

SZAKDOLGOZAT

GAZDA IZABELLA
gépészmérnök

Gödöllő
2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

Gyártási folyamatok optimalizálási lehetőségeinek elemzése
technológiai és gazdasági szempontok alapján

Belső konzulens: Dr. Keresztes Róbert Zsolt
egyetemi docens

Külső konzulens: Takács Péter
technológus

Készítette: Gazda Izabella
SCJ22Q
nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet

Gödöllő
2025

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gégyártó specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Gazda Izabella (SCJ22Q)

részére

A szakdolgozat címe:

Gyártási folyamatok optimalizálási lehetőségeinek elemzése technológiai és gazdasági szempontok alapján

Feladatkiírás:

Bevezetés, cégbemutató, szakirodaom feldolgozás, probléma bemutatása, gyártástechnológia tervezés, EDGECAM szimulációk készítése, hegesztés műveleti sorrend készítés, gazdasági számítás, összefoglalás

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi- és Gépipari Folyamatok

Külső konzulens: *Takács Péter, technológus, Wamsler SE*

Belső konzulens: *Dr. Keresztes Róbert Zsolt, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2025. november 04

Gödöllő, 2025. szeptember 08

Jóváhagyom



(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

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

Gödöllő, 2025.



(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	6
2.	Cégbemutató 7	7
3.	Szakirodalom feldolgozása	8
3.1.	A fém megmunkálási technológiák.....	8
3.1.1.	Az additív gyártástechnológia.....	8
3.1.2.	A szubtraktív gyártási technológia.....	11
3.2.	Megmunkálási paraméterek optimalizálása	15
3.2.1.	Felületi érdesség.....	15
3.2.2.	Szerszámélettartam.....	17
3.2.3.	Gyártási idő	20
3.2.4.	Költségcsökkentés	22
3.3.	Lemezvágas	23
3.3.1.	Plazmavágás	23
3.3.2.	Lézervágás.....	24
4.	Probléma bemutatása.....	25
5.	Tervezés	28
5.1.	Gyártástechnológia tervezés.....	28
5.1.1.	Előgyártmányok	28
5.1.2.	EDGE CAM szimuláció	28
5.2.	A megmunkáláshoz szükséges szerszám gép és szerszámok.....	36
5.3.	Hegesztés.....	37
5.4.	Felület kezelés	40
6.	Gazdasági számítás	41
7.	Összefoglalás.....	47

8.	Summary	48
9.	Nyilatkozatok	49
10.	Ábrajegyzék	53
11.	Táblázatjegyzék.....	54
12.	Irodalomjegyzék.....	55
13.	Mellékletek jegyzéke.....	58

1. Bevezetés

A korszerű gépipari gyártásban kiemelt szerepet kap a megmunkálási folyamatok hatékonyságának növelése, a gyártási költségek csökkentése és a végtermék minőségének javítása. Ezen célok elérése érdekében elengedhetetlen a megmunkálási paraméterek optimális megválasztása és folyamatos fejlesztése.

A szakdolgozat központi témája a megmunkálási paraméterek optimalizálási lehetőségeinek elemzése, valamint a gyártási folyamatok gazdasági elemzése.

Napjainkban a piaci verseny, az anyag- és energiaárak növekedése, valamint a fenntartható gyártás iránti igény mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a gyártócégek folyamatosan keressék a hatékonyságnövelés, költségcsökkentés és minőségjavítás lehetőségeit.

A gyártás hatékonyságának javítása érdekében elengedhetetlen, hogy a megmunkálási folyamatok minél pontosabban legyenek előkészítve és kivitelezve. Ma már a gyártási folyamatok digitális szimulációja, a 3D modellezés és a szerszámpályák elemzése lehetővé teszi a hibák előzetes felismerését, aminek köszönhetően javítható a gyártás hatékonysága és csökkenthetők a gyártási költségek.

2. Cégbemutató

A Wamsler SE Háztartástechnikai Európai Rt. a Salgótarjáni Vasöntöde és Tűzhelygyár jogutódjaként 1894-óta gyárt háztartási sütő-, főző-, fűtőkészülékeket. 1992-től a németországi Wamsler GmbH-val való egyesüléskor kapta a tűzhelygyár új nevét. Az elmúlt években a Wamsler SE magyarországi tevékenysége tovább erősödött és Közép-Európa legnagyobb, teljes mértékben magyar magántulajdonban lévő tűzhelygyarává vált.

A cég fő profilja a szilárd tüzelésű kályhák, kandallók, tűzhelyek és központi fűtésre alkalmas kazánok gyártása. Emellett 2020-ban elindult a cég acélszerkezetek gyártásával foglalkozó üzeme.

A könnyű és nehéz acél szerkezet gyártó üzletág fő termékei:

- vasúti oszlopok és gerendák
- hegesztett, horganyzott rácsostartók
- vasúti nyíltlemez, csőkorlát és kerítés
- hegesztett, horganyzott-festett, forgácsolt alkatrészek, sodronyok
- vasúti villamos felsővezeték szerelvények
- transzformátorház acélszerkezetek
- erőművi berendezések acélszerkezetei
- erőművi tárolók részegységei
- hidak acélszerkezete

A gyárban alkalmazott gyártási technológiák – lézer- és plazmavágás, élhajlítás, hengerítés, kivágás és mélyhúzás, forgácsolás, hegesztés, szemcseszórás és porfestés – lehetővé teszik komplex acélszerkezetek előállítását is, legyen szó ipari, építőipari vagy egyedi projektekhez szükséges szerkezetekről. [1]

3. Szakirodalom feldolgozása

3.1. A fémmegmunkálási technológiák

A fémmegmunkálás olyan ipari eljárások összessége, amelyek során különböző fém alapanyagokat technikai folyamatok alkalmazásával alakítják, formálják, vágják és felületi tulajdonságaikat módosítják. Ennek célja, hogy kívánt méretű és tulajdonságú alkatrészeket lehessen gyártani. A megmunkálási technológia kiválasztásakor figyelembe kell venni az alapanyag tulajdonságait, a kívánt végeredményt, a munkadarab alkalmazási területét, a hatékonyságot és a gazdaságosságot. Mindezeknek a szempontoknak létezik optimuma, melyeket figyelembe véve kell kiválasztani a számunkra megfelelő gyártási eljárásokat és technológiai paramétereket.

A gyártási eljárásoknak alapvetően két csoportja létezik: a szubtraktív és az additív gyártási technológiák. A két technológia közötti fő különbséget az adja, hogy amíg a szubtraktív technológia során anyageltávolítással hozzák létre a kívánt alakot, addig az additív gyártás anyag hozzáadásával építi fel a munkadarabokat.

3.1.1. Az additív gyártástechnológia

Az additív gyártástechnológia anyag hozzáadással hoz létre új szerkezetet, nem anyag formálással vagy eltávolítással. Az ISO/ASTM 52900:2021 szabvány szerint az additív gyártás olyan technológiai folyamat, amelyben az alkatrész digitális modell alapján, anyag hozzáadásával készül el, rétegenként. Ez alapján additív technológiához legtöbbször csak a 3D nyomtatást sorolják, de a hegesztéstechnológia is additív jellegű technológiának tekinthető.

A 3D nyomtatás digitális modell alapján alakítja ki az alkatrészt. Ez az eljárás lehetővé teszi komplex geometriai formák létrehozását, amelyeket hagyományos módszerekkel nehéz vagy lehetetlen előállítani. Emellett a technológia előnyei közé tartozik az anyagtakarékosság, mivel csak annyi anyagot használ fel a gyártáshoz, amennyit szükséges. [2]

A 3D fémnyomtatás területén folyamatos fejlődés látható, számtalan technológiai módszert szabadalmaztattak, de ezek közül csak néhány vált az iparban is használatossá.

A fémnyomtatás legelterjedtebb alapanyaga a fémpor. A fémpor nyers állapotában nehezen kezelhető, azonban kedvező tulajdonságai miatt ez a legelterjedtebb kiindulási alapanyag fémnyomtatáshoz.

A 3D fémnyomtatás főbb megoldásai is fémpor alapanyagot használnak, amelyet nagy energiájú lézerrel vagy elektronsugárral olvasztanak meg, más esetekben pedig kötőanyag alkalmazásával, szinterezési eljárással hozzák létre a munkadarabot.

Szelektív lézerszinterezés (SLS), Szelektív lézeres olvasztás (SLM) és Direkt fém lézerszinterezés (DMLS) a leggyakrabban használt por alapú fémnyomtatási eljárás. A technológiai folyamat során a nyomtatók nagy energiájú lézersugárral olvasztják össze a nyomtatandó alkatrészek fémpor rétegeit. Az 1. ábrán látható az eljárással készülő alkatrész.

1. ábra: Lézeres 3D fémnyomtatás [3]



Elektronsugaras olvasztás (EBM) vagy elektronsugaras additív gyártás (EBAM) esetén lézersugár helyett elektronsugárral olvasztják meg a fémport vákuumkamrában. Ezzel a technológiával gyorsabb gyártási folyamat érhető el, viszont alacsonyabb pontosságú. Nagy méretű fémtárgyakat lehet vele nyomtatni, kisebb felbontással.

Kötőanyag-fecskendezéses építés (Binder Jetting) fémnyomtatás hasonlóan a 2D nyomtatáshoz fűvókás technológiát alkalmaz. Először a fémport szétteríti az építőtálcán, majd a nyomtatófej folyékony kötőanyagot juttat a fémpor rétegeire ezzel összekapcsolva a por szemcséit. Az alkatrészt utókezelni, szinterezni kell. A szinterezés során a fém olvadási hőmérsékletének közelébe hevítik a munkadarabot, így a kötőanyag kiég és így tisztán fém alkatrészt kapunk. [4]

Jelenleg ezek a leggyakrabban használt fémnyomtatási technológiák az iparban, de folyamatos fejlődés és innováció figyelhető meg a területen. A fémnyomtatás egyre nagyobb szerepet kap az iparban, különösen a prototípusgyártásban és a kis szériás termelésben.

A hegesztés olyan eljárás, melynek során fémes vagy nemfémes anyagok részeinek megfelelő hőmérsékleten történő egyesítésével oldhatatlan kötést hozunk létre. Ez történhet hozaganyag hozzáadásával, vagy anélkül, nyomás alkalmazásával, vagy anélkül. Az eljárás során az anyagok kémiai és fizikai tulajdonságai megváltoznak, és új kötés keletkezik. A hegesztés nem nevezhető teljes mértékben additív technológiának, de szubtraktív technológiának sem, mivel a megmunkálás során nem történik anyagleválasztás.

A hegesztési eljárásokból megkülönböztetünk ömlesztő, ömlesztve sajtoló, illetve sajtoló eljárásokat, ezek közül az ömlesztő eljárások állnak legközelebb az additív gyártáshoz. [5]

A gázhegesztés olyan hegesztési eljárás, amelynél hegesztőpisztolyban képzett gázkeverék magas hőmérsékletű lángját alkalmazzuk az egyesítendő tárgyak hevítésére. Gázhegesztéssel többféle lángot állíthatunk elő, ezeket más-más anyagok hegesztéséhez használjuk.

A villamos ívhegesztésnek három típusa van, kézi-, védőgáz-, és fedettívű ívhegesztés.

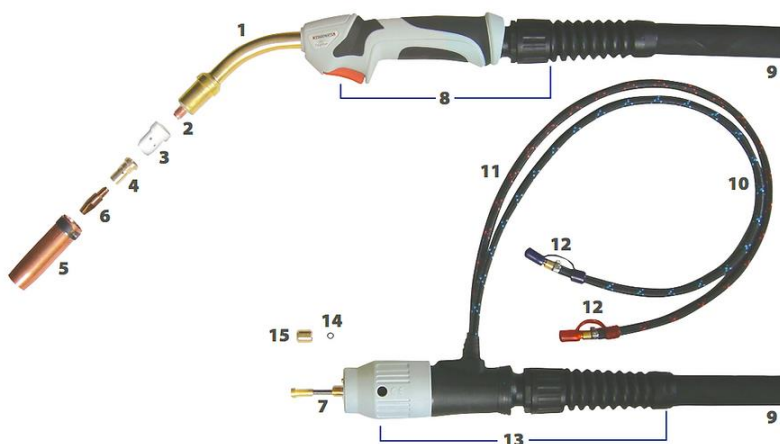
Bevont elektródás kézi ívhegesztés esetén a villamos ív a munkadarab és a bevont elektróda között jön létre, egy keskeny sávban megolvasztja a darabokat és az elektródát, ebből jön létre a hegesztési ömledék, amely lehülés után fémes kapcsolatot alakít ki a két anyag között.

A fedettívű ívhegesztés egy gépesített, automatikusan működő technológia, melyhez különleges összetételű huzalt alkalmaznak elektródaaként. A varrathézagba egy tölcser adagolja a fedőport, amely fedőporréteget alakít ki a hézagban, a villamos ív ez alatt jön létre.

Védőgáz hegesztésnek több típusa is létezik, melyeket az alkalmazott védőgáz alapján sorolunk csoportokba. Az egyik legelterjedtebb eljárás a volfrámelektródás védőgáz ívhegesztés (AWI), amely wolfram-elektródát és argon védőgázt alkalmaz. Egyenes polaritású kapcsolás esetén az elektróda katódként viselkedik, melyről az elektronok nagy sebességgel leválnak, és az anódként kapcsolt munkadarabra ütköznek. Fordított polaritású kapcsoláskor a hegesztendő anyag lesz a katód, melyről az elektróda felé áramlanak az elektronok, melynek nekiütköznek, és ezzel hőt generálnak. A fogyóelektródás semleges védőgáz ívhegesztés (AFI) argon védőgázt használ a hegesztéshez. Az eljárás félautomatikus, mivel a pisztoly automatikusan adagolja az elektródát, de a pisztoly kézzel működtethető. A hegesztéshez hegesztőhuzalt alkalmaznak elektródaaként, amelyet a hegesztőpisztoly huzalbevezetőjén keresztül két görgő tol előre a hegesztés során. Legtöbb esetben fordított polaritást alkalmaznak, az ív stabilitása és a fröcskölés elkerülése érdekében. Az elektródáról leváló

cseppek a hegesztőívben kerülnek át a munkadarabra. Permitszerű anyagátvitel megy végbe a hegesztőhuzal nagy áramterhelése miatt, ez jó varratképzést és varrat minőséget eredményez. A MIG/MAG fogyóelektródás aktív védőgázás ívhegesztés (CO₂) szén-dioxidot használ védőgázként, mely oxigénre és szén-monoxidra bomlása miatt jelentős oxidáció keletkezik. Ezért dezoxidáló anyagokkal kell ötvözni az elektródahuzalt. Az eljárás folyamata hasonló az AFI hegesztéshez. A hegesztéshez használt hegesztő pisztoly a 2. ábrán látható. [6]

2. ábra: MIG hegesztő pisztoly (1 - Áramvezető cső, 2 – Gázterelő, 3 - Áramátadó test, 4 - Áramátadó csúcs, 5 - Fúvóka, 6 - Áramátadó csúcs tartó, 7 - Központi csatlakozó tülke, 8 – Pisztolymarkolat, 9 - Védőburkolat a hajlékony köteghez, 10 - Huzalvezető spirál, 11 – Kábelköteg, 12 - Vezérlőkábelek csatlakozói, 13 - Központi csatlakozó egység, 14 – Tömítőgyűrű, 15 - Rögzítőgyűrű) [7]



3.1.2. A szubtraktív gyártási technológia

A szubtraktív gyártástechnológia magába foglalja a forgácsolási eljárásokat. Ezeket hagyományos megmunkálási módszerekként is szoktuk emlegetni. A technológia lényege egy nagyobb alapanyagból anyag leválasztással kialakítani a kívánt paraméterekkel rendelkező munkadarabot. Ennek hátránya, hogy nagyon sok anyagfelesleget termel, mivel az eltávolított anyagmennyiség hulladékként végzi.

Az esztergálás egy olyan szubtraktív megmunkálási folyamat, amely során a forgó munkadarabról egyélű szerszámmal távolítanak el anyagot, így alakítva ki a kívánt formát és méretet. Ez az eljárás tengelyszimmetrikus megmunkálást tesz lehetővé.

A munkadarabot a tokmányba fogjuk be, amely forgó mozgását a főorsó biztosítja. Általában három pofás befogást alkalmazunk, mivel ez elősegíti a munkadarab központosítását, de hátránya, hogy nem alkalmas négyszög keresztmetszetű alkatrészek megfogására.

A megmunkáló szerszámokat esztergálás esetén esztergakésnek nevezzük. Az esztergakés a késtartóban rögzíthető. Mozgását a szánszerkezet biztosítja, amely három fő részből épül fel: a hosszszánból, a keresztszánból és a késszánból. A hossz- és keresztszán mozgatása történhet kézi vagy gépi előtolással egyaránt, míg a késszán általában csak kézi mozgatással rendelkezik. Az egyetemes esztergagép részeit a 3. ábra mutatja be. [8]

3. ábra: Az egyetemes csúcseszterga felépítése [29]

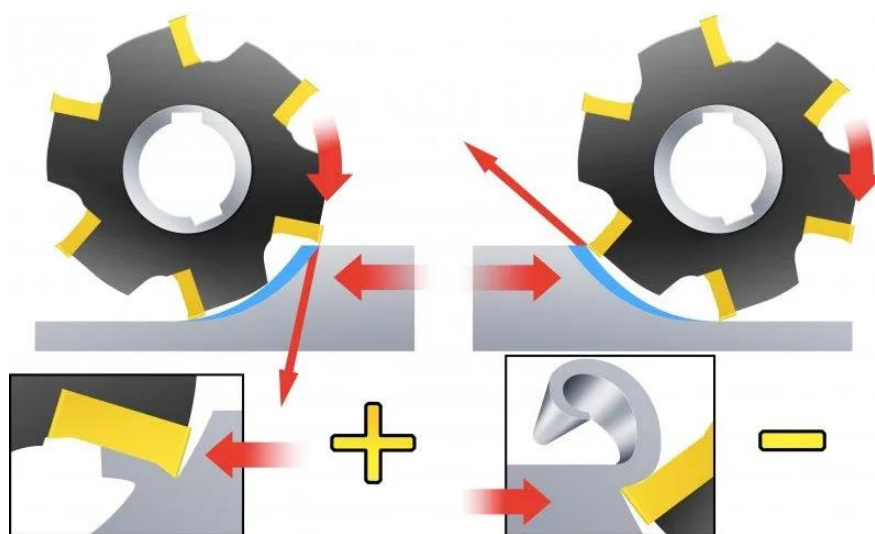


A marás egy olyan forgácsolási eljárás, amely során többélű, forgó marószerszám távolítja el az anyagot az előtoló mellékmozgást végző munkadarabról. Két marási eljárást különböztetünk meg egymástól. Palástmarás esetén a marótengely párhuzamos a megmunkált felülettel, míg homlokmarásnál a marótengely merőleges a megmunkált felületre. [9]

A palástmarásnak két fajtája van: ellenirányú marás és egyenirányú marás. Az egyenirányú marás során a forgácsolószerszám forgásiránya azonos a munkadarab előtolási irányával. A forgács először vastagabb, majd fokozatosan elvékonyodik, stabil gépszerkezetet és minimális

holtjátékot igényel, de csökkenti a szerszámkopást, és hatékonyabb anyagleválasztást tesz lehetővé. Az ellenirányú marásnál a szerszám forgásiránya ellentétes az előtolás irányával. A forgács vastagsága eleinte vékony, majd egyre vastagabb lesz, a gépek holtjátéka kevésbé okoz problémát, viszont hátránya, hogy a megmunkálás során keletkező nagyobb súrlódási hő gyorsabb szerszámkopást eredményez. Az egyen és ellenmarás közötti különbséget a 4. ábra szemlélteti. [10]

4. ábra: Egyen- és ellenirányú marás [10]



A köszörülés nagy sebességgel forgó, szabálytalan élgeometriájú szerszámmal végzett forgácsolási folyamat, mellyel nagy pontosságú, sima felületeket érhetünk el. Főleg befejező megmunkálásként alkalmazzuk, ugyanakkor a modern, nagy teljesítményű köszörűgépek már nem csak befejező, hanem előkészítő vagy nagyoló megmunkálások elvégzésére is képesek. Az eljárással nagyon sokféle felület megmunkálható: hengeres, sík, kúpos, alakos.

A fúrás olyan szubtraktív gyártási eljárás, melynek során az előtoló- és a forgácsolómozgást végezheti a munkadarab is és a szerszám is. A fúrást többféle szerszámgépen el lehet végezni, fűrőgépeken a forgácsolómozgást és az előtolómozgást is a szerszám végzi.

A furatok megmunkálásának két alapvető típusa a fúrás és a furatbővítés. A fúrás során tömör anyagba hozunk létre egy új furatot, míg a furatbővítés célja egy már meglévő furat átmérőjének növelése. [9]

A CNC megmunkálás (Computer Numerical Control) egy olyan gyártási technológia, amelyben számítógépes vezérléssel irányított szerszámgépek végzik az anyagmegmunkálást.

A CNC megmunkáló berendezések alapjai a hagyományos forgácsolási eljárások, azonban a CNC megmunkálás minimalizálja az emberi beavatkozást azáltal, hogy számítógépes programokat használ a szerszámok vezérlésére, ami nagyobb pontosságot és egyszerűbb megismételhetőséget eredményez. Az 5. ábrán CNC szerszámgépek láthatók.

5. ábra: CNC megmunkáló központok [11]



A CNC szerszámgépek különböző tengelyszámú kivitelben léteznek. Lehetnek két- vagy háromtengelyes gépek, de jellemzően több tengelyesek. A négy-, öt- és hattengelyes szerszámgépeknél nem csak az X, Y, Z tengelyek mozgathatóak, de az X, Y, Z tengelyek körüli A, B, C irányú forgatásuk is lehetséges a tengelyszámoknak megfelelően.

A CNC szerszámgépek főbb típusai:

- CNC marógépek
- CNC esztergák
- CNC fúrógépek
- CNC szikraforgácsoló gépek (EDM)
- CNC plazma- és lézervágók [11]

A CNC szerszámgépek programozására többféle programozási nyelv létezik, ezek közül a legelterjedtebb a G-kódos programozás. A programnyelv szavakból, mondatokból és utasításokból áll. A G- kódok előkészítő funkciót látnak el, ezek a szerszám mozgására és a megmunkálási műveletekre vonatkozó parancsokat tartalmazzák. Az M-kódok, más néven kiegészítő funkciók a gép működésének vezérlésére szolgálnak. [12]

A korszerű szerszámgépek vezérlését CAM (Computer-Aided Manufacturing) szoftverek segítségével is végezhetjük. A CAM szoftverek a CAD (Computer-Aided Design) modellek alapján generálják a CNC gépek számára szükséges kódokat, meghatározva a szerszám pályákat, és a megmunkáláshoz szükséges technológiai paramétereket. A CAM szoftverek egyik jelentős előnye, hogy szimulálhatjuk benne a megmunkálási folyamatot, ezzel előzetesen tesztelhetjük a programot, elkerülhetjük az esetleges hibákat. Sok szoftverbe beprogramozhatjuk a rendelkezésünkre álló szerszámokat, a szükséges paramétereit, és ezek felhasználásával készíthetjük el a programot a szerszám gépünkre. [13] [14]

3.2. Megmunkálási paraméterek optimalizálása

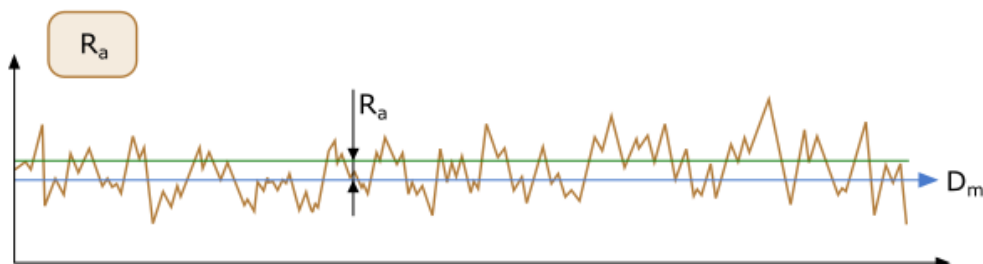
A megmunkálási paraméterek kulcsszerepet játszanak a gyártási folyamatok hatékonyságának és minőségének meghatározásában. Ezek a paraméterek, mint például a vágási sebesség, előtolás és fogásmélység, közvetlenül befolyásolják az anyagleválasztás sebességét, a szerszám élettartamát és az gyártmány minőségét. A megfelelő paraméterek kiválasztása nemcsak a gyártási idő csökkentését teszi lehetővé, hanem hozzájárul a termékminőség javításához és a költségek optimalizálásához is. A gyártási folyamatok optimalizálásával célunk lehet a felületi érdesség javítása, a szerszám élettartamának növelése, a gyártási idő csökkentése és a költséghatékonyság. Az alábbiakban bemutatom ezeket a szempontokat, valamint az optimalizálásuk lehetséges megoldásait.

3.2.1. Felületi érdesség

A felületi érdesség a munkadarab felületén lévő, a felület mértani jellegű egyenetlenségekből adódik. A felületi érdesség befolyásolja a munkadarab mozgásából és súrlódásából adódó kopás mértékét, javítja az illeszkedő alkatrészek méretpontosságát, befolyásolja az olajozás hatékonyságát és meghatározza a munkadarab esztétikai megjelenését.

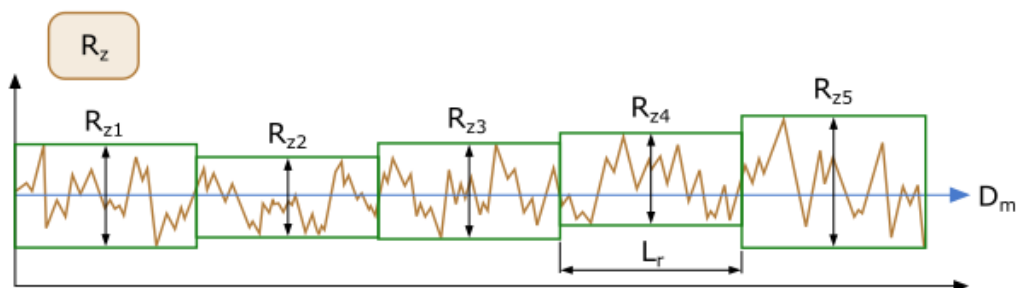
Az érdesség meghatározására két módszer terjedt el a gyakorlatban. Az egyik az átlagos felületi érdesség (R_a), amely az alaphosszon mért kiemelkedések és bemélyedések középvonaltól mért távolság értékeinek átlaga. A középvonal az a vonal, amely felett és alatt a felület kiemelkedései és bemélyedései egyenlő területűek. Az átlagos felületi érdesség értékét a zöld vonal, a középvonalat a kék vonal mutatja a 6. ábrán.

6. ábra: Átlagos felületi érdesség [15]



A másik módszer az egyenetlenség-magasság (R_z), amely az alaphosszon belül, egy választott középvonaltól mért öt legmagasabb és legalacsonyabb pont távolságának átlaga. A 7. ábrán látható az egyenetlenség-magasság magyarázó ábrája.

7. ábra: Egyenetlenség-magasság [15]



A megfelelő érdesség elkészítéséhez legelőször ki kell választanunk a megfelelő megmunkálási eljárást. Az elérhető felületi érdesség értékek az alkalmazott technológiától függenek.

Az egyes megmunkálási eljárásokkal elérhető felületi érdességek (R_a):

- nagyoló esztergálás: 0,8-25
- simító esztergálás: 0,05-0,8
- marás: 0,8-25
- köszörülés: 0,05-6,3
- polírozás: 0,005-0,05 [16]

A jobb felületi minőség eléréséhez nagyon fontos a megmunkálási paraméterek megfelelő kiválasztása. Az előtolás a szerszám vagy munkadarab haladási sebességét mutatja meg a megmunkálási folyamat során. Az előtolás értékét minél kisebbre állítjuk, annál simább felület érhető el, mivel a szerszám finomabb nyomvonalat hagy maga után. Nagy előtolásnál durvább,

hullámosabb felület alakulhat ki. A fogásmélység azt fejezi ki, hogy a szerszám milyen vastag anyagraéteget távolít el a munkadarab felületéről. Minél kisebb fogásmélységet alkalmazunk, annál finomabb felületet érhetünk el. A vágási sebesség az egységnyi idő alatt a forgácsolószerszám vágási irányban megtett utat jelenti. A vágási sebesség növelésével gyakran jobb felületi minőséget érhetünk el, de túl magas értéket sem választhatunk, mert szerszámkopást okoz, így ezzel csak a teljes rendszer ismeretében tudunk számolni.

A megfelelő felületi érdesség kialakításához megfelelő szerszámmal kell végezni a megmunkálást. Megfelelő geometriájú és éles vágóélű szerszám használata szükséges, mivel a szerszámok kopása negatívan befolyásolja a felületi érdességet. Keményfém, vagy bevonatos szerszámok használata ajánlott, mivel ezek lassabban kopnak, így a szerszámél hosszabb ideig marad éles. Ezek a szerszámok jobban tűrik a magas hőmérsékletet, ami különösen fontos, ha nagy vágási sebességet választanánk a megmunkáláshoz. Valamint a bevonatos szerszámokon a bevonatok csökkentik a súrlódást a szerszám és a munkadarab között.

Emellett a hűtőfolyadékok alkalmazása is kiemelt szerepet játszik a megmunkálás során. A hűtőfolyadék csökkenti a megmunkálás során létrejövő hőmérsékletet, ezáltal megakadályozza a szerszám idő előtti kopását és az anyag deformációját. A kenőhatás révén csökkenti a szerszám és a munkadarab közti súrlódást, ezáltal szintén lassítja a szerszámkopást. Valamint az alacsonyabb hőmérséklet és kisebb súrlódás simább forgács leválást eredményez, így jobb felületi érdesség érhető el. [17]

3.2.2. Szerszámélettartam

A megfelelő szerszámanyag kiválasztása meghatározza a megmunkálás hatékonyságát, a megmunkált felület minőségét, és a szerszám élettartamát. A szerszám kiválasztása a megmunkálandó anyag, a megmunkálási folyamat és a kívánt felületminőség függvényében történik.

A szerszámanyag kiválasztásakor a legfontosabb követelmény, hogy a szerszám keménysége üzemi hőmérsékleten lényegesen nagyobb legyen, mint a vele megmunkálandó anyagé.

A szerszámacélok ötvözött, vagy ötvözetlen nemesacélok, melyek szilíciumtartalma 0,15 – 0,35 %, kén- és foszfortartalmuk kisebb, mint 0,025 %. A szerszámacélokat általában felhasználásuk alapján csoportosítjuk, hideg- és melegalakító szerszámacélokra. A hidegalakító szerszámacélokat esztergakések, fűrők, dörzsárak, marók, menetvágók alapanyagaként

használjuk. A melegalakító szerszámacélokat 200 °C üzemi hőmérséklet felett működő szerszámok esetén alkalmazzuk, például süllyesztékes kovácsolásnál vagy sajtolásnál.

A gyorsacél szerszámok az egyik legelterjedtebb forgácsolószerszám-anyagok közé tartoznak. Erősen ötvözött szerszámacélok, amelyek akár 500 °C üzemi hőmérsékleten is megtartják keménységüket, így nagy sebességű megmunkálásra is alkalmasak.

A keményfém szerszámok jó hőállóságuk miatt sokkal nagyobb forgácsolási sebességgel képesek elvégezni a megmunkálást, azonban mechanikai tulajdonságai rosszabbak, ezért a szerszámok sokkal érzékenyebbek a dinamikus igénybevételekre és a váltakozó terhelésekre. A keményfémek magas ára és alacsony hajlítószilárdsága miatt elsősorban csak forgácsolószerszámok lapkáinak alapanyagaként használatosak.

A kerámia szerszámok nagy előnye, hogy az alapanyag olcsó, így a szerszámok is olcsóbban megvásárolhatóak. Hőállósága megelőzi a többi szerszámanyagot, ezért jóval nagyobb forgácsolási sebesség érhető el, mint a többi szerszámmal való megmunkálással. Azonban óriási hátránya, hogy mechanikai tulajdonságaik gyengék, ridegsége miatt könnyen törnek.

A gyémánt rendkívül nagy keménységű, emiatt alkalmazzák szerszámanyagként. A gyémánt ára többszöröse a többi anyag árának, emellett alacsonyabb a hőállósága. Az anyag nagyon rideg, ezért vasalapú ötvözetek forgácsolására nem szokták alkalmazni.

A köbös bór-nitrit a gyémánt után a második legkeményebb szerszámanyag, de hőállósága sokkal magasabb. A szerszámanyag ára és mechanikai tulajdonságai hasonlóak a gyémántéhoz.

Léteznek bevont szerszámanyagok is, gyorsacél vagy keményfém szerszámokra vékony bevonat réteget visznek fel, melynek célja a keménység növelése, hő- és kopásállóság javítása, valamint az élettartam növelése. [18]

8. ábra: Gyorsacél szerszámok típusai, bevonatai [19]



A szerszám élettartamának növelése érdekében is kulcsfontosságú szerepet játszik a megfelelő forgácsolási paraméterek beállítása. A vágási sebesség növelésével nagyobb terhelés éri a szerszámot, amely a szerszám kopását felgyorsíthatja. Ha viszont túl alacsony vágási sebességet választunk a szerszám és a munkadarab közötti súrlódás fokozottan megnövekszik, amely ugyancsak rontja a szerszámot, ezért nehéz megtalálni az optimumot. A szerszámgyártó minden szerszámhoz javasol vágási sebességet, melynek figyelembevételével finomhangolhatjuk az értéket a konkrét megmunkálási körülményekhez. Az előtolás mértéke közvetlenül befolyásolja a forgács vastagságát. Nagyobb előtolás alkalmazása fokozott hőtermeléshez és a szerszám gyorsabb kopásához vezethet. Azonban különböző anyagok eltérő előtolási értékeket igényelnek. Például acéloknál az előtolás növelése csak kismértékben gyorsítja a szerszámkopást, míg más anyagoknál ez a hatás jelentősebb lehet. A fogásmélység optimalizálása során olyan értéket kell választani, amely biztosítja az anyaghatékony eltávolítását anélkül, hogy túlzott terhelésnek tenné ki a szerszámot. A túl nagy fogásmélység választása gyors kopáshoz, rezgésekhez, jelentős hőterheléshez vezethet, míg a túl kicsi érték csökkenti a termelékenységet és helyi kopás alakulhat ki a szerszámon, mivel a szerszám nem a teljes vágóélel dolgozik. [20]

Mindezek mellett a szerszám élettartamát jelentősen befolyásolja a megmunkálás közben leválasztott forgács, mivel a forgácsolási zónában maradt forgács folyamatosan koptatja a szerszámot. Emellett a felhalmozódott forgács elzárhatja a hűtéstől a szerszámot, ami drasztikus hőmérséklet növekedéssel járhat.

Ebből is következik, hogy nagyon fontos a megfelelő hűtés-kenés alkalmazása. A hűtő-kenő folyadékok csökkentik a forgácsolás során keletkező hőt, valamint a szerszám és a munkadarab közötti súrlódást, ami mérsékli a szerszám hőterhelését és hozzájárul a szerszám hosszabb élettartamához. A megfelelő hűtő-kenő anyag használata segíti a forgács eltávolítását a vágási zónából, megelőzve a szerszám sérülését és a felület minőségének romlását. [21]

3.2.3. Gyártási idő

A gyártási idő csökkentésekor az egyik legfontosabb teendő a gyártási sorrend optimalizálása. Ez azt jelenti, hogy a termelés lépéseit olyan sorrendbe kell állítani, mellyel elérhetjük az átfutási idő minimalizálását, és növeljük a gépek kihasználtságát, tehát növeljük a gyártás hatékonyságát.

Célunk a megmunkálások lépéseinek megfelelő sorrendbe rendezése, a technológiai paraméterek optimalizálása, a szerszámcserek számának minimalizálása, a munkadarab befogásainak csökkentése és CNC-megmunkálás esetén a szerszám pályák optimalizálása.

Az egyes munkadarabok gyártási folyamatainak sorrendbe állított leírását, amely tartalmazza az adott technológiákra vonatkozó paramétereket műveleti tervnek nevezzük.

A műveletterv olyan gyártástechnológiai dokumentáció, amely a munkadarab legyártásához a teljes megmunkálást megtervezi. A műveletterv tartalmazza a gyár, az üzem és a munkadarab megnevezését, a művelet vázlatos rajzát, az anyagfelhasználási normákat, a művelet azonosítóját, a használt gép vagy berendezés jelölését és megnevezését, valamint a szükséges készülékek, szerszámok és gyártási mérőeszközök megnevezését és darabszámát. Emellett rögzíti a gyártási műveletek sorrendjét, továbbá előírásokat tartalmaz a minőségi átvétel módjára, az ellenőrizendő tulajdonságokra és a megméréendő méretekre vonatkozóan is.

A műveleti utasítás a műveletterv műveleteinek különálló bemutatása. a műveletterv alapján készülnek, de kiegészülnek a konkrét megmunkáláshoz használt munkagéppel, a beállítható technológiai adatokkal, szerszámmal, készülékkel és az adott művelet megméréendő méreteihez szükséges mérőeszközzel. [18]

A technológiai paraméterek optimalizálása a gyártási idő szempontjából akkor lesz optimális, ha a lehető legnagyobb vágási sebességet, eltolást és fogásmélységet alkalmazzuk.

A megmunkálások során nagyon sok idővesztéséget jelent az egyes szerszámok cseréje. Ilyenkor szerszámcsere pozícióba kell vinni a szerszámot, itt történik a szerszámcsere, majd visszaállni vele a vágási zónába. A szerszám mozgatása és cseréje másodperceket vehet igénybe, ami egy sorozatgyártás esetén nagyon nagy idővesztéséget lehet. Ennek érdekében ugyanazzal a szerszámmal történő műveleteket csoportosítjuk, és ha lehet egymás után, szerszámcsere nélkül hajtjuk végre mindegyik megmunkálást.

A munkadarab megmunkálását érdemes minél kevesebb befogással elkészíteni, mivel ilyenkor nem csak a munkadarab újbóli befogásával telik el sok idő, hanem azzal is, hogy minden esetben, amikor a munkadarabot elmozdítjuk pozíciójából újra fel kell venni a megmunkálás elvégzéséhez szükséges nullpontot. A nullpont az a referenciapont, melyhez képest a munkadarab helyzetét és méreteit meg tudjuk adni. Nagyszámú gyártás esetén a befogások számának minimalizálásához befogó készülékeket alkalmazunk, melyek lehetővé teszik bonyolult megmunkálások esetén is akár egy megfogással elvégezhető legyen a teljes folyamat.

A gyártási idő optimalizálásának egyik fejlesztési módszere az automatizálhatóság. Az automata rendszerek kialakításával az emberi munkához képest jelentősen csökkenthető az állásidő. Folyamatosan, megszakítás nélkül üzemeltethetők, egyes rendszerek akár emberi felügyelet nélkül is. Az automatizált megmunkáló rendszerek mellett automatizált anyagmozgató rendszerek lehetővé teszik az alkatrészek mozgatását az egyes munkaállomások között, amely zavartalan működést biztosíthat a rendszer számára. Az automatizálás lehetővé teszi a folyamatos adatgyűjtést a termelés során, amely segíti a legoptimálisabb technológiai paraméterek kiválasztását.

CNC-megmunkálás hatékonyságának növelésében fontos szerepet játszik a szerszámpálya optimalizáció. A szerszámpályák optimalizálásának egyik alapvető célja a felesleges mozgások csökkentése, valamint a mozgások idejének lerövidítése. Amikor nem történik megmunkálás, például műveleti pozíciók váltásakor vagy szerszámcsere pozícióba álláskor nem szükséges, hogy a szerszám az előtolás értékével mozogjon, ezért ilyenkor alkalmazzuk a gyorsjárat sebességét. A gyorsjárat sebesség a szerszámgép maximális mozgatási sebessége. Programozható, hogy a munkadarabtól milyen távolságra van az a pont, amelytől alkalmazhatja a gép a gyorsjárat sebességét. Mivel ez a sebesség általában sokkal nagyobb, mint az előtolás,

így nagyban befolyásolja a teljes gyártási ciklus sebességét. Emellett a megmunkálások közben a megfelelő szerszámpanyák megválasztásával növelhető a szerszámok élettartama is. [22] [23]

3.2.4. *Költségcsökkentés*

A költségcsökkentés kulcsfontosságú szerepet játszik a versenyképes és fenntartható gyártásban. A vállalatok számára nem áll rendelkezésére végtelen tőke, így általában egy adott költségkereten belül kell megoldani a gyártást. A költségek csökkentésével megtakarított összeget be lehet fektetni más projektekbe, például fejlesztésekbe, automatizálásba.

A költségekre a megmunkálás során számos tényező van befolyással, az egyik ilyen az alapanyag választás. Az egyes alapanyagok ára között hatalmas eltérések lehetnek. Általában a mechanikai tulajdonságok javulásával arányosan növekedik az anyag ára is. A megfelelő alapanyag kiválasztásához meg kell vizsgálni a munkadarabot érő terheléseket, a működési körülményeket, és a megmunkálási költségekre gyakorolt hatásait.

Az anyagválasztás a megmunkálási költségeket is befolyásolja. A könnyűfémek könnyű megmunkálhatóságuk miatt költséghatékonyabbak, mint a nehézfémek, melyek megmunkálása drágább szerszámokat és hosszabb megmunkálási időt igényelnek, ami magasabb költségeket eredményez.

A megfelelő szerszámválasztás nemcsak a gyártási időt és a selejtarányt csökkenti, hanem a szerszámcsere gyakoriságát is minimalizálja, ezáltal jelentősen csökkentve a gyártási költségeket. A magas minőségű, kopásálló szerszámok hosszabb ideig használhatók, ritkábban kell őket cserélni, így kevesebb szerszámköltséget eredményezhetnek.

Az egyes gyártási folyamatok során nagy költségvesztéssel járhat az anyagpazarlás, ezért nagyon fontos az anyaghulladék csökkentése. A piacon kapható félkésztermékek nem mindig teszik lehetővé, hogy költséghatékony legyen a munkadarab gyártása, ilyenkor előgyártmányokat alkalmazhatunk. Az előgyártmány olyan félkésztermék, amely már tartalmazza a végtermék néhány jellemzőjét, de a végleges méretek, méretpontosság és felületi minőség további megmunkálások során érhető el.

A költségek alakulásában a geometria is jelentős szerepet játszik. Bonyolult geometriák megmunkálása speciális szerszámokat és szakképzett munkaerőt igényel, emellett sokkal hosszabb megmunkálási időt eredményez. A szigorú tűrésekkel, jobb felületi érdességekkel

ellátott felületek megmunkálása több lépéssel érhető el, így a megmunkálási idő és költség is magasabb lesz.

A gyártástervezés során, ha lehetséges szabványos, illetve csereszabatos alkatrészek alkalmazásával szintén csökkenthetjük a költségeket, hiszen a szabványos sorozatgyártott alkatrészek sokkal olcsóbban beszerezhetőek, mint az általunk tervezett elemek, melyeket csak egyedi gyártással lehet kialakítani.

Mindezek mellett minden, ami a gyártási időt csökkenti a gyártási költségek csökkenésével is jár, mivel a gyártásra fordított idő közvetlenül meghatározza az előállítási költségeket. Minél rövidebb a gyártási idő, annál kevesebb gépidőt, munkaerőt, energiafelhasználást és egyéb erőforrást igényel az adott munkadarab elkészítése. [24]

3.3. Lemezvágás

3.3.1. Plazmavágás

A plazmavágás olyan termikus eljárás, amely ionizált plazma gáz segítségével fémek (elektromosan vezető anyagok) vágására szolgál. Az eljárásnak két típusa létezik: a plazmasugaras és a plazmaíves eljárás.

Plazmaíves történő eljárás esetén áram hatására villamos ív jön létre az elektróda és a munkadarab között, és ez az ív hozza plazmaállapotba a vágógázt.

Plazmasugaras eljárás során elektromos kisüléssel nagy energiájú plazmasugarat hoznak létre a fúvókában, és a fúvókából kilépve olvasztja meg az anyagot.

A plazmaíves történő vágás egyszerűbb, költséghatékonyabb technológia, ezzel szemben a plazmasugaras vágás jobb vágási minőséget és nagyobb vágási sebességet biztosít.

A plazmavágás előnyei közé tartozik, hogy minden elektromosan vezető anyaghoz használható. Nagy vágási sebesség alkalmazható, amely növeli az eljárás hatékonyságát is. Valamint rugalmasan alkalmazható az egészen vékony lemezek vágásától egészen a 300 mm vastagságú anyagokig.

Hátránya, hogy a plazmavágással történő megmunkálás a munkadarab élein sokszor durva felületet eredményez, így szükség lehet utómegmunkálásra. [25]

A plazmavágási eljárás a 9. ábrán látható.

9. ábra: Plazmavágás [26]



3.3.2. Lézervágás

A fémek lézervágásának két változata terjedt el, az oxigénes és a nitrogénes eljárás.

Az oxigénes lézervágás elsősorban ötvöztelen vagy kis mértékben ötvözött acélok vágására alkalmas. Ennél az eljárásnál a fókuszált lézersugár a munkadarabot annak gyulladási hőmérsékletéig melegíti, majd az anyag oxidációs folyamat révén ég el az oxigénáramban. A keletkező hő tovább segíti a vágási folyamatot, míg a megolvadt és oxidált salakanyagot az oxigénsugár kifújja a vágórésből. Az eljárás előnye, hogy nagy vágási sebesség érhető el viszonylag kis lézerteljesítménnyel, ugyanakkor a vágott felület oxidált marad, ami további utómunkálatokat tehet szükségessé.

Ezzel szemben a nitrogénes lézervágás főként ötvözött acélok, rozsdamentes acélok és alumínium alapanyagok esetén előnyös. Ebben az esetben a lézersugár az anyagot megolvasztja, majd a vágási résből a nagy nyomású (általában 20–30 bar) nitrogén gáz áramával távolítják el az olvadt fémeket. Mivel a nitrogén semleges gáz, így nem lép reakcióba a megmunkált anyaggal, ennek köszönhetően a vágott él oxidmentes marad, és nem igényel utólagos tisztítást.

A lézervágás előnye, hogy a megmunkált élek felülete sokkal simább, ezáltal a legtöbb esetben nincs szükség utómunkálatokra. Az eljárás rendkívül pontos kontúrok vágására alkalmas, minimális a vágási hézag a folyamat során, így bonyolultabb alakzatok vágását is lehetővé teszi.

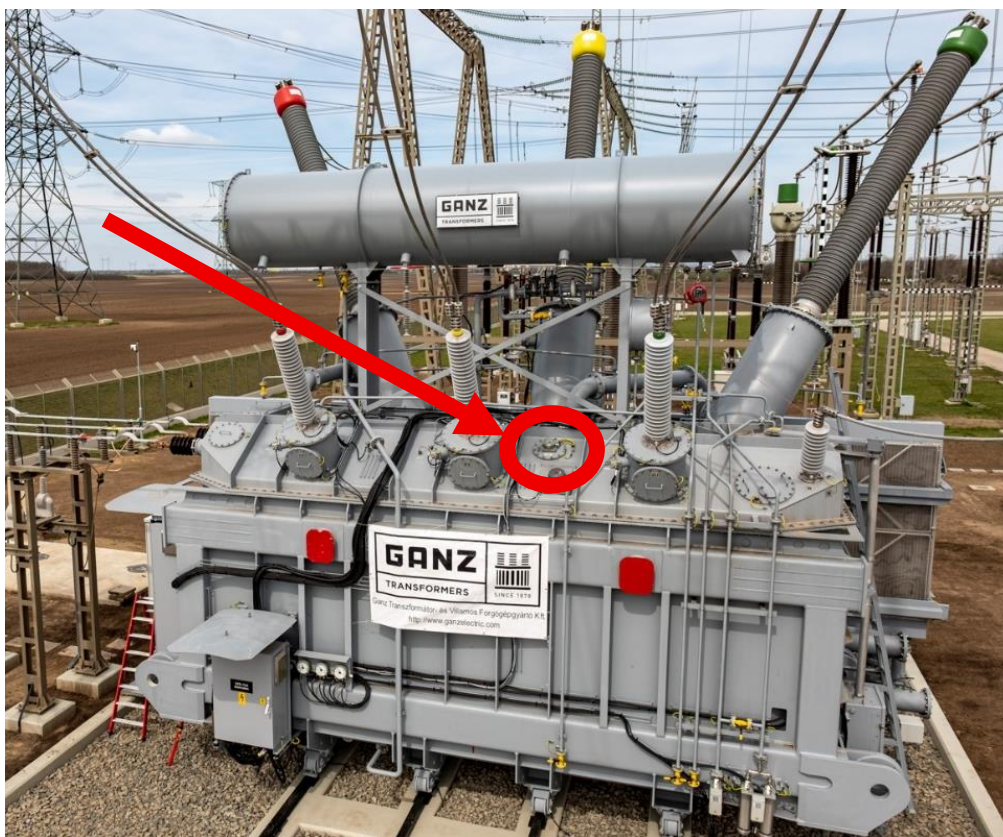
Azonban az eljárás vastagabb lemezeknél nem alkalmazható. Acél lemezek esetén technológiától függően maximum 20-30 mm-es vastagságig használható. [27]

4. Probléma bemutatása

Az általam vizsgált cégnél az acélszerkezetek gyártásán belül az egyik fő projekt a transzformátorházak gyártása.

A transzformátorházak, más néven transzformátortartályok, a villamos transzformátorok külső, mechanikai védelmét és környezettől való elhatárolódását szolgálják. A szakdolgozat témája egy olajhűtéses transzformátorház acélszerkezeti részegységének gyártási lehetőségeinek összehasonlítása. A vizsgált transzformátorház a 10. ábrán látható, azon belül a dolgozat tárgyát képező összeszerelési egység pirossal van kiemelve.

10. ábra: A transzformátorház és az vizsgált összeszerelés [28]



Ezen részegység, melyről a dolgozatomat írni fogom egy ETI SM2-S csatlakozódoboz csatlakoztatására szolgál. Ezt a csatlakozódobozt a 11. ábra mutatja. Az ETI SM2-S csatlakozódoboz egy olyan transzformátor-kiegészítő egység, amely biztosítja az olajjal hűtött transzformátorok belsejében elhelyezett villamos berendezések csatlakozásainak biztonságos kivezetését az olajtérből a környezetbe. Általában áramváltó és ellenállásos távhőmérő berendezések vezetékeinek csatlakozását biztosítja külső rendszerekhez.

11. ábra: ETI SM2-S csatlakozódoboz



A doboz transzformátorhoz való mechanikus csatlakoztatására szolgáló szerkezeti egység 6 alkatrészből áll. Egy vakkarimából, két BKT támasztókonzolból, egy menetes földelőszemből, egy szigetelő anyából, valamint az ETI SM2-S csatlakozó karimából.

A vakkarima közvetlen csatlakozást biztosít a transzformátorral, valamint a többi részegység rögzítésére szolgál.

A BKT táblatartó lemezek a csatlakoztatott készülék beazonosítására alkalmas adattáblák rögzítésére szolgálnak.

A földelőszem a földelést biztosítja, ami transzformátorok biztonságos működésének érdekében elengedhetetlen, mivel villamos zárlat esetén biztosítja az áram levezetését a föld felé.

A szigetelő anya egy áramváltó vagy jeladó csatlakoztatására szolgál, feladata, hogy megakadályozza az elektromos kontaktust, amely rövidzárlatot vagy földelési problémát okozhatna.

Az ETI SM2-S karima szerepe a ETI SM2-S típusú csatlakozódoboz és a transzformátor közötti közvetlen kapcsolat biztosítása.

A vállalat jelenleg ezeket, és ezekkel együtt más forgácsolt alkatrészeket külső beszállítókkal gyártatja le. Ez a megoldás rövid távon költséghatékonyabbnak tűnhet, azonban számos problémát idéz elő, ilyen például a logisztika megszervezése, valamint az ellátás kockázata,

hogy az egyes elemek nem készülnek el, vagy nem érkeznek be időben a gyártásához. Így felmerül a kérdés, hogy érdemes lenne-e beruházni CNC gépekre és házon belül elvégezni az alkatrészek gyártását.

Ezen kérdés megválaszolásához gazdasági elemzést végzek annak meghatározására, hogy a transzformátorház alkatrészeinek gyártása esetén a gyáron belüli megmunkálás, vagy a bérnyújtás bizonyul-e gazdaságosabbnak. Bár a cég rendelkezik saját forgácsolóüzemmel, kizárólag hagyományos forgácsoló gépeken dolgoznak benne, amelyek az alkatrészek gyártásának időigényessége miatt nem biztosítanak kellő hatékonyságot. A probléma megoldását jelentheti korszerű CNC szerszámgépek beszerzése, így azt fogom vizsgálni, hogy a vállalatnak megérné-e beruházni és ezeken a gépeken, cégen belül végezni a megmunkálást.

Tehát a dolgozat célja kettős, egyrészt technológiai oldalról optimalizálni a gyártási paramétereket, ezzel növelve a hatékonyságot és csökkentve az alkatrészek előállítás idejét és költségét, másrészt gazdasági oldalról meghatározni, hogy a vizsgált alkatrészek saját gyártása milyen feltételek mellett lenne versenyképes a bérnyújtással szemben.

A probléma megoldásához első lépésként a munkadarabok megmunkálásának szimulációját fogom elkészíteni. Ehhez az EDGE CAM szoftvert használom, amely lehetővé teszi az alkatrészek 3D-s modelljeinek betöltését, a műveleti sorrend és a szerszám pályák megtervezését, valamint a megmunkálási idő pontos meghatározását. Az adatok segítségével lehetőség van a gyártási folyamat paramétereinek optimalizálására.

Ezt követően gazdaságossági elemzést készítek, melyben összehasonlítom a külső gyártás jelenlegi költségeit a saját gyártás beruházási és üzemeltetési költségeivel. A vizsgálat során számba veszem a CNC gépek vételárát, üzemeltetési költségeit, a szükséges szerszámok és készülékek árát, valamint a felhasznált alapanyagok árát. Fontos megjegyezni, hogy a munkaerő költségét nem veszem figyelembe, mivel a vállalatnál már jelenleg is működő forgácsolóüzemben dolgozó, meglévő munkaviszonyú szakemberek végeznék el a megmunkálást, így emberi erőforrás oldalról nem jelentene többletköltséget a saját gyártás bevezetése. Ezen adatok alapján megtérülési számításokat végzek, és elemzem, hogy mennyi időn belül térülne meg a vállalat számára a beruházás.

5. Tervezés

5.1. Gyártástechnológia tervezés

5.1.1. Előgyártmányok

A megmunkálás elkezdése előtt az előgyártmány kiválasztására és elkészítésére van szükség. Mindegyik munkadarabhoz más-más előgyártmányt használunk.

Az 1. számú mellékleten látható összeállítási rajz 1. tétele az egyik gyártandó karima. Az alkatrész előgyártmányaként a 6. számú mellékleten látható előgyártmányt fogjuk alkalmazni, amelyet 12 mm vastagságú, S235JR anyagminőségű táblalemezből lézervágással alakítunk ki a kívánt geometriára. A lézervágás lehetővé teszi, hogy ne csak a körgyűrű formát alakítsuk ki, hanem a furatokat is bele tudjuk vágni a lemezbe.

A 2. számú melléklet 1. számú tétele egy karima, melynek előgyártmányaként 25 mm lemezvastagságú, S235JR anyagminőségű lemezből plazmavágással kivágott előgyártmányt használunk, a 7. mellékleten látható geometria szerint kivágva.

A menetes szem, amely a 3. számú melléklet 1. tétele X5CrNi18-10 anyagminőségű 30 mm átmérőjű köracélból készül. Ezt szálanyagként vásárolt tétel, nincs szükség előmegmunkálásra.

A 4. számú mellékleten látható tartó előgyártmányát X5CrNi18-10 anyagminőségű 8 mm vastagságú lemezből lézervágógép segítségével alakítjuk ki a 8. mellékleten szereplő 50x110 mm méretű hasábra.

Az 5. számú melléklet 8. tétele mutatja a szükséges földelő szemet, melynek előgyártmányaként X5CrNi18-10 anyagminőségű 16 mm átmérőjű köracél szálanyag lesz alkalmazva.

Ezeket fogjuk használni a CAM szimulációban is a munkadarabok előgyártmányaként.

5.1.2. EDGE CAM szimuláció

A szimulációhoz az alkatrészek 3D modelljét megnyitjuk a programban. Az előbb bemutatott előgyártmányokat ráillesztjük a modellekre, majd a megmunkálási műveletekkel kialakítjuk az előgyártmányból a kívánt geometriát.

a) 2905160/1

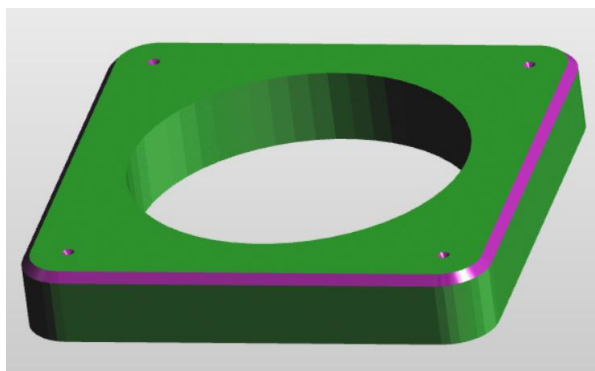
A megmunkálás műveleti utasítását a 10. melléklet tartalmazza.

A kívánt alkatrész kialakításához az előgyártmányt CNC marógéppel megmunkáljuk. A megmunkálás megkezdéséhez befogjuk a satuba az alkatrészt. Az alkatrész 15 mm-re legyen kiemelve a satu síkjához képest.

A megmunkálás elkezdése előtt szükséges felvenni a munkadarabon a nullpontot. Ezt a szerszámgépbe beépített lézeres bemérővel könnyedén el lehet végezni.

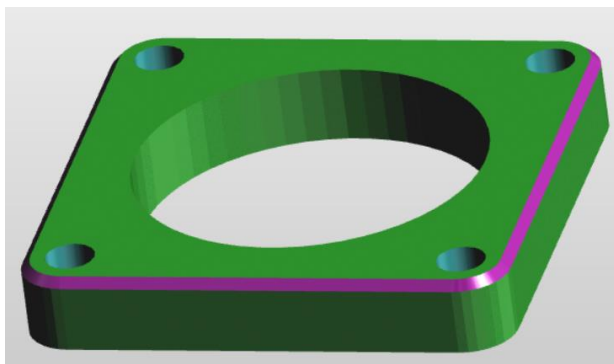
A megmunkálás első lépéseként elkészítjük az élettörést a munkadarab külső élén, majd a furat kialakításához központot fúrunk NC pontozóval. Ezt a két műveletet azért készítjük el egymás után, mivel ugyanazzal a szerszámmal készül, így nincs szükség szerszámcsereére a megmunkálások között. A munkadarab megmunkálás utáni állapota a 12. ábrán látható.

12. ábra: A munkadarab az élettörés, és a központfurat elkészítése után



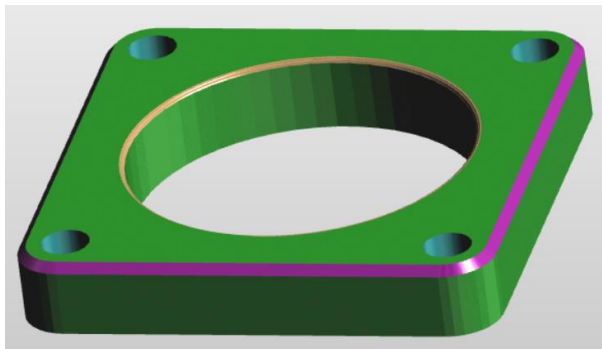
Az M16-os menethez előfúrunk 14 mm átmérőjű csigafúróval. Forgács törő fúrást alkalmazunk, melynek során a szerszám 2 mm megmunkálás után ugyanennyit visszaemelkedik, ezáltal elősegítve a forgács törését és annak eltávolítását a furatból. A menet kialakítjuk az M16-os menetfúró segítségével. A 13. ábrán látható az EDGE CAM szimulációban a munkadarab a furatok kialakítása után.

13. ábra: Az alkatrész a furatok kialakítása után



Ezután az alkatrész lévő furat élén kimunkáljuk a lekerekítést gömbvégű maróval. A szimulációban a megmunkálás utáni állapot a 14. ábrán látható.

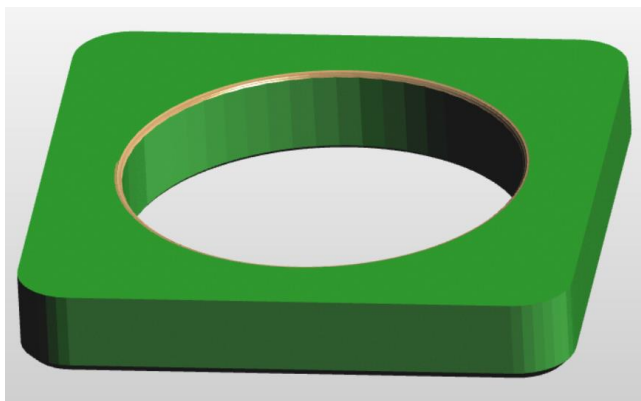
14. ábra: Az elkészült munkadarab



A munkadarab másik oldalán lévő lekerekítést csak a munkadarab megfordításával tudjuk elkészíteni. Ehhez ki kell venni a satuból, majd megfordítva újra befogni, szintén 15 mm kilógással.

Ezen az oldalon is megismételjük a gömbvégű maróval a furat élén a lekerekítés kialakítását. Az 15. ábrán láthatjuk a munkadarabot a szimuláció végén.

15. ábra: Lekerekítés a munkadarab másik oldalán



A megmunkálás elvégzéséhez a munkadarab két oldalán összesen 3 perc 37 másodpercet szükséges, de számolni kell a megfordításból és az újabb nullpont felvételéből adódó idővesztésekkel.

b) 2906162/1

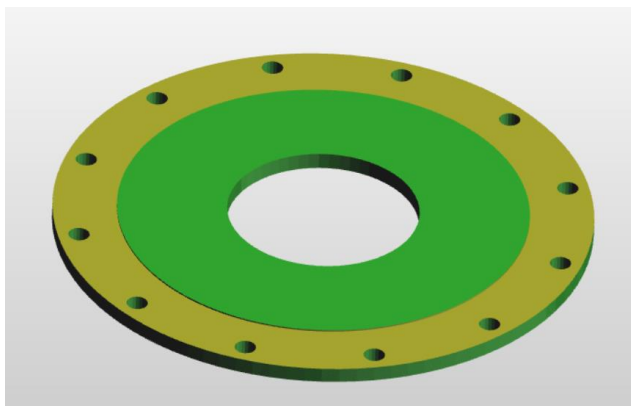
A 9. mellékleten látható a megmunkálás műveleti utasítás lapja.

A 2906162/1 rajzszámú alkatrész megmunkálását CNC marógépen végezzük el. Az alkatrész befogásához mágneses maróasztalra van szükség, mivel a hengeres testeket nem

tudjuk párhuzam satuba fogni. A karima rögzítése után bemérjük a munkadarabon a nullpontot, amely ebben az esetben a munkadarab középpontja lesz.

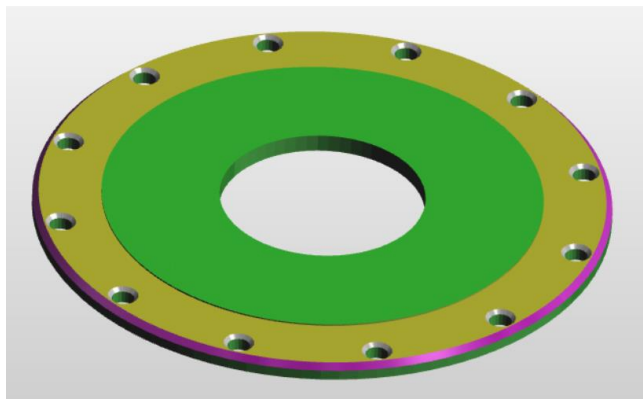
A megmunkálás első lépéseként a 290 mm átmérőjű lépcsőt alakítjuk ki a karimán. Ehhez a művelethez szármarót használunk. A szerszámpanya optimalizálása miatt spirális szerszámpanyát használunk. A 16. ábrán látható a megmunkálás szimulációjában a munkadarab a művelet elvégzése után.

16. ábra: A munkadarab a lépcső kialakítása után



Következő lépésként kicseréljük a szerszámot NC pontozóra, és ezzel kialakítjuk az élettörést a munkadarab külső élén, valamint a furatokban. A 17. ábra mutatja a munkadarabot a megmunkálás elvégzése után.

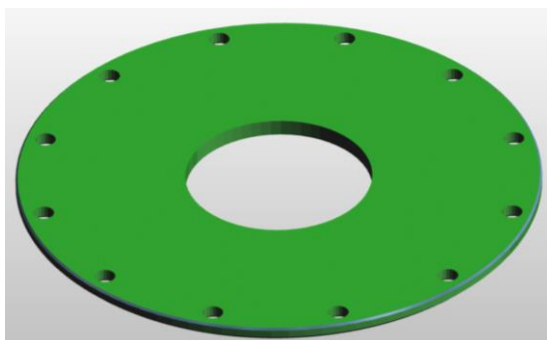
17. ábra: Az alkatrész az élettörések kialakítása után



Ezzel a karima egyik felületének megmunkálása elkészült, így a munkadarabot meg kell fordítani, majd a munkadarabon a nullpontot újra fel kell venni.

Ezen az oldalon csak a külső élettörést kell kialakítani, amelyet NC befúró segítségével alakítunk ki. A 18. ábrán látható az így elkészült munkadarab.

18. ábra: Az alkatrész az élettörés elkészítése után



A megmunkálás teljes időigénye 5 perc 13 másodperc, de ennél a megmunkálásnál is meg kell fordítani az alkatrészt, és újra befogni majd felvenni a nullpontot, amely időigényes.

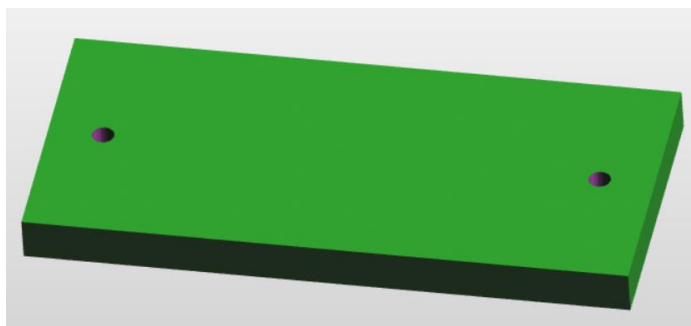
c) 2906574

Az alkatrész műveleti utasítását a 11. melléklet tartalmazza.

A munkadarabot CNC marógépen fogjuk megmunkálni. Satuba fogjuk az alkatrész előgyártmányát, mivel csak 2 furatot alakítunk ki rajta, így nincs szükség arra, hogy az alkatrész jelentősen ki legyen emelve a befogó készülék síkjához képest, azonban befogáskor ügyelni kell arra, hogy ne a furatok alatt támasszuk alá a darabot.

A megmunkálás első lépése, hogy NC befúróval központfuratot készítünk a 2 furat helyére. Az M4-es furat előfurataként 3,3 mm átmérőjű csigafúróval átmenő furatokat alakítunk ki az alkatrészen forgácstörő fúrást alkalmazva, ezután M4 menetfúróval menetet fúrunk a furatokba. A 19. ábrán látható a megmunkálás szimulációjában a megmunkálás után az alkatrész.

19. ábra: A kész munkadarab



A megmunkálás összesen 32 másodpercet vesz igénybe.

d) 2906655/1

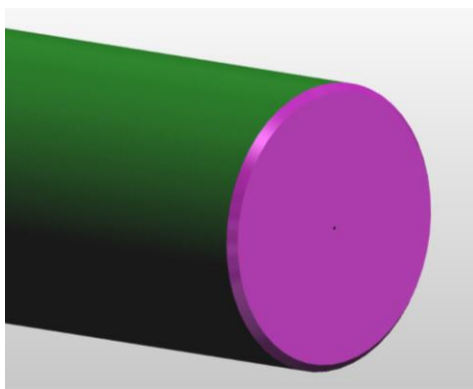
A 12. mellékleten látható a munkadarab műveleti utasítása.

Az alkatrész megmunkálása CNC esztergagépen lesz végrehajtva. Tokmányba fogjuk az alkatrész előgyártmányaként használt 16 mm átmérőjű köracélt úgy, hogy a tokmányból való kilógása 30 mm legyen.

Ezután a megmunkálás első lépéseként a munkadarab homlokfelületét felsíkoljuk. Ennek célja egy sík, merőleges referenciafelület kialakítása, valamint a nullpont meghatározása. Ehhez a megmunkáláshoz oldalélű esztergakést használunk.

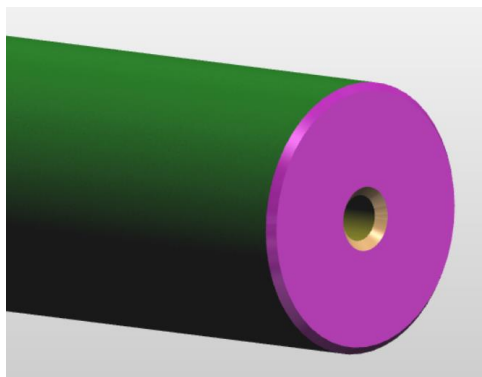
Következő lépésként kialakítjuk a munkadarab külső élén a 45°-os élettörést hajlított esztergakéssel. A 20. ábrán láthatjuk a szimulációban a műveletekkel kialakított síkfelületet és élettörést a munkadarabon.

20. ábra: A munkadarab a síkmarás és élettörés után



A furat kialakítása előtt NC befúróval központfuratot fúrunk, mellyel mélyebbre munkálunk, így egy lépésben kialakítható az élettörés is a furat élén. Ezután a M6-os furat kialakításához 5 mm átmérőjű csigafúróval előfúrjuk az alkatrészt, szintén forgácstörő fúrás alkalmazásával. A 21. ábrán látható a szimulációban a furat elkészítése és az élettörés kialakítása után a munkadarab.

21. ábra: Az alkatrész a furat kialakítása után



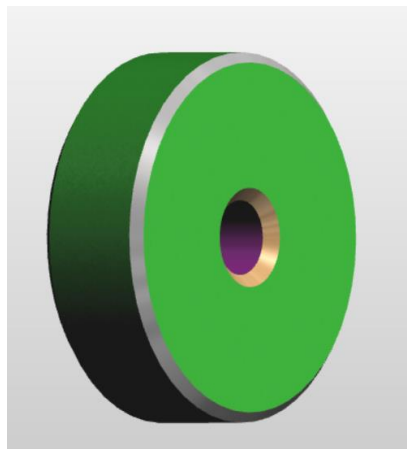
A furat elkészítése után leszúró esztergakéssel leszúrjuk a munkadarabot 10 mm hosszúságra.

Az így kapott alkatrészt megfordítjuk, majd befogjuk a tokmányba úgy, hogy 5 mm-t lógjon ki. Szükséges ezután újra felvenni a nullpontot a megmunkálás folytatásához.

Elsőként NC pontozóval elkészítjük az élettörést a furat élén, majd M6 menetet fúrunk a munkadarabba M6-os menetfúróval.

Az így elkészült munkadarabot a szimulációban a 22. ábrán látható.

22. ábra: Az elkészült munkadarab



A megmunkálás mindkét oldalon összesen 1 perc 10 másodpercet vesz igénybe, de a megmunkálás közben a megfordítás és az újbóli nullpont felvétel további időt igényel.

e) 2906660/8

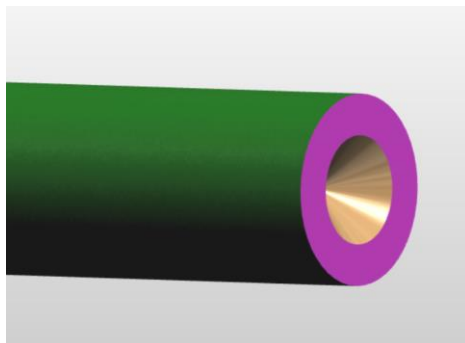
A munkadarab megmunkálásához tartozó műveleti utasítás a 13. mellékleten látható.

A 2906660/8 rajzszámú alkatrész megmunkálását CNC esztergagépen fogjuk végrehajtani. A megmunkálás megkezdéséhez tokmányba fogjuk a hengeres alkatrészt úgy, hogy az alkatrész kilógása a tokmányból 40 mm.

A megmunkálás első lépéseként ebben az esetben is a munkadarab homlokfelületének felsíkolása lesz a merőleges referenciafelület, a nullpont létrehozásához. A megmunkáláshoz most is oldalélű esztergakést használunk.

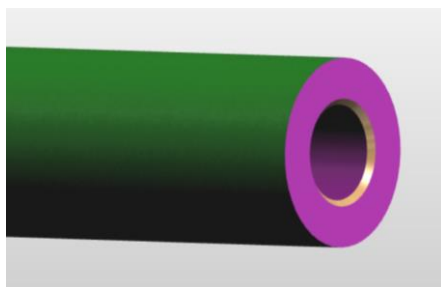
Következő lépésként NC pontozóval központfuratot készítünk olyan mélyen, hogy a furat élén lévő letörést is kialakítjuk. A 23. ábrán látható a műveletek elvégzése után a munkadarab a szimulációban.

23. ábra: A munkadarab a síkesztergálás és a központfurat elkészítése után



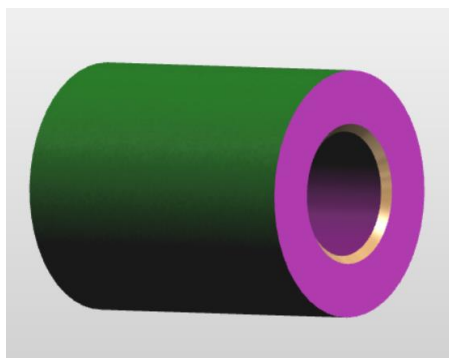
A központfurat kialakítása után az M8-as menet elkészítéséhez előfúrunk 6,8 mm átmérőjű csigafúróval. Szintén forgácstörő fúrást alkalmazunk 2 mm-enkénti visszaemeléssel. Ezután M8-as menetfúróval elkészítjük a menetet a furatban. A 24. ábra tartalmazza a furat kialakítása után a munkadarabot.

24. ábra: A munkadarab a furat elkészítése után



A megmunkálás utolsó lépéseként leszűrő szerszámmal 20 mm-re leszűrjük az alkatrészt. Az így elkészült földelőszermet a 25. ábrán láthatjuk.

25. ábra: A leszűrás után elkészült alkatrész



Az alkatrész megmunkálása 53 másodpercet vesz igénybe.

5.2. A megmunkáláshoz szükséges szerszámgép és szerszámok

A megmunkálások végrehajtásához szükség van eszterga és maró CNC gépekre. Ez megvalósítható olyan megmunkáló állomásokkal, melyek képesek esztergáló és maró megmunkálások végrehajtására, vagy külön eszterga és maró szerszámgépekkel.

Jelen esetben jobb döntésnek bizonyul, ha külön gépekkel valósítjuk meg a megmunkálásokat, mivel nincsenek olyan bonyolult alkatrészek, amelyek igényelnék mindkét fajta megmunkálást, valamint így párhuzamosan egyidőben van lehetőség mindkét szerszámgép használatára.

Így szükség van beruházni egy CNC esztergagépre és egy CNC marógépre.

A maró megmunkálásokhoz az alábbi szerszámokra van szükség:

- Ø 12 mm NC befúró (T1)
- Ø 14 mm csigafúró (T2)
- M16 x 1.5 menetfúró (T3)
- Ø 4 mm gömbvégű maró (T4)
- Ø 3,3 mm csigafúró (T5)
- M4 x 0.7 menetfúró (T6)
- Ø 20 mm szármaró (T7)
- Ø 20 mm NC befúró (T8)

Az esztergáló megmunkálásokhoz az alábbi szerszámokra van szükség:

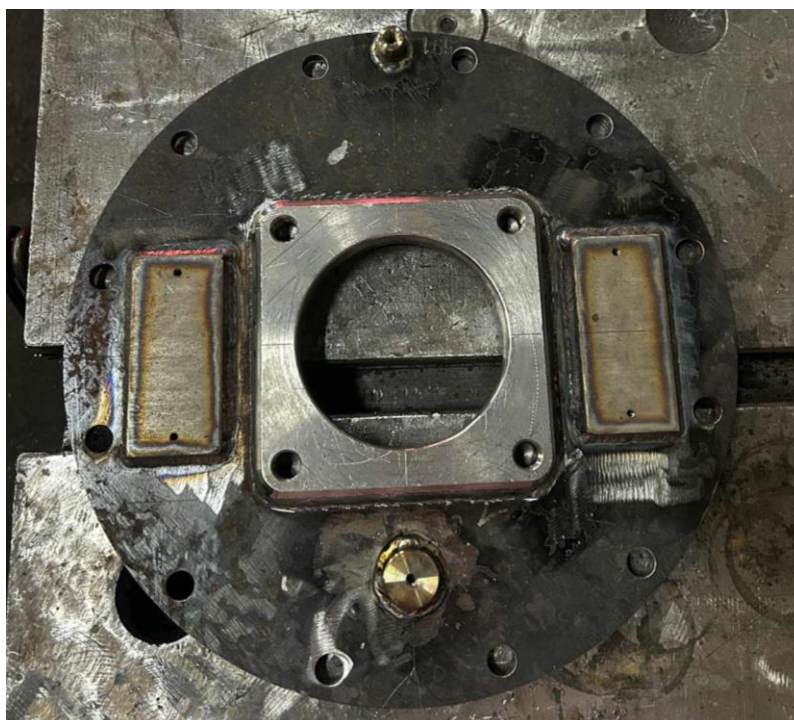
- Oldalélű esztergakés (T1)
- Ø 12 mm NC befúró (T2)
- Ø 5 mm csigafúró (T3)
- Leszúró esztergakés (T4)
- M6 x 1.0 menetfúró (T5)
- Ø 6,8 mm csigafúró (T6)
- M8 x 1.25 menetfúró (T7)
- Hajlított esztergakés (T8)

5.3. Hegesztés

A részegység elemeit hegesztéssel egyesítjük, majd a részegységet ugyancsak hegesztéssel csatlakoztatjuk a transzformátorházhoz.

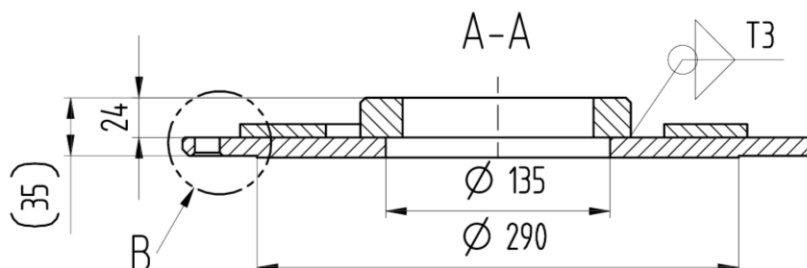
Az alábbi képen látható a szerkezet összehegesztett állapotban.

26. ábra: A részegység hegesztett állapotban



A hegesztéshez kétféle technológiát használunk a hegesztendő alkatrészek különböző anyagminősége miatt. Az egyik hegesztési eljárás a MAG, mellyel a két, S235JR anyagminőségből készült karimát hegesztjük össze. A másik az AWI hegesztési eljárás, amelyeket a saválló és szénacél alkatrészek egyesítésekor alkalmazunk.

27. ábra: Vázlat a MAG hegesztéshez



A MAG hegesztéssel tehát a 2906162/1 és a 2906050/1 rajzszámú karimákat hegesztjük össze 3 mm-es kétoldali sarokvarrattal. A 27. ábrán látható a rajz, amelyen jelölve van a hegesztési varrat.

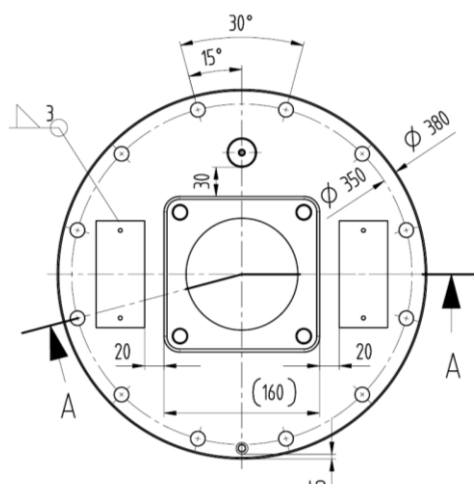
A hegesztés során M21 típusú aktív védőgáz-keveréket alkalmazunk, amely argon és széndioxid (Ar + CO₂) elegyből áll. A felhasznált gáz 16-18 l/perc. Ez a kevert gáz nemcsak megvédi az olvadt hegfürdőt az oxidációtól, hanem stabil ívviszonyokat és jó beolvadást is biztosít, ami különösen fontos a szerkezeti acélok esetében. A hegesztéshez ESAB OK AristoRod típusú 1 mm átmérőjű huzalt használunk, amely rézbevonat nélküli, ötvözetlen hegesztőhuzal, kifejezetten MAG eljáráshoz és szerkezeti acélokhöz fejlesztve. A hegesztéshez Kemppi X8 Power Source 500 típusú hegesztőgépet használunk, az alábbi paraméterekkel:

- Áramerősség: 241-260 A
- Feszültség: 26-28 V
- Hegesztési sebesség: 25-30 m/perc

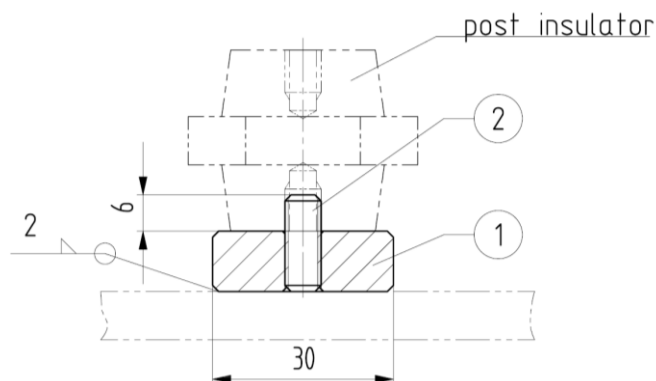
A hegesztés műveleti sorrendje a 14. mellékleten látható, amelyet a 16. mellékletként csatolt WPS lap alapján készítettem.

A 2906162/1 rajzszámú karima és a saválló alkatrészek összehegesztése AWI (TIG) hegesztési eljárással történik. A 2906162/1 és a 2906574/1 rajzszámú alkatrészeket 3 mm-es sarokvarrattal hegesztjük össze, ennek rajza a 28. ábrán látható. A 2906162/1 rajzszámú karimát és a 2906655/1 és a 2906660/8 rajzszámú alkatrészeket 2 mm-es sarokvarrattal egyesítjük, ezek rajza a 29. és 30. ábrán látható.

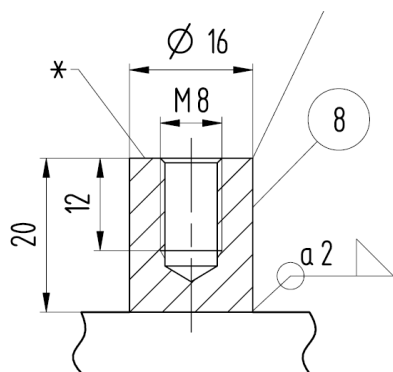
28. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906574/1 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez



29. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906655/1 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez



30. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906660/8 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez



Az AWI hegesztés során az ívet egy nem fogyó volfrámelektroda hozza létre a munkadarab és az elektróda között, miközben a hozaganyagot kézzel vagy automatizált adagolóval juttatjuk a hegfürdőbe. A hegesztéshez argon védőgázt használunk, amely megakadályozza az olvadt fém oxidációját és szennyeződését, valamint stabil, jól kontrollálható ívet biztosít. A felhasznált védőgáz 10-12 l/perc. A hozaganyagként alkalmazott 2,4 mm átmérőjű INOX TIG 307Si huzal kifejezetten a saválló acélok és a szénacélok egyesítéséhez alkalmas, biztosítva a megfelelő mechanikai tulajdonságokat és korrózióállóságot. Az eljárás során JASIC TIG315PACDC típusú hegesztőgépet alkalmazunk, melyet az alábbi paraméterek szerint állítunk be:

- Áramerősség: 165 – 175 A
- Feszültség: 10-11 V
- Hegesztési sebesség: 10-14 m/perc

A hegesztés műveleti sorrendjét a 15. melléklet tartalmazza, melyet a 17. mellékleten látható WPS lap alapján készítettem.

5.4. Felület kezelés

A megmunkálások során a köracélok palástfelülete és a lemezek síkfelülete nem kerül megmunkálásra. Ezért előfordulhat, hogy ezek a felületek nem teljesen felelnek meg a rajokon előírt érdességi és tűrésí követelményeknek. Azonban az alkatrészek az összeszerelést és hegesztést követően szemcseszóráson és festésen esnek át, amelyek biztosítják a szükséges felületi minőséget és korrózióvédelmet. Ennek következtében a jobb felületi érdesség kialakítása nem indokolt, ami jelentős gyártási idő- és költségmegtakarítást eredményez.

A megrendelőtől kapott előírások alapján a transzformátorok fém alkatrészeit festés előtt szemcseszórással kell előkészíteni. A tisztítás után megkívánt felületminőség: ISO 8501-1 szerint Sa 2 1/2 fokozat. A folyamat során nagy sebességű, sűrített levegővel hajtott szemcséket irányítanak a munkadarab felületére, amelyek ütéshatásukkal eltávolítják a revét, rozsdát, oxidréteget, festékmaradványokat és más szennyeződések. Ezen kívül a szemcsék mikroszkopikus érdesítést is létrehozhatnak a fémfelületen, ami megnöveli a tapadófelületet, és ezáltal javítja a bevonat tapadását és élettartamát.

A szemcseszóráshoz Abrázív GH 40 szemcsét alkalmazunk, amely 40-es méretű, hőkezelt, nagy széntartalmú acélszemcse, amely nagy kopásállósága miatt különösen alkalmas acélszerkezeti elemek hatékony tisztítására.

A szemcseszórt munkadarabokat olaj- és vízmentes sűrített levegővel kell portalanítani, és a szemcseszórást követő 4 órán belül felvinni az alapozó réteget.

A transzformátorok vasszerkezeteinek külső felületének korrózióvédelmére C4 M kategória szerinti bevonatrendszert kell alkalmazni, amennyiben a megrendelő nem ír elő más festési rendszert. A C4-M környezeti kategória olyan ipari környezetet jelent, ahol mérsékelt vegyi terhelés, magas páratartalom és időszakos külső igénybevétel fordul elő.

A felületkezelés háromrétegű festési rendszerrel történik, amely alapozó-, közbenső- és fedőrétegből áll. Az alapozó réteget Hempadur Fast Dry 15560 típusú epoxi festékekkel készítjük. Az előírt száraz rétegvastagság: 80 µm. A közbenső réteget szintén Hempadur Fast Dry 15560 típusú festék felhasználásával készítjük, az előírt 60 µm rétegvastagságban. Az átvonó réteghez Hempthane Fast Dry 55750 típusú poliuretán festéket alkalmazunk, 40 µm rétegvastagságban. Így a teljes bevonatrendszer összesen 180 µm névleges száraz rétegvastagságot eredményez.

6. Gazdasági számítás

Gazdaságilag összehasonlítást fogok végezni a bér munka és a beruházásokkal kialakítható saját gyártás között.

Jelenleg a gyártás a vállalaton kívül történik, amely több problémát is okozott már a zavartalan munkavégzésben, mivel nem minden rendelt alkatrész felelt meg az elvárásoknak. Előfordult, hogy nem a megfelelő alkatrészt gyártották le, nem megfelelő darabszámban gyártották le és nem szállított a beszállító időben. A problémák elkerülésére megoldást jelentene CNC gépek beruházása és a megmunkálások üzemen belüli megvalósítása.

A jelenlegi bér munka nettó árát az egyes munkadarabokra lebontva az alábbi táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az alkatrészek gyárttatásának ára

Rajkszám	Egységár Kk_i [Ft]
2906162/1	19.000
2905160/1	8.110
2906574	3.500
2906655/1	2.600
2906660/8	900

Az alkatrészek árán kívül a szállítás árával is számolni kell, amely a vállalat és a bér munkát végző cég között történik. A cégek között 50 km a távolság, a szállítványozó cég nettó 75.000 Ft összegért vállalja a cégek között a fuvarozást.

Ahhoz, hogy a gyártást helyben tudja végezni a cég szükséges beruházni CNC esztergagépre, CNC marógépre, a megmunkálásokhoz szükséges szerszámokra, a munkadarab és a szerszámok befogására alkalmas készülékekre és bemérő szerszámra. A beruházás megtérülésének idejét szükséges meghatározni.

Ezek mellett számolni kell a saját gyártásból adódó költségekkel, mint az alapanyag beszerzése, valamint az előgyártmányok elkészítése és a megmunkálások elvégzése.

A munkadarabok gyártásához be kell szerezni a munkadarabok alapanyagát. A karimák és a támasz alapanyaga lemez, a földelő szem és az anya alapanyaga köracél.

A 2906162/1 karima alapanyaga 12 mm lemezvastagságú, S235JR anyagminőségű melegen hengerelt lemez. Ennek piaci ára nettó 400 Ft/kg körül mozog. A munkadarab gyártásához felhasznált alapanyag bruttó tömege 14 kg, így az alapanyag ára $Ka_1 = 14 \cdot 400 = 5.600 \frac{Ft}{db}$.

A 2905160/1 alkatrész S235JR anyagminőségű, 25 mm lemezvastagságú lemezből készül, melynek ára átlagosan nettó 400 Ft/kg. A munkadarab bruttó anyagszükséglete 5 kg, melyből kiszámolható, hogy a munkadarab alapanyag ára $Ka_2 = 5 \cdot 400 = 2.000 \frac{Ft}{db}$.

A 2906574 rajzszámú munkadarab 8 mm lemezvastagságú, 1.4301 anyagminőségű saválló lemezből készül, melynek ára jelentősen magasabb, nettó 2.000 Ft/kg körüli. A munkadarabhoz 0,5 kg alapanyag szükséges, így az alapanyag ára $Ka_3 = 0,5 \cdot 2.000 = 1.000 \frac{Ft}{db}$.

A 2906655/1 anya alapanyaga 1.4301 anyagminőségű Ø 30 mm köracél, melyet 3 vagy 6 m hosszú szálaban lehet beszerezni, ennek ára nettó 2.400 Ft/kg. A munkadarab bruttó alapanyag szükséglete 0,2 kg, így a szükséges alapanyag ára $Ka_4 = 0,2 \cdot 2.400 = 480 \frac{Ft}{db}$.

A 2906660/8 rajzszámú földelő szem Ø 16 mm köracélból készül 1.4301 anyagminőségben. Egy földelőszem gyártásához 0,1 kg alapanyag szükséges, melynek ára nettó 2.400 Ft/kg, így egy darab gyártásához az alapanyag $Ka_5 = 0,1 \cdot 2.400 = 240 \frac{Ft}{db}$.

A 2906162/1 és a 2906574 rajzszámú alkatrészek előgyártmányát lézervágással szükséges kivágni a táblalemezekből. A lézervágógép munkadíja percenként 350 Ft, a karima előgyártmányának lézervágása 10 percet vesz igénybe, így ennek $Kp_1 = 10 \cdot 350 = 3.500 Ft$. A BKT támasz előgyártmánya lézervágással 2 perc alatt kialakítható, így ennek költsége $Kp_3 = 2 \cdot 350 = 700 Ft$.

A 2905160/1 rajzszámú munkadarab előgyártmányát plazmavágással alakítjuk ki, nagyjából 10 perc alatt. A plazmavágógép percenkénti munkadíja 300 Ft, így az előgyártmány kivágása plazmán $Kp_2 = 8 \cdot 300 = 2.400 Ft$.

A CNC marógéppel történő megmunkálás munkadíja tartalmazza a gép fenntartásával, karbantartásával járó költségeket, valamint a gépkezelő bérét, ez jelenleg 400 Ft/perc. A 2906162/1 rajzszámú alkatrész megmunkálása 3 perc 37 másodpercet vesz igénybe, de ez nem tartalmazza a mellékidőt, melyet a gépkezelő az alkatrész befogására, megfordítására és a nullpont felvételére szán. Ezeket beleszámítva a megmunkálás 7 percet vesz igénybe, ebből

kiszámítva a megmunkálás munkadíja $Km_1 = 7 \cdot 400 = 2.800 \text{ Ft}$. A 2905160/1 rajzszámú karima megmunkálása 5 perc 13 másodpercig tart, a mellékidőket beleszámítva 9 perc, így a megmunkálás munkadíja $Km_2 = 9 \cdot 400 = 3.600 \text{ Ft}$. A 2906574 rajzszámú munkadarab megmunkálása 32 másodperc alatt végezhető el, amely a mellékidőkkel együtt 2 perc, melynek költsége $Km_3 = 2 \cdot 400 = 800 \text{ Ft}$.

CNC esztergagépen való megmunkálás munkadíja 350 Ft/perc. A 2906655/1 rajzszámú munkadarab nettó megmunkálási ideje 1 perc 10 másodperc, de a munkadarab befogásából, megfordításából és a nullpont felvételéből adódó mellékidők beleszámításával 4 perccel számolunk, így a munkadarab megmunkálása összesen $Km_4 = 4 \cdot 350 = 1.400 \text{ Ft}$. A 2906660/8 rajzszámú alkatrész megmunkálása 53 másodperc, mellékidőkkel együtt 2 perccel számolva $Km_5 = 2 \cdot 350 = 700 \text{ Ft}$ a megmunkálás költsége.

Az így kapott értékek alapján a saját gyártás költségeit az alábbi táblázat tartalmazza, melyben az egységár meghatározásához használt képlet: $\sum K_i = Ka_i + Kp_i + Km_i$.

2. táblázat: A gyártás költsége

Rajzszám	Nettó egységár ($\sum K_i$) [Ft]
2906162/1	11.900
2905160/1	8.000
2906574	2.500
2906655/1	1.880
2906660/8	940

A saját gyártás átlagos hatékonyságát meghatározhatjuk, ha kiszámítjuk, hogy a saját gyártás hány százalékkal tér el az egyes munkadarabok esetén a bér munkától, majd ezeket átlagoljuk.

A saját gyártás és a bér munka költségei közötti százalékos eltérés értékét a 3. táblázat tartalmazza. Az értékeket a $\Delta\% = \frac{\sum K_i}{Kk_i} \cdot 100 - 100$ képlettel lehet kiszámítani.

3. táblázat: A saját gyártás költségének eltérése a bér munkához képest.

Rajzszám	$\Delta\%$ [%]
2906162/1	- 37,4
2905160/1	- 1,4
2906574	- 28,6
2906655/1	- 27,7
2906660/8	+ 4,4

Ez egy munkadarabra jutó átlagos eltérés $\Delta\%_{\text{átlag}} = \frac{\sum \Delta\%_i}{n} = \frac{-37,4-1,4-28,6-27,7+4,4}{5} = -18,1\%$, tehát átlagosan 18,1 százalékkal lenne olcsóbb a munkadarabok gyártása. Jelenleg a transzformátor típusától függően 300-500 forgácsolt alkatrészt rendel a cég egy projekthez, melynek költsége átlagosan nettó 2.500.000 Ft, így kiszámolható a saját gyártással elérhető megtakarítás egy transzformátor gyártására lebontva.

$$M_{gy} = \frac{-18,1}{100} \cdot 2.500.000 = -452.500 \frac{\text{forint}}{\text{transzformátor}}$$

Ehhez az értékhez hozzá kell adni a szállítás költségét, így megkapjuk a teljes megspórolt összeget transzformátoronként.

$$M_i = 452.500 + 75.000 = 527.500 \frac{\text{forint}}{\text{transzformátor}}$$

Éves szinten a cégnél átlagosan 30 transzformátort gyártanak, így meghatározható a beruházással elérhető éves megtakarítás nettó értéke.

$$M = n \cdot M_i = 30 \cdot 527.500 = 15.825.000 \frac{\text{forint}}{\text{év}}$$

A beruházás megtérülésének kiszámításához szükséges meghatározni a beruházás költségét.

A beruházás során szükség van egy CNC esztergagép és egy CNC marógép megvásárlására. A megmunkáláshoz alkalmas CNC esztergagép beszerzési ára nettó 20 millió forint körüli, a CNC marógépé pedig 30 millió forint körül mozog, tehát ezek beszerzése összesen nettó 50 millió forint. Ebben az árkategóriában már lehet automatikus munkadarab bemérő felszereltséggel vásárolni a szerszámgépeket, ami nagyban megkönnyítené a megmunkálások esetén a nullpont felvételt, ezzel csökkenve a megmunkálások mellékidejét is, ezért érdemes ilyen opcióval vásárolni a gépeket.

Az esztergagépeket tokmánnal együtt lehet megvásárolni, a megmunkált alkatrészeket ebbe fogjuk befogni a gyártásuk során, azonban a marógépeknek nem minden esetben alapfelszereltség a satu, amelybe a munkadarabok befogására alkalmas. Mivel a 2906162/1 rajzszámú karima befogása marógépen csak mágnesasztallal valósítható meg, így szükség van ennek is a beruházására. Ezzel a mágnesasztallal elvégezhető a többi megmunkálás is marógépen, satu nélkül is. A mágnesasztal piaci ára átlagosan nettó 600.000 forint.

A szerszámok befogásához alkalmas befogó készülékek nettó árát a 4. táblázat tartalmazza, melyben látszik, hogy hány darabra lenne szükség az egyes készülékekből, és az is, hogy összesen forintba kerülne a beruházás ezekre a szerszámokra. A BT típusú befogó készülékek a CNC marógéphez használható szerszámokhoz szükségesek, a VDI típusúak pedig az esztergagéphez használható szerszámokhoz. Ezek egységára közelítő, mivel a pontos árat csak a megvásárolt szerszámgéptől függvényében lehetne meghatározni, mivel a szerszámbe fogó típusát ahhoz igazítva kell kiválasztani.

4. táblázat: Szerszámbe fogók ára

Szerszámbe fogó	Darabszám	Egységár [Ft]	Összár [Ft]
BT	8	60.000	480.000
VDI	7	35.000	245.000
Összesen:			725.000

A megmunkáláshoz szükséges szerszámok ára összesen 130.000 forint. A szerszámokat, és azok nettó egységárát az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A szükséges szerszámok ára

Szerszám megnevezése	Egységár [Ft]
Ø 12 mm NC befúró (2 db)	12.000
Ø 20 mm NC befúró	24.000
Ø 3,3 mm csigafúró	1.000
Ø 5 mm csigafúró	1.000
Ø 6,8 mm csigafúró	2.000
Ø 14 mm csigafúró	3.000
M4 x 0,7 menetfúró	2.000
M6 x 1,0 menetfúró	3.000
M8 x 1,25 menetfúró	4.000
M16 x 1,5 menetfúró	8.000
Ø 4 mm gömbvégű maró	5.000
Ø 20 mm szármaró	25.000
Oldalélű esztergakés	8.000
Hajlított esztergakés	10.000
Leszúró esztergakés	10.000

A beruházás teljes összegét tehát a szerszámgépek, a szerszám- és munkadarabbefogó készülékek és a szerszámok árából lehet kiszámolni.

$$B = 50.000.000 + 600.000 + 725.000 + 130.000 = 51.455.000 \text{ Ft}$$

Végül meghatározható a beruházás megtérülése a vállalat számára.

$$T = \frac{B}{M} = \frac{51.455.000}{15.825.000} = 3,3 \text{ év}$$

A számítások alapján a cég számára kedvezőbb lenne, ha nem másik cég számára adná ki a forgácsolt alkatrészek gyártását, hanem az üzemen belül végezné el a megmunkálásokat. Az ehhez szükséges beruházás értéke 51,5 millió forint, amely 3,3 év alatt térülne meg a cég számára.

7. Összefoglalás

A cégnél, ahol dolgozom az egyik fő projekt transzformátorházak acélszerkezetének gyártása. Az egyes transzformátorházakhoz típustól függően 300-500 darab forgácsolt alkatrész szükséges, melyeknek gyártását jelenleg a vállalat más cégek számára adja ki bér munkába. Ezzel a projektből származó bevétel egy részét kifizeti másnak, aki saját haszonnal vállalja a munkát, valamint rengeteg logisztikai problémával jár, amelyek nehezítik a zavartalan gyártást.

Erre a problémára megoldást jelentene, ha a cég beruházna korszerű gépekre és saját maga gyártaná le a szükséges alkatrészeket. A dolgozatban megterveztek a transzformátorházhoz szükséges egyik részegység megmunkálásának gyártástechnológiáját, majd az ebből kapott adatokon keresztül vizsgáltam meg, hogy megérné-e beruházni a cégnek CNC szerszámgépekre.

Megterveztem a 2906162 rajzszámú, 1. mellékleten látható összeszerelés gyártástechnológiáját. Kiválasztottam és megterveztem az alkatrészek gyártásához szükséges előgyártmányokat, meghatároztam a megmunkálások műveleti sorrendjét, majd EDGE CAM programban létrehoztam a munkadarabok megmunkálásának szimulációját CNC eszterga- és CNC marógépekre. A megmunkálásokat ciklusidő csökkentés és szerszámélettartam növelés szempontjából optimalizáltam.

A szakdolgozatom a technológiai optimalizálás mellett a gazdasági optimalizálásról szól, melyben megvizsgáltam, hogy mennyibe kerülne cégen belül saját gyártásban elvégezni az alkatrészek forgácsolását, és ehhez meghatároztam, hogy milyen szerszámok és szerszámgépek beruházására van szükség.

A saját gyártás költségeiből, és a bér munka árából kiszámoltam, hogy költséget hány százalékkal csökkentené alkatrészenként a saját gyártás, majd ebből meghatároztam, hogy transzformátorházanként mennyi lenne a megtakarítás.

A beruházás és a megtakarítás összevetése alapján pedig kiszámoltam, hogy a beruházás kevesebb, mint 4 éven alatt térülne meg a vállalatnak.

8. Summary

At the company where I work, one of the main projects is the manufacturing of steel structures for transformer housings. Depending on the type, each transformer housing requires 300–500 machined components, the production of which the company currently outsources to subcontractors. As a result, part of the project’s revenue is paid to external companies who take on the work with their own profit margin, and this also causes numerous logistical difficulties that complicate smooth production.

A solution to this problem would be for the company to invest in modern machinery and manufacture the required components in-house. In my thesis, I designed the manufacturing technology for one subassembly required for the transformer housing, and based on the obtained data, I examined whether it would be economically beneficial for the company to invest in CNC machine tools.

I designed the manufacturing technology of the assembly shown in Appendix 1, drawing number 2906162. I selected and planned the required preforms for the production of the components, determined the sequence of machining operations, and created CNC turning and CNC milling simulations of the machining processes using the EDGE CAM software. The machining processes were optimized with respect to cycle time reduction and tool life improvement.

In addition to technological optimization, my thesis also focuses on economic optimization, in which I examined the costs of producing the machined parts in-house, and determined the necessary tools and machine tool investments required for this. Based on the in-house manufacturing costs and the price of subcontracting, I calculated the cost reduction per component that could be achieved with in-house production, and from this I determined the cost savings per transformer housing.

Finally, by comparing the investment with the achievable savings, I calculated that the investment would pay off in less than four years for the company.

9. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Alulírott Gazda Izabella, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István 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/Szakdolgozatom/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 10 hó 21 nap


Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: 2025 év 10 hó 21 nap


Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: Gazda Izabella
A Hallgató Neptun kódja: SCJ22Q
A dolgozat címe: Gyártási folyamatok optimalizálási lehetőségeinek elemzése technológiai és gazdasági szempontok alapján
A megjelenés éve: 2025
A tanszék neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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 mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2025 év 10 hó 21 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Gazda Izabella
Neptun-kódja:	SCJ22Q
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*:	Szakdolgozat készítés 2./ MUSZK340N
A munka címe:	Gyártási folyamatok optimalizálási lehetőségeinek elemzése technológiai és gazdasági szempontok alapján

* 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)
SAKIRODALMI FORRÁSOK KERESÉSE	CHATGPT - L	SAKIRODALOM FELDOLGOZÁS EGYÉB ALFEJZETEI

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 MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

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 helyállóságáért 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: GÖDÖLLŐ....., 2025. 10..... hó 28..... nap

.....
Czuczor Eszter

Hallgató aláírása

.....
D. V. R. 25

Konzulens/Témavezető aláírása

10. Ábrajegyzék

1. ábra: Lézeres 3D fémnyomtatás [3].....	9
2. ábra: MIG hegesztő pisztoly [7]	11
3. ábra: Az egyetemes csúcseszterga felépítése [29]	12
4. ábra: Egyen- és ellenirányú marás [10]	13
5. ábra: CNC megmunkáló központok [11].....	14
6. ábra: Átlagos felületi érdesség [15]	16
7. ábra: Egyenetlenség-magasság [15].....	16
8. ábra: Gyorsacél szerszámok típusai, bevonatai [19].....	19
9. ábra: Plazmavágás [26].....	24
10. ábra: A transzformátorház és az vizsgált összeszerelés [28]	25
11. ábra: ETI SM2-S csatlakozódoboz	26
12. ábra: A munkadarab az élettörés, és a központfurat elkészítése után	29
13. ábra: Az alkatrész a furatok kialakítása után	29
14. ábra: Az elkészült munkadarab	30
15. ábra: Lekerekítés a munkadarab másik oldalán	30
16. ábra: A munkadarab a lépcső kialakítása után	31
17. ábra: Az alkatrész az élettörések kialakítása után.....	31
18. ábra: Az alkatrész az élettörés elkészítése után	32
19. ábra: A kész munkadarab	32
20. ábra: A munkadarab a síkmarás és élettörés után	33
21. ábra: Az alkatrész a furat kialakítása után	33
22. ábra: Az elkészült munkadarab	34
23. ábra: A munkadarab a síkesztergálás és a központfurat elkészítése után	35
24. ábra: A munkadarab a furat elkészítése után	35
25. ábra: A leszúrás után elkészült alkatrész	35
26. ábra: A részegység hegesztett állapotban	37
27. ábra: Vázlat a MAG hegesztéshez	37
28. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906574/1 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez	38
29. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906655/1 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez	39
30. ábra: Rajz a 2906162/1 és a 2906660/8 rajzszámú alkatrészek hegesztéséhez	39

11. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Az alkatrészek gyárttatásának ára	41
2. táblázat: A gyártás költsége	43
3. táblázat: A saját gyártás költségének eltérése a bér munkához képest	43
4. táblázat: Szerszám befogók ára	45
5. táblázat: A szükséges szerszámok ára	45

12. Irodalomjegyzék

- [1] „Wamsler SE,” Wamsler SE, 2022. [Online]. Available: <https://wamsler.hu/>.
- [2] Ian Gibson, David Rosen és Brent Stucker, Additive Manufacturing Technologies.
- [3] „A 3D fémnyomtatás lehet a gyártástechnológia jövője,” Onroad.hu, 30. augusztus 2017.. [Online]. Available: <https://onroad.hu/2017/08/30/3d-femnyomtatasi-lehet-gyartastechnologia-jovoje/>. [Hozzáférés dátuma: 1. május 2025].
- [4] Szabó Gábor, „3D fémnyomtatás 2. rész – a technológia,” 14. július 2020.. [Online]. Available: <https://pte3d.hu/hirek/index.php?s=2020-07-14-3d-femnyomtatasi-2-rsz-a-technologia>.
- [5] Bitay Enikő, Hegesztési alapismeretek, Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2021.
- [6] Dr. Fledrich Gellért, Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Pataki Tamás István és Dr. Zsidai László, Mechanikai technológiák, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., 2017..
- [7] „Jasic Welding & Cutting Inverters,” 13 november 2018. [Online]. Available: <https://www.jasic.co.uk/post/parts-of-a-mig-welding-gun>.
- [8] „Az esztergálás bemutatása, gyakorlati alkalmazása,” Sulinet Tudásbázis, [Online]. Available: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-3/esztergalasi-alapismeretek/az-esztergalas-alapfogalmai>.
- [9] Dr. Szabó László, Forgácsolás, hegesztés, 2000..
- [10] „Egyenirányú és ellenirányú marás összehasonlítása,” Sandvik Magyarország Kft., [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/milling/down-milling-vs-up-milling>.
- [11] „Types of CNC Machines – The Types and How They Work,” Prototool, [Online]. Available: <https://prototool.com/types-of-cnc-machines/>. [Hozzáférés dátuma: 14 május 2025].

-
- [12] Czéh Mihály, Hervay Péter és Dr. Nagy P. Sándor, CNC-programozás alapjai, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1999.
- [13] „CNC precíziós megmunkálás: mindent, amit tudnod kell,” Team MFG, [Online]. Available: <https://www.team-mfg.com/hu/cnc-precision-machining>.
- [14] Dr. Pálincás Sándor, Balogh Gábor és Gyönyörű Attila, Számmítóéppel segített gyártás (CAM), Debrecen, 2015.
- [15] „Oberflächen & Rauheitswerte - Rt, Rmax, Rz, Ra, Rp, Rmr,” Technisches Zeichnen, 2008. [Online]. Available: <https://www.technisches-zeichnen.net/technisches-zeichnen/diverses/rauheitswerte.php>.
- [16] „Felületi érdesség,” tudasbazis.sulinet.hu, [Online]. Available: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/mezogazdasag/muszaki-alapismeretek/muszaki-abrazolas/meretmegadas>.
- [17] „A felületi érdesség mérésének megértése: Az Ra szabvány magyarázata,” hplmachining.com, 11. február 2025.. [Online]. Available: <https://hplmachining.com/hu/blog/understanding-surface-roughness-measurement-the-ra-standard-explained/#>.
- [18] Dr. Fledrich Gellért, Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Kakuk Gyula és Dr. Zsidai László, Gyártástechnológia, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., 2016, p. 106.
- [19] Herman Nagypál, „HSS fűrészarak: hogyan tájékozódjunk?,” Herman, 11. augusztus 2023. [Online]. Available: <https://www.hermantools.hu/blog/hss-furosarak-hogyan-tajekozodjunk?page=all>.
- [20] Dr.t.n. Firstner Stevan, Gyártástechnológia (Forgácsolás), Dunaújváros, 2010.
- [21] Sipos Ádám, „11 módszer a szerszámélettartam növeléséhez,” Gépész Presszó, [Online]. Available: <https://gepezspresszo.hu/2021/11/02/11-modszer-a-szerszamelettartam-novelesehez/>.

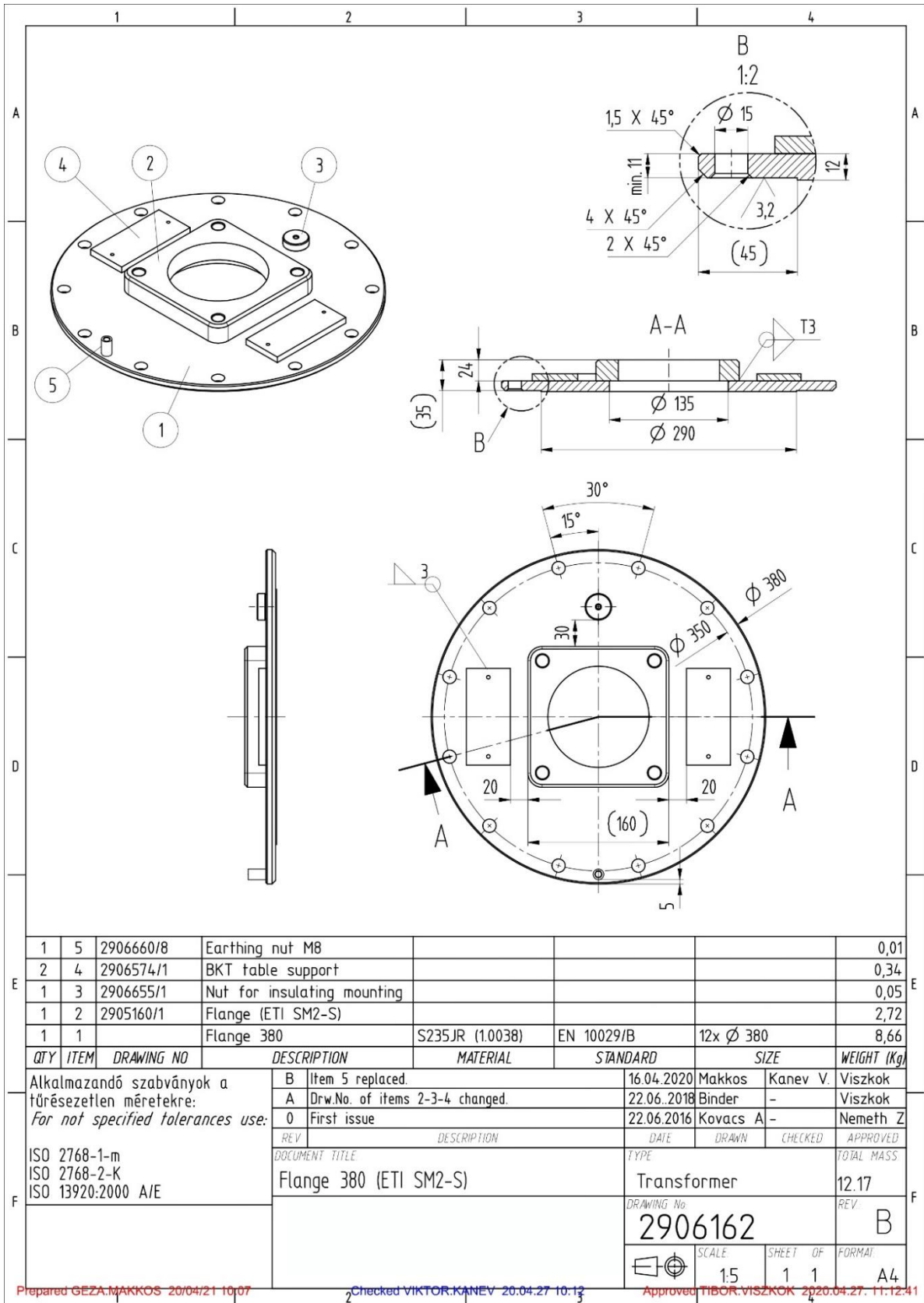
-
- [22] A. Kukreja és Sanjay S. Pande, „ScienceDirect,” Elsevier B.V., 24 május 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197623006486>.
- [23] „Toolpath strategies for CNC optimization,” Sacher, [Online]. Available: <https://sacher-cnc.com/en/blog/technical-knowledge-4/toolpath-strategies-for-cnc-optimization-497>. [Hozzáférés dátuma: 27. június 2025].
- [24] „Hogyan lehet csökkenteni a CNC megmunkálási költségeit,” Team MFG, [Online]. Available: <https://www.team-mfg.com/hu/blog/how-to-reduce-cnc-machining-costs.html>.
- [25] „Plazmavágás,” Hegesztés Center, [Online]. Available: <https://www.hegesztescenter.hu/termekek/15-plazmavagas/>.
- [26] „Plazmavágás a legmodernebb – XPR – technológiával,” Lamitec Kft., 9. február 2021.. [Online]. Available: <https://lamitec.hu/plazmavagas-a-legmodernebb-xpr-technologiaval/>.
- [27] Elijah Kannatey-Asibu, Principles of Laser Materials Processing: Developments and Applications, Wiley, 2023.
- [28] „Transzformátor üzletág,” Ganz Transzformátor- és Villamos Forgógépgyártó Zártkörűen Működő Részvénytársaság, [Online]. Available: <https://www.ganzelectric.com/transzformator/>. [Hozzáférés dátuma: 4. október 2025.].
- [29] „ELMAG INDUSTRIE 1000/250 Universal lathe,” Bhm maschinen, [Online]. Available: <https://www.bhm-maschinen.de/en/elmag-industrie-1000-250-universal-lathe.html>.

13. Mellékletek jegyzéke

1. számú melléklet: 2906162 rajzszámú műhelyrajz az összeállításról
2. számú melléklet: 2905160 rajzszámú műhelyrajz
3. számú melléklet: 2906655 rajzszámú műhelyrajz
4. számú melléklet: 2906574 rajzszámú műhelyrajz
5. számú melléklet: 2906660 rajzszámú műhelyrajz
6. számú melléklet: 2906162 számú rajz 1. tételének előgyártmány rajza
7. számú melléklet: 2905160 számú rajz 1. tételének előgyártmány rajza
8. számú melléklet: 2906574 számú rajz előgyártmány rajza
9. számú melléklet: 2906162 számú rajz 1. tételének megmunkálási műveleti utasítása
10. számú melléklet: 2905160 számú rajz 1. tételének megmunkálási műveleti utasítása
11. számú melléklet: 2906655 számú rajz 1. tételének megmunkálási műveleti utasítása
12. számú melléklet: 2906574 számú rajz megmunkálásának műveleti utasítása
13. számú melléklet: 2906660 számú rajz 8. tételének megmunkálási műveleti utasítása
14. számú melléklet: TR08 számú hegesztési műveleti sorrend
15. számú melléklet: TR11 számú hegesztési műveleti sorrend
16. számú melléklet: TR08 számú WPS lap
17. számú melléklet: TR11 számú WPS lap

MELLÉKLETEK

1. számú melléklet

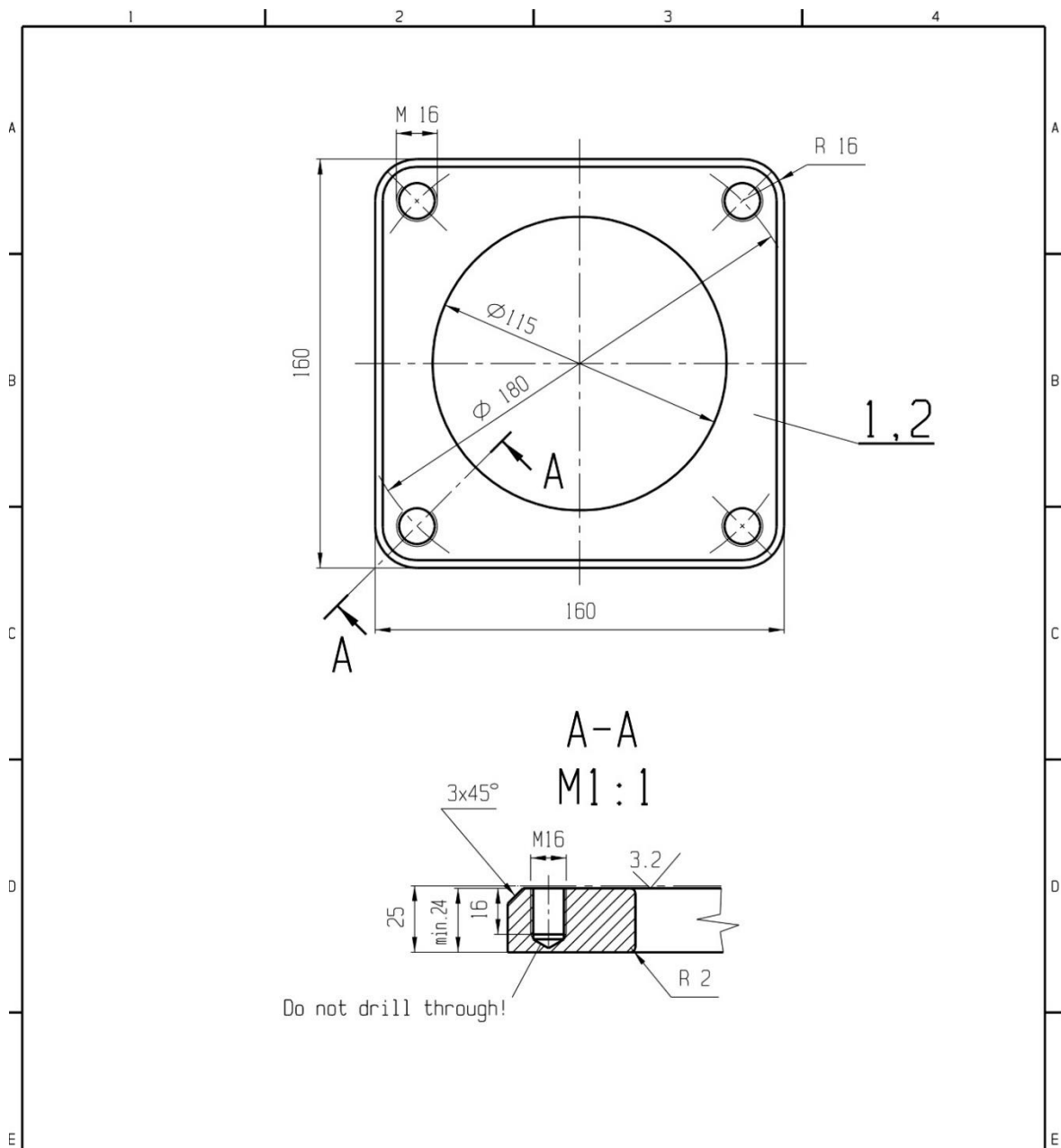


Prepared GEZA.MAKKOS 20/04/21 10:07

Checked VIKTOR.KANEV 20.04.27 10:13

Approved TIBOR.VISZKOK 2020.04.27. 11.12.41

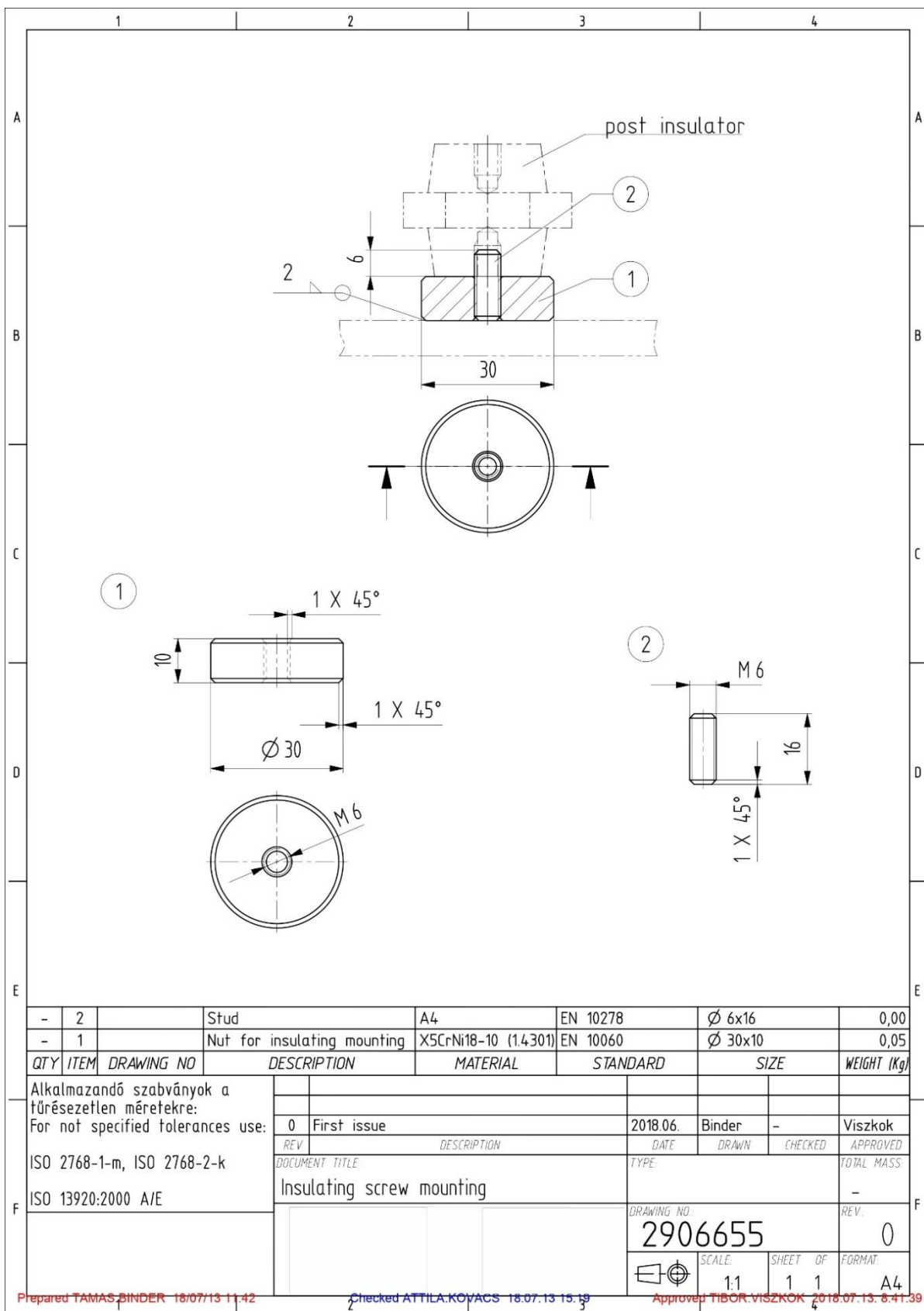
2. számú melléklet



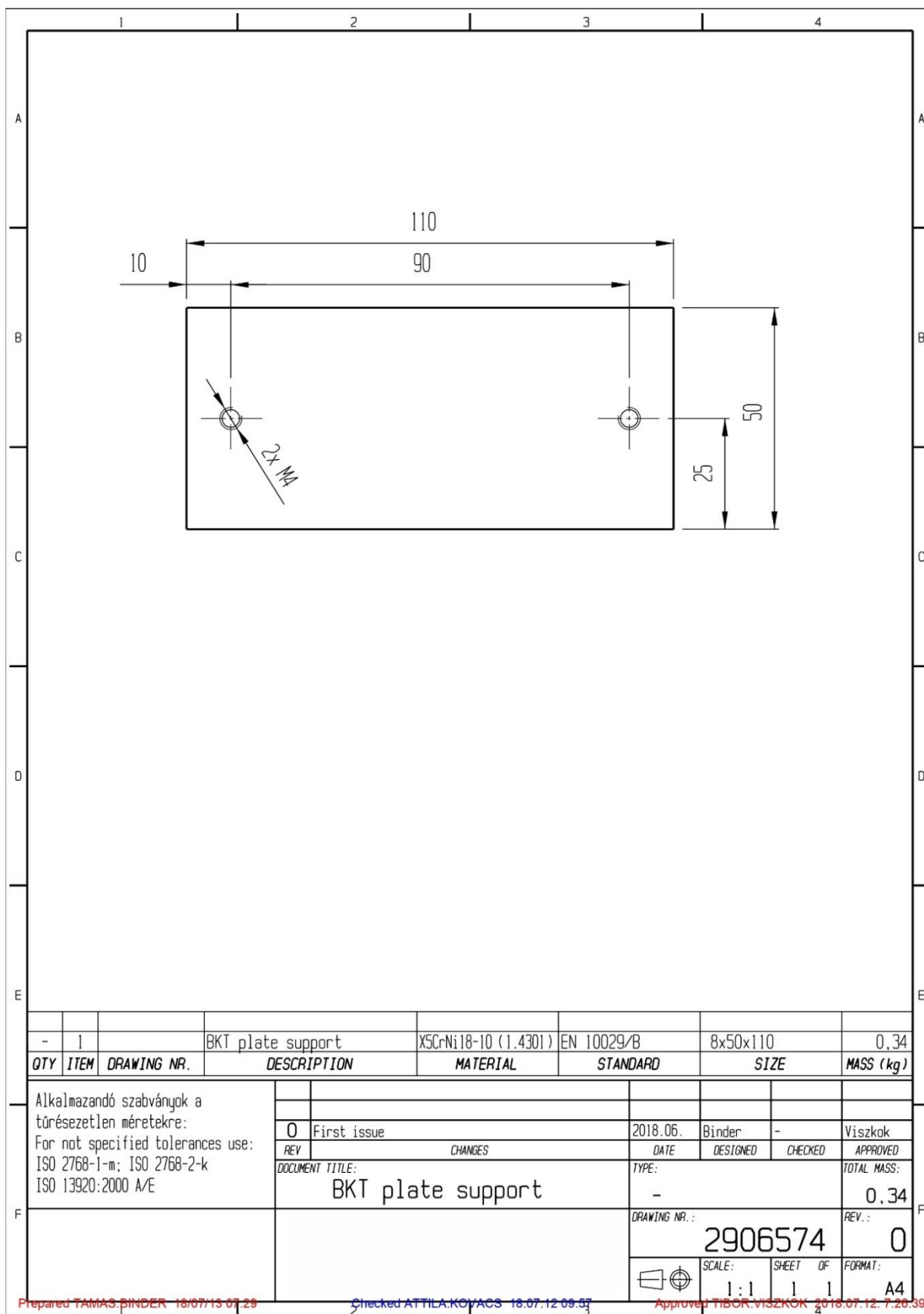
QTY	ITEM	DRAWING No	DESCRIPTION	MATERIAL	STANDARD	SIZE	MASS (kg)
-	2	-	Flange for SM2-S box SS	1.4301	EN 10029/B	25 x 160 x 160	2,3
-	1	-	Flange for SM2-S box	S235JR	EN 10029/B	25 x 160 x 160	2,3

Alkalmazandó szabványok a törésetlenül méretekre: For not specified tolerances use: ISO 2768-1-m ISO 2768-2-K ISO 13920:2000 A/E	A Item 2 added O First issue	2020.02. 2018.06.	Kovács A. Binder	- -	Viszok Viszok
	REV CHANGES	DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED
	DOCUMENT TITLE: Flange for SM2-S box		TYPE: -		TOTAL MASS: -
	DRAWING No: 2905160		REV.: A		SCALE: 1:2 SHEET OF 1 1 FORMAT: A4

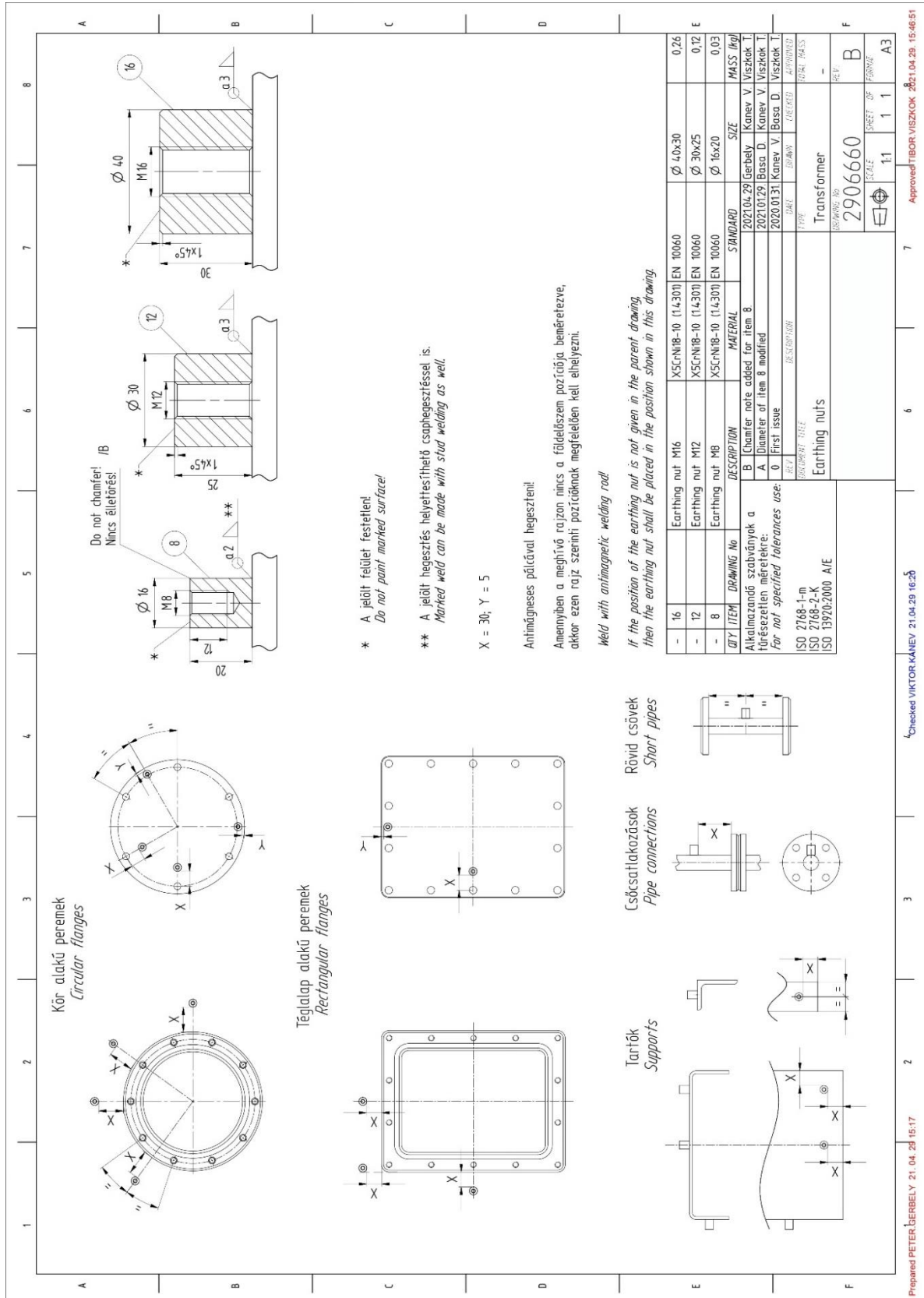
3. számú melléklet



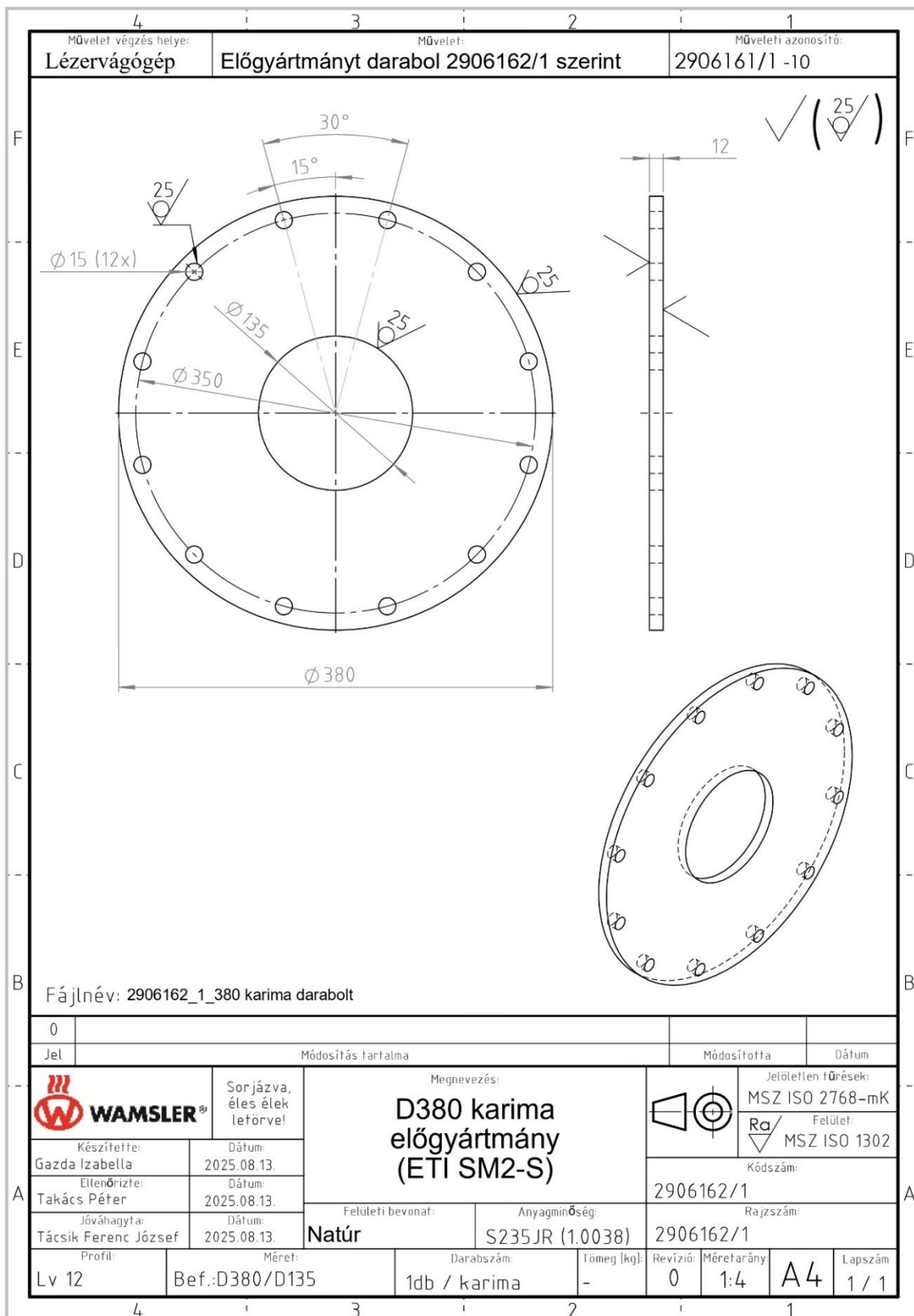
4. számú melléklet



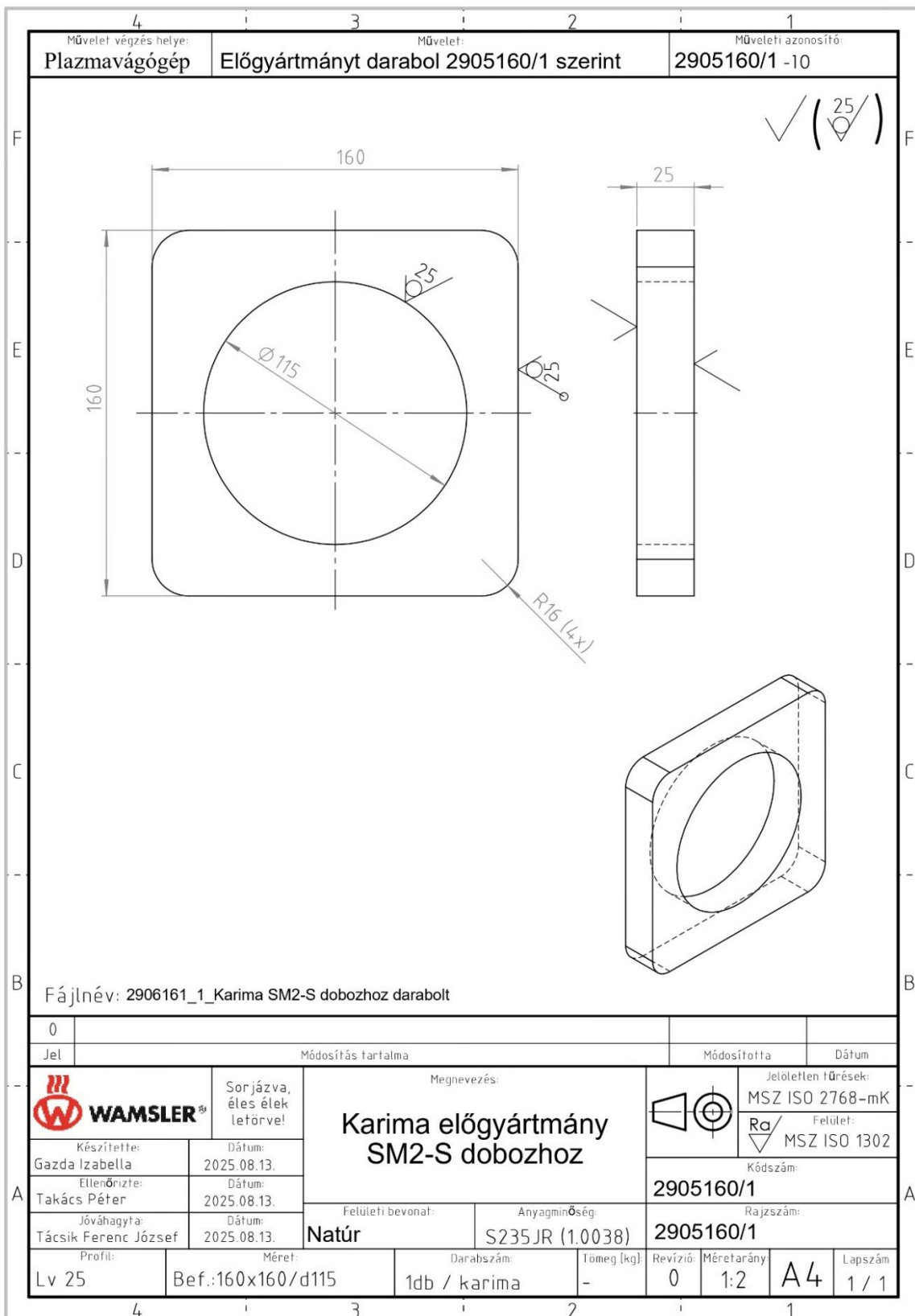
5. számú melléklet



6. számú melléklet



7. számú melléklet



8. számú melléklet

Művelet végzés helye: Lézervágógép		Művelet: Előgyártmányt darabol 2906574/1 szerint		Műveleti azonosító: 2906574/1 -10	
✓ (25/)					
Fájlnev: 2906574_1_BKT táblatartó darabolt					
0					
Jel		Módosítás tartalma		Módosította	
		Sorjázva, éles élek letörve!		Megnevezés: BKT tábla tartó előgyártmány (ETI SM2-S)	
Készítette: Gazda Izabella		Dátum: 2025.08.13.		Jelöletlen tűrések: MSZ ISO 2768-mK	
Ellenőrizte: Takács Péter		Dátum: 2025.08.13.		Felület: MSZ ISO 1302	
Jóváhagyta: Tácsik Ferenc József		Dátum: 2025.08.13.		Kódszám: 2906574/1	
Felületi bevonat: Natúr		Anyagminőség: 1.4301		Rajzszám: 2906574/1	
Profil: Lv 8		Méret: Bef.:110x50		Darabszám: 2db / karima	
		Tömeg (kg): -		Revízió: 0	
				Méretarány: 1:1	
				A4	
				Lapszám: 1 / 1	

9. számú melléklet

MŰVELETI UTASÍTÁS			Műv. utasítás szám:	Lapszám:				
			1	1				
Gyártási jel:	Rajszám: 2906162/1	Munkadarab megnevezése: Ø380 mm karima	Munkadarab jele:					
Anyag: S235 JR	Nyersméret: Ø380x12	Művelet megnevezése: Marás	Művelet jele: 1	Műveletterv száma: 1				
Vázlat:								
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v [m/perc]	n [ford/perc]	s [mm]	a [mm]	i fogásszám
1	Munkadarab befogása		Mágnesasztal					
2	Ø290 mm lépcső marása	a	Ø 20 mm szárnaró	40	650	0,2	1	1
3	2x45° furatok stüllesztése	b	Ø 20 mm NC befüró	30	500	0,15	2	1
4	4x45° élletörés marása	c	Ø 20 mm NC befüró	40	650	0,2	4	1
5	Mdb. fordítása, újra befogása		Mágnesasztal					
6	1,5x45° élletörés marása	d	Ø 20 mm NC befüró	40	650	0,2	1,5	1
7	Munkadarab kifogása							
8	Méreteellenörzés		Tolóméró					
Név: Gazda Izabella			Föidő: 4 perc	Darabszám: 1 db				
Dátum: 2025.10.01.			Darabidő: 7 perc	Géptípus: CNC marógép				

10. számú melléklet

		MŰVELETI UTASÍTÁS		Műv. utasítás szám: 2	Lapszám: 1			
Gyártási jel:	Rajszám: 2905160/1	Munkadarab megnevezése:	Karima SM2-S dobozhoz	Munkadarab jele:				
Anyag: S235 JR	Nyersméret: 160x160x25	Művelet megnevezése:	Marás	Művelet jele: 1	Műveletterv száma: 1			
Vázlat:								
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v [m/perc]	n [ford/perc]	s [mm]	a [mm]	i fogásszám
1	Munkadarab befogása		Mágnesasztal					
2	3x45° élletörés marása	a	Ø 12 mm NC befűrő	40	1070	0,5	3	1
3	Központfurat fúrása	b	Ø 12 mm NC befűrő	30	800	0,15	2	1
4	Ø14 előfúrás	b	Ø 14 mm csigafűrő	30	700	0,15	2	9
5	M16 menetfúrás	b	M16 x 1,5 menetfűrő	30	600	0,15	16	1
6	R2 lekerekítés marása	c	Ø 4 mm gömbvégu maró	25	2000	0,5	2	spirál
7	Mdb. fordítása, újra befogása		Mágnesasztal					
8	R2 lekerekítés marása	d	Ø 4 mm gömbvégu maró	25	2000	0,5	2	spirál
9	Munkadarab kifogása							
10	Méretellenőrzés		Tolómérő					
Név:			Főidő: 5 perc	Darabszám: 1 db				
Dátum:			Darabidő: 9 perc	Géptípus: CNC marógép				

11. számú melléklet

MŰVELETI UTASÍTÁS			Műv. utasítás szám: 3	Lapszám: 1				
Gyártási jel:	Rajszám: 2906574	Munkadarab megnevezése: BKT táblatartó	Munkadarab jele:					
Anyag: X5CrNi18-10	Nyersméret: 110x50x8	Művelet megnevezése: Marás	Művelet jele: 1	Műveletterv száma: 1				
Vázlat:								
Sorszám	Művelelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v [m/perc]	n [ford/perc]	s [mm]	a [mm]	i fogásszám
1	Munkadarab befogása		Mágnesasztal					
2	Központfurat fúrása	a	Ø 12 mm NC befűró	20	600	0,2	2	1
3	Ø3,3 előfúrás	a	Ø 3,3 mm csigafűró	20	1950	0,15	2	4
4	M4 menetfúrás	a	M4 x 0.7 menetfűró	20	1600	0,15	8	1
5	Munkadarab kifogása							
6	Méretellenőrzés		Tolómérő					
Név: Gazda Izabella	Főidő: 0,5 perc		Darabszám: 2 db					
Dátum: 2025.10.01.	Darabidő: 2 perc		Géptípus: CNC marógép					

12. számú melléklet

		MŰVELETI UTASÍTÁS			Műv. utasítás szám: 4	Lapszám: 1		
Gyártási jel:	Rajszám: 2906655/1	Munkadarab megnevezése: Szigetelő anyja			Munkadarab jele:			
Anyag: X5CrNi18-10	Nyersméret: Ø30x10	Művelet megnevezése: Esztergálás			Művelet jele: 1	Műveletterv száma: 1		
Vázlat:								
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v [m/perc]	n [ford/perc]	s [mm]	a [mm]	i fogásszám
1	Munkadarab befogása		Tokmány					
2	Homlokfelület esztergálása	a	Oldalélű esztergakés	95	1000	0,2	1	1
3	1x45° élettörés esztergálása	b	Hajlított esztergakés	95	1000	0,3	1	1
4	Központfurat, süllyesztés fúrása	a	Ø 12 mm NC befűrő	25	670	0,15	3,5	1
5	Ø5 előfúrás	a	Ø 5 mm csigafűrő	25	1600	0,15	2	5
6	Leszúrás 10 mm-re	c	Leszűrő esztergakés	95	1000	0,2	15	1
7	Mdb. fordítása, újra befogása		Tokmány					
8	1x45° élettörés esztergálása	d	Hajlított esztergakés	95	1000	0,3	1	1
9	1x45°furat süllyesztés	c	Ø 12 mm NC befűrő	25	670	0,15	1	1
10	M6 menetfúrás	c	M6 x 1.0 menetfűrő	25	1350	0,15	10	1
11	Munkadarab kifogása							
12	Méretellenőrzés		Tolómérő					
Név: Gazda Izabella			Főidő: 1 perc		Darabszám: 1 db			
Dátum: 2025.10.01.			Darabidő: 4 perc		Géptípus: CNC esztergagép			

13. számú melléklet

		MŰVELETI UTASÍTÁS			Műv. utasítás szám:	Lapszám:		
					5	1		
Gyártási jel:	Rajszám:	Munkadarab megnevezése:	Munkadarab jele:					
	2906660/8	Földelő szem						
Anyag:	Nyersméret:	Művelet megnevezése:	Művelet jele:	Műveletterv száma:				
X5CrNi18-10	Ø16x20	Esztergálás	1	1				
Vázlat:								
Sorszám	Műveletelem	Felület	Szerszám, mérőeszköz, készülék	v [m/perc]	n [ford/perc]	s [mm]	a [mm]	i fogásszám
1	Munkadarab befogása		Tokmány					
2	Homlokfelület esztergálása	a	Oldalélű esztergakés	60	1200	0,2	1	1
3	Központfurat, süllyesztés fúrása	a	Ø 12 mm NC befűró	25	700	0,2	4,5	1
4	Ø6,8 előfűrés	a	Ø 6,8 mm csigafűró	25	1170	0,15	2	7
5	M8 menetfűrés	a	M8 x 1,25 menetfűró	25	1170	0,15	12	1
6	Leszúrás 20 mm-re	b	Leszűró esztergakés	60	1200	0,2	8	1
7	Munkadarab kifogása							
8	Méretellenőrzés		Tolómérő					
Név:			Főidő:	Darabszám:				
Gazda Izabella			1 perc	1 db				
Dátum:			Darabidő:	Géptípus:				
2025.10.01.			2 perc	CNC esztergagép				

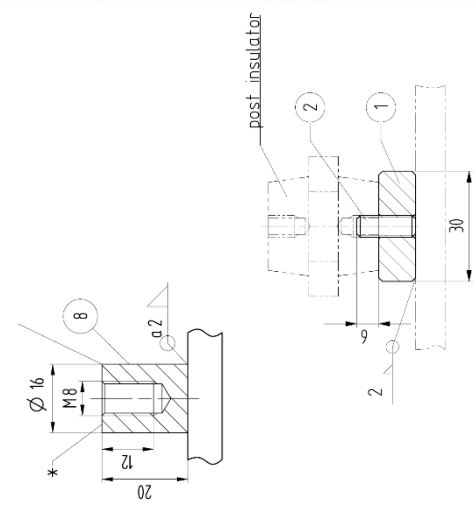
14. számú melléklet

Sor- szám	Művelet megnevezése:	Élőkép- zés	Gyök- hézag	Készülékek, rögzítés	Fűző varrat méret mm/m és db	Hegesztő anyagok és mérete	Technológiai paraméterek		Varrat mérete mm	Varrat minőség g _c	Heg. helyzet	Elő ill. utó- hőkezelés	Megjegyzés:
							I (A)	U (V)					
1	Rögzítés			Rögzítő készülék									
2	1-es jelű varrat hegesztése					G 42 4 M21 3S11 01	25-30	16-18	3		PB		
Készítette: Gazda Izabella		Kelt: 2025	Ellenőrizte:		Kelt:	Javítások Jel:	Javítások	Javítások Kelt:				Kelt:	


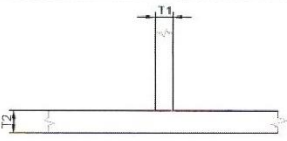
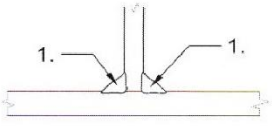


MATE, Műszaki Anyagtudományi és folyamatok Tanszék	Hegesztési terv:	Hegesztési terv száma: TR11	Gyártmány megnevezése: ET1-SM2-S csatlakozó karima	Gyártmány jele:	Rajzsám: 2906162	Lapszám: 1/2	
Vázlat:							
Alapanyagok: méretek: S235JR – 12 mm S235JR – 25 mm		Hegesztő gép: Kemppi X8 Power Source 500		Gyártmány ellenőrzési utasítás Gyártásellenőrző vizsgálat (MSZ 6442)		Szemrevételezés 100 %-ban.	
Hegesztendő alkatrész		Rajzsám 2906162/1 – 2905160/1		Védőgáz/fedőpor Kevert gáz OK AristoRod 12.50		Munkavédelmi előírások: Az érvényben lévő szabályok szerint.	

15. számú melléklet


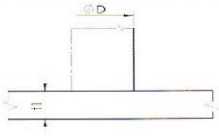
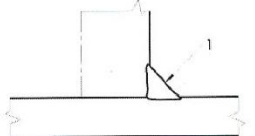
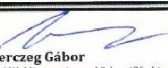

MATE, Műszaki Intézet, Gépipari Annyagtudományi és Gépipari folyamatok Tanszék		Hegesztési terv:		Hegesztési terv száma: TR11		Gyártmány megnevezése: ETI-SM2-S csatlakozó karima		Gyártmány jelle: 2906162		Lapszám: 1/1			
Sor-szám	Művelet megnevezése:	Éliképzés	Gyök-hézag	Készülékek, rögzítés	Fűző varrat méret mm/m és db	Hegesztő anyagok és mérete	Technológiai paraméterek		Varrat mérete mm	Varrat minőség	Heg. helyzet	Elő ill. utó-hőkezelés	Munkavédelmi előírások:
							I (A)	U (V)					
1	Rögzítés			Rögzítő készülék									Munkavédelmi előírások: Az érvényben lévő szabályok szerint.
2	1-es jelű varrat hegesztése					W 18 8 Mn Ø2,4	10-14	10-11	10-14	3			
3	2-es jelű varrat hegesztése					W 18 8 Mn Ø2,4	10-14	10-11	10-14	3			
4	3-as jelű varrat hegesztése					W 18 8 Mn Ø2,4	10-14	10-11	10-14	2			
5	4-es jelű varrat hegesztése					W 18 8 Mn Ø2,4	10-14	10-11	10-14	2			
Készítette: Gazda Izabella		Kelt: 2025	Ellenőrizte:	Javítások	Kelt:	Javítások	Jel:	Javítások	Kelt:				



16. számú melléklet

¹ Hegesztéstechnológiai utasítás: Welding procedure specification/ Schweißanweisung des Herstellers			² Gyártmány leírása: Product description/ Produkt			³ Gyártó: Manufacturer/ Hersteller					
WPS TR08 EN ISO 15609-1 szerint			Megrendelő: Customer/ Besteller								
			Megnevezés (Bez): Rajzszám (Zug.Nr.):								
4. Hegesztést megelőző előkészületek (Method of preparation/ Art der Vorbereitung): A felületet meg kell tisztítani a korróziótól, revétől és a sorjától köszörűvel! The surface must be cleaned with corrosion! Alapanyagok zompcseszórva! Materials grained scatter!						5. WPQR száma (Number/Number): HTM000596		6. WPS száma (Number/Number): WPS TR08			
7. Sor Rows/ Linien	8. Hegesztési eljárás Welding process/ Prozess EN ISO 4063	9. Gépesítettség szintje Level of automation/ Mechanisierungsstufe	10. Kötésfajta Joint type/ Nahtart	11. Kötéstípus Joint mode/ Join mode	12. Mód One site or both site/ eine Seite oder beide Seiten	13. Méret Joint size/ Nahtgröße	14. Kötésalak Joint form/ Naht formen				
1	135(MAG)	Kézi	FW (fillet weld)	Egysoros/Single Layer	Kétoldali / Both sides	a 3	90°				
15. Varrat előkészítés/Kötés kialakítása Joint design/ Gestaltung der Verbindung					16. Varrat kivitelezés /Varrat felépítése Welding sequences/ Schweißfolge						
											
17. Megjegyzés (Note/ Bemerkung): Hézag / joint gap :0-0,5					18. Megjegyzés (Note/ Bemerkung): -						
19. Tétel Items/ Position	20. Anyagminőség (Base material/ Grundwerkstoff)			24. Vastagság Thickness/ Werkstückdicke	25. Átmérő (Diameter/ Durchmesser)	26. Előmelegítés (Heat treatment/ Vorwärmung)					
	21. Megnevezés Material Type and grade/Materialgröße	22. Szabványszám Standard number/ Norm	CR ISO 15608	Lv [mm]	Ø [mm]	27. Előmelegítési hőm.: Preheat temperature/ Vorwärmtemperatur Min. - °C					
t ₁	S355JR	EN 10025-2	1.2	3-25		28. Középső hőm.: Interpass temperature/ Zwischenlagentemperatur Max. - °C					
t ₂	S355JR	EN 10025-2	1.2	3-25		29. Előmelegítés módja: Preheat process/ Art der Vorwärmung -					
t ₃						30. Mérés: Check of heat/ Temperaturmessung -					
31. Réteg Run/ Schweißlagen	32. Eljárás Welding process/ Prozess	33. Hozaganyag Filler material/ Zusatzwerkstoff		34. Átmérő Diameter/ Durchmesser	35. Heg. Poz. Position	36. Áram/ polaritás Current/polarity/ Stromart	37. Áram-erősség Current/ Stromstärke	38. Ív-feszültség Voltage/ Spannung	39. Huzalelőtálás Wire feed speed/ Drahtvorschub- geschwindigkeit	40. Heg. Sebesség Travel speed/ Schweißgeschwindigkeit	41. Hőbevitel Heat input/ Wärmeeinträgung
1	135	EN ISO 14341-A	G 42 4 M21 3Si1	1,0	PB	= (+)	241 - 260	26 - 28	-	25-30	[kJ/mm]
42. Egyéb technológiai információk: other technical information/ sonstige technologische Informationen											
43. Hozaganyagok Filler material/ Schweißzusatzwerkst.			46. Védőgáz / fedőpor Shielding gas-flux / Schutzgas-Unterpulver					52. Szárítás Drying/ Trocknen		55. Wollfram Tungstram/Wolf electrode	
44. Elj. Welding process/ Prozess	45. Márka és típus Manufacturer and type/ Hersteller und Typ	47. Szabvány szám Standard number/ Norm Number	48. Megnevezés Description/ Beschreibung	49. Márka és típus Manufacturer and type/ Hersteller und Typ	50. Fogyasztás Flow rate of shielding gas/ Gasmenge	51. Gyökvédelem Baking gas/ Wurzel Schutz		53. Hőm.[°C] Temperatur	54. Idő[óra] Duration/ Haltezeit	56. Típus Type/ Modell	57. Átmérő[mm] Diameter/ Durchmesser
135	OK AristoRod 12.50	EN ISO 14175	M21	SOL CAR 18	16-18	l / min	l / min				
58. Vibrációs feszültség mentesítés: Vibration entspannung			60. Módszer: (Method / Methode)			61. Hőkezelési hőmérséklet: Heat temperature		62. Felmelegítési sebesség: Speed of heating/ auf		63. Hőntartási idő: Hold time/ Haltezeit	
59. Hegesztés utáni hőkezelés: Post-weld heat treatment warmebehandlung nach schweißung			-			[°C]		[°C/h]		[min]	
64. Hűlési sebesség: Speed of cooling/ Abkühlrate											
65. Hegesztéshez szükséges minősítés: zu Schweißen benötigen Qualifikation											
66. Készítette: (made by/ Erstellt)  Herczeg Gábor IWE/EWE hegesztőmérnök / Welding engineer / Schweißfachgenieur					67. Dátum: (Date/ Datum) 2025.02.10.		68. Pecset: (Stamp/ Stempel)  G. Herczeg HU/EWE/00786 Issued: 20/12/2019 Personal Qualification System				
					69. Revision:						

17. számú melléklet

1. Hegesztéstechnológiai utasítás: Welding procedure specification/ Schweißanweisung des Herstellers		2. Gyártmány leírása: Product description/ Produkt			3. Gyártó: Manufacturer/ Hersteller						
WPS TR11		EN ISO 15609-1 szerint									
Megrendelő: Customer/ Besteller		Megnevezés (Bez.):			Rajzszám (Zng.Nr.):						
					2159014						
4. Hegesztést megelőző előkészületek (Method of preparation/ Art der Vorbereitung): A felületet meg kell tisztítani a korrozótól, revétől és a sojástól kőszőrővel! The surface must be cleaned with corrosion! Alapanyagok szemcseszórva! Materials grained scatter!				5. WPQR száma (Number/Number):		6. WPS száma (Number/Number):					
				E122/1660/2024		WPS TR11					
7. Sor Rows/ Linien	8. Hegesztési eljárás Welding process/ Prozess	9. Gépesítettség szintje Level of automation/ Mechanisierungsnivo	10. Kötésfajta Joint type/ Nahtart	11. Kötéstípus Joint mode/ Join mode	12. Mód One site or both site/ eine Seite oder beide Seiten	13. Méret Joint size/ Nahtgröße	14. Kötésalak Joint form/ Naht formen				
1	141 (TIG)	Kézi	FW (fillet weld)	Egysoros/Single Layer	Egyoldali / Single side	a 2-2,5	90°				
15. Varrat előkészítés/Kötés kialakítása Joint design/ Gestaltung der Verbindung				16. Varrat kivitelezés /Varrat felépítése Welding sequences/ Schweißfolge							
											
17. Megjegyzés (Note/ Bemerkung): Hézag / joint gap :0-0,5				18. Megjegyzés (Note/ Bemerkung):							
19. Tétel Items/ Position	20. Anyagminőség (Base material/ Grundwerkstoff)			24. Vastagság Thickness/ Werkstückdicke	25. Átmérő (Diameter/ Durchmesser)	26. Előmelegítés (Heat treatment/ Vorwärmung)					
	21. Megnevezés Material type and grade/Materialgüte	22. Szabványszám Standard number/ Norm	CR ISO 15608	Lv [mm]	Ø [mm]	27. Előmelegítési hőm.: Preheat temperature/ Vorwärmtemperatur Min. - °C					
t ₁	S355J2	EN 10025-2	1.2	16		28. Közbenso hőm.: Interpass temperature/ Zwischenlagentemperatur Max. - °C					
t ₂	1.4301	EN 10088-2	8	3-25	12<	29. Előmelegítés módja: Preheat process/ Art der Vorwärmung -					
t ₃						30. Mérés: Check of heat/ Temperaturmessung -					
31. Réteg Beu/ Schweiß- lagen	32. Eljárás Welding process/ Prozess	33. Hozaganyag Filler material/ Zusatzwerkstoff		34. Átmérő Diameter/ Durchmesser Ø [mm]	35. Heg. Poz. Position	36. Áram/ polaritás Current/polarity/ Stromart	37. Áram-erősség Current/ Stromstärke	38. Ív-feszültség Voltage/ Spannung	39. Huzalelőtolás Wire feed speed/ Drahtvorschub- geschwindigkeit	40. Heg. Sebesség Travel speed/ Schweißgeschwindigkeit	41. Hőbevitel Heat input/ Wärmebringung
1	141	EN ISO 14343-A	W 18 8 Mn	2,4	PB	= (-)	165 - 175	10 - 11	-	10-14	0,42-0,69
42. Egyéb technológiai információk: other technical information/ sonstige technologische Informationen											
43. Hozaganyagok Filler material/ Schweißzusatz Werkst.			46. Vedogaz / fedoppor Shielding gas/ flux/ Schutzgas-Unterpulver				52. Száritás Drying/ Trocknen		55. Wolfram Tungstram/Wolfr. electrode		
44. Elj. Welding process/ Prozess	45. Márka és típus Manufacturer and type/ Hersteller und Typ	47. Szabvány szám Standard number/ Norm Nummer	48. Megnevezés Description/ Beschreibung	49. Márka és típus Manufacturer and type/ Hersteller und Typ	50. Fogyasztás Flow rate of shielding gas/ Gasmenge	51. Gyökvédelem Backing gas/ Wurzelschutz	53. Hőm.[°C] Temperatur	54. Idő[óra] Duration/ Haltezeit	56. Típus Type/ Modell	57. Átmérő[mm] Diameter/ Durchmesser	
141	INOX TIG 307Si	EN ISO 14175	I	Argon	10-12 l/min				WC20	2,4	
58. Vibrációs feszültség mentesítés: Vibration entspannung		60. Módszer: (Method / Methode)			61. Hőkezelési hőmérséklet: Heat temperature	62. Felmelegítési sebesség: Speed of heating/ auf	63. Hőntartási idő: Hold time/ Haltezeit	64. Hűlési sebesség: Speed of cooling/ Abkühlrate			
59. Hegesztés utáni hőkezelés: Post-weld heat treatment wärmehandlung nach schweißung					[°C]	[°C/h]	[min]	[°C/h]			
65. Hegesztéshez szükséges minősítés: zu Schweißen benötigten Qualifikation											
66. Készítette: (made by/ Erstellt)  Herczeg Gábor IWE/EWE hegesztőmérnök / Welding engineer / Schweißfachingenieur				67. Dátum: (Date/ Datum) 2025.02.10		68. Pecset: (Stamp/ Stempel) 					
				69. Revision:							