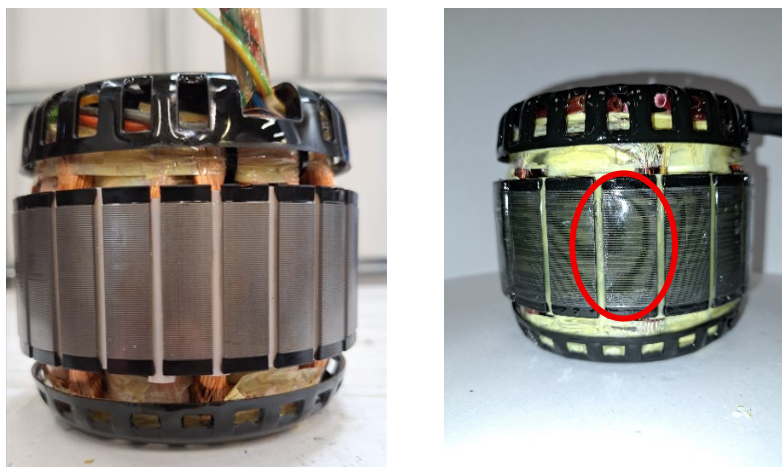
4.1 ábra Bartec 8300 Lakkozógép



Fennálló probléma a Ziehl-Abegg Kft. lakkozó üzemrészén, hogy a Bartec 8300-as lakkozógép gyakran hibásan lakkozta le az állórészeket. Ez a hiba a lakkozás utáni tömegmérésekből derül ki, ugyanis nem elegendő az állórészre felvitt lakk tömege, de a vasmag felületén is szemrevételezhető a hiba, mivel a kikeményedett lakkon megfolyás vehető észre (4.2 ábra).

A hibás lakkozás a tekercsfejben zárlatokhoz vezethet, és a vasmag felületén látható hibákat utómunka alá kell vetni, így a megfolyt és nem megfelelően felvitt lakkréteg növeli az utómunkálás idejét, amikor is a túl vastag és megfolyt lakkréteget (4.3 ábra) csiszolással eltávolítják, ideális lakkréteg esetén ezeket nem is kellene csiszolni. Ez a hiba növelheti a reklamációk mértékét is a Ziehl-Abegg Kft. felé, amennyiben hibásan lakkozott termék kerül ki a vevőkhöz.

4.2 ábra Megfelelő(bal) és megfolyt(jobb) lakkréteg



4.3 ábra Megfolyt, kikeményedett lakkréteg felnagyítva

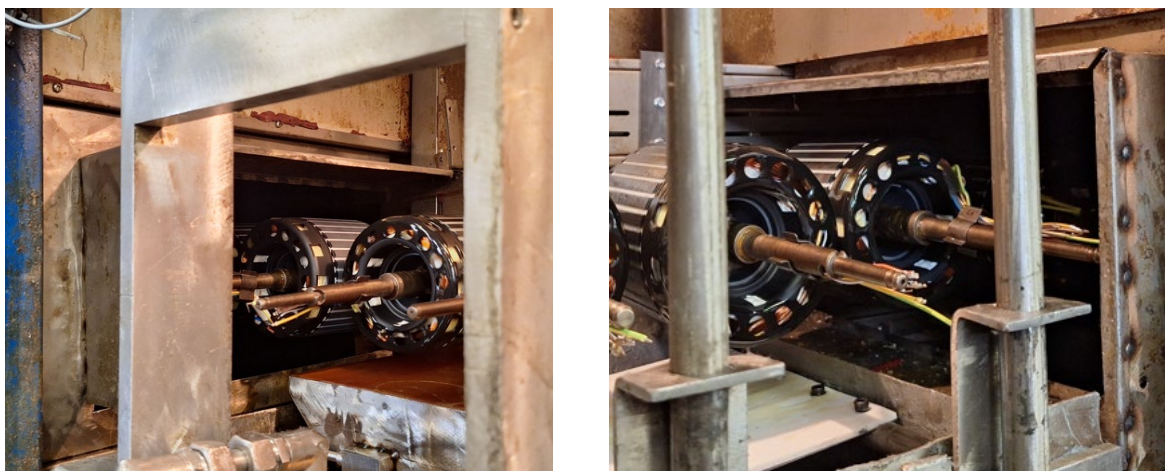


A probléma oka a 4.1-es ábrán jelölt mártótérben található (4.4 ábra). Itt, ahogy érkeznek az állórészek az előmelegítő kemencéből és haladnak tovább a keményítő kemencébe szabadon tud beáramlani a szobahőmérsékletű levegő a kemencékbe (4.5 ábra), így nem az előírt hőmérsékleten történik a keményedés, nem indul be elég hamar a polimerizáció a kellő előmelegített hőmérséklet hiányában, így a lakknak van ideje megfolyni és le is csepegni az állórészről.

4.4 ábra Mártótér

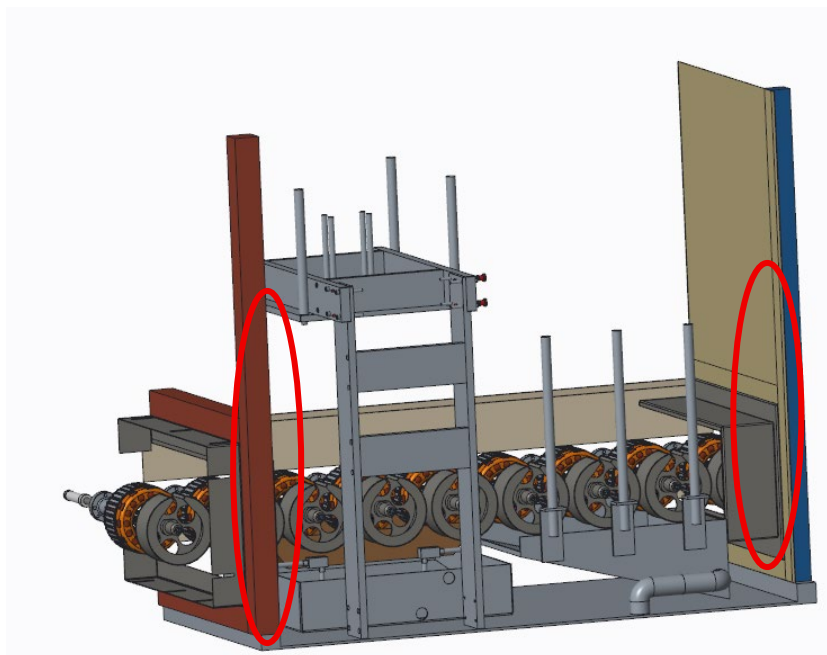


4.5 ábra Mártótér problémás ablakok



A 4.5-ös ábrán látható ablakok megfelelő lezárása egy-egy pneumatikusan vezérelt ajtóval felrögzítve a mártótér jelölt pontjain (4.6 ábra), megoldaná a problémát, úgy megfelelő hőtartással rendelkeznének a kemencék, ennek a kivitelezése, az állórészek méretéből és a helyhiányból adódóan pontos méretezést, és kivitelezést igényel.

4.6 ábra Mártótér 3D modellje, lehetséges felfogatási helyekkel



## 5. Tervezés/A probléma megoldása

### 5.1. Keményítő kamra ajtóinak tervezése

A tervezés megkezdéséhez szükséges egy munkahenger kiválasztása, amely képes lesz mozgatni a keményítő kamrákat lezáró ajtókat. A munkámat a gyártó által biztosított gépkönyvek és rajzok átolvasásával kezdtem meg, melyekben megtaláltam a gyártó által biztosított pneumatikus rajzokat is, így nekem már nem lesz szükséges ehhez pneumatikus kapcsolási rajzokat készítenem. Ezekben a gyártó megadja, hogy milyen munkahengerrel kell működtetni az ajtókat, így én is ezt a munkahenger fogom alkalmazni, ami egy Festo DGC-25-230-KF-PPV-A. Így a munkahenger adataival már elkezdhető a tervezés (5.1 táblázat).

5.1 táblázat Festo DGC-25-230-KF-PPV-A főbb adatai

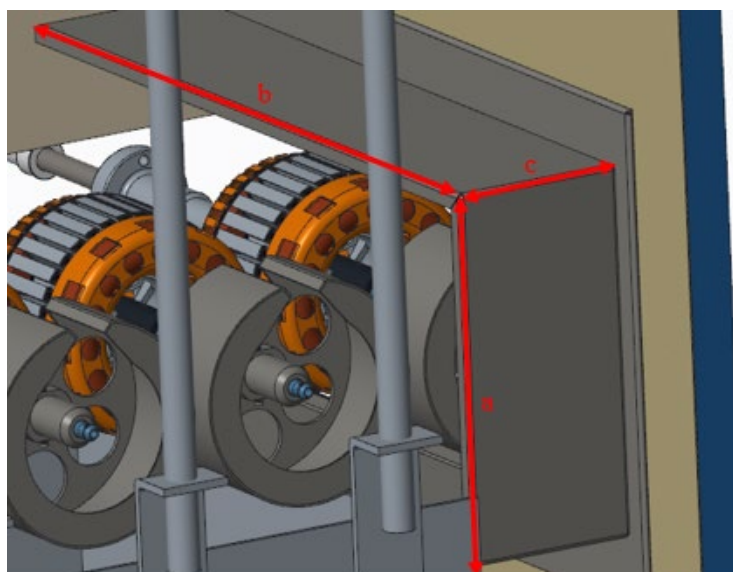
Dugattyú átmérő	25 [mm]
Lökethossz	250 [mm]
Csillapítás módja	Pneumatikus csillapítás
Vezető	Golyóscsapágyas vezető
Helyzetérzékelés	Közelítéskapcsolóhoz
Üzemi nyomás	2-8 [bar]
Elméleti erő	295 [N]
Munkahenger tömege	2,27 [kg]
Befoglaló méretek	68x60x430 [mm]

Mivel mindkét ajtó megegyező kialakítással fog rendelkezni és kialakításuk megegyező így számításaimat csak az egyik ablak ajtajára fogom elvégezni, mivel azok érvényesek lesznek a másokra is és az egyik alkatrészei, maximum kisebb méret módosításokkal alkalmazhatók lesznek a másik ajtóéra. Ezáltal a jobboldali ablak adatai alapján kezdem el a munkahenger felfogatásának méretezését (5.2 táblázat, 5.1 ábra).

5.2 táblázat Keményítő kamra ablakának befoglaló méretei

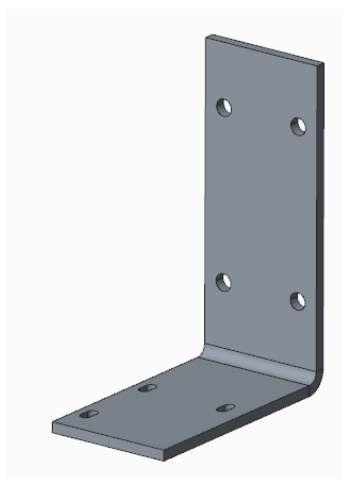
Magasság (a)	232 [mm]
Szélesség (b)	505 [mm]
Mélység (c)	113,6 [mm]

5.1 ábra Jobb oldali ablak méretei



A munkahenger ablak melletti felfogására a tervezési és gyártási szempontból is a legcélszerűbb egy lemezből hajlított acél felfogás készítése (5.2 ábra), melynek egyes paramétereit a munkahenger és ablak méretei határoznak meg, a lemez vastagságát, pedig szilárdsági számítással tudom meghatározni.

5.2 ábra Munkahenger felfogató lemez



A felfogatás anyagminőségének az X5CrNi1810 ausztenites rozsdamentes acélt választottam, mivel ellen kell állnia a mártótérbe előforduló sztirolgőznek, de főképp az esetlegesen rácseppenhető lakknak. Ez az anyag ideális, mivel felületi védelmet nyújt számomra a króm-oxidréteg kialakulása, amely 11,6 tömeg% feletti Cr ötvözőnek köszönhető, korrózióállóságát továbbá a Ni ötvöző tartalma is növeli számomra. Az anyag további tulajdonságai is ideálissá teszik számomra az alkalmazására, mivel nagy szilárdsággal rendelkezik, alkalmas hidegalakításra, jól forgácsolható, esztétikus és ellenáll a légköri hatásoknak. Az X5CrNi1810 rozsdamentes acél vegyi tulajdonságai megtalálhatók az 5.3-as táblázatban, szilárdsági tulajdonságai, pedig az 5.4-es táblázatban.

5.3 táblázat Az X5CrNi1810 acél vegyi összetétele

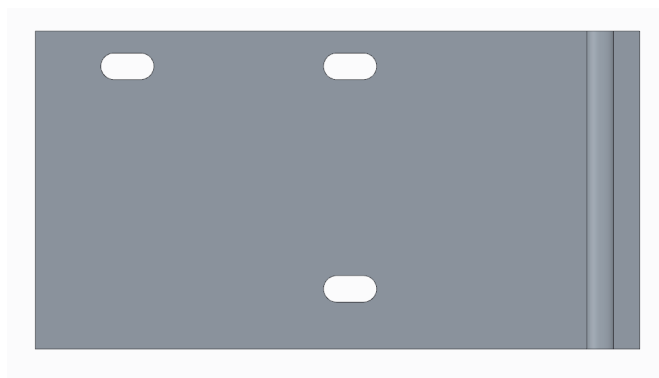
Ötvözők	C	Si	Mn	P	N	S	Cr	Ni
%	<0,07	<1	<2	<0,045	<0,1	<0,03	17,5-19,5	8-10,5

5.4 táblázat Az X5CrNi1810 acél szilárdsági tulajdonságai

Szakítószilárdság <b>R<sub>m</sub></b> [MPa]	Folyáshatár <b>R<sub>p0,2</sub></b> [MPa]	Folyáshatár 150 °C-on <b>R<sub>p0,2</sub></b> [MPa]	Szakadási nyúlás A [%]
500-700	190	140	45

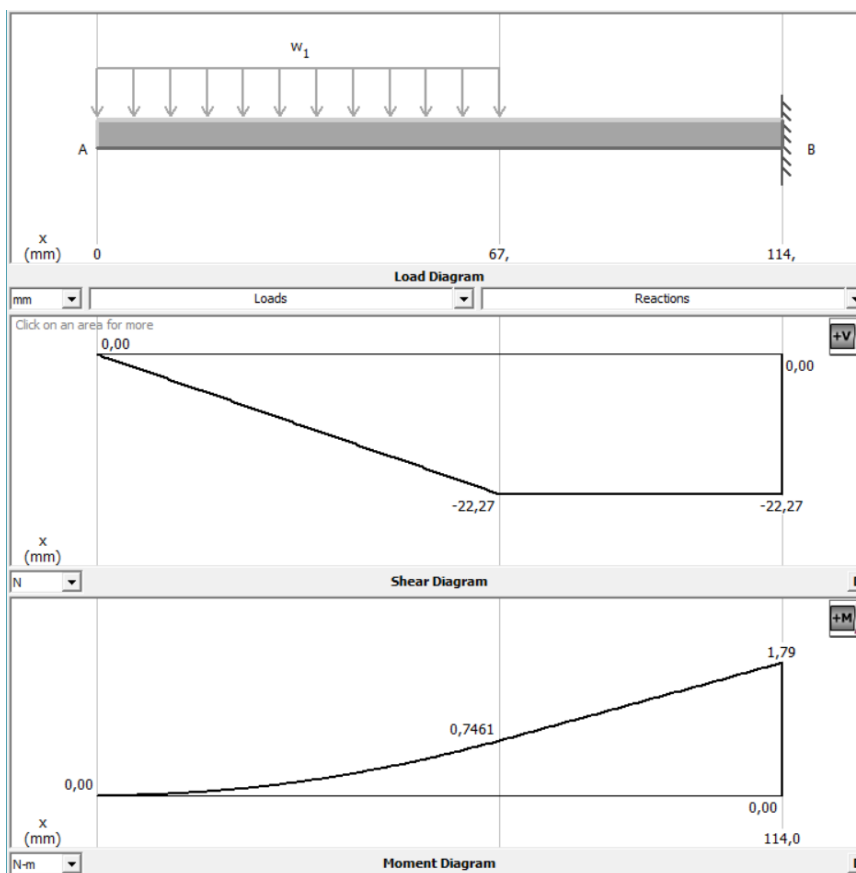
A munkahengeren felfogatásra 3 db M5-ös furat van kialakítva, ezáltal a felfogató lemezt is ennek tudatában kell kialakítanom. A munkahenger lemezhez való rögzítésére 3 db 5 mm széles és 10 mm hosszú hornyot alakítottam ki (5.3 ábra), a horony kialakítása azért volt célszerű, mivel az összeszerelés helyszíni lesz, a gépnél fog történni, az ablakoknál lévő kevés hely miatt, pedig fontos a munkahenger pozíciójának pontos beállítása, amely egyszerűbb, ha horony van belemarva a felfogató lemezbe, furatok kialakítása helyett. A lemeznek egyedül a vastagsága nem adott a munkahenger és ablak méreteiből, ez szilárdsági számításokból határozható meg.

### 5.3 ábra Felfogató lemez felülnézete



Az MDSolid 4.0 programmal elkészítettem a lemez igénybevételi ábráját, ahol falba befogott támaszként szimuláltam le a lemezem, melynek a végén megoszló terhelés húzza lefelé a munkahenger tömegével.

### 5.4 ábra Lemez igénybevételi ábrája



A legnagyobb hajlítónyomaték 1,79 Nm, így erre kell méretezni a lemez vastagságát. A vastagságot az alábbi hajlító feszültségi és keresztmetszet tényező egyenletekből kapható meg:

$$\sigma_h = \frac{M_h}{K_x}$$

$$K_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

„mivel „b” a lemez szélessége és „h” a lemez vastagsága.

A hajlító feszültség egyenlő lesz a megengedett feszültséggel, ami az alábbi képlet alapján kapható meg:

$$\sigma_h = \sigma_{meg} = \frac{Re_{0,2}}{S} = \frac{140}{2} = 70 \text{ MPa}$$

Az  $Re_{0,2} = 140 \text{ MPa}$ , mivel a választott acél folyáshatára 140 MPa 150 °C-on, ami a kemencék üzemi hőmérséklete, biztonsági tényezőnek, pedig a 2- volt célszerű választani a magasabb biztonság érdekében.

Ezek után így néz ki a képlet:

$$\sigma_{meg} = \frac{M_h}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$

Ezután a képletet rendezni kell a lemezvastagságra, és elvégezhető a számítás is, a behelyettesítést célszerű mm-ben és Nmm-ben végezni, mivel így az eredmény mm-ben kapható meg:

$$h = \sqrt{\frac{M_h \cdot 6}{b \cdot \sigma_{meg}}} = \sqrt{\frac{1790 \cdot 6}{60 \cdot 70}} = \sqrt{\frac{10740}{4200}} = \sqrt{2,557} = 1,599 \text{ [mm]}$$

A lemeznek minimum 1,599 mm vastagnak kell lennie, hogy elbírja a munkahenger tömegét, azonban a cég szerszámműhelyében a korábban meghatározott anyagminőségben a 60 mm széles lemezek közül a legkisebb vastagság, ami megtalálható az 5 mm, ezáltal célszerű erre a méretre tervezni, elkerülve a plusz anyagrendelést, a számítás mutatja, hogy az 5 mm-es lemez is tökéletesen elbírja a munkahengert.

A további biztonságos és stabil felfogatás érdekében egy ugyanilyen lemezzel kell rögzíteni a munkahengert az alsó felfogatásánál fogva. Továbbá ki kell számolni, hogy lemezeket mekkora csavarokkal kell felfogatni, hogy azok elbírják a munkahenger és kettő darab felfogató lemez tömegét, ezeknek az össztömege 3,45 kg. Itt érdemes illesztett szárú csavarokat alkalmazni, mivel a nyírófeszültség kedvezőtlen a menetekre.

Ez az alábbi csavarok méretezése nyírásra képlet átalakításával kiszámítható:

$$\tau_{meg.ny.} = \frac{F}{A_{ill} \cdot z \cdot k} = \frac{F}{\frac{d_s^2 \cdot \pi}{4} \cdot z \cdot k}$$

Csavarnak 5.6-os csavar lesz felhasználva, amelynek a folyáshatára 300 MPa, így a megengedett nyírófeszültség:

$$\tau_{meg.ny.} = \frac{R_e \cdot 0,6}{S} = \frac{300 \cdot 0,6}{2,5} = 72 \frac{N}{mm^2}$$

A csavarok száma továbbá 8 db és mindegyik csavar csak egy keresztmetszetben van nyírva, a 3,45 kg pedig 33,8445 N-nal húzza lefelé a szerkezetet. Ezek alapján átalakítva és majd behelyettesítve így néz ki az egyenlet:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\tau_{meg.ny.} \cdot \pi \cdot z \cdot k}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 33,8445}{72 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 1}} = 0,274 \text{ mm}$$

Így meg van, hogy mekkorának kell lennie minimum egy csavarnak, hogy elbírják a szerkezetet azonban az M6-os csavarra esett a döntésem, mivel az is mindenképp elbírja, de további esztétikai biztonságérzetet nyújt a nagyobb csavar. A munkahengereket felfogatólemezek műhelyrajzait az 1-4. sz. mellékletek tartalmazzák.

Így a munkahenger fel van fogatva, a következőkben meg kell tervezni az ablakot lezáró ajtót és az ajtó munkahengerrel ellentétes oldali megvezetését.

Az ablakot lezáró lemez méretezés nem igényel számolásokat vagy tervezést mivel minden mérete adott az ablak és a rendelkezésre álló hely méreteiből, valamint a pneumatikus munkahenger elhelyezkedéséből, az azon kialakított menetes furatok meg a felfogatáshoz használt furatok méretét is megadják. Az egyetlen problémát a két állórész közötti hely nyújtja, mivel két állórész között összesen 13 mm áll rendelkezésre és egyes esetekben a tüskék melyekre az állórészek fel vannak fogatva ütnek. Így az állórészek neki ütközhetnek az ablakot lezáró lemeznek és mivel ezek éppen kikeményedő lakkal vannak bevonva még hozzá is ragadhatnak egy acéllemezhez. Ez problémát okozhat a gép működésében, még géphibához is vezethet ezért ennek elkerülése érdekében az ajtót lezáró 1 mm vastag X5CrNi1810 rozsdamentes acéllemez mindkét oldalára ragasztani kell 0,5-0,5 mm vastag politetrafluoretilén (PTFE), azaz teflon lemezeket. A teflon lemez megfelelő erre a célra, mivel rendkívül jó vegyszerállósággal és kitűnő hőállósággal rendelkezik, 260 °C-ig alkalmazható, emellett jó sülkési tulajdonsággal is rendelkezik, ami célszerű lesz a munkahengerrel ellentétes oldali

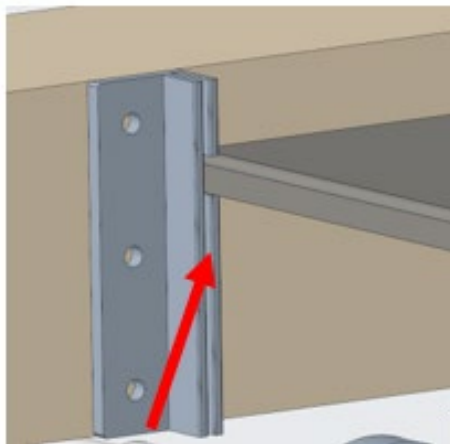
megvezetés kialakításánál. További kedvező tulajdonságai közé tartozik, hogy jó szívósság és kifáradási ellenállás jellemzi és elhanyagolhatóan kicsi a vízfelvétele.

Tehát az ablakot lezáró ablak méretei adottak, anyagminősége is, azonban mivel a 2 mm vastag lesz összességében, így a lemez és egy állórész között összesen 3-5 mm hely marad, ami a későbbiekben problémát okozhat a tüskék ütése végett, erre a későbbiekben még kitérek a szakdolgozatomban. Az ajtó lemezek műhelyrajzait a 7-8. sz. mellékletek tartalmazzák.

A következő és egyben utolsó alkatrész az ablak lezárásához a lezáró lemez, felfogatással ellentétes megvezetése, hogy ezzel korlátozzuk a lemez mozgását, hogy az csak fel és le tudjon járni, előre és hátra ne legyen mozgása, ehhez szükséges egy megvezető alkatrész tervezése.

A megvezető alkatrész méreteit szintűgy megadja a rendelkezésre álló hely és a lezáró lemez, valamint az ablak méretei. Szükséges a megvezetésen egy bemarás kialakítása, hogy az megfelelően illeszkedjen és tudjon benne mozogni a lemez, ezt a 5.5-ös ábra szemlélteti. Anyagminőségének szintűgy a X5CrNi1810 rozsdamentes acélt választottam, mivel ennek az alkatrésznek is ellen kell állnia a sztirolgőznek és az esetlegesen rácseppenő lakknak.

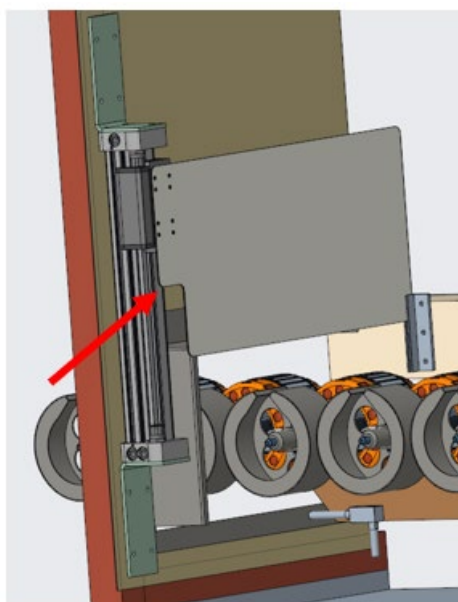
#### *5.5 ábra- Lemez megvezető alkatrész*



A megvezető alkatrész felfogatásához is M6-os csavarra esett a választásom, mivel szilárdsági számítások nélkül is belátható, hogy az el fogja bírni az alkatrészt és célszerűnek tartom az azonos méretű csavarok alkalmazását a felfogatásokhoz, mivel így nem kell különböző méretű csavarokat berendelni, elegendő lesz az M6-os csavarok különböző hosszban való megrendelése. A megvezető alkatrészek műhelyrajzait az 5-6. sz. mellékletek tartalmazzák.

Így elkészítettem a jobb oldali ajtó lemezeinek felfogatásának és megvezetésének 3D modelljeit, mivel az ablak méretek megegyeznek csupán az oda eső tüske pozíció változtat a méreteken így a jobb oldali felfogató lemez kisebb méretmódosításával a bal oldali ablakhoz is elkészíthető az ablakot lezáró ajtó összeállított 3D modellje, mivel a legtöbb alkatrész modellje oda felhasználható, így műszaki rajzot is elég lesz egyet készíteni az adott alkatrészekből csak a darabszámukat kell megduplázni.

*5.6 ábra- Bal oldali ablakot lezáró ajtó 3D modellje*

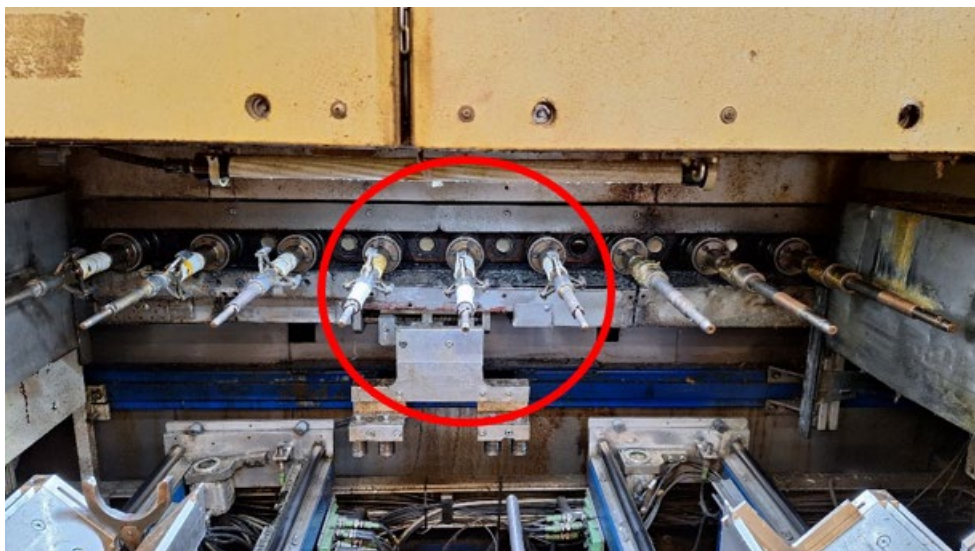


Így a kemenceterek szükséges lezárása megoldott és megfelelő hőmérsékleten történhet az előmelegítés és keményítés a szobahőmérsékletű levegő beáramlása nélkül. Azonban a tüskék közti kis távolság további problémát vett fel. A tüske középpontok közötti távolság 150 mm és a legnagyobb a tüskére felkerülő állórész átmérője 137 mm, továbbá a tüskék végére felkerülő kábeldobok átmérője 140 mm, ezek még nem is okoznának, maguknak gondot, azonban a lakkozó tüskék hajlamosak ütésre és mivel a legkisebb távolság egy ablakot lezáró ajtó felülete és tüske középpont között 73 mm így egy állórész külső palástja 4,5 mm-re míg egy kábeldob palástja 3 mm-re van az ajtó felületétől. Mivel a tüskék nem a saját tengelyeik körül forognak, tehát ütnek a felhelyezett ajtóban ezáltal kárt tudnak okozni, a kábeldobok ütközése az ajtókon horpadásokat okozhat, amely azok nem megfelelő működéséhez vezethetnek, nyitáskor és záráskor megakadhatnak. Viszont az ajtók állórészrel történő

érintkezése ennél jelentősebb problémát is okozhat, mivel a lehetséges érintkezés pillanatában olyan lakk található az állórészeken amelyeken már beindult a keményedés folyamata és ha ezek érintkeznek az ajtóval előfordulhat, hogy az állórészek hozzáragadnak az ajtóhoz. Ezt a hozzáragadást a rendszer nem érzékeli és a dolgozó is csak éppen észre tudja venni, ami ahhoz vezethet, hogy az ajtó nyitásakor a felrántja a hozzátapadt állórészt a tüskével együtt, ez nagyon súlyos géphibához és termelés kieséshez vezethet, így ezek szűrésére is megoldást kell találni.

A legmegfelelőbb módszer a hibás tüskék szűrése lenne, erre ki kell alakítani egy készüléket, amivel még az állórészek felhelyezése előtt le lehet ellenőrizni, hogy melyik tüskék ütnek, hogy azokra ne helyezzen fel a dolgozó állórészeket, hanem helyette elküldjék azokat karbantartásra. Erre az egyetlen alkalmas pozíció az 5.7-es ábrán bemutatott felrakótér, itt is a megjelölt középső 3 db tüske ellenőrzése. Így minden felrakás előtt a 3 db tüskét ellenőrizni kell, a 3 db tüske ellenőrzésére azért van szükség mivel a gép hármásával lépteti a tüskéket, így hármásával történik az állórészek felhelyezése is, a műanyaggyanta alapú lakkba történő mártásuk és a levételük is, így ezt a műveletet is hármásával kell végezni.

5.7 ábra-Felrakótér

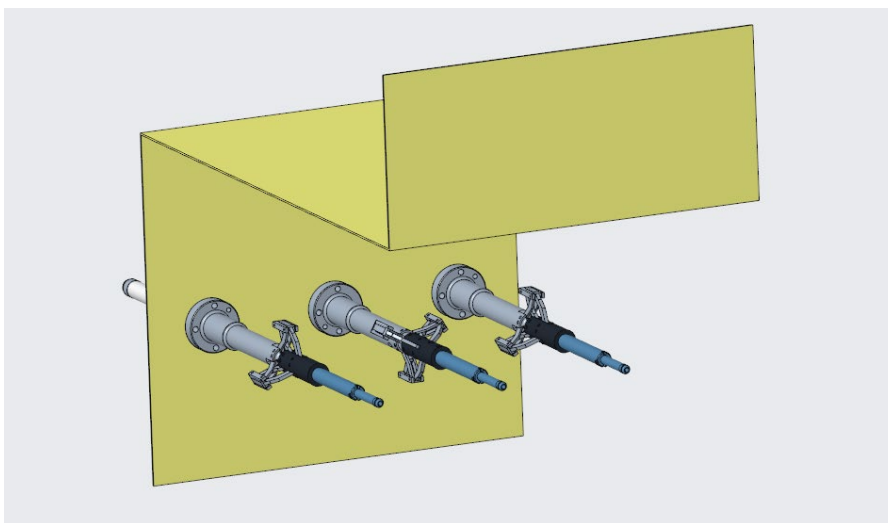


Mivel a felrakótérben nem történik mártás és itt nincs jelen a műanyaggyanta alapú lakk, ezáltal nem indokolt a X5CrNi1810 rozsdamentes acél használata itt, így ide külön alapanyagot kell majd választanom.

## 5.2. Tüske ellenőrző készülék tervezése

Első lépésként bemodelleztem a felrakótér azon részét, ahova fel tudom helyezni az ellenőrző készüléket, olyan mértékben, amely elegendő ahhoz, hogy meg tudjam tervezni a készüléket (5.8 ábra).

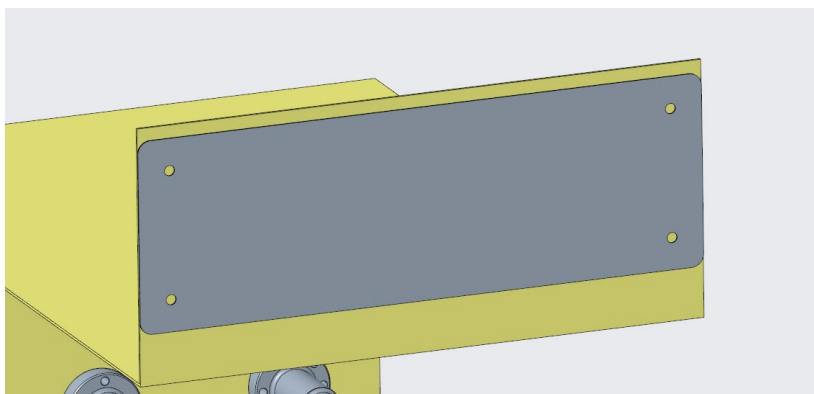
5.8 ábra-Bemodellezett felrakótér



Ez a 3D modell elegendő, ahhoz, hogy megtervezhessem a készüléket, mivel minden olyan méretet tart, ami az eredeti felrakótérben jelen van. Következő lépésként először megterveztem egy felfogatást az ellenőrző készüléknek, amivel a lakkozógépre rögzíthető lesz a készülék. A felfogatást 3 db lézerrel kivágott lemezből alakítottam ki, mivel az ellenőrzéshez fontos a készülékem pozíciója, hogy az pontosan tudjon elhelyezkedni a tüskékkel szemben a megfelelő ellenőrzés elvégzéséhez. Először elkészítettem hátsó lemezt, amely egy hátlapként funkcionál (5.9 ábra). A furatok jelenleg csak szemléltető jelleggel rendelkeznek, mivel a csavarok mérete csak a tervezés legvégén számítható, amikor is rendelkezésre áll a készülék teljes tömege. A lemez méretei nem voltak megkötve a gép kialakítása által így azokat én választottam meg, szélességének 450 mm-t választottam mivel az itt mozgó készüléknek legalább két tüsketáv mozgásra szüksége lesz, ami 300 mm, tehát a tüske középpontok távolságának háromszorosa elegendő lesz, hogy a készülék mind a három tüskével szembe állítható legyen. Magasságát nem befolyásolta ilyen szempontból tényező, de a további alkatrészeim méretét ennek a méretnek a függvényében is kell meghatároznom így magasságának 150 mm-t választottam. Lemezvastagságnak az 1 mm mellett döntöttem, mivel

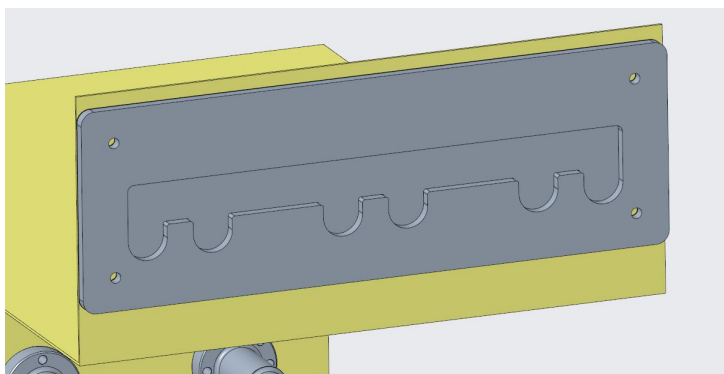
ez a hátsó lemez csak fedést fog ellátni, más funkciója nem lesz. Ahogy azt korábban is említettem a felrakótérnél nem indokolt már az X5CrNi1810 rozsdamentes acél használata, így az S235 acél megfelelő anyagminőséggel rendelkezik, továbbá könnyen lézerrel vágható így egyszerűen megrendelhető az alkatrész a cég beszállítójától, ahol szakdolgozatot készítem.

#### *5.9 ábra- Felfogató lemez hátlapja*



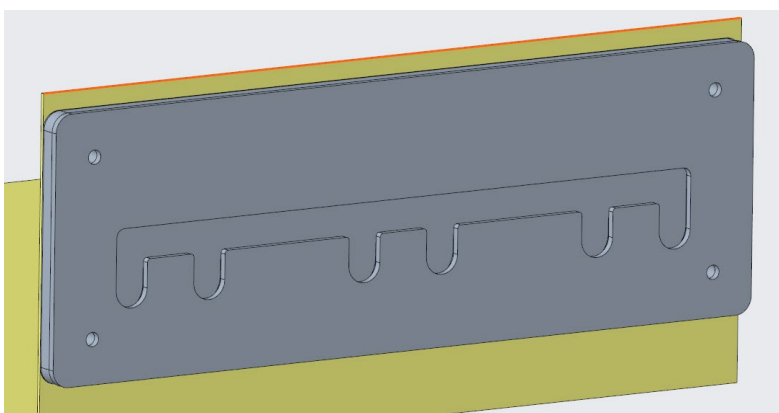
Ezután a középső lemez megtervezése következik, ennek a 450\*150 mm-es befoglaló méretei már adottak az előző lemez méreteiből, ahogy az anyagminősége is a korábban felsorolt indokok által vastagságának elsősorban 8 mm-t választottam, mivel az kellő mechanikai stabilitást biztosíthat számomra és a beszállító cég is még megfelelő pontossággal tudja lézerrel vágni ezt a lemez vastagságot. Ezután kialakítottam a három állást, amelyek pontosan szemben helyezkednek el és egy sínpálya köti össze őket, hogy könnyedén lehessen a 3 db állás között váltani, tehát a három tüske könnyedén ellenőrizhető lesz.

#### *5.10 ábra-Középső lemez 3D modellje*



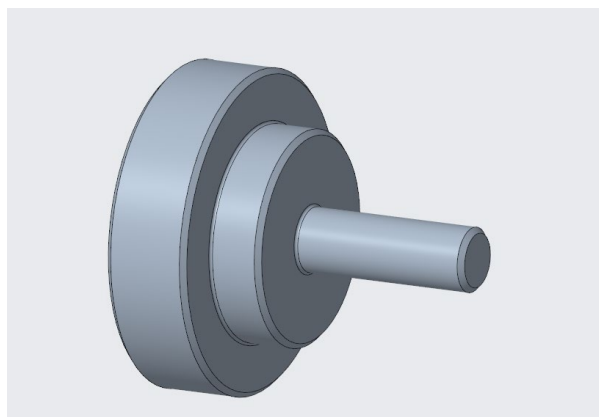
A készülék felfogatására így már csak egy elülső lezáró lemezre van szükség, ennek a kialakítása szinte teljesen megegyezik a középső lemezével (5.11 ábra). Vastagságának 4 mm-t választottam, és az ellenőrző készülék mozgásához kivágott anyag méreteit lecsökkentettem, hogy az oda behelyezett alkatrészek ne tudjanak kiesni, ezeket az alkatrészeket a következőkben fogom megtervezni. A készülék felfogató lemezek műhelyrajzait a 9-11. sz. mellékletek tartalmazzák.

### 5.11 ábra-Fedő lemez



A következő egy összekötő darab megtervezése amire a csapot fogok kialakítani, hogy arra felhelyezhető legyen a fő közdarabom. Az alkatrészből kettő darabra lesz szükségem, hogy azok párban megfelelően tudják pozicionálni az ellenőrző készüléket. A lemezek közé elhelyezkedő felét kerekre alakítom ki, hogy az, maximum egy kevés zsirozással megfelelően tudjon mozogni a pozíciók között. Méreteit A lemezen kialakított kivágások határozzák meg, a legnagyobb átmérőjű részének hosszát a középső lemez vastagsága határozza meg, a középső „váll” hosszát az elülső lemez, ahová még modelleztem plusz 1 mm-es ráhagyást, hogy az ezután következő közdarab, a készülék mozgásakor ne a lemezen csússzon ezáltal koptatva az alkatrészeket (5.12 ábra). A kilógó csap átmérőjének és hosszának akkora méretek választottam, amelyek véleményem szerint kellő mechanikai stabilitást fognak nyújtani a szerkezetnek, azonban, mint ahogy a rögzítő csavarokhoz, úgy ezekhez is egy ellenőrző szilárdsági számítást el kell végezni, amint meg van a készülék teljes tömege. Az összekötő csap műhelyrajzát a 12. sz melléklet tartalmazza.

### 5.12. Ábra-Összekötő csap 3D modellje

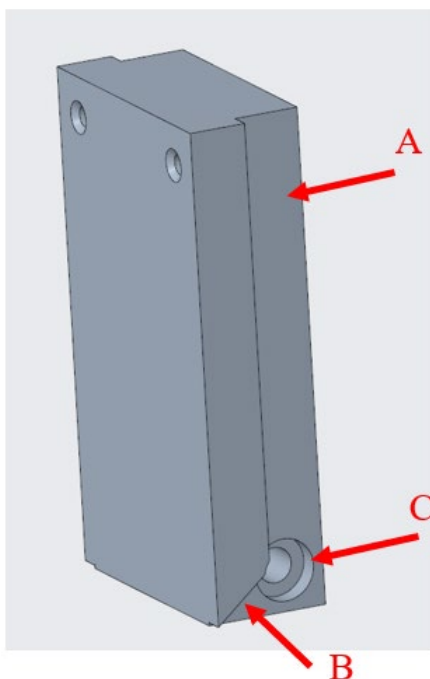


Miután mindkét összekötő csapot behelyeztem az összeállításomba következik az első közdarabom modellezése. Ez a csapokra szoros illesztéssel fog helyezkedni, és kettő további közdarab fog hozzá csatlakozni, amelyek párban „tartani” fogják az ellenőrző alkatrészt.

A közdarabomat egy hasábból kell kialakítanom, hosszának minimum 90 mm kell lennie, hogy lelógjon a felrakótérig, minimum 56 mm szélesnek, hogy felhelyezhető legyen a csapokra és legalább 17 mm mélynek szintúgy, hogy megfelelően fel lehessen helyezni a csapra. Továbbá minden méretnek hagynom kellő ráhagyást, főképp a hosszának, hogy a következő, mozgó közdarabok is felhelyezhetőek legyenek az alkatrészt, úgy, hogy funkciójukat is elláthassák. Így a befoglaló mérete a hasábomnak 120\*70\*30 mm lett. Legelőször is kialakítok két furatot, amelyekkel a hasáb felhelyezhető lesz a korábban kialakított csapokra. Következésképp kialakítottam a hasáb mindkét oldalán egy-egy lépcsőt (5.13 ábra, A pont), ahol a mozgó közdarabok illeszkedhetnek, ez szükséges mivel így a készülék ezen részének a teljes szélessége csökkenthető. A lépcső mélysége 5 mm, mivel az a későbbiekben kellő vastagság lesz a mozgó közdaraboknak, a lépcsőben található szög pontosan a mozgó közdarabok megtervezésével lesz meghatározható, mivel ide erre a felületre illeszkedve lesz pontos az ellenőrzés (5.13 ábra, B pont). Ezután még kialakítok egy-egy csapágyfészket (5.13 ábra, C pont) mindkét oldalra, ahová egy-egy SKF W 619/6-os csapágy fog illeszkedni. A csapagyakat azért tartom szükségeseknek erre a pozíciókra, mivel ezek folyamatos forgó mozgást fognak végezni a mozgó közdarabok a csapágyfészkek középpontja körül, tehát csapagyak nélkül jelentős kops alakulna ki rövid időn belül. Az SKF W619/6 csapágyra a méretei miatt esett választásom, ezáltal nem szükséges számításokat végezni terhelésre 0,265 kN statikus és 0,761 kN dinamikus terhelést bír ki ez a csapágy, amely jelentősen nagyobb, mint amekkora terhelést a két csapágy kaphat a készülék használatakor. A

két csapágyfészek középpontján keresztül még egy átmenő furatot modellezek, ahova a későbbiekben egy tengely lesz behelyezhető, amelynek a két végére a mozgató közdarabok lesznek helyezhetőek, az egységes tengelyt azért tartom indokoltnak, mivel nagyobb mechanikai stabilitást tud nyújtani, mint ha két külön csapra lennének felhelyezve a mozgató közdarabok, továbbá gyárthatósági szempontból is egyszerűbb átfúrni az anyagot a teljes hosszon, mint további két zsebet kialakítani a csapoknak oda, ahol már alaptól ki kell alakítani 2 db csapágyfészket. Az összekötő közdarab anyagminőségének az AlMgSi anyagot választottam, mivel az alumínium könnyebb anyag, tehát nem fogja leterhelni az összekötő csapokat a tömegével a közdarab, az AlMgSi anyagnak még további kedvező tulajdonsága, hogy korrozióálló, nagy szilárdsággal rendelkezik és könnyen megmunkálható. Az összekötő közdarab műhelyrajzát a 13. sz melléklet tartalmazza.

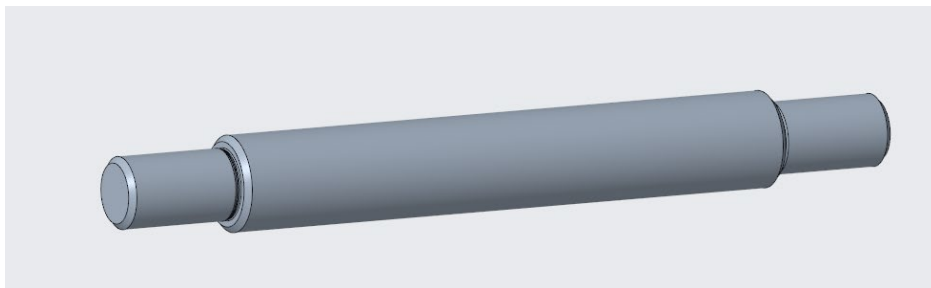
5.13 ábra- Összekötő közdarab 3D modellje



Az összekötő közdarab és csapágyok összeállítási modellbe történő behelyezése után következik a korábban említett tengely modellezése, ennek minden mérete adott volt, olyan szempontból, hogy meg volt mekkora lehet a teljes hossza, a két tengelyvég hossza, és az átmérők, a tengely középső szekcióját kisebb átmérőre tervezem, mint az összekötő darabban

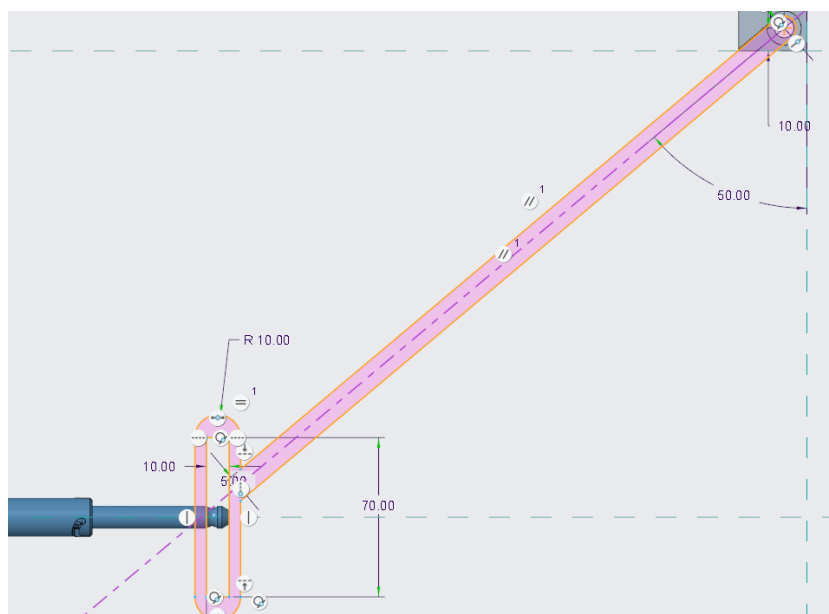
található átmenő furat átmérője, mivel nem szükséges a tengelynek a furatban illeszkednie, a csapágyak „váll” funkciót betöltve kellően megtartják. A tengely műhelyrajzát a 14. sz. melléklet tartalmazza.

5.14 ábra-Tengely 3D modellje



Ezután már csak a mozgató közdarab és az ellenőrző darab maradt hátra. A mozgató közdarabot legegyszerűbb módon lézerrel kivágva a legegyszerűbb megvalósítani, így ehhez a gyártási technológiához fogom tervezni az alkatrészt. Először is egy vázlatot készítek az alkatrésznek, ahova egy téglalap formájában berajzolom az ellenőrző alkatrészt, majd ezt összekötöm a korábban lemodellezett hasábon található furatokkal. Ezt a vázlatot 5 mm vastagon kihúzva meg is kapom a kész alkatrészem. A mozgató közdarab műhelyrajzát a 15. sz. melléklet tartalmazza.

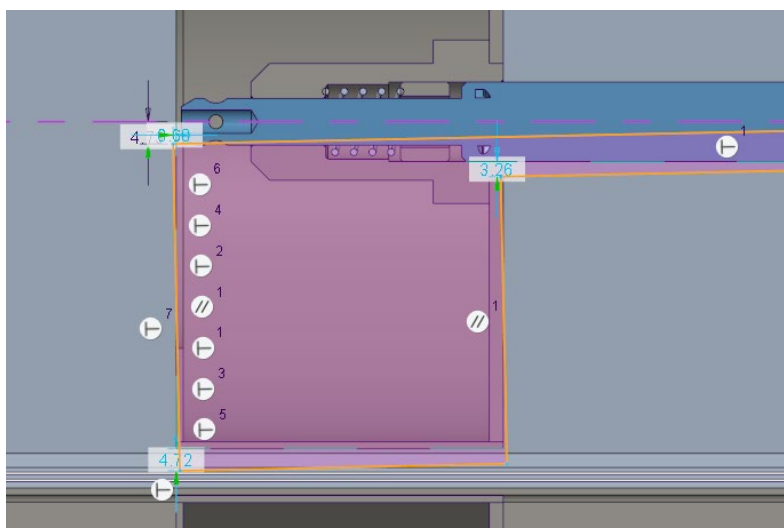
5.15 ábra-Mozgató közdarab vázlata



Így a már korábban említett összekötő közdarab lépcsőjében található letörés (5.13 ábra, B pont) szöge is rendelkezésre áll.

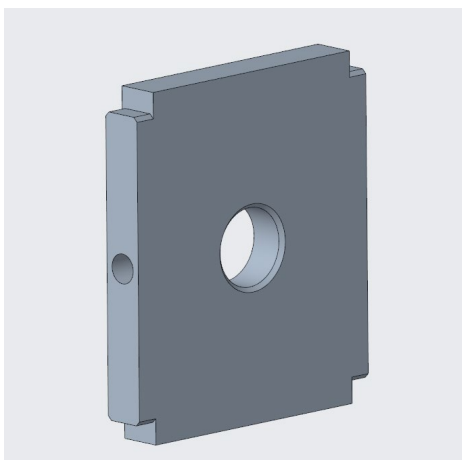
A tervezés utolsó lépéseként következik az ellenőrző alkatrész modellezése, amely a készülék egyik leglényegesebb alkatrésze. Kezdő lépésként a mozgó közdarab méretei alapján modellezek egy alap darabot, amibe kerülni fog a furatom, amellyel az ellenőrzést fogjuk végezni. A furat átmérőjének meghatározásához készítek a mártótér összeállítási modelljében egy vázlatot, amely megmutatja, hogy mekkora ütés esetén érne hozzá a tűske végére felhelyezett kábeldob az ajtóhoz (5.16 ábra)

5.16 ábra-Tűske ütés mértékének vázlata



Ezáltal a furat átmérőjének 16 mm-t választottam, ebben még plusz szigorúbb tűrés is benne van. Az ellenőrző darab oldalán még kialakítok 2 db M8-as furatot, amelyek az ellenőrző darab és mozgó közdarabok egyszerű összeszerelhetőségét segítik (5.17 ábra). Az ellenőrző alkatrész műhelyrajzát a 16. sz. melléklet tartalmazza.

5.17 ábra- Ellenőrző alkatrész 3D modellje



A következőkben még hátra van a korábban említett ellenőrző számítások elvégzése, elsősorban a teljes készüléket felrögző 4 db csavar méretezése.

Csavarok 5.6-os csavar lesz felhasználva, amelynek a folyáshatára 300 MPa, így a megengedett nyírófeszültség:

$$\tau_{meg.ny} = \frac{R_e \cdot 0,6}{S} = \frac{300 \cdot 0,6}{2,5} = 72 \frac{N}{mm^2}$$

A csavarok száma továbbá 4 db és mindegyik csavar csak egy keresztmetszetben van nyírva, az össztömeg 7,0886 kg, ami 69,539 N-nal húzza lefelé a szerkezetet. Ezek alapján átalakítva és majd behelyettesítve így néz ki az egyenlet:

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\tau_{meg.ny} \cdot \pi \cdot z \cdot k}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 69,539}{72 \cdot \pi \cdot 4 \cdot 1}} = 0,554 \text{ mm}$$

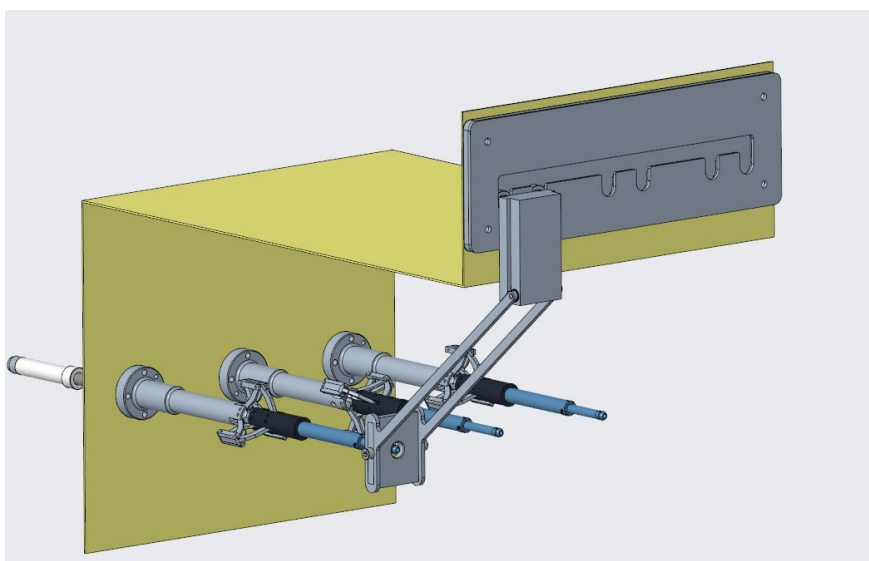
Így meg van, hogy mekkorának kell lennie minimum egy csavaroknak, hogy elbírják a szerkezetet azonban az M8-as csavarra esett a döntésem, mivel az is mindenképp elbírja, de további esztétikai biztonságérzetet nyújt a nagyobb csavar.

Még hátra van az összekötő csapok szilárdsági méretezése, viszont az belátható, hogy annak a számítása hasonló lenne a csavar méretezéséhez. Tehát, ha ott 72 N/mm<sup>2</sup> megengedett feszültség mellett, még úgyis, hogy ott 4 csavar van és nekünk 2 csapunk van, a teljes tömeg

megtartásához 0,554 mm-es átmérő szükséges csavaronként, akkor a kisebb tömeget el fogják bírni a 6 mm-es átmérőjű csapok.

Ezáltal elkészítettem az ellenőrző készülékem összes alkatrészét a tervezés utolsó fázisaként elkészítem a teljes összeállítási modelljét a készüléknek (5.18 ábra).

*5.18 ábra- Ellenőrző készülék 3D modellje*



A továbbiakban elkészítem a műszaki rajzokat gyártáshoz a szükséges alkatrészekről, valamint elkészítem a gyártástervezést is.

---

## 6. Gyártástervezés

A továbbiakban elkészítem a megtervezett alkatrészek legyártásához szükséges számításokat és tervezéseket. Egyes alkatrészeket marással kell legyártani míg 2 db alkatrész esztergálással gyártható le, azonban a legtöbb alkatrész legyártásához a legegyszerűbb technológia a lézervágás, mivel könnyen kivághatók adott anyagú lemezekből, amely után nem igényelnének megmunkálást.

A cég, ahol szakdolgozatom készítem nagy mennyiségben rendel lézervágott alkatrészeket külsős beszállítótól így a saját alkatrészim megrendelése nem fog gondot okozni, a beszállító már jól kiismert így biztos, hogy azok a méretek, amelyek fontos, hogy pontosak legyenek megfelelően kerülnek kivágásra. Habár a lézervágáshoz a cég számára nem szükséges műszaki rajzok készítése, mivel .dxf fájlok alapján készítik el a termékeket, én elkészítettem azok műszaki rajzát feljelölve a számomra fontos méretekkel.

A lézervágással legyártandó alkatrészek az alábbiak:

- Bal alsó felfogatólemez
- Bal felső felfogatólemez
- Jobb alsó felfogatólemez
- Jobb felső felfogatólemez
- Hátsó felfogatólemez
- Középső felfogatólemez
- Borító felfogatólemez
- Mozgató közdarab
- Acél ajtólemez

A 4 db pneumatikus munkahenger felfogatólemezt még hajlítani szükséges, azonban a beszállító cégnél ez is megoldható, így ezek műszaki rajzán még a hajlítást is feljelöltem, amely alapján már készre tudják gyártani az alkatrészeket. A további alkatrészek legyártása a szerszámműhelyben fog történni az elkészített műszaki rajzok alapján, művelettervet nem készítetek papír és táblázatos alapon, mivel a cég előírásai alapján azok a cég saját vállalatirányítási programjában készülnek, amelyek bizalmas információkat tartalmaznak.

## 6.1. Marással történő gyártás

Marással a bal és jobb oldali megvezető alkatrészeket, valamint az ellenőrző darabot és összekötő közdarabot kell legyártani. Az összes forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadékként olajemulziót alkalmaztam.

### 6.1.1. Bal oldali megvezető alkatrész forgácsolási paraméterei

A választott szerszám: Mikron TNC 355 CNC Marógép

A fokozati tényező értéke:  $\varphi = 1,25$

A beállítható fordulatszámok határai:  $n = 40 - 4000 \text{ min}^{-1}$

A munkadarab befogása: satuba történő rögzítés

A választott szerszám: ORION tömör keményfém szármaró, Ø20x42x60x114 mm

Fogszám:  $z=4$

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,11 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 15 \cdot 0,77 \cdot 1,33 \cdot 0,55 = 8,449 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 8,449}{20 \cdot \pi} = 134,47 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 150 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 150}{1000} = 9,423 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,157 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,11 \cdot 150 \cdot 4 = 66 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,11}{20}} = 0,0742$$

$$\text{innen } \varphi = 8,5^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{8,5^\circ}{90^\circ} = 0,094$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{5}{20}} = 0,055 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,094 \cdot 1600 \cdot 0,055 \cdot 5 = 41,36 N$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 41,36 \cdot 0,157 = 6,494 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{6,494}{0,8} = 8,117 W$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Ezzel a választott szerszámmal a bal oldali megvezető alkatrész legtöbb forgácsolási megmunkálása elvégezhető. A furatokhoz és a 2 mm széles, 16 mm mély horonyhoz és a horonynál található bemarkáshoz kell másik szerszámot választanom.

A 2 mm széles horonyhoz választott szerszám: ORION keskeny tárcsamaró, HSSE, keresztfogazású, Ø63 x 2 x 22 mm, A alak

Fogszám: z=28

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,03 mm$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 46 \cdot 0,77 \cdot 1,33 \cdot 0,4 = 18,843 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 18,843}{63 \cdot \pi} = 95,205 min^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 100 min^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{63 \cdot \pi \cdot 100}{1000} = 19,792 \frac{m}{min} = 0,329 \frac{m}{sec}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,03 \cdot 100 \cdot 28 = 84 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,03}{63}} = 0,0218$$

$$\text{innen } \varphi = 2,5^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{28} = 12,857^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{2,5^\circ}{12,857^\circ} = 0,194$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,03 \cdot \sqrt{\frac{5}{28}} = 0,0127 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,194 \cdot 1600 \cdot 0,0127 \cdot 5 = 19,71 N$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 19,71 \cdot 0,329 = 6,485 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{6,485}{0,8} = 8,106 W$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A horony melletti bemarkáshoz választott szerszám: ORION tömör keményfém szármáró, Ø6x13x18x58 mm

Fogszám: z=4

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,11 mm$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 20 \cdot 0,77 \cdot 1,33 \cdot 0,55 = 11,265 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 11,265}{6 \cdot \pi} = 597,627 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 600 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 600}{1000} = 11,309 \frac{m}{min} = 0,188 \frac{m}{sec}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,11 \cdot 600 \cdot 4 = 264 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,11}{6}} = 0,135$$

$$\text{innen } \varphi = 15,564^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{15,564^\circ}{90^\circ} = 0,173$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{3}{6}} = 0,078 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,173 \cdot 1600 \cdot 0,078 \cdot 3 = 64,771 \text{ N}$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 64,771 \cdot 0,188 = 12,177 \text{ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{12,177}{0,8} = 15,221 \text{ W}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A 8 mm-es átmenő furatokhoz használt szerszám: WIDIA VariDrill nagy teljesítményű fúró, TKF TiAlN, 5xD Ø8mm x 8mm x 91mm

$$\text{A fogásmélység: } a = \frac{D}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Az előtolás értéke: } f = 0,28 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Fogások száma:  $i=2$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} = 20 \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 0,55 = 12,32 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 12,32}{8 \cdot \pi} = 490,197 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 500 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{8 \cdot \pi \cdot 500}{1000} = 12,566 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,209 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{d}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 1600 \cdot \frac{8^2 \cdot 0,28}{8 \cdot 10^3} = 3,584 \text{ Nm}$$

A fúró teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{3,584 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 500}{60 \cdot 10^3} = 0,188 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,188}{0,8} = 0,235 \text{ kW}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Ezáltal elvégeztem a bal oldali megvezető alkatrészek legyártásához szükséges számításokat, mivel a jobb oldali megvezető alkatrész, méreteiben, anyagminőségében és kialakításban is megegyezik, egyedül „tükrözve” van, ebből adódóan arra nem szükséges elvégezni ezeket a számításokat, mert megegyező eredményeket kapnék.

### 6.1.2. Ellenőrző darab forgácsolási paraméterei

A választott szerszám: Mikron TNC 355 CNC Marógép

A fokozati tényező értéke:  $\varphi = 1,25$

A beállítható fordulatszámok határai:  $n = 40 - 4000 \text{ min}^{-1}$

A munkadarab befogása: satuba történő rögzítés

A választott szerszám: ORION tömör keményfém szármaró,  $\varnothing 6 \times 13 \times 18 \times 58 \text{ mm}$

Fogszám:  $z=4$

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,11 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 15 \cdot 0,77 \cdot 0,8 \cdot 0,55 = 5,082 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 5,082}{6 \cdot \pi} = 269,608 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 280 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 280}{1000} = 5,277 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,088 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,11 \cdot 280 \cdot 4 = 123,2 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,11}{6}} = 0,135$$

$$\text{innen } \varphi = 15,564^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{15,564^\circ}{90^\circ} = 0,173$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{5}{6}} = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{fog}}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,173 \cdot 2850 \cdot 0,1 \cdot 5 = 246,525 \text{ N}$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 246,525 \cdot 0,088 = 21,964 \text{ W}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{21,964}{0,8} = 27,118 \text{ W}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

16 mm-es átmérőjű furathoz választott szerszám: Horex Csigafúró HSS N, TiN,  $\varnothing 16\text{mm}$

$$\text{A fogásmélység: } a = \frac{D}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Az előtolás értéke: } f = 0,25 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Fogások száma:  $i=2$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} = 16,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 = 6,48 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 6,48}{16 \cdot \pi} = 128,916 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 120 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{16 \cdot \pi \cdot 120}{1000} = 6,032 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{d}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 2850 \cdot \frac{16^2 \cdot 0,25}{8 \cdot 10^3} = 22,8 \text{ Nm}$$

A fúró teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{22,8 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 120}{60 \cdot 10^3} = 0,029 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,029}{0,8} = 0,036 \text{ kW}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

6,7 mm-es átmérőjű magfuratokhoz választott szerszám: Horex Csigafúró HSS N, TiN,  $\varnothing 6,7\text{mm}$

$$\text{A fogásmélység: } a = \frac{D}{2} = \frac{6,7}{2} = 3,35 \text{ mm}$$

$$\text{Az előtolás értéke: } f = 0,13 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Fogások száma:  $i=7$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} = 27,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4 = 11 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 11}{6,7 \cdot \pi} = 522,598 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 520 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{6,7 \cdot \pi \cdot 520}{1000} = 10,945 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,182 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{d}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 2850 \cdot \frac{6,7^2 \cdot 0,13}{8 \cdot 10^3} = 2,079 \text{ Nm}$$

A fúró teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{2,079 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 520}{60 \cdot 10^3} = 0,113 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,113}{0,8} = 0,142 \text{ kW}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

M8-as menetekhez választott szerszám: HOLEX Clever Tap gépi menetfúró Form B DIN 371/376, bevonat nélkül, M8

$$\text{Az előtolás értéke: } f = 0,3 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

$$\text{A választott forgácsoló sebesség: } v_c = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 2,5}{8 \cdot \pi} = 99,472 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 100 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{8 \cdot \pi \cdot 100}{1000} = 2,513 \frac{m}{min} = 0,042 \frac{m}{sec}$$

### 6.1.3. Összekötő közdarab forgácsolási paramétereit:

A választott szerszám: Mikron TNC 355 CNC Marógép

A fokozati tényező értéke:  $\varphi = 1,25$

A beállítható fordulatszámok határai:  $n = 40 - 4000 \text{ min}^{-1}$

A munkadarab befogása: satuba történő rögzítés

A választott szerszám: ORION tömör keményfém szármaró, Ø20x42x60x114 mm

Fogsám:  $z=4$

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,11 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 15 \cdot 0,77 \cdot 0,6 \cdot 0,55 = 3,812 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 3,812}{20 \cdot \pi} = 60,669 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 60 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 60}{1000} = 3,769 \frac{m}{min} = 0,063 \frac{m}{sec}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,11 \cdot 60 \cdot 4 = 26,4 \frac{mm}{min}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,11}{20}} = 0,0742$$

$$\text{innen } \varphi = 8,5^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\Psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{8,5^\circ}{90^\circ} = 0,094$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{5}{20}} = 0,055 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \Psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,094 \cdot 1000 \cdot 0,055 \cdot 5 = 25,85 N$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 25,85 \cdot 0,063 = 1,629 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{1,629}{0,8} = 2,036 W$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

8,5 mm-es átmérőjű átmenő furathoz választott szerszám: Horex Csigafúró HSS N, TiN,  $\varnothing 8,5mm$

A fogásmélység:  $a = \frac{D}{2} = \frac{8,5}{2} = 4,25 mm$

Az előtolás értéke:  $f = 0,16 \frac{mm}{ford}$

Fogások száma:  $i=12$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} = 100 \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot 0,4 = 120 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 140}{8,5 \cdot \pi} = 4493,787 min^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 4000 min^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{8,5 \cdot \pi \cdot 4000}{1000} = 106,816 \frac{m}{min} = 1,78 \frac{m}{sec}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{d}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 1000 \cdot \frac{8,5^2 \cdot 0,16}{8 \cdot 10^3} = 1,445 \text{ Nm}$$

A fúró teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{1,445 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 4000}{60 \cdot 10^3} = 0,605 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,605}{0,8} = 0,757 \text{ kW}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

A csapágyfészkekhez választott szerszám: ORION tömör keményfém szármaró, Ø6x13x18x58 mm

Fogszám:  $z=4$

Fogankénti előtolás:  $f_z = 0,11 \text{ mm}$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_a \cdot K_{sz} = 15 \cdot 0,77 \cdot 0,6 \cdot 0,55 = 3,812 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 3,812}{6 \cdot \pi} = 202,233 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 200 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 200}{1000} = 3,769 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,063 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Az előtolás meghatározása:

$$s = f_z \cdot n_{g\acute{e}pi} \cdot z = 0,11 \cdot 200 \cdot 4 = 88 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

A maróra ható erő meghatározása:

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{f_z}{D}} = \sqrt{\frac{0,11}{6}} = 0,135$$

$$\text{innen } \varphi = 15,564^\circ$$

$$\delta = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$$

Kapcsolószám:

$$\psi = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{15,564^\circ}{90^\circ} = 0,173$$

Közepes forgácsvastagság:

$$e_k = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,11 \cdot \sqrt{\frac{5}{6}} = 0,1 \frac{mm}{fog}$$

A maróra ható közepes forgácsolóerő:

$$F_{maró} = \psi \cdot k_c \cdot e_k \cdot a = 0,173 \cdot 1000 \cdot 0,1 \cdot 5 = 86,5 N$$

A szükséges forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = F_{maró} \cdot v_{cmar} = 86,5 \cdot 0,063 = 5,449 W$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{5,449}{0,8} = 6,812 W$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

5 mm-es átmérőjű furatokhoz választott szerszám: ATORN tömör keményfém fűrő, UNI TiAlN, 5xD, BH, Ø5,0 mm hengeres szár, HB

$$\text{A fogásmélység: } a = \frac{D}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 mm$$

$$\text{Az előtolás értéke: } f = 0,16 \frac{mm}{ford}$$

Fogások száma:  $i=8$

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_l \cdot K_a \cdot K_{sz} = 133 \cdot 0,85 \cdot 5 \cdot 0,25 = 141,313 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 141,313}{5 \cdot \pi} = 8996,265 min^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 4000 min^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cmar} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{5 \cdot \pi \cdot 4000}{1000} = 62,832 \frac{m}{min} = 1,047 \frac{m}{sec}$$

A fúró nyomatékigénye:

$$M = F_1 \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot A \cdot \frac{d}{2} = k_c \cdot \frac{D \cdot f}{4} \cdot \frac{D}{2} = k_c \cdot \frac{D^2 \cdot f}{8 \cdot 10^3} = 1000 \cdot \frac{5^2 \cdot 0,16}{8 \cdot 10^3} = 0,5 \text{ Nm}$$

A fúró teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{60 \cdot 10^3} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 4000}{60 \cdot 10^3} = 0,209 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_{mhajt.} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,209}{0,8} = 0,262 \text{ kW}$$

A Mikron TNC 355 CNC Marógép beépített 3,3/4 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

## 6.2. Esztergálással történő gyártás

Esztergálással az összekötő csapokat és a mozgató közdarabokat tartó tengelyt kell legyártani. Az összes forgácsolási művelethez hűtő-kenő folyadéként olajemulziót alkalmaztam.

### 6.2.1. Összekötő csapok forgácsolási paramétere

Az alkalmazott szerszámgép: Plauert DLS 500 Esztergagép

Főorsó furata: 63 mm

Fokozati tényező:  $\varphi = 1,4$

Fordulatszám határok:  $n = 22 - 1000 \text{ min}^{-1}$

A késtartóba befogható késszár keresztmetszet: 32x32 mm

A munkadarab befogás módja: tokmányba

Oldalazás méretre

A fogásmélység:  $a = 1 \text{ mm}$

A fogások száma:  $i = 1$

Az előtolás értéke:  $f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A választott szerszám: Homlokélű esztergakés P30 12 x 12j III. MSZ 1903

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{32 \cdot \pi} = 761,556 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 100,531 \frac{m}{min}$$

Palástnagyolás ( $\varnothing 30 \times 8 \text{ mm}$ )

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{31 - 30}{2} = 0,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{0,5 \cdot 2850} = 0,232 \frac{mm}{ford}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{0,5}{0,232}$  viszony 2,2:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát nem szükséges megosztani:  $i=1$ , ezek alapján  $a=0,5 \text{ mm}$ , az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,0625 \frac{mm}{ford}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{N}{mm^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 = 89,0625 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{89,0625 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,145 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,145}{0,8} = 0,181 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Palástnagylás (Ø20x5 mm)

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{31 - 20}{2} = 5,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{5,5 \cdot 1410} = 0,043 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{5,5}{0,043}$  viszony 128:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát szükséges megosztani:  $i=5$ , ezek alapján  $a=1,1$  mm, az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,1375 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,1375 \cdot 1,1 = 431,0625 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{431,0625 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,699 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,699}{0,8} = 0,875 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Palástnagyolás (Ø6x17 mm)

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{31 - 6}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{12,5 \cdot 1410} = 0,0187 \frac{mm}{ford}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{12,5}{0,0187}$  viszony 668:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát szükséges megosztani:  $i=25$ , ezek alapján  $a=1$  mm, az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,125 \frac{mm}{ford}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{N}{mm^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,125 \cdot 1 = 356,25 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{356,25 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,578 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,578}{0,8} = 0,723 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Simítás

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

Az előtolás értéke:

$$f = \sqrt{13 \cdot r \cdot R_a} = \sqrt{13 \cdot 0,3 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}} = 0,112 \frac{mm}{ford}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

### 6.2.2. A mozgató közdarabokat tartó tengely forgácsolási paramétere

Az alkalmazott szerszámgép: Plauert DLS 500 Esztergagép

Főorsó furata: 63 mm

Fokozati tényező:  $\varphi = 1,4$

Fordulatszám határok:  $n = 22 - 1000 \text{ min}^{-1}$

A késtartóba befogható késszár keresztmetszet: 32x32 mm

A munkadarab befogás módja: tokmányba

Oldalazás méretre

A fogásmélység:  $a = 1 \text{ mm}$

A fogások száma:  $i = 1$

Az előtolás értéke:  $f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$

A választott szerszám: Homlokélű esztergákés P30 12 x 12j III. MSZ 1903

Az alkalmazott forgácsolósebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{32 \cdot \pi} = 761,556 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 100,531 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Palástnagylás ( $\varnothing 8 \times 50 \text{ mm}$ )

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{11 - 8}{2} = 1,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{1,5 \cdot 1410} = 0,156 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{1,5}{0,156}$  viszony 10:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát szükséges megosztani:  $i = 3$ , ezek alapján  $a = 0,5 \text{ mm}$ , az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,0625 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 = 89,0625 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{89,0625 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,145 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,145}{0,8} = 0,181 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Palástnagylás ( $\varnothing 6 \times 5 \text{ mm}$ )

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{11 - 6}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{2,5 \cdot 1410} = 0,0936 \frac{mm}{ford}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{2,5}{0,0936}$  viszony 26:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát szükséges megosztani:  $i=5$ , ezek alapján  $a=0,5 \text{ mm}$ , az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,0625 \frac{mm}{ford}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{N}{mm^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 = 89,0625 \text{ N}$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{g\acute{e}pi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{g\acute{e}pi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{89,0625 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,145 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,145}{0,8} = 0,181 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

Palástnagylás ( $\varnothing 5 \times 5 \text{ mm}$ )

Az alkalmazott szerszám: P30 12 x 12j III. MSZ 1903

A fogásmélység nagysága:

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{11 - 5}{2} = 3 \text{ mm}$$

Az előtolás értéke az  $F_f = k_c \cdot f \cdot a$  összefüggés alapján:

$$f = \frac{F_f}{a \cdot k_c} = \frac{330}{3 \cdot 1410} = 0,078 \frac{\text{mm}}{\text{ford}}$$

Az  $\frac{a}{f} = \frac{3}{0,078}$  viszony 38:1

Az ideális  $\frac{a}{f}$  viszony a szakítószilárdság és a szerszámanyag függvényében 8:1, tehát szükséges megosztani:  $i=6$ , ezek alapján  $a=0,5 \text{ mm}$ , az ehhez tartozó ideális előtolás értéke

$f = 0,0625 \frac{mm}{ford}$  ez az érték alapján a megváltozott fajlagos forgácsolási ellenállás értéke:

$$k_{cv} = 2850 \frac{N}{mm^2}$$

A keletkező forgácsoló erő nagysága:

$$F_{fv} = k_{cv} \cdot f \cdot a = 2850 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 = 89,0625 N$$

Az alkalmazott forgácsoló sebesség meghatározása:

$$v_c = v_0 \cdot K_K \cdot K_{sz} \cdot K_m \cdot K_h \cdot K_T \cdot K_k = 100 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 76,56 \frac{m}{min}$$

A fordulatszám meghatározása:

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 76,56}{31 \cdot \pi} = 786,123 \text{ min}^{-1}$$

A gépen a hozzá legközelebbi beállítható érték:  $n_{gépi} = 1000 \text{ min}^{-1}$

A megváltozott forgácsolósebesség:

$$v_{cm} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{gépi}}{1000} = \frac{31 \cdot \pi \cdot 1000}{1000} = 97,389 \frac{m}{min}$$

A forgácsolás teljesítményszükséglete:

$$P_c = \frac{F_{fv} \cdot v_{cm}}{60 \cdot 10^3} = \frac{89,0625 \cdot 97,389}{60 \cdot 10^3} = 0,145 \text{ kW}$$

A hajtáshoz szükséges teljesítmény:

$$P_h = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,145}{0,8} = 0,181 \text{ kW}$$

A Plauert DLS 500 Esztergagép beépített 5,5/7,5 kW-os villanymotorja ezt a teljesítményszükségletet kielégíti.

## 7. Gazdasági számítás

### 7.1. Mérnöki óradíj számítása

A tervezéssel töltött mérnöki órákat a 7.1-es táblázat tartalmazza.

7.1 táblázat-Mérnöki órák összesítése

Mártótér ajtó tervezése	8 óra
Tüske ellenőrző készülék tervezése	8 óra
Gyártástervezés	4 óra

Mérnöki óradíj: 20.000, -Ft/óra+ÁFA

Felhasznált órák száma: 20 óra

$$\text{óradíj} \cdot \text{óraszám} = 20.000 \cdot 20 = 400.000, -Ft + \text{ÁFA}$$

### 7.2. Üzemi óradíj számítása

Az alkatrészek legyártására a szerszámműhely 40 órát számított ki, így azt fogom figyelembe venni. Az lézerrel vágott alkatrészekben a gyártás mellett az alapanyag árát is tartalmazza az árajánlat, ezért a lézerrel vágott alkatrészek alapanyag árát nem fogom belevenni az alapanyagok költségének számításába. Ez az árajánlat összesen 115.200, -Ft. A szerszámműhelyben dolgozó forgácsolók óradíja 8000,-Ft.

Tehát az összes üzemi óradíj:

$$40 \cdot 8000 + 115.200 = 435.200, -Ft + \text{ÁFA}$$

### 7.3. Alapanyagok árának számítása

A legyártáshoz szükséges alapanyagok árát a 7.2-es táblázat tartalmazza.

## 7.2 táblázat-Alapanyagok költsége

Alkatrész	Alapanyag	Mennyiség (db)	Egység ár (HUF)	Ár (HUF)
Jobb oldali megvezető	X5CrNi1810, 40x25x104 mm	1	1176,45,-	1176,45,-
Bal oldali megvezető	X5CrNi1810, 40x25x104 mm	1	1176,45,-	1176,45,-
Összekötő csap	C45, Ø32x34 mm	2	126,71,-	253,42
Összekötő közdarab	AlMgSi, 80x40x124 mm	1	12.296,09,-	12.296,09,-
PTFE lemez	PTFE, 1200x1200x4	4	2.836,8,-	11.347,2,-
Tengely	C45, Ø12x74 mm	1	51,22,-	51,22,-
Ellenőrző darab	C45, 80x12x84 mm	1	474,35,-	474,35,-
Csapágy	SKF 619/6	2	7.310,-	14.620,-
Munkahenger	-	2	101.075,33,-	202.150,66,-
Összesen:				243.545,84,-

## 7.4. Összköltség és megtérülés számítása

A tervezés, gyártási és alapanyag költségeket összesítve, a mártótérben található ajtók és tüske ellenőrző készülék összköltsége: 1.078.746. -Ft.

1 db állórész lakkozási költsége 20.000,- Ft, a gépen behozott változásokkal, új egységekkel ez a költség körülbelül 2%-kal, 400,-Ft-tal csökkenne. Egy műszakban 500 db állórészt lakkoznak le átlagosan, így a műszakonként megspórolt összeg 200.000, -Ft lenne. Tehát a mártótérbe bekerült ajtók és az ellenőrző tüskék költsége 5,39 műszak alatt térülnék meg.

---

## 8. Összefoglalás

A szakdolgozatom utolsó fejezetében összegzem az általam választott probléma megoldásának főbb lépéseit és megoldását.

A legfőbb célkitűzésem a Ziehl-Abegg Kft.-nél található Bartec 8300 típusú lakkozógépen lakkozott állórészek selejtszámának és utómunkálásának csökkentése volt. Ehhez első lépésként áttekintettem a hazai és nemzetközi szakirodalmakat, amelyek mélyebb rálátást adtak a lakkozógépek felépítésére és működési elvére. A felhasznált szakirodalom nagy segítséget nyújtott a probléma feltárásában, mivel azok feldolgozásával egyszerűen ki lehetett következtetni a probléma okát. Ezután a problémát részletesen bemutattam és felvázoltam a lehetséges megoldását.

Következő lépésként elkezdtem megtervezni a probléma megoldására általam alkalmasnak vélt szerkezetet, a gép gyártójának eredeti terveit figyelembe véve. A tervezés során felhasználtam tanulmányaim alatt megszerezett tudásom, valamint a Ziehl-Abegg Kft. irányelveit is figyelembe vettem. A tervezési feladat során elvégeztem a szükséges számításokat, valamint igazodtam a gépben rendelkezésre álló méretekhez.

A probléma megoldása során további lehetséges hibaforrás is felmerült, amely a probléma megoldását akadályozta volna, ezáltal szakdolgozatomban egy tüske ellenőrző készüléket is terveztem, amellyel a hibás állórészt tartó tüskéket lehet kiszűrni a gyártás során. A tervezés részeként elkészítettem az összes műszaki rajzot is, amelyek mindkét szerkezet legyártásához elengedhetetlenek.

A szakdolgozatom következő fejezetében elkészítettem az összes alkatrész gyártástervét, továbbá a forgácsolással gyártandó alkatrészek legyártásához szükséges számolásokat is elvégeztem.

Az utolsó fejezetben elvégeztem a szükséges gazdasági számításokat, ahol összegeztem a tervezés és gyártás során felmerülő összes költséget, valamint megtérülést is számoltam, amely alapján kevesebb, mint 6 műszak alatt megtérül a legyártandó szerkezetek költsége.

Összegzésképpen a szakdolgozatom készítése során igyekeztem legjobb tudásom szerint elvégezni a kiírt feladatokat és saját célkitűzéseimet és véleményem szerint az általam tervezett szerkezetek biztos megoldást nyújthatnak a felvázolt problémákra.

## 9. Summary

In the final chapter of my thesis, I summarize the main steps and solutions to the problem I chose to address.

My main objective was to reduce the number of rejects and rework on stator parts coated on the Bartec 8300 coating machine at Ziehl-Abegg Kft. As a first step, I reviewed the domestic and international literature, which provided a deeper insight into the structure and operating principle of coating machines. The literature I used was very helpful in identifying the problem, as it was easy to deduce the cause of the problem by processing it. I then presented the problem in detail and outlined possible solutions.

As a next step, I began to design a structure that I considered suitable for solving the problem, taking into account the original designs of the machine manufacturer. During the design process, I used the knowledge I had acquired during my studies and also took into account the guidelines of Ziehl-Abegg Kft. During the design task, I performed the necessary calculations and adjusted to the dimensions available in the machine.

While solving the problem, another potential source of error arose that would have hindered the solution, so I also designed a spike testing device in my thesis that can be used to filter out defective stator spikes during production. As part of the design, I also prepared all the technical drawings that are essential for the manufacture of both structures.

In the next chapter of my thesis, I prepared the manufacturing plans for all components and performed the calculations necessary for the production of components to be manufactured by machining.

In the last chapter, I performed the necessary economic calculations, summarizing all costs incurred during design and manufacturing, and also calculated the return on investment, which shows that the cost of manufacturing the structures will be recouped in less than six shifts.

In summary, while writing my thesis, I endeavored to complete the assigned tasks to the best of my ability and achieve my own objectives. In my opinion, the structures I designed can provide a reliable solution to the problems outlined.

---

## 10. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

Laki Bence (Neptun azonosítója: Y8ZTXG) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Gödöllő, 2025. év november hó 03. \_\_ nap

*Dr. Kovács Anikó*

\_\_\_\_\_  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## NYILATKOZAT

Alulírott Laki Bence, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus, gépészmérnök szak nappali/levelező\* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakedolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: 2025 év 11. hó 07. nap

Hallgató

## NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakedolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakedolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom\*

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Gödöllő 2025. év november hó 07. nap

Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /  
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

7. sz. melléklete: Műszaki Intézet külső konzulensi nyilatkozat

## KÜLSŐ KONZULENSI NYILATKOZAT

Laki Bence ( Neptun azonosítója: Y8ZTXG)

külső konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon rendszeresen megjelent.

Kelt: 2025 év 11 hó 03 nap



külső konzulens

**MATE Szervezeti és Működési Szabályzat**

**III. Hallgatói Követelményrendszer**

**III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat**

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

**4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)**

**NYILATKOZAT**

**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről**

A hallgató neve: Laki Bence  
A Hallgató Neptun kódja: Y8ZTXG  
A dolgozat címe: Bartec 8300 típusú lakkozógép részegység és túske ellenőrző tervezése  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Anyagtudományi és Gépipari folyamatok Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. év november hó 3. nap



Hallgató aláírása

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Laki Bence
Neptun-kódja:	Y8ZTXG
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	SGMHG0001BN - Szakdolgozat
A munka címe:	Bartec 8300 típusú lakkozógép részegység és túske ellenőrző tervezése

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT:** Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

*(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

**II. TÁBLÁZAT:** Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	verziója, elérhetősége		bejegyzésének sorszám

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Magyar....., 2025. november hó 3. nap

Lali B.

Hallgató aláírása

Dr. Kovács Anikó

Konzulens/Témavezető aláírása

---

## 11. Irodalomjegyzék

- [1] Akos Levente Kokai, Peter Baumli, George Kaptay – Impregnation Dynamics of Liquid Resins into Rectangular Capillaries Formed by Polymer-Coated Copper Hairpins in Electric Motors: Experiments and Theory, *Adv. Eng. Mater.* 2025, 2402550
- [2] bdtronic GmbH – Impregnation Technology
- [3] Best Practice Manual in Rewinding Three Phase Induction Motors, Egyptian program for promoting Industrial Motor Efficiency
- [4] Franzoni N. The Impregnation Process of Hairpin Winding Electric Motors for Automotive, Politecnico di Milano (2018), Doktori értekezés
- [5] Greg C. Stone, Edward A. Boulter, Ian Culbert, Hussein Dhirani: Electrical Insulation for Rotating Machines
- [6] Henry Dreisilker – Stator and Rotor Trickle Impregnation
- [7] J. Richow, P. Stenzel, A. Renner, D. Gerling, C. Endisch: Influence of Different Impregnation Methods and Resins on Thermal Behavior and Lifetime of Electrical Stators, Universitaet der Bundeswehr Muenchen
- [8] Juha Pyrhönen, Tapani Jokinen, Valéria Hrabovcová – Design of Rotating Electrical Machines
- [9] Kakuk Gy., Kári-Horváth A., Szakál Z., Dr. Zsidai L.; 2008; Gyártástervezés; Nemzeti szakképzési és felnőttképzési intézet; Budapest
- [10] Kári-Horváth A., Dr. Pellényi L., Szabó L., Dr. Zsidai L.; 2006; Gépgyártástechnológia példatár és segédlet, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar; Gödöllő
- [11] Kolliopoulos, P., Kumar, S. Capillary flow of liquids in open microchannels: overview and recent advances. *npj Microgravity* 7:51 (2021)

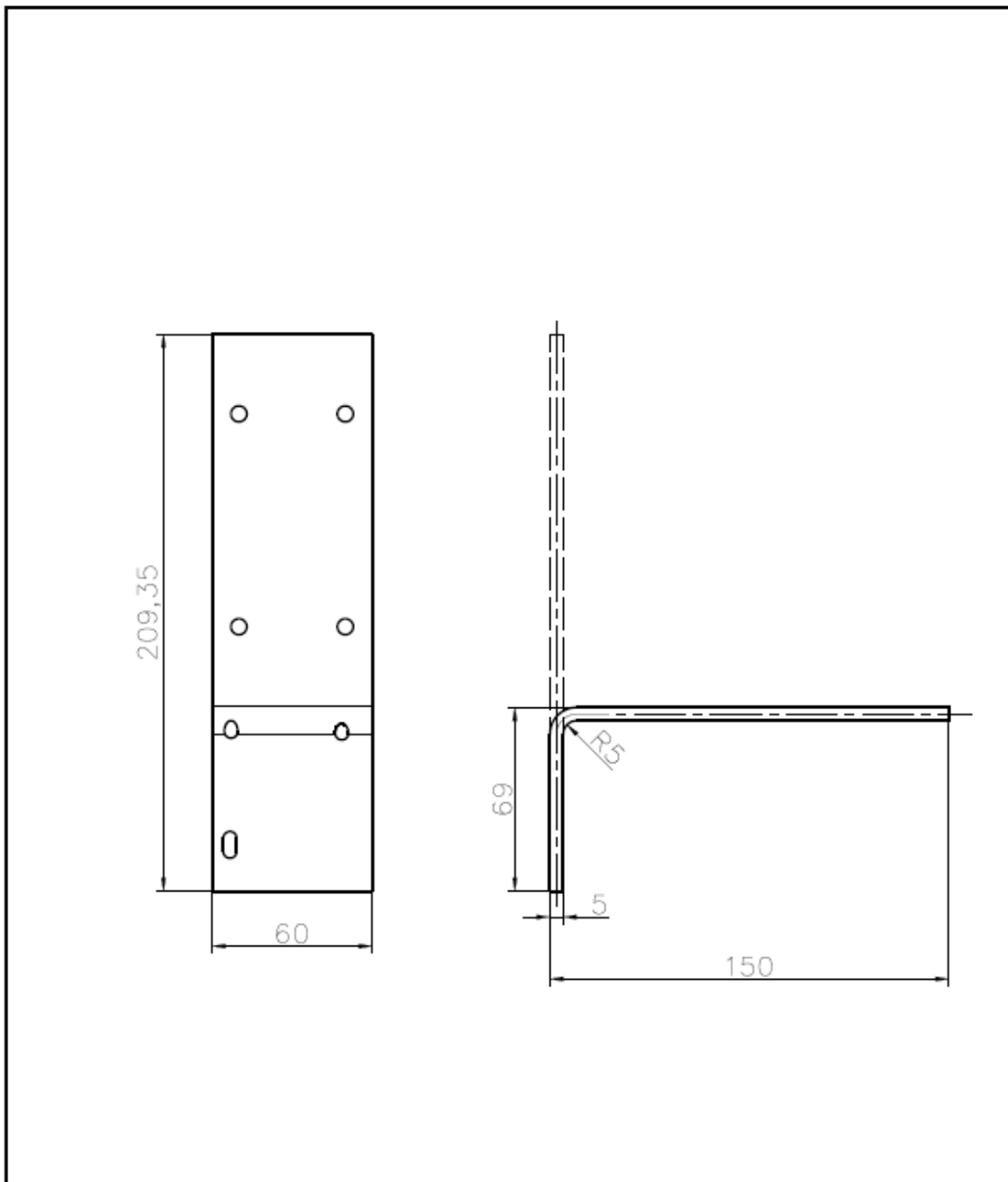
- [12] Kókai Ákos Levente Impregnálási technológiák az elektromos motor gyártásban: Áttekintés, DOKTORANDUSZ ALMANACH 1 pp. 20-27., 8 p. (2024)
- [13] Leopold Musengimana – Electrical Machines Rewinding and Maintenance
- [14] Manish B. – Internship report on Kirloskar Electric Company PVT. Ltd.
- [15] Rudolf Brütsch and Thomas Hillmer – Corona Protection in Rotating High Voltage Machines, INDUCTICA 2006 Conference, Berlin
- [16] Tarek Sayed Hamad - Quality Assuring of Stator Winding Production
- [17] Thomas Weege – Basic Impregnation Techniques, The Epoxylite Corporation
- [18] VAF GmbH – Impregnation Processes
- [19] ViscoTec – Resin impregnation of electric motors
- [20] Wayne Johnson – Guide for Electric Motor Stator Winding Insulation Design, Testing and VPI Treatment
- [21] [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyester\\_resin&oldid=787995492](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Polyester_resin&oldid=787995492)



## **12. Mellékletek jegyzéke**

1. sz. melléklet: Bal alsó felfogatólemez műhelyrajza
2. sz. melléklet: Bal felső felfogatólemez műhelyrajza
3. sz. melléklet: Jobb alsó felfogatólemez műhelyrajza
4. sz. melléklet: Jobb felső felfogatólemez műhelyrajza
5. sz. melléklet: Bal oldali megvezető műhelyrajza
6. sz. melléklet: Jobb oldali megvezető műhelyrajza
7. sz. melléklet: Korrózióálló acél ajtó lemez műhelyrajza
8. sz. melléklet: PTFE ajtó lemez műhelyrajza
9. sz. melléklet: Hátsó felfogatólemez műhelyrajza
10. sz. melléklet: Középső felfogatólemez műhelyrajza
11. sz. melléklet: Borító felfogatólemez műhelyrajza
12. sz. melléklet: Összekötő csap műhelyrajza
13. sz. melléklet: Összekötő közdarab műhelyrajza
14. sz. melléklet: Tengely műhelyrajza
15. sz. melléklet: Mozgató közdarab műhelyrajza
16. sz. melléklet: Ellenőrző darab műhelyrajza

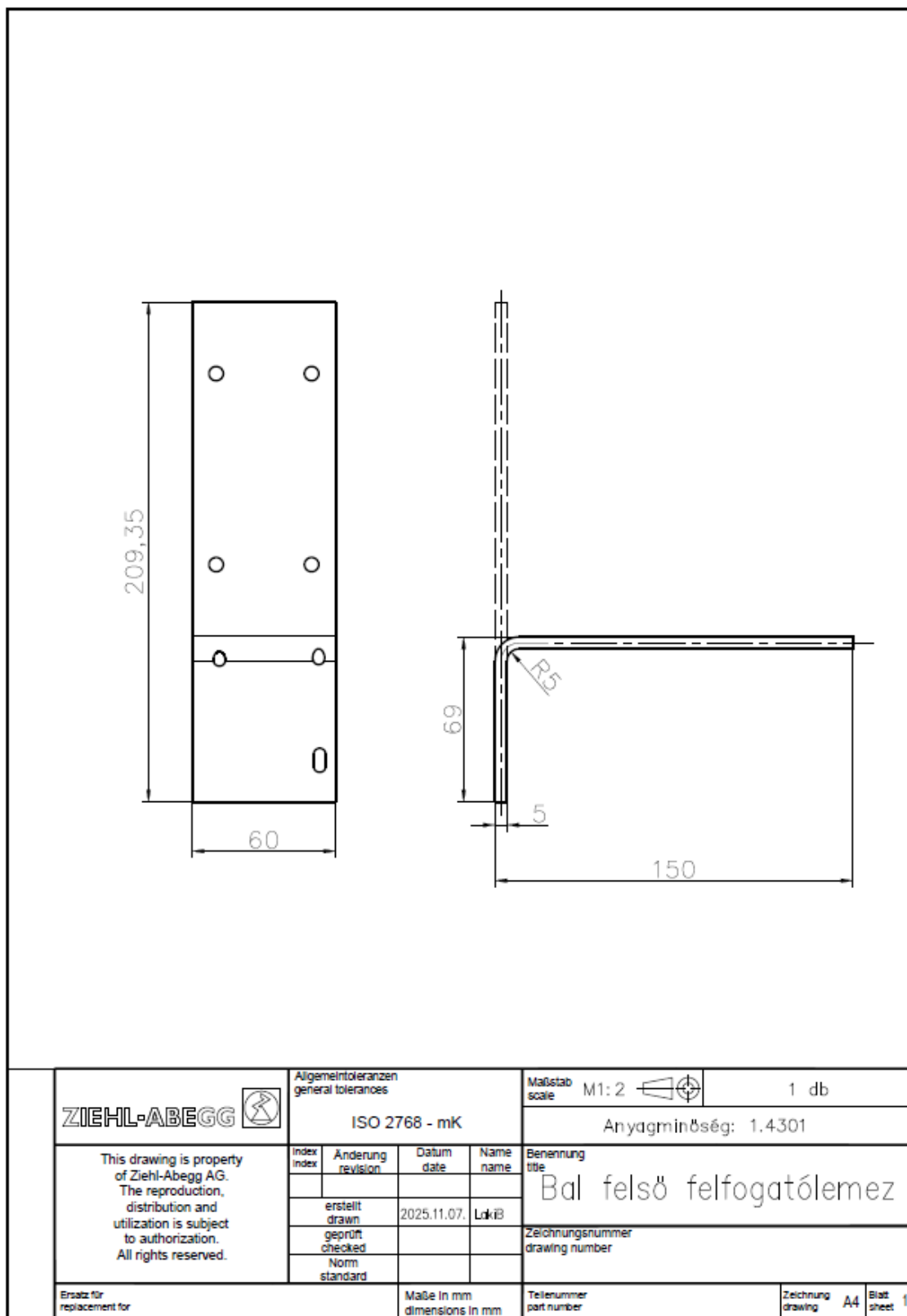
## MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet: Bal alsó felfogatólemez műhelyrajza

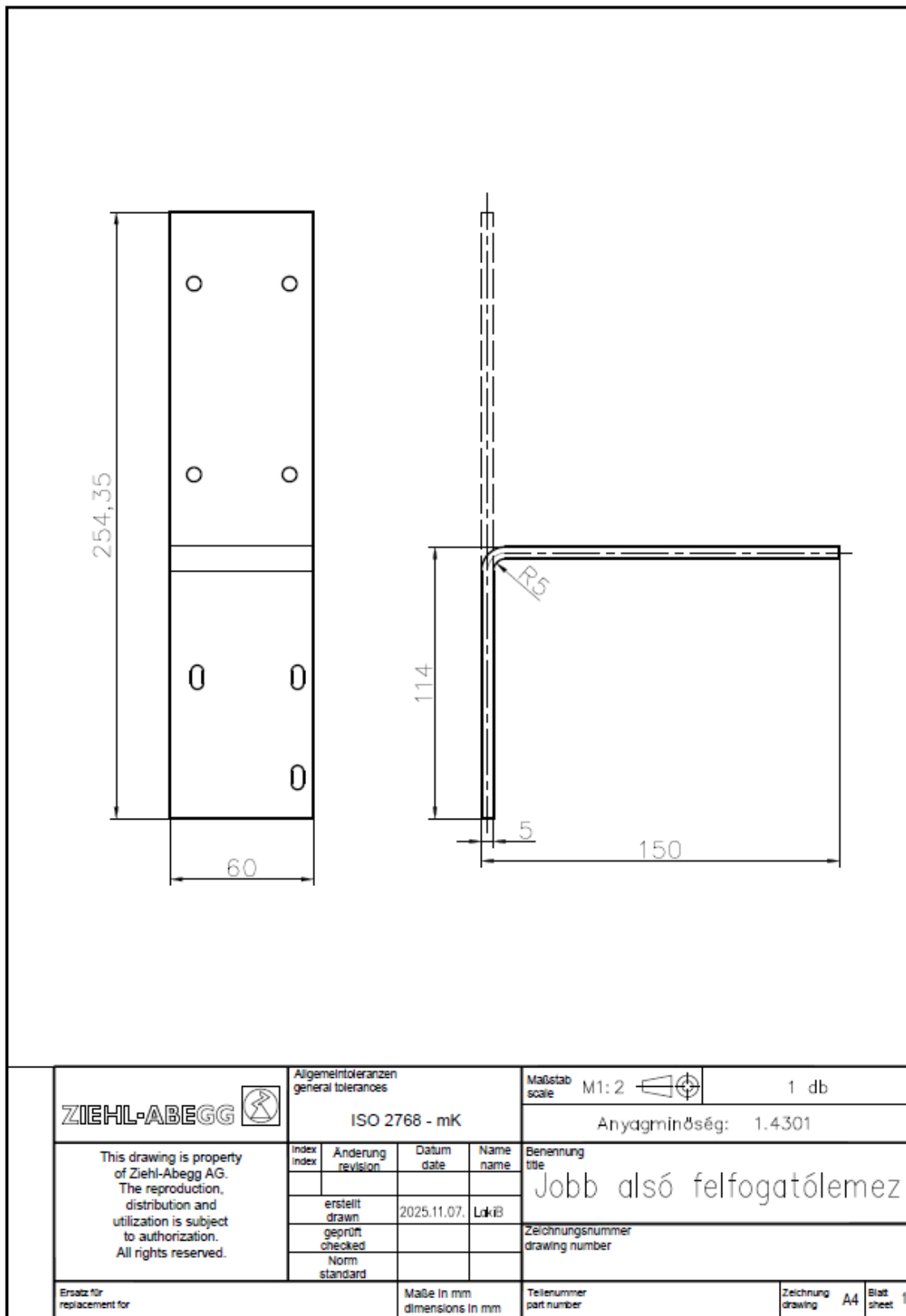


<p><b>ZIEHL-ABEGG</b> </p> <p>This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.</p>	<p>Allgemeintoleranzen general tolerances</p> <p><b>ISO 2768 - mK</b></p>			<p>Maßstab scale M1: 2 </p>	<p>1 db</p>
	<p>Anyagminőség: 1.4301</p>				<p>Benennung title <b>Bal alsó felfogatólemez</b></p>
	<p>erstellt drawn</p>	<p>Datum date</p>	<p>Name name</p>	<p>Zeichnungsnummer drawing number</p>	
	<p>geprüft checked</p>	<p>Norm standard</p>	<p>Teilenummer part number</p>		
<p>Ersatz für replacement for</p>	<p>Maße in mm dimensions in mm</p>		<p>Zeichnung drawing</p>	<p>A4</p>	<p>Blatt sheet 1</p>

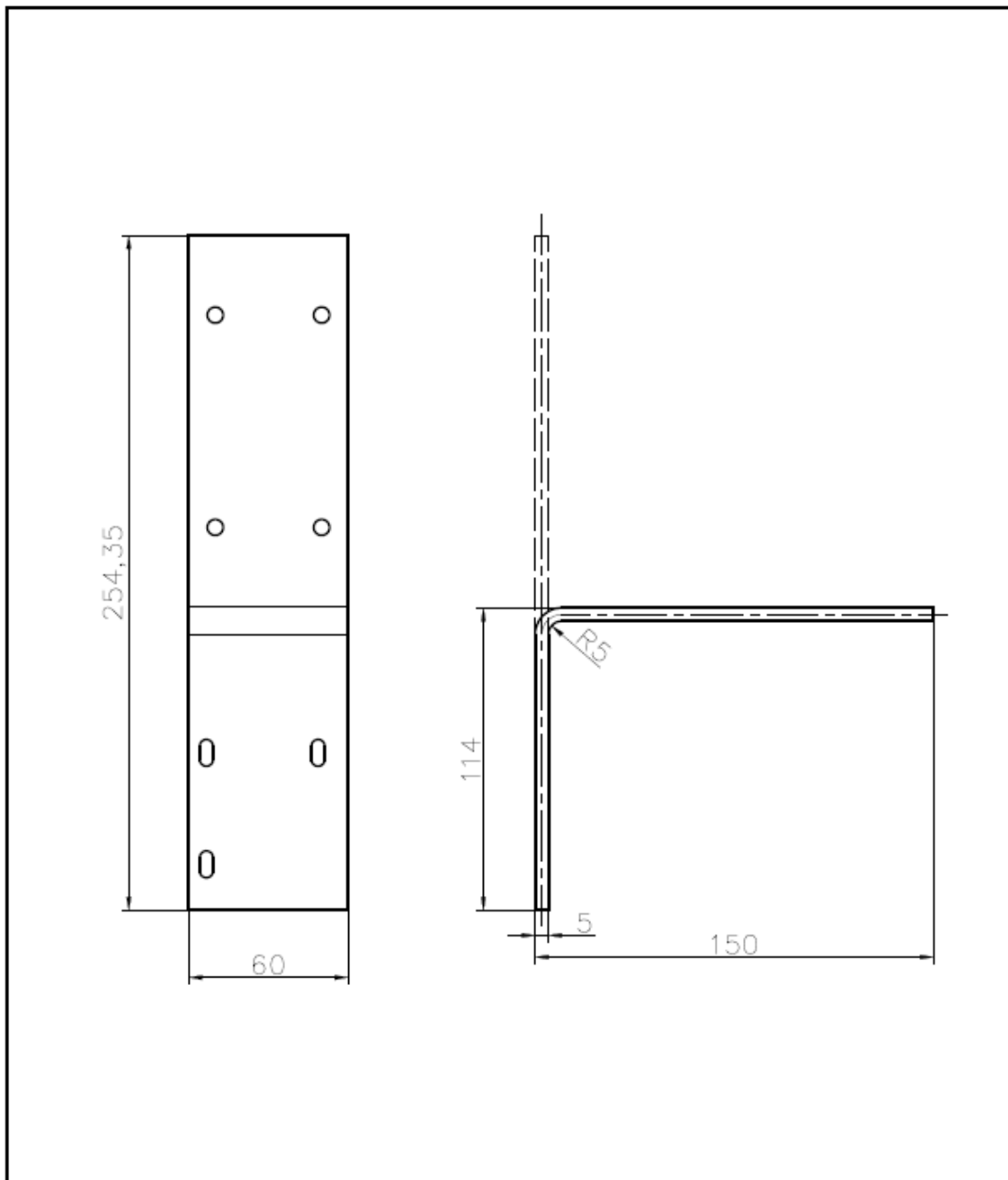
2. sz. melléklet: Bal felső felfogatólemez műhelyrajza



3. sz. melléklet: Jobb alsó felfogatólemez műhelyrajza

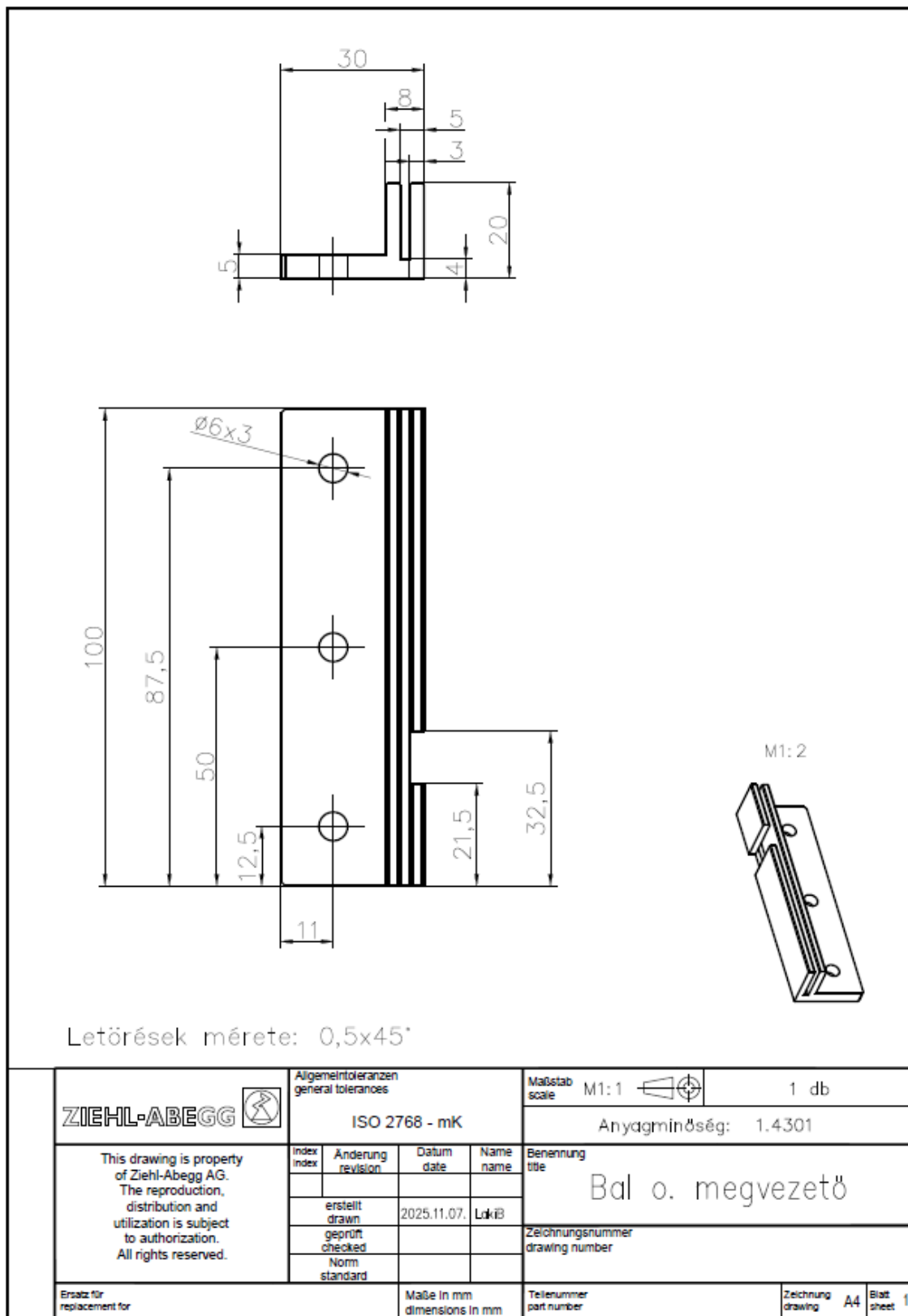


4. számú melléklet: Jobb felső felfogatólemez műhelyrajza

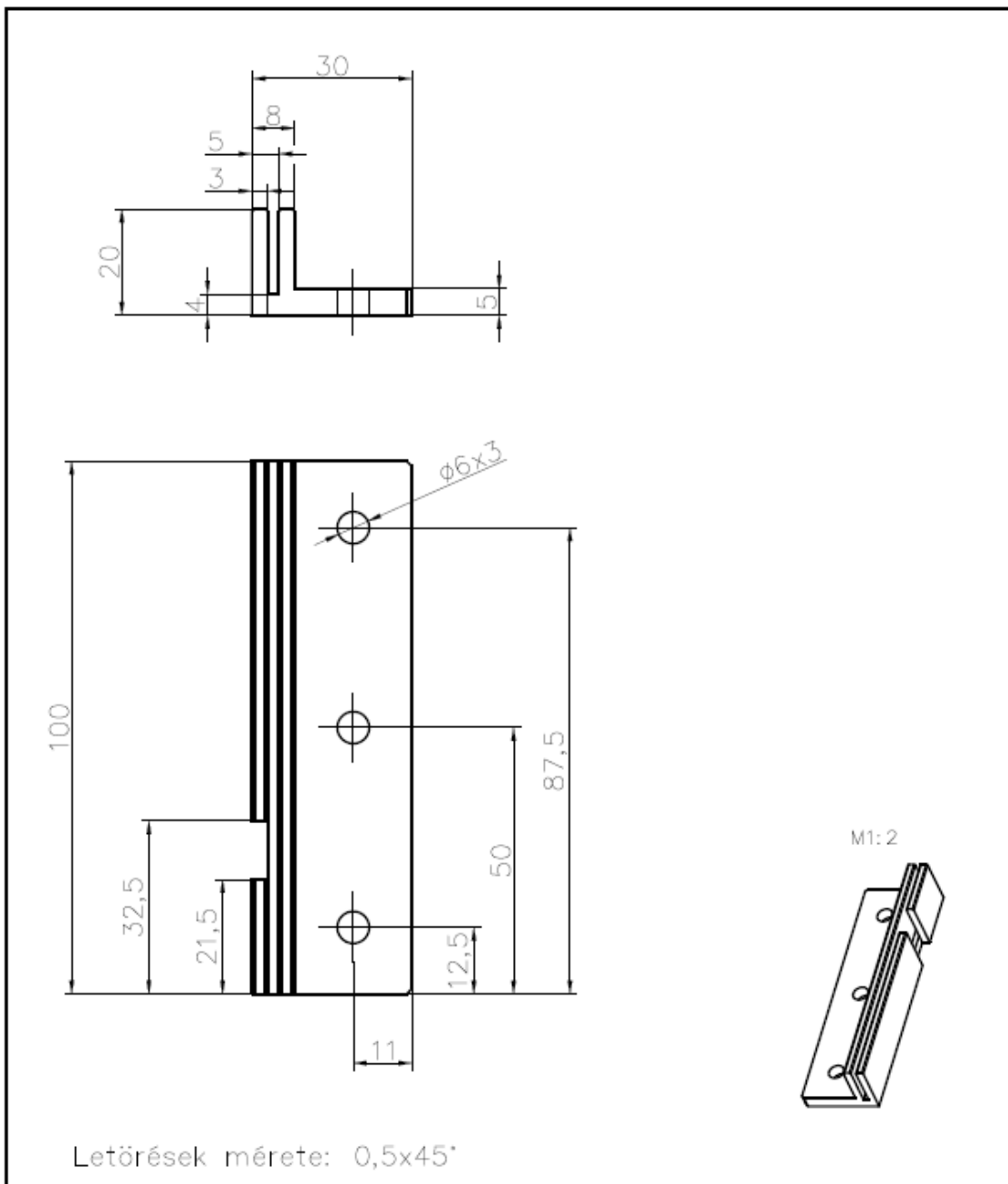


<b>ZIEHL-ABEGG</b> 	Allgemeintoleranzen general tolerances  <b>ISO 2768 - mK</b>				Maßstab scale M1: 2 	1 db
	Anyagminőség: 1.4301					
This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.	Index	Anderung revision	Datum date	Name name	Benennung title	
					Jobb felső felfogatólemez	
	erstellt drawn		2025.11.07.	Lukács	Zeichnungsnummer drawing number	
	geprüft checked					
Ersatz für replacement for	Norm standard		Maße in mm dimensions in mm		Teilnummer part number	Zeichnung drawing A4 Blatt sheet 1



5. sz. melléklet: Bal oldali megvezető műhelyrajza



6. sz. melléklet: Jobb oldali megvezető műhelyrajza

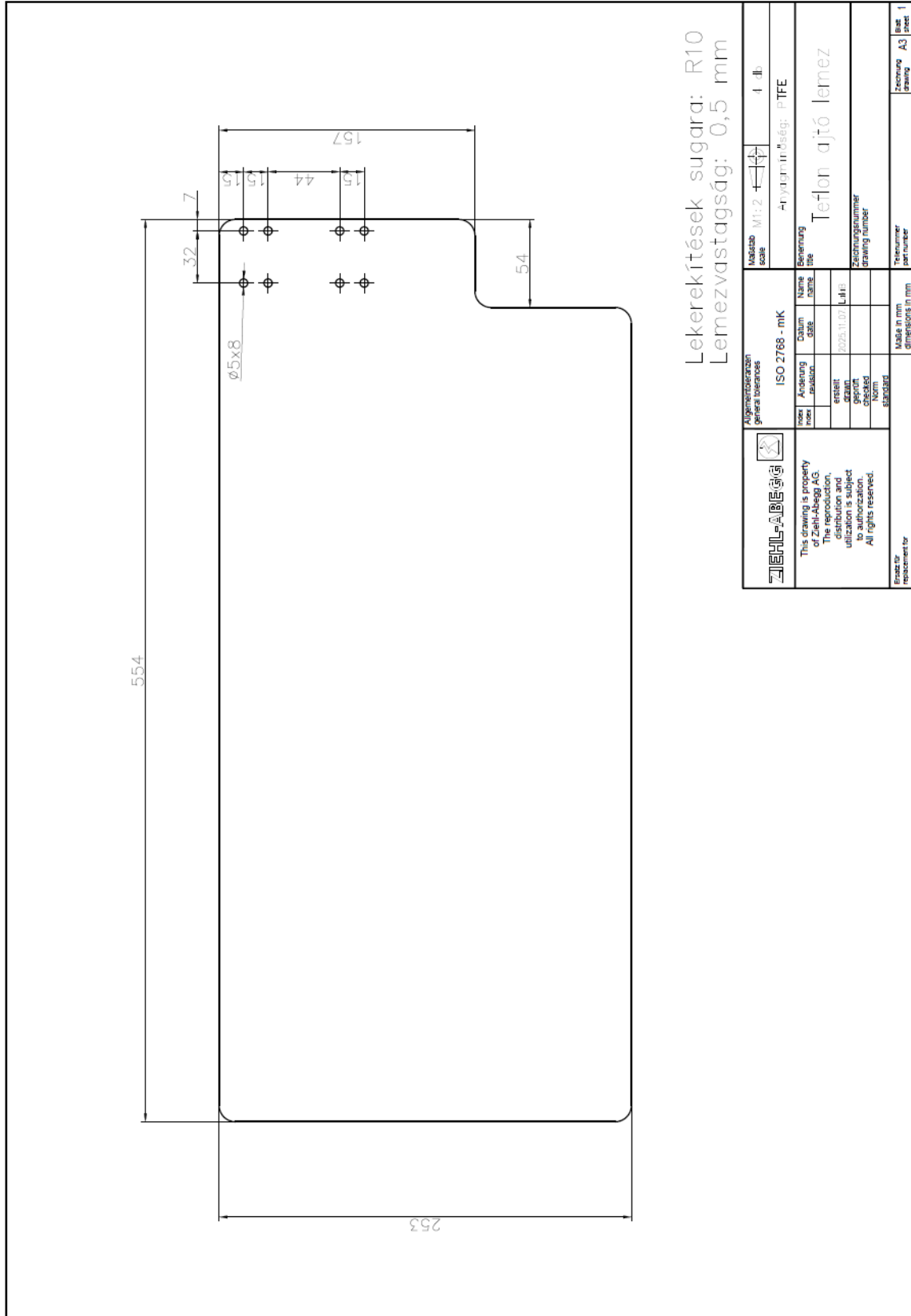


Letörések mérete: 0,5x45°

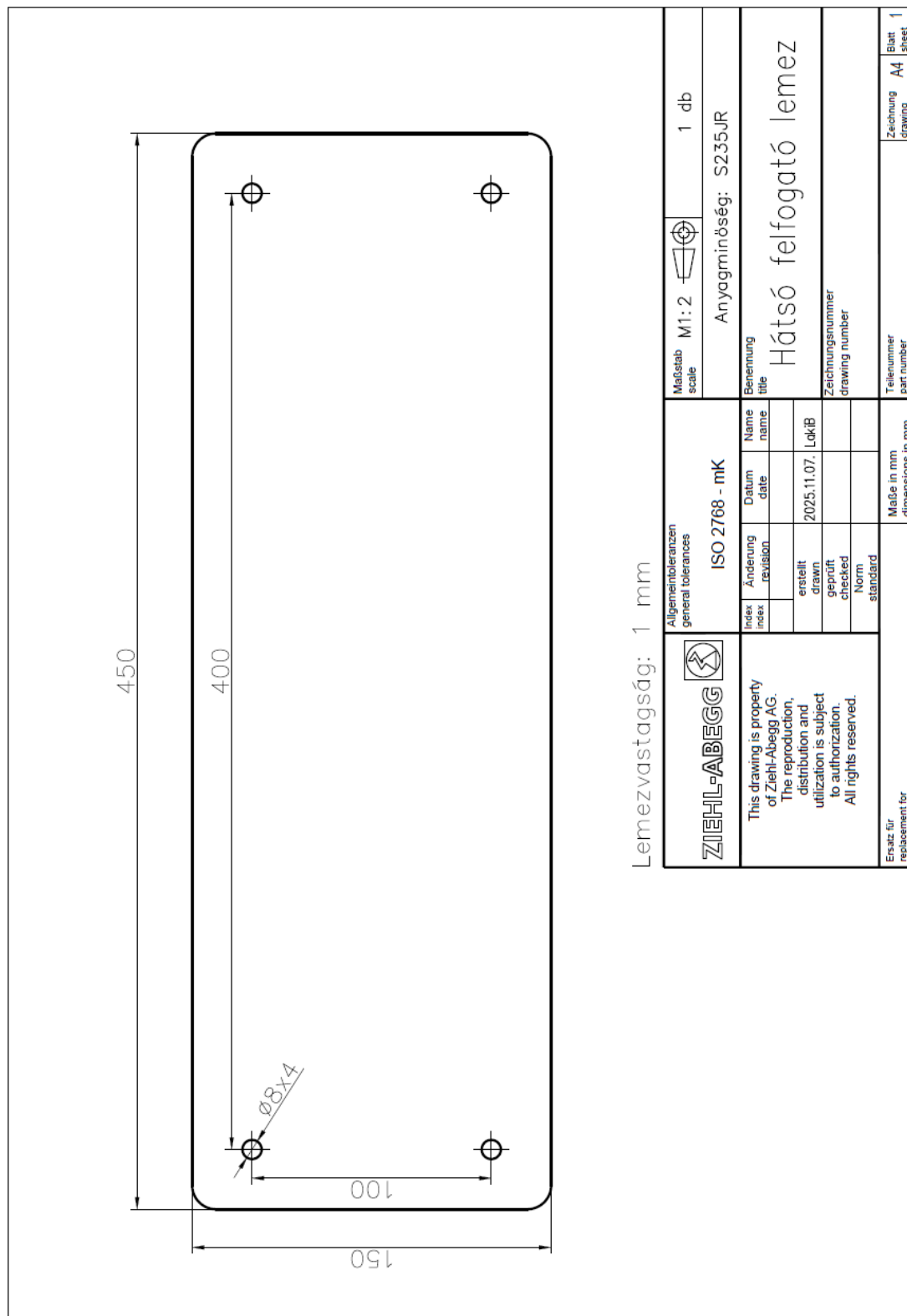
<b>ZIEHL-ABEGG</b> 	Allgemeintoleranzen general tolerances <b>ISO 2768 - mK</b>			Maßstab scale M1:1 	1 db
	Anyagminőség: 1.4301				Benennung title <b>Jobb o. megvezető</b>
This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.	Index index	Änderung revision	Datum date	Name name	Zeichnungsnummer drawing number
		erstellt drawn	2025.11.07.	LukáB	
		geprüft checked			
		Norm standard			
Ersatz für replacement for	Maße in mm dimensions in mm			Teilenummer part number	Zeichnung drawing A4 Blatt sheet 1



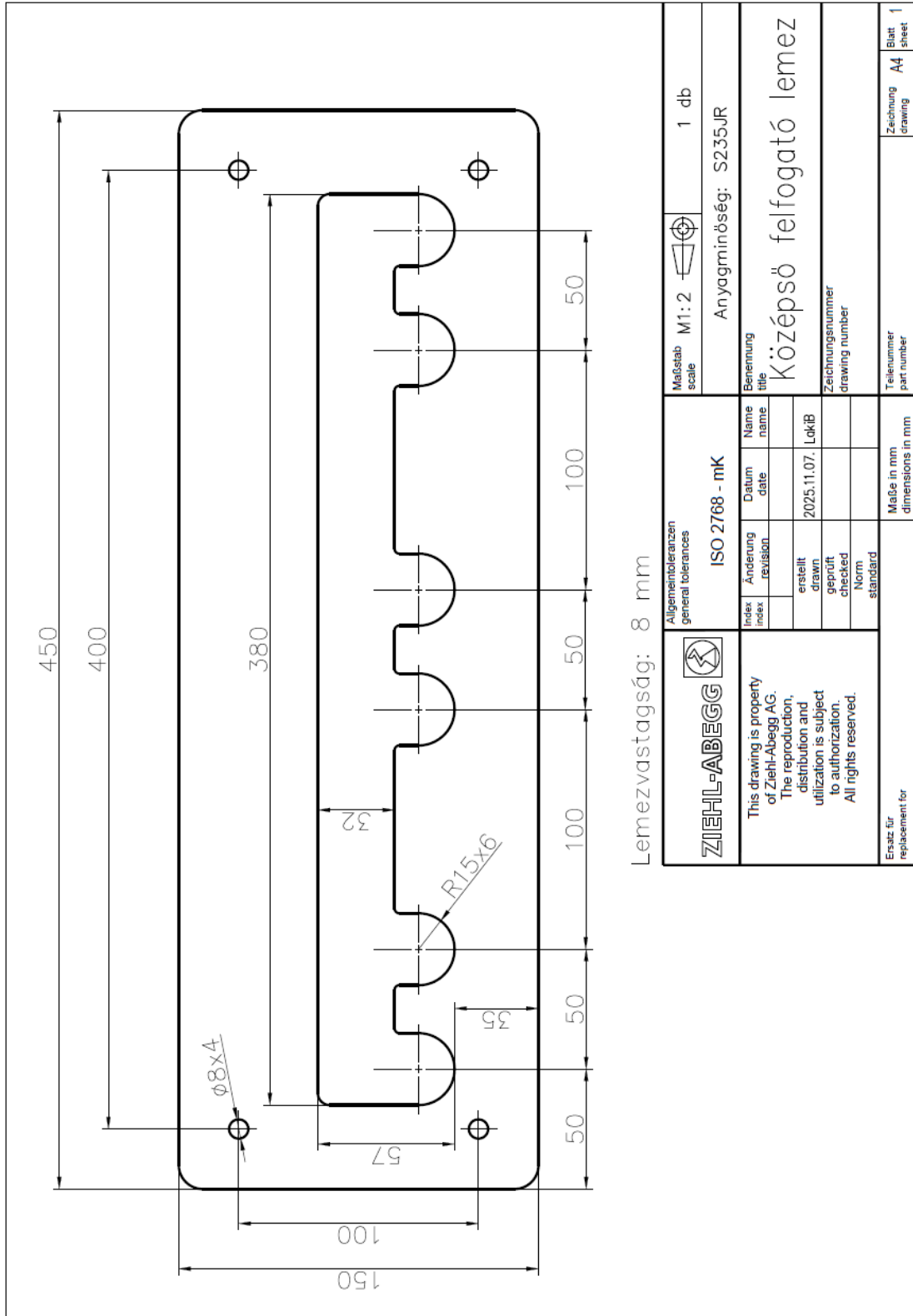
8. számú melléklet: PTFE ajtó lemez műhelyrajza



9. sz. melléklet: Hátsó felfogatólemez műhelyrajza

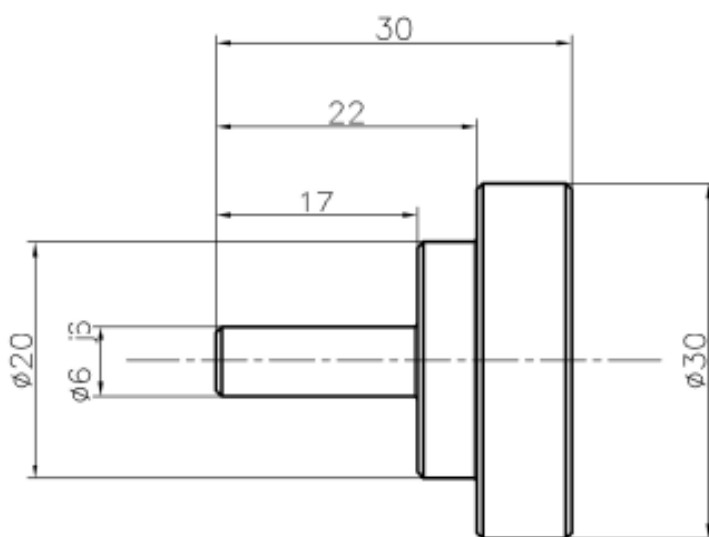


10. sz. melléklet: Középső felfogatólemez műhelyrajza





12. sz. melléklet: Összekötő csap műhelyrajza

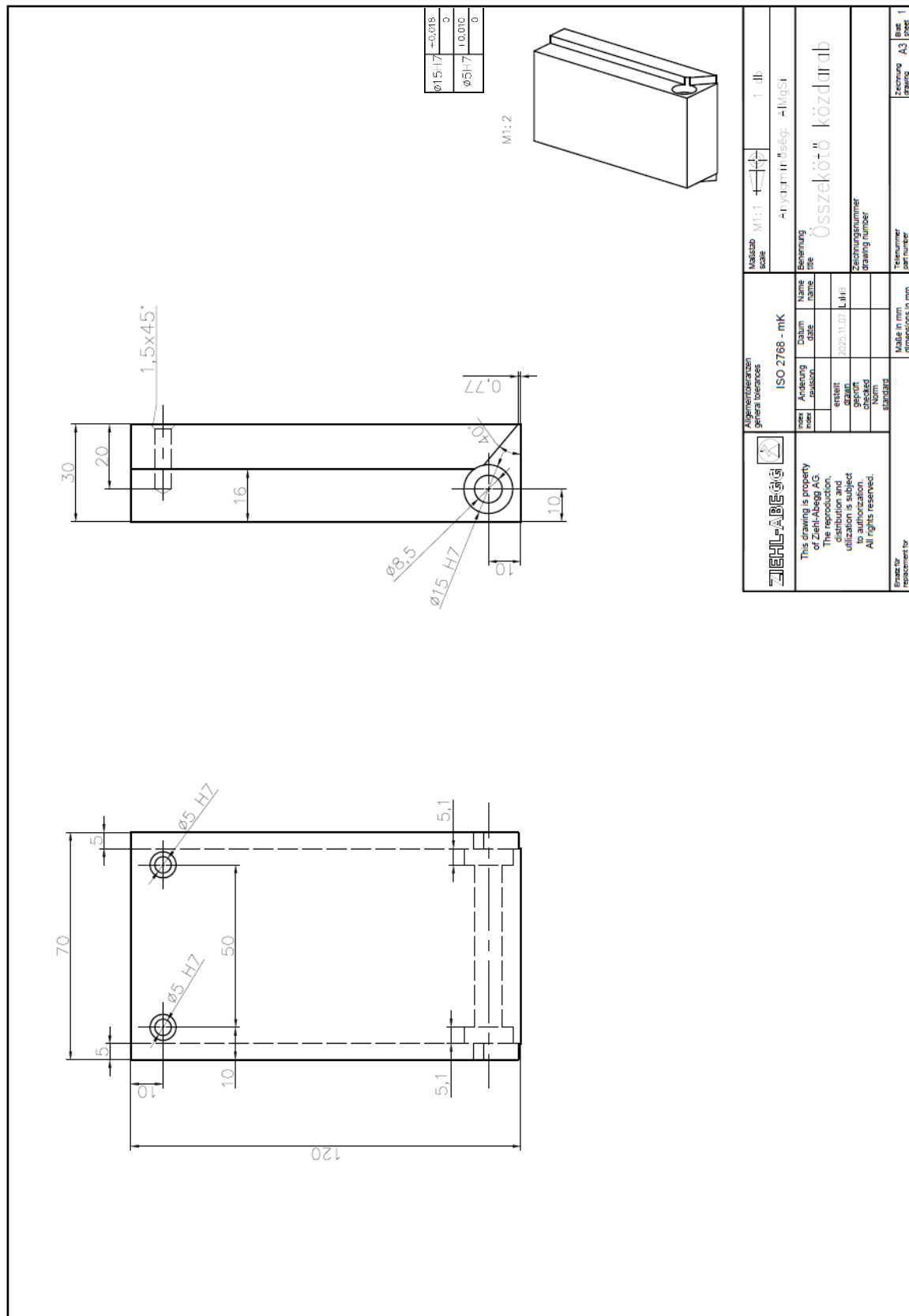



Letörések mérete: 0,5x45°

Ø6 j6	+0,006
	-0,002

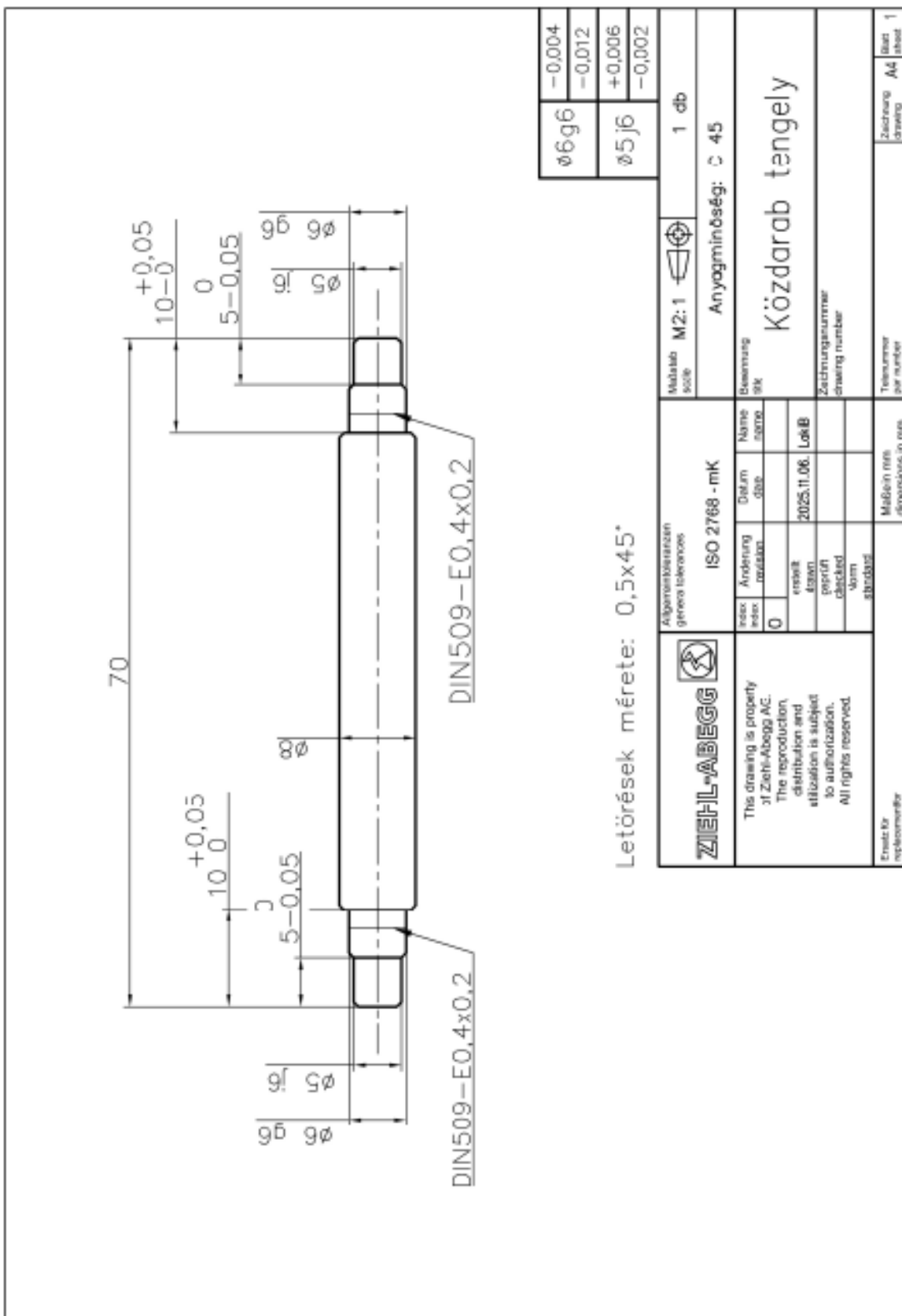
<b>ZIEHL-ABEGG</b> 	Allgemeintoleranzen general tolerances			Maßstab scale M2:1 	2 db
	ISO 2768 - mK			Anyagminőség: C 45	
This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.	Index	Anderung revision	Datum date	Name name	Zeichnung title <b>Összekötő csap</b>
		erstellt drawn	2025.11.07	LakiB	Zeichnungsnummer drawing number
		geprüft checked			
	Norm standard				
Ersatz für replacement for	Maße in mm dimensions in mm		Teilnummer part number	Zeichnung drawing A4	Blatt sheet 1

13. sz. melléklet: Összekötő közdarab műhelyrajza

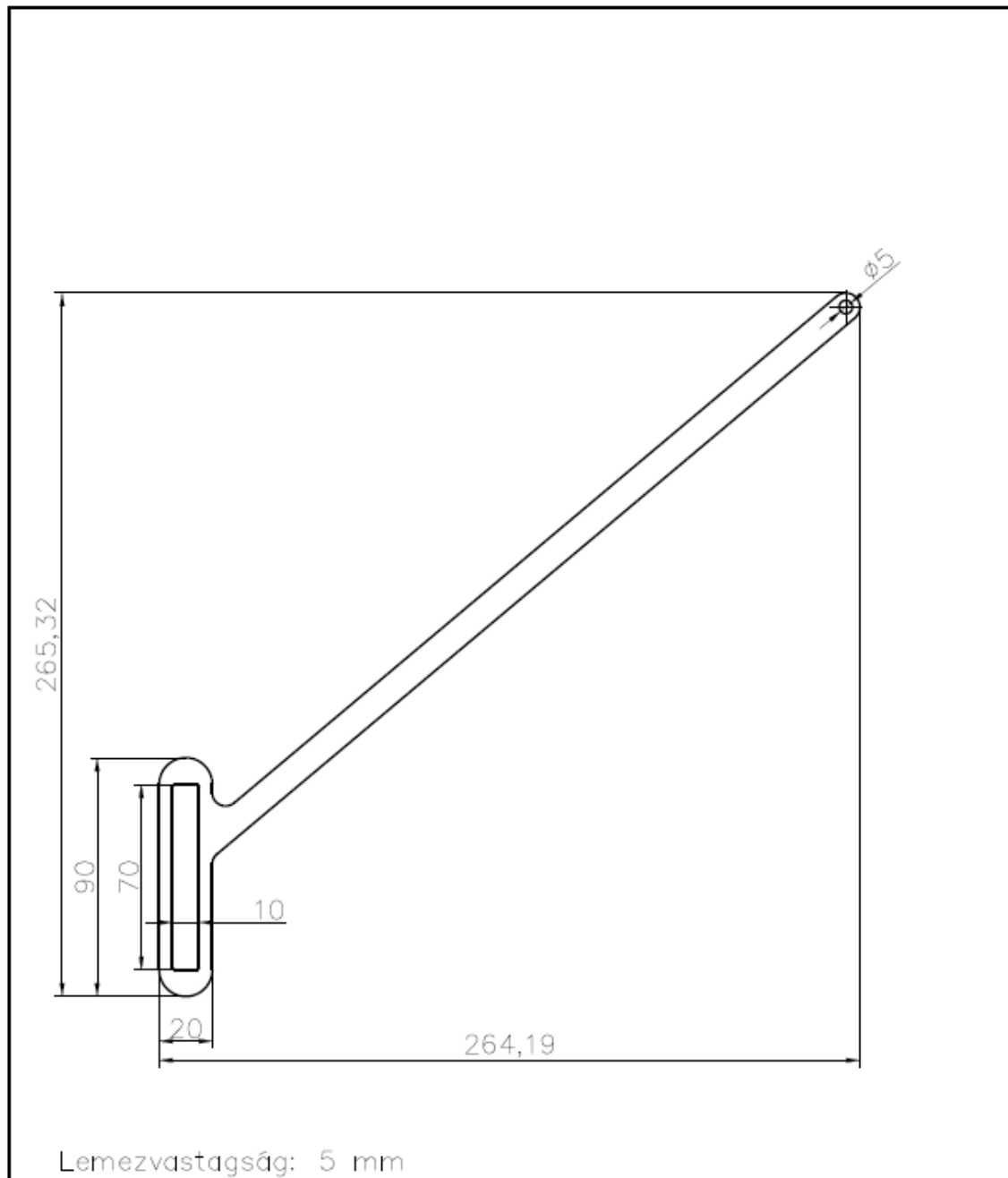


		ISO 2768 - mK Toleranztabelle general tolerances		Maßstab scale: M1:1	Blatt sheet: 1
This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.		Name Name:	Datum DATE: 2020.11.07	Benennung title: Összekötő közdarab	
Anhang section:	erstellt created:	geprüft checked:	Norm Standard:	Zeichnungsnummer drawing number:	
Scale for replacement for:			Maßstab in mm dimensions in mm:	Zeichnungs- drawing: A3	Blatt- sheet: 1


14. sz. melléklet: Tengely műhelyrajza



15. sz. melléklet: Mozzgató közdarab műhelyrajza



Lemezvastagság: 5 mm

<b>ZIEHL-ABEGG</b> 	Allgemeintoleranzen general tolerances <b>ISO 2768 - mK</b>			Maßstab scale M1:2 	2 db
	Anyagminőség: S235JR				
This drawing is property of Ziehl-Abegg AG. The reproduction, distribution and utilization is subject to authorization. All rights reserved.	Index index	Änderung revision	Datum date	Name name	Benennung title <b>Mozgató közdarab</b>
		erstellt drawn	2025.11.07.	Lukó	Zeichnungsnummer drawing number
		geprüft checked			
		Norm standard			
Ersatz für replacement for	Maße in mm dimensions in mm		Teilenummer part number	Zeichnung drawing A4	Blatt sheet 1

16. sz. melléklet: Ellenőrző darab műhelyrajza

