

SZAKDOLGOZAT

Patai Barbara
gépészmérnök

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

Hegesztett gépszerkezeti (S355, 25CrMo4) elem gyártástechnológiájának kidolgozása, különös tekintettel a hegeszthetőségre és a hegesztés közbeni vetemedés elkerülésére.

Belső konzulens: *Dr. Szakál Zoltán*
egyetemi docens

Belső konzulens: *Prof. Dr. Kiss Péter*
tanszékvezető

Külső konzulens: *Rónai Frigyes*
TOOL-TECH Kft

Készítette: **Patai Barbara**
PAEV39
levelező

Intézet/Tanszék: MATE / Műszaki
Intézet, Járműtechnika Tanszék

Gödöllő

2023

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépjárműtechnika specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Patai Barbara (PAEV39)

részére

A szakdolgozat címe:

Hegesztett gépszerkezeti (S355, 25CrMo4) elem gyártástechnológiájának kidolgozása, különös tekintettel a hegeszthetőségre és a hegesztés közbeni vetemedés elkerülésére

Feladatkiírás:

Választott gépészeti elem a gyártásra féltermékként érkezik. Fogaskerekek és tengely anyagminősége különböző így vegyes kötés kerül kialakításra. Alkatrészen elvégzendő munkafolyamatok: forgácsolás, hegesztés, hőkezelés. Mérnöki feladat az anyagminőség eltérésből fakadó technológiai problémák megoldása. Forgácsolási folyamat meghatározása.

Közreműködő tanszék: Járműtechnika Tanszék

Külső konzulens: *Rónai Frigyes, műszaki igazgató, TOOL-TECH Hungaria Kft*

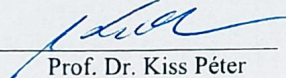
Belső konzulens: *Dr. Szakál Zoltán, egyetemi docens, MATE, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék*

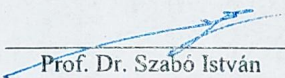
Belső konzulens: *Prof. Dr. Kiss Péter, tanszékvezető MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék*

Beadási határidő: 2022. április 19. (kedd) 12.00 óra

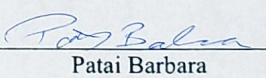
Gödöllő, 2022. február 23.

Jóváhagyom


Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető


Prof. Dr. Szabó István
szakfelelős

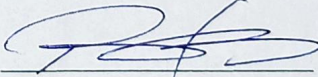
Átvettem


Patai Barbara
hallgató

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

Gödöllő, 2022.³

03 hó 20 nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés és célkitűzés.....	6
2	Szakirodalmi áttekintés.....	7
2.1	Kitérő- és vágányfektető gép vasút története.....	7
2.2	A vasúti termékek gyártásával foglalkozó szabvány áttekintése.....	9
2.3	Nyersvas feldolgozása, acélgyártás.....	10
2.4	Az acélok legfontosabb ötvözői.....	11
2.5	Acélok szennyező anyagai.....	12
2.6	S355J2 és 25CrMo4 alapanyagok tulajdonságaik	13
2.6.1	S355J2 – ötvözetlen szerkezeti acél	13
2.6.2	25CrMo4 – ötvözött nemesíthető acél.....	14
2.7	Fogyóelektródos védőgázos ívhegesztés eljárás elve.....	14
2.8	A hő hatása a hegesztett szerkezetre	15
2.9	Az acélok hőkezelés hegesztett termékek szempontjából.....	16
3	A gyártott gépelem gyártási szempontok szerinti áttekintése.....	18
3.1	A műszaki rajz hegesztési szempontok szerinti vizsgálata.....	19
3.1.1	Az alapanyagok vizsgálata hegeszthetőség szempontjából.....	20
3.2	Hegesztési terv kidolgozása.....	31
3.2.1	Hegesztés okozta vetemedés okai és elkerüléseinek lehetőségei	31
3.2.2	Az termék összeállítási sorrendje	33
3.2.3	Forgácsolt előgyártmányok	34
3.2.4	Roncsolásmentes vizsgálatok meghatározása.....	35
3.3	A gyártási terv	36
4	A termék hegesztésének és végső forgácsolásának nyomonkövetése.....	37
4.1	Az összeállítás és hegesztés	37
4.2	A készre hegesztett munkadarab forgácsolása, méret ellenőrzése.....	41
4.3	A hegesztési és gyártási terv értékelése	42

5	Összefoglalás	44
6	5 Summary	45
7	Felhasznált irodalom.....	46
8	Ábrajegyzék.....	46
9	Képletjegyzék	47
10	Mellékletek	49

1 Bevezetés és célkitűzés

Napjaink egyik legnagyobb problémája a globális felmelegedés, melynek kiváltó okai közé tartozik az üvegházhatású gázok környezetbe jutása.

Mindennapi tevékenységeink egyike a közlekedés. Ezt mindenki másként oldja meg, ki saját közlekedési eszközzel, ki tömegközlekedéssel vagy másnéven közösségi közlekedéssel.

A tömegközlekedés magába foglal minden olyan rendszert, amelyben az emberek nem saját járművükkel közlekednek. Ezen rendszer része a vasút is.

Magyarországon a vasúti közlekedés kezdete a 19. század második felére nyúlik vissza, ahol egy lebegő vasútpályát építettek.

Az első vasútvonal építését 1844-ben kezdték meg, majd 1846. július 15-én adták át Pest és Vác között. [3] Ezt követő időszaktól napjainkig a vasúti pályák folyamatos korszerűsítése folyik. Nem csak a pályákat korszerűsítik, hanem a pálya építéshez szükséges munkagépeket is.

Családom apai ágon Erdély felől érkezett a vasúti pálya építésével, mint pálya építő munkások.

Munkahelyem egyedi alkatrészek gyártásával foglalkozik, melyek között szerepel a vasútépítő berendezés alkatrész gyártása is. A 2021. év elején megbízást kaptunk egy sínfektető berendezés alkatrész prototípusának gyártására. Ez egy komplex feladat, mérnöki kihívás.

Új termék bevezetése esetén problémák merülhetnek fel melyek megoldandó feladatokká válnak.

Dolgozatomban ezt a folyamatot vezetem végi és a megoldandó problémákat keresem. A kivitelezés során felülvizsgálom a beérkezett rajzokat, hogy a gyártás szempontjából megfelelő-e. Áttekintem az MSZ EN 15085 Vasúti alkalmazások. Vasúti járművek és részegységeik hegesztése. szabvány csoport előírásait. Ellenőrzöm a beérkező félgyártmányok alapanyagminőségét és rajzszerinti méretazonosságát mérésekkel. Gyártási sorrend és hegesztés technológia tervezést készítek az adott munkafolyamatokhoz a cég hegesztőszakmérnökének segítségével. A munkafolyamat zárásaként kiválasztom és elvégzem a roncsolásmentes anyagvizsgálatokat a hegesztőmérnök iránymutatásával.

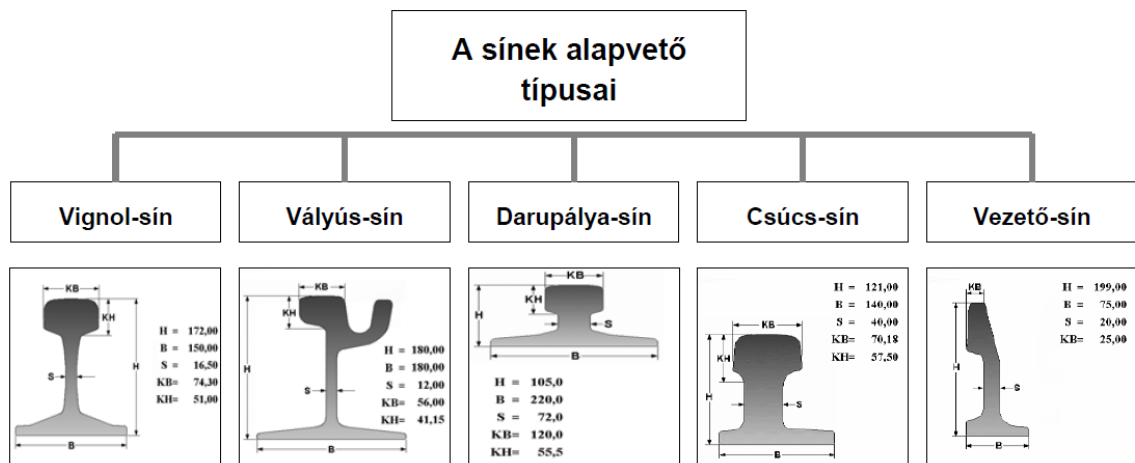
2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Kitérő- és vágányfektető gép vasút története

A ma használatos vasút alapjait a 19. századba a lóvasúttal alapozták meg. A sínpálya építményét úgy alakították ki, hogy a nehezebb gőzvontatású szerelvényeket is elbírja. Építés során kézi erővel mozgatták a síneket melyek kb. 22 kg/m tömegűek voltak. Ezeket fa aljakra rakták – innen marad fent a talpfá megnevezés – és szegezték le.

Vasúti gépek fejlődésével megjelentek a nagyobb vasúti járművek, aminek folyamodványa volt, hogy megnövekedett a tengelyterhelés és a sebesség. Ezt a terhelést a sínpályák nem bírták, egyre több műszaki és biztonsági probléma merült fel. Faaljakat leváltották a betonaljakra és a sínek keresztmetszete megnövekedett. [1]

Ma használt sín típusok tömege folyómétereként 48 – 61 kg között mozog és általában 12 m hosszúak. Ezeket a síneket kézi erővel már nem lehet mozgatni (2.1. ábra).



2.1. ábra: Sínek alapvető típusa {1}

A megnövekedett sín mérettel párhuzamosan megjelentek a sínrakó gépek is. Ahogy változott a vasúti járművek nagysága úgy hozta magával a sínrakó gépsorok fejlődését. A gépek a vasúti pálya építésére, átépítésére, fenntartására szolgálnak. Az ágyazat, a vágány szakszerű kialakítását, karbantartását végzik.

Három kategóriába sorolhatók:

- pálya építők,
- váltó építő fektető,
- sínfektető, síncterelő gépsor (2.2-2.3. ábra).



2.2. ábra Vágány és kitérő fektető gépcsoport {2}

Ennek a gépsornak a feladata a tengelynyomásból, sebességből adódó kopások, elhasználódások miatti síncsere végzése. Egyszerre szerelvénytől függően 50-100 m hosszban tudják a cserét végrehajtani.



2.3. ábra SMD 80 géplánc munka közben {3}

A síncsere folyamata a telephelyen kezdődik a sínszálak felrakásával a gépsorra. Helyszínen a meglévő sínpárok közé lefektetik az új sínszálakat. Amikor a gépsorról lefogyott a fektethető mennyiség a gép visszamegy az adott szakaszon. Felszedi a régi sínt és ezzel párhuzamosan helyére tolja az új sínpárt.

Ilyen sínfektető, síncserélő gépsor behúzó, meghajtó tengelyét gyártjuk.

2.2 A vasúti termékek gyártásával foglalkozó szabvány áttekintése [11]

A vasúti szerkezetek minőség biztosításának alapja az *MSZ EN 15085 Vasúti alkalmazások. Vasúti járművek és részegységeik hegesztése* című európai szabványsorozat foglalkozik, amely a következő részekből áll:

- 1. rész: Általános előírások.
- 2. rész: A hegesztőüzemekre vonatkozó követelmények.
- 3. rész: Tervezési követelmények.
- 4. rész: Gyártási követelmények.
- 5. rész: Ellenőrzés, vizsgálat és dokumentálás.
- 6. rész: A járművek javítóhegesztésének követelménye.

Azok a cégek, amelyek Európában vasúti járművek és annak részegységeinek gyártásával, hegesztésével kívánnak foglalkozni vagy vasúti járműveket tervezni szeretnének, azoknak ezt a szabványsorozatot teljes mértékben ismerniük kell és meg kell felelniük annak.

Az, hogy ezt a minőségbiztosítási szabvány rendszer alkalmazása kötelező, teljes mértékben belátható tekintve egy meghibásodás vagy egy esetleges tervezési hiba, milyen mértékű katasztrófákat idézhet elő és mennyi emberi életet veszélyeztethet.

Ez a szabványsorozat a fémek hegesztésére vonatkozik a vasúti járművek és részegységeik gyártása és karbantartása során. Meghatározza a hegesztést végző gyártó új építési és javítási munkáinak minőségi követelményeit.

A részegységek, alkatrészek és részösszeállítások biztonsági jelentőségük alapján kapnak osztályozási szintet. E szinteknek megfelelően határozzák meg a gyártó hegesztési személyzetének képzettségét. A szabványsorozat alapvető kapcsolatot biztosít a tervezés során meghatározott varratminőségi osztály, a varrat minősége és az előírt minőségi-ellenőrzéssel való bizonyítás között.

Munkahelyem ennek a szabványsorozatnak megfelelően tanúsított, amelyet tanúsító testület előtt igazolt, így jogosult vasúti komponensek gyártására. A szakdolgozatomban részletezett meghajtó tengely is eme szabványsorozat hatálya alá tartozik, így a szabványi követelményeket is figyelembe kellett vennem a munkám során.

2.3 Nyersvas feldolgozása, acélgártás

Az emberiség egyik ősi mestersége a vas megmunkálása. Természetes állapotban a vas csak vegyületeiben fordul elő - melyeket ásványoknak nevezzük - ezért érceiből kell előállítani több lépésben. [2]

Az első vastermék, amelyet az ember leleményessége, találékonysága folytán előállított az a mai meghatározás szerint az acél volt.

Tiszta fém a természetben, az arany, az ezüst, a réz, a higany és a platina. Az érceket csak néhány ásványból lehet gazdaságosan kinyerni.

A fémek előállítása az ércbányákban kezdődik, ezután különböző osztályozási eljárásokkal szétválasztják a fémekben gazdag ércet az értéktelen (meddő) ásványi összetevőktől. Ezt a folyamatot nevezzük dúsításnak. A dúsítást követően az érc a kohókba kerül.

A nagyolvasztóban keletkezett vas nem tiszta színvas, mert a redukció során a kokszból szénatomokat, a vasércből és a segédanyagokból kén (S), foszfor (P), szilícium (Si), mangán (Mn) és egyéb ötvözők keletkeznek. Ilyen állapotában a nyersvas nagyon törékeny. Mechanikai tulajdonságait kedvezőtlenül befolyásolja a magas kén-, a foszfor-, és a széntartalom. Attól függően, hogy milyen segédanyagokat adagoltak a nagyolvasztóba kerülő elegyhez, szürke vagy fehér nyersvas keletkezik.

A szürke nyersvas jellemzői:

- 2-4% Si,
- 3,5-4% C,
- 0,5-1% Mn, valamint P és S tartalom.
- Sűrűség: 7-7,3 t/m³.
- Olvadási hőmérséklet: 1200-1250 °C.
- Tulajdonságai: lágy, jól megmunkálható, forgácsolható, önthető.
- Törésfelülete durva szemcsés, szürke.
- Lassú hűtéssel állítható elő.
- A szén döntően grafitrendszerben van jelen.
- Felhasználása: szürkeöntvények kiinduló anyaga.

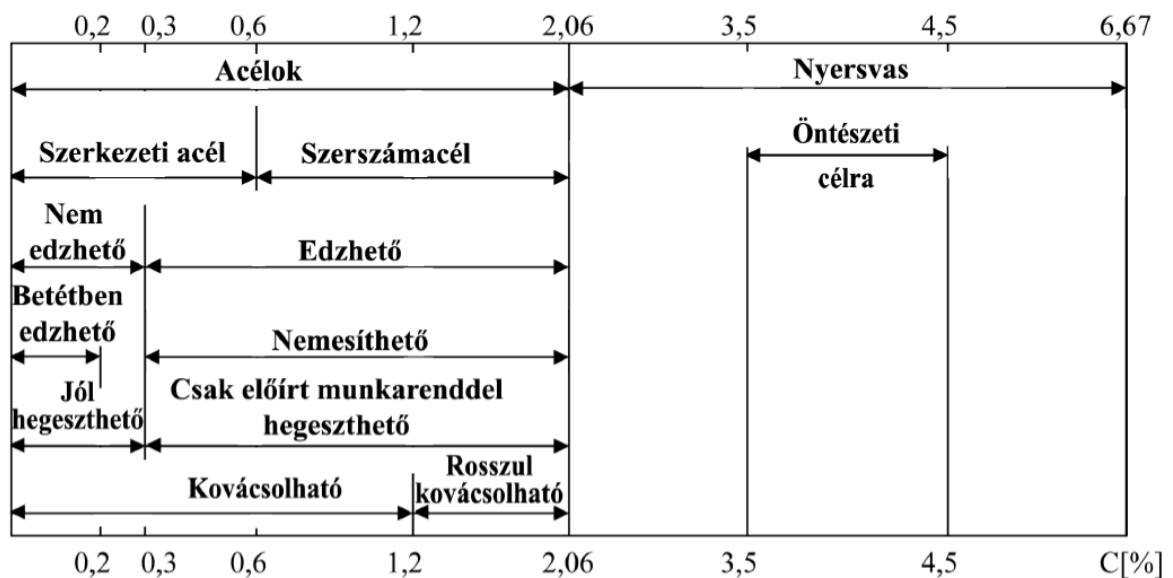
A fehér nyersvas jellemzői:

- 2-3% Mn tartalom,
- 3-4% C,
- 0,3-0,5% Si, valamint P és S.
- Sűrűség: 7,5-7,8 t/m³.

- Olvadási hőmérséklet: 1100-1130 °C.
- Tulajdonságai: kemény, rideg, melegen sem munkálható meg.
- Törésfelülete finom szemcsés, fehér.
- Gyors hűtéssel állítható elő.
- Szerkezetében a szén vas-karbid formájában van jelen, mivel a magnézium elősegíti a Fe₃C (vas-karbid) képződést.
- Felhasználása: acélgyártás és az acélöntvények kiinduló anyaga.

2.4 Az acélok legfontosabb ötvözői

A szén (C), az acélok legfontosabb ötvözője, kis mennyiségváltozással is nagymértékű tulajdonságváltozást hoz létre.



2.4 ábra C - tartalom {4}

Azok az anyagok, amelyek nem a nyersanyagokból és a gyártás módszerének köszönhetően kerülnek az ötvözetekbe, hanem meghatározott céllal szándékosan adagolják a masszába ötvöző anyagoknak nevezzük. Acélok jellemzőinek megváltoztatására ezen fő ötvöző anyagokat használják.

A szilíciumnak (Si) nagy az affinitása az oxigénhez, ezért az acélból a szabad oxigén elvonására használják. Acélnál 0,4%- ig alkalmazzák, hogy a mechanikai igénybevételkor a folyáshatár, a szívósság növekedjen, és a nagyobb deformáló erőknek is jól ellenálljon.

A mangán (Mn) a szilíciumhoz hasonlóan az oxigénnel, továbbá a kénnel is jól tud vegyülni. Az egyik legolcsóbb ötvöző, 0,8%- ig hasznos kísérő. A mangánnal ötvözött, edzett

acélok a repedésekre és vetemedésre kevésbé hajlamosak, mivel az edzés során a kritikus hűtési sebességet csökkenti. Növeli a ferrit szilárdságát, javítja a hegeszthetőséget.

A króm (Cr) széleskörűen alkalmazott ötvözője a szerkezeti és szerszámacéloknak egyaránt. A krómmal erősen ötvözött acél a levegőn is tökéletesen beedződik, az átkristályosodási hőmérsékletet és a kritikus hűtési sebességet csökkenti így a hőkezeléskor lényegesen kisebb mértékű a vetemedés. Alkalmazásával kemény kopásálló anyag jön létre, mely a magas hőmérsékleten használt forgácsolószerszámoknak is tartós keménységet (éltartósságot) biztosít

A volfrám (W) a legmagasabb olvadáspontú fém (3380°C), a szénnel igen kemény, magas hőmérsékleten lágyuló vegyületet képez. A képződött karbidok hevítéskor akadályozzák az ausztenit kristályok túlzott növekedését, az edzett szövetszerkezet bomlását és a szemcseszerkezet durvulását.

A nikkel (Ni) a különleges acélok fő ötvözője, amely nagymértékben javítja a fizikai és kémiai tulajdonságukat. Saválló acélokat állítanak elő belőle, a korrózióállósága miatt. Erősen csökkenti az acél hőtágulási együtthatóját, szemcsefinomító hatását.

A kobalt (Co) javítja a hővezető képességet, hőállóságot.

A titán (Ti) szemcsefinomító hatása javítja a hegeszthetőséget, mert finomabb kristályszerkezetet kölcsönöz a létrejövő hegesztési varratnak.

A vanádium (V) alkalmazásakor az acél rendkívül keménnyé, ugyanakkor rideggé válik [4].

2.5 Acélok szennyező anyagai

Vas-karbon ötvözetek gyakorlatban mindig tartalmaz szennyező anyagokat, amelyek bizonyos mértékben megváltoztatják a kristályosodási folyamatot. A szennyező anyagok nem haladhatnak meg egy határértéket, mert különben ötvöző anyagokká válnak. Ezek a szilícium (Si), mangán (Mn), foszfor (P) és kén (S). Ezeken kívül legtöbbször található még igen kis mennyiségben oxigén (O), nitrogén (N) és hidrogén (H).

A szilícium elősegíti a grafit kiválását. Hasonlóan hat, mint a mangán az acélok szilárdsági tulajdonságaira.

A mangán a 0,8 %-ot meghaladva csökkenti az anyag rugalmasságát.

A kén tartalma nem haladhatja meg a 0,06%-ot. Cementit képző, ezért hatása megegyezik a mangánéval.

A foszfor tartalma nem haladhatja meg a 0,04%-ot. Hasonlóan hat, mint a szilícium.

Az oxigén tartalma nem haladhatja meg a 0,1%-ot. Az egyik legkárosabb szennyező anyag, mert rideggé teszi az acélokat.

A nitrogén tartalom az acélgártás során általában csekély 0,001 - 0,03%. Az acél öregedésre hajlamossá válik 0,004% nitrogén tartalom felett.

A hidrogén tartalma nem haladhatja meg a 0,0006%-ot. Az acélt ridegíti, nyúlását erősen csökkenti. Hegesztés szempontjából növeli a varratok szomszédságában keletkező repedések veszélyét.

2.6 S355J2 és 25CrMo4 alapanyagok tulajdonságai

2.6.1 S355J2 – ötvöztelen szerkezeti acél

A jelöléséből látható, hogy ez egy általános rendeltetésű ötvöztelen szerkezeti acél, amelynek a garantált minimális folyáshatára 355 MPa. Ez az érték azonban csak 16 mm anyagvastagságig érvényes, az anyagvastagság növekedésével csökken a folyáshatár és a szakítászilárdság is.

A termék műszaki szállítási feltételeit az MSZ EN 10025-2 szabvány szabályozza. Ebben a szabványban meghatározásra kerültek az anyagvastagság függvényében a mechanikai tulajdonságok. Az előírás továbbá tartalmazza az alapanyagra vonatkozó előírt vegyiösszetételi értékeket, amelyeket a **2.1. táblázat** tartalmaz. A vegyiösszetétel alapján megállapítható, hogy alacsony az acél szén és ötvöző tartalma, ami hegesztés szempontjából rendkívül előnyös. Elsősorban ezért is elterjedt alapanyag a hajó- és vasútépítésben, gépelem gyártásban, daruk és kotrógépekben, valamint épületszerkezeti gyártásban és csővezeték rendszerek építésében is. A szénegyenértéke (CEV) 0,35-0,45% között alakul. Az alacsony széntartalom miatt nem edzhető.

Hidegalakítása során lemez termékek esetében figyelembe kell venni a hengerlési irányt, mivel nem megfelelő alapanyagvastagság és hajlítási rádiusz megválasztása esetén megrepedhet az anyag. Ezt elkerülve szállítanak +C jelű alapanyagot is, amely sokkal jobban viseli a hajlítást, azonban ez 30 mm anyagvastagságig értelmezhető. Alakítása első sorban melegen ajánlott. Forgácsolás szempontjából a jól forgácsolható alapanyagok közé soroljuk.

Az ütőmunka J2 esetében -20°C-on 27 J. [12]

Név	Nr.	C [%]	Si max. [%]	Mn max. [%]	P max. [%]	S max. [%]	Cu max. [%]
S355J2	1.0577	0,20-0,22	0,55	1,6	0,025	0,025	0,55

2.1. táblázat: Az S355J2 anyagminőség vegyiösszetétele

2.6.2 25CrMo4 – ötvözött nemesíthető acél

Az 1.7218 jelű ötvözött nemesíthető acél műszaki szállítási feltételeit az MSZ EN 10083-3 jelzetű szabvány rögzíti. A szabványban fellelhető az acél mechanikai tulajdonságainak és vegyiösszetételeinek értékei, amit a **2.2. táblázatban** és **2.3. táblázatban** közlök.

Név	Nr.	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]
25CrMo4	1.7218	0,22-0,29	max. 0,40	0,60-0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90-1,20	0,15-0,30

2.2. táblázat: A 25CrMo4 vegyiösszetétele

40 mm < d ≤ 100 mm / 20 mm < t ≤ 60 mm						
Név	Nr.	Re Min. [Mpa]	Rm [Mpa]	A min. [%]	Z min. [%]	KV min. [J]
25CrMo4	1.7218	450	700-800	15	60	50

**2.3. táblázat: A 25CrMo4 mechanikai tulajdonságai
(40-100m átmérő, 20-60 mm anyagvastagság tartományban)**

Az acél vegyiösszetétele alapján látható, hogy nagyobb széntartalommal és magasabb ötvöző tartalommal rendelkezik, amely nemesíthetőség szempontjából kedvező, de a hegesztést megnehezíti. A folyáshatára 100 MPa-al magasabb az S355J2-höz képest.

Ezt az acélt széles körben alkalmazzák járművek, motorok, gépek statikusan és dinamikusán megterhelt alkatrészeinek a gyártására (tengelyek, turbina alkatrészek, láncok) és magas hőmérsékletű alkalmazásokhoz az energia szektor számára. Az 1.7218-as minőségű acélt olyan alkatrészek gyártásához használják, amelyek 450-530°C hőmérsékleten dolgoznak és jó kúszásállósággal rendelkeznek (csövek, burkolatok, nagy teherbírású csavarok, turbinamotorok, turbinapengék, fogazott tengelyek, gőzcsövek, vezérlő alkatrészek karimái).

2.7 Fogyóelektródos védőgázos ívhegesztés eljárás elve

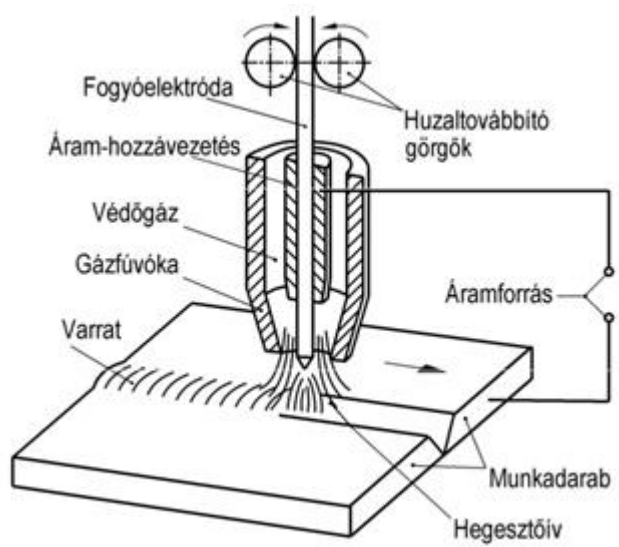
Védőgázos ívhegesztéskor egy vagy több villamos ív keltette hő hatására alakul ki a hegfürdő. A nagy hőmérsékletre hevült fém a levegő káros hatásától gázellátó rendszerből származó védőgáz óvja. Azokat a hegesztési eljárásokat, amelyeknél a villamos ív(ek) a munkadarab és a leolvadó hozaganyag(ok) között létesülnek fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztéseként, amelyeknél az ív olyan elektróda(k) között létesül, amelyek

rendeltetésszerűen nem képezik a hegfürdő részét, nemolvadó (nem fogyó-) elektródás ívhegesztésnek nevezik.

A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztéseket a védőgáz és az alkalmazott hozaganyag alapján csoportosítják. Azok az eljárások, amelyeknél a védőgáz a nagy hőmérsékletre hevült fémmel nem lép reakcióba, semleges védőgázos, ahol vegyi reakciók lezajlanak, azok az aktív védőgázos eljárások. A hozaganyag szerint megkülönböztetnek tömör és porbeles hozaganyagú eljárásokat. A hozaganyagok lehetnek körszelvényű huzalok vagy szalagok. [6]

Az MSZ ISO 4063:2002 szerint a fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések elnevezése és kódjai:

- 13 Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés,
- 131 Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés; MIG-hegesztés,
- 135 Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés; MAG-hegesztés,
- 136 Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával,
- 137 Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával.



2.5 ábra A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés elve {5}

2.8 A hő hatása a hegesztett szerkezetre

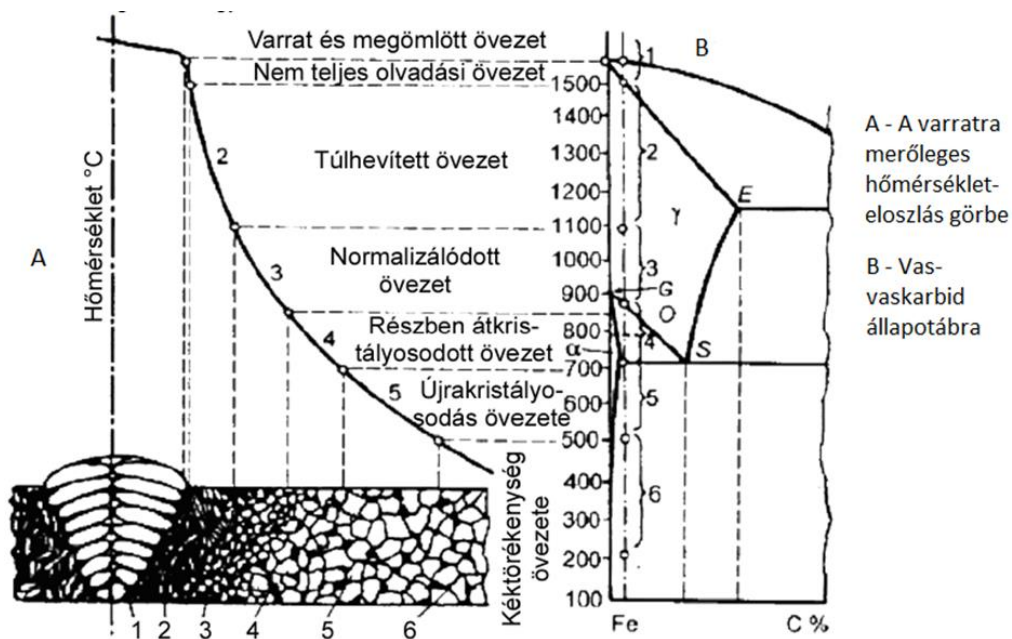
A hőenergia felhasználásával készített hegesztett kötésekben és környezetükben a hőfolyamat következményeként alakváltozás lép fel, és az anyagban ún. belső, (vissza)maradó feszültségek keletkeznek, ha a munkadarab hőtágulása akadályba ütközik. Hegesztéskor az anyagot általában megömlesztik. Az ömlesztetéshez használt hő egy része a munkadarabban szétterjed és felhevíti az anyagot. Hegesztéskor a kötés és környezete a

kiindulási - környezeti - hőmérséklettől az olvadási hőmérsékletig a teljes hőmérsékleti skálát átfogja, ez az ún. hőhatásövezet. **(2.6 ábra)** A hőhatásövezetben szövetszerkezeti változások és hőtágulási jelenségek együttesen következnek be. Az ömlesztőhegesztés tehát mind a munkadarab méretében és anyagának szerkezetében változást okoz.

A hő hatására az anyag tágul, sőt megömlik, de a táguló anyagrészt körbeveszi az anyag fel nem hevített nagyobbik része, akadályozva az alakváltozást.

A hőforrás tovahaladtával azonban a hőátadás következtében rögtön megkezdődik a hűlés. A kitágult anyag kezd összehúzódni, de a részben zömítődött anyag az eredeti méretét már nem tudja felvenni. A hűlés folytatódik, de a két anyagrészt már a hegesztési varrat kapcsolja össze, gátolva a szabad alakváltozást. Így a zsugorodási, hűlési folyamatot mindig belső feszültség kialakulása kíséri.

A hegesztési belső feszültségek további (pl. forgácsoló) megmunkálás során felszabadulnak és a munkadarabot deformálják. [6]



2.6 ábra A kis C- tartalmú acél hőhatásövezetei {6}

2.9 Az acélok hőkezelés hegesztett termékek szempontjából

A hőkezeléssel a fémek tulajdonságait szilárd állapotban változtatják meg, a szövetszerkezetüket meghatározott tulajdonságok elérése érdekében (pl. szívósság elérése, jobb megmunkálhatóság) alakítják át. A hőkezelés három főlépésből áll. Az első a felhevítés, ami történhet egy vagy több lépcsőben az előírt hőmérsékletre. Második szakasz a hűlés az előírt hőmérsékleten. A harmadik a lehűtés a megfelelő közegben.

A hegesztett termékek esetében az egyik legfontosabb hőkezelési eljárás a feszültség csökkentő izzítás. Erre azért van sok esetben szükség, mert a hegesztés során bevitt hő a szerkezetekben, maradó feszültségeket hoz létre. Ezek a maradó feszültségek károsan befolyásolják a szerkezet élettartamát, repedéseket hozhatnak létre a hegesztési varratban és az alapanyagban. Továbbá, ha hegesztés után szükséges további művelet, mint például forgácsolás, akkor akár a forgácsolás sikeres megvalósítását is meghiúsítja. Teljes feszültségmentesítés nem lehetséges, de jelentős mértékben csökkenthetők a maradék feszültségek és növelhető a szerkezet élettartama. A megvalósítás módja, hogy az adott munkadarabot szobahőmérsékletéről 550-670°C hőmérsékletre hevítjük, ott 2-4 órán át hőn tartjuk, majd egy lassú hűtés következik.

Az ötvözt nemesíthető acélok hegesztése során a megeresztés is szükséges az elkészített varrat és munkadarab szempontjából. A megeresztés célja az edzett, rideg martenzites szövetszerkezet módosítása, hogy a dinamikus igénybevételekkel szembeni ellenállás és a szívósság növekedjék.

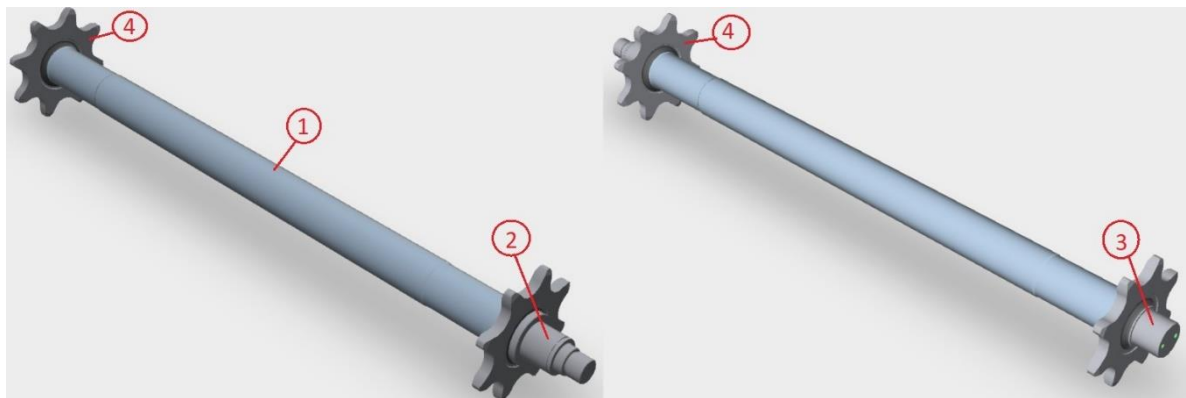
A kis hőmérsékleten (100-300°C) végrehajtott megeresztés során a martenzites állapottal járó ridegség csökkenthető, miközben a keménység nem, vagy csak alig változik. A nagy hőmérsékleten (500-680°C) végrehajtott megeresztés során a martenzit megbontásával, finom karbid-eloszlás és jelentős szívósság növekedés érhető el.[6]

3 A gyártott gépelem gyártási szempontok szerinti áttekintése

Szakdolgozatom témájául választott gépalkatrészt a **Plasser & Theurer** vasúti pályafenntartó- és vasútépítő gépeket gyártó vállalat számára gyártottuk. A vállalatok közötti együttműködés értelmében, a gyártási rajzokon felül minden gyártandó termékhez a megrendelő biztosítja a megfelelő alapanyagokat.

Jelen dolgozatomban a **BR1000.1775-1 rajkszámú meghajtótengely** (német nyelvű megnevezése: Antriebswelle) gyártási folyamatát veszem végig a műszaki átvizsgálástól a kivitelezésig. A gyártott gépelem első megtekintésre, nem feltétlenül tűnik műszaki szempontból kihívásnak, de mint sok esetben a gépgyártásban, ebben az esetben is az ördög a részletekben rejlik. A gyártásához több műszaki szakember összehangolt működése és szaktudása szükséges, kezdve az előkészítő mérnöktől, a hegesztőmérnökön át egészen a forgácsoló és hegesztő szakemberig.

A **3.1 ábrán** látható a gyártott gépelem 3D-s modellje (a termék legyártáshoz rendelkezésre bocsájtott műszaki rajzokat, az 1. számú melléklet tartalmazza teljes terjedelmében.) Az ábra alapján és a mellékletben található gyártási rajzok alapján látható, hogy a meghajtótengely egy csőtengelyből, hozzáhegesztett két tengelyvégből és két lánckerékből áll össze. A termék teljes hossza **1303 mm $\pm 0,5$ mm** tűréssel, 20°C-os temperált szobahőmérsékleten. Ezt a tűrést hegesztett gépalkatrészek esetében szinte csak utóforgácsolással lehet biztosítani.



3.1. ábra: A gyártott gépelem 3D-s modellje

A beépített anyagok jegyzékét a **3.1 táblázat** tartalmazza. Az anyagjegyzék alapján szembeötlő, hogy három különböző alapanyagminőség is felhasználásra kerül a munkadarab legyártásához. Ez természetes, mivel a gépelem különböző alkatrészeinek más-más funkciót kell ellátni. Azonban hegesztés technikai szempontból kihívás elé állítja a hegesztéssel

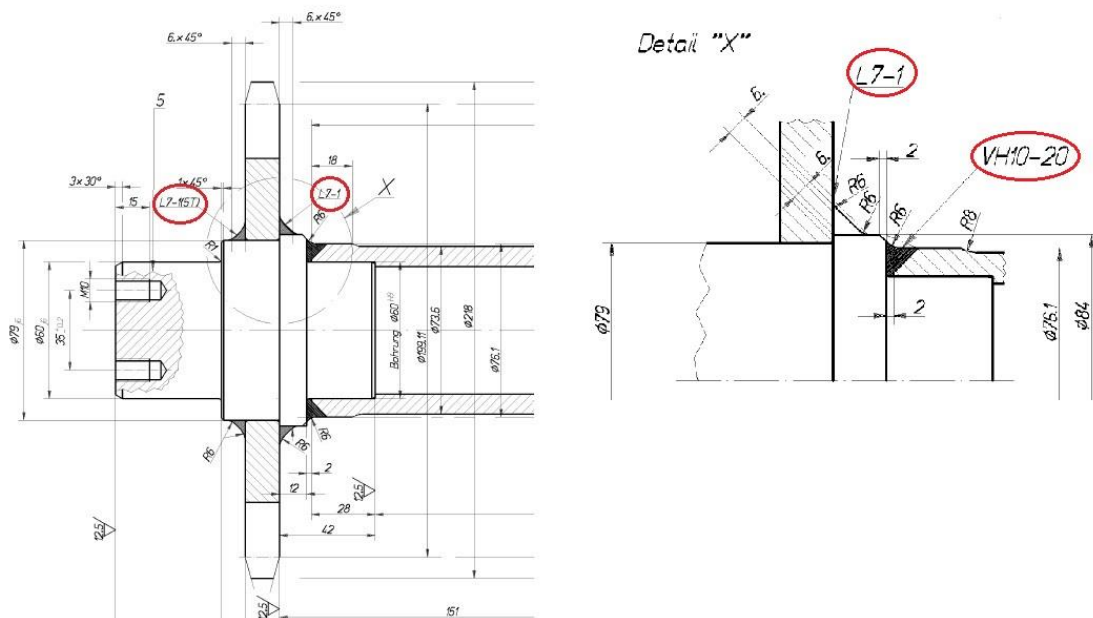
foglalkozó szakembereket, mert különböző alapanyagok egymáshoz képest eltérő szemléletet és hozzáállást kívánnak a hegesztésük során. Ezeket az eltéréseket sorra kell venni és össze kell hangolni a hegesztési munkafolyamatok során, hogy későbbiekben a gépalkatrész a tervezetteknek megfelelően, a tervezett élettartamig működjön.

Sorszám	Megnevezés	Anyagminőség	Mennyiség	Méret	Tömeg
1.	Cső - Rohr	S355J2H	1 db	1021x76,1x10 mm	17,5 kg
2.	Zapfen - Tengelyvég	25CrMo4	1 db	166x85 mm	3,3 kg
3.	Zapfen - Tengelyvég	25CrMo4	1 db	112x85 mm	2,2 kg
4.	Kettenrad - Lánckerék	42CrMo4V	2 db	218x18 mm	2,25 kg

3.1. táblázat: A beépített anyagok jegyzéke

3.1 A műszaki rajz hegesztési szempontok szerinti vizsgálata

A műszaki rajzokon felül a megrendelő a munkahelyem számára biztosította a **PLTH – Schweißnorm inklusive Anhang SN5-SN14** nevezetű előírását, amiben az alvállalkozói számára ad kötelezően betartandó utasításokat a hegesztési folyamatokra. Ezen felül az utasítás tartalmazza a műszaki rajzokon szereplő hegesztési jelölések értelmezését. A hegesztési utasításból a megrendelőnk kérésére csak részleteket közölhetek, mivel saját szellemi tulajdonát képezi, további felhasználása nem engedélyezett.



3.2. ábra: Hegesztési jelölések gyártmány rajzon

A **3.2. ábrán** látható a gyártmány rajzon jelölt hegesztési varratok. A jelölések értelmezéséhez fentebb megnevezett előírást használtam. A jelölés értelmezését az **L7-1(5T)** jelölés alapján mutatom be:

- **„L” – Nathform:** az első karakter a hegesztés kötéstípusáról ad információt, jelen esetben sarokvarratot jelöl.
- **„7” - Nahtstärke:** a második karakter a varrat vastagságot adja meg, sarokvarratok esetében a képzeletben berajzolható legnagyobb egyenlőszárú háromszög magasságát jelenti, azaz egy a7-es sarokvarratot kell készíteni.
- **„-1” – Formnummer:** a hegesztési előírásban a különböző kötések előkészítéséről ad információt, jelen esetben egy 90°-os T-kötést jelöl.
- **„(5T) – Materialgruppe, Vorwärmtemperatur:** a kötésben résztvevő anyagok anyagminőségéről és a szükséges előmelegítési hőmérsékletéről kapunk információt. 5-ös anyagszoport, olyan acélt jelöl, amely vegyi összetételében $0,75\% \leq Cr \leq 1,5$ és $Mo \leq 0,75\%$. A „T” előmelegítést takar, amely nagysága jelen szénttartalom mellett 100°C és 300°C között kell lennie.

A „VH10-20” fél V varratot jelöl, amely 10 mm falvastagságú anyagot kell teljes keresztmetszetében áthegesztetni a kötés létrehozásához. A „20” kiegészítés 90°-os T-kötést takar. Egyéb hegesztési varratjelölést nem tartalmaz a rajz.

Összefoglalva a terméket **6db varrattal** kell összehegesztetni. Két fél V varrattal a tengelyvégeket kapcsoljuk össze a csőtengellyel. A lánckerekeket két-két a 7-es méretű sarokvarrattal rögzítjük a tengelyekhez.

3.1.1 Az alapanyagok vizsgálata hegeszthetőség szempontjából

Az előző fejezetben található **3.1. táblázat** alapján háromféle alapanyagminőséget kell figyelembe venni a gyártmány hegeszthetősége szempontjából. A hegesztéstechnika kidolgozás nehézségét adja, hogy eltérő alapanyagok eltérő hegesztési paramétereket kívánnak meg. Ebben a helyzetben különböző alapanyagok igényei között kell megtalálni azt az technológia optimumot, amely egyik felhasznált anyag mechanikai tulajdonságait sem befolyásolja kedvezőtlenül, amely közvetve vagy közvetlenül a felhasználás során a gyártmány tönkremeneteléhez vezetne.

3.1.1.1 Csőtengely alapanyagának hegeszthetősége

A legkedvezőbb helyzetben a csőtengely (S355J2H) alapanyagával vagyunk, mivel egy ötvöztelen szerkezeti acélról beszélünk. S-jelű szerkezeti acélok maximális karbontartalma

0,2%, amely nem éri el az edződés alsóhatárát jelentő 0,2%-ot a karbonegyenérték (CE) 0,45%-ot, ezért a hegesztéskor legtöbb esetben nem kell számolni gyorsabb lehűlés esetében sem. Nagyobb anyagvastagságok esetében ököl szabály szerint 25mm fölött javasolt 100-150°C-os előmelegítés tompavarratoknál, sarokvarratoknál 20mm fölött. Ezen felül a mechanikai tulajdonságok megőrzése érdekében, elkerülve a szemcsedurvulást, be kell tartani a maximális 250°C-os varratsorok közötti hőmérsékletet. Hegesztőanyagként elsősorban az **EN ISO 14341-A** jelzetű szabvány szerinti **G46 4 M21 4Si1** jelzetű hozaganyagot ajánlott használni, fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés során.

3.1.1.2 A tengelyvégek és a lánckerekek alapanyagának hegeszthetősége

Az alapanyag kiírás szerint a tengelyvégek alapanyagai 25CrMo4 megnevezésű hőkezelhető ötvözött acél helyett -alapanyag ellátási problémák miatt- a megrendelő 42CrMo4 hőkezelhető ötvözött acélt szállított. Ez abból a szempontból kedvezően befolyásolta a dolgot, hogy így két féle anyagminőségre csökkent a hegesztendő acélok fajtája. A **3.2. táblázatban** foglaltam össze a két alapanyag vegyiösszetételét és **3.3. táblázatban** mechanikai tulajdonságait. A táblázatot az *MSZ EN 10083-3:2006 – Nemesíthető acélok. 3. rész: Ötvözött acélok műszaki szállítási feltételei* szabvány 3. és 8. táblázata segítségével állítottam össze.

Név	Nr.	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Mo [%]
25CrMo4	1.7218	0,22-0,29	max. 0,40	0,60-0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90-1,20	0,15-0,30
42CrMo4	1.7225	0,38-0,45	max. 0,40	0,60-0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90-1,20	0,15-0,30

3.2. táblázat: A 25CrMo4 és 42CrMo4 vegyiösszetétele

40 mm < d ≤ 100 mm / 20 mm < t ≤ 60 mm						
Név	Nr.	Re Min. [Mpa]	Rm [Mpa]	A min. [%]	Z min. [%]	KV min. [J]
25CrMo4	1.7218	450	700-800	15	60	50
42CrMo4	1.7225	650	900-1100	12	50	35

3.3. táblázat: A 25CrMo4 és 42CrMo4 mechanikai tulajdonságai (40-100mm átmérő, 20-60 mm anyagvastagság tartományban)

A vegyiösszetételből látható, hogy az 42CrMo4 acél széntartalma átlagosan 0,16% magasabb. Ez hegesztés szempontjából kedvezőtlen irányba tereli a folyamatokat, mivel a növekvő széntartalom rontja a hegeszthetőséget. Általánosságban elmondható a nemesíthető

acélok hegesztéséről, hogy a nagy ötvözőtartalom és a kis kritikus lehűlési sebesség miatt fokozottan számolni kell a hidegrepedés kialakulásával. Ezt mindenképpen el kell kerülni, hiszen egy repedés a hegesztett kötésekben nem megengedett, rövid idő alatt a termék tönkremeneteléhez vezet. A következő lehetőségek állnak rendelkezésünkre a hidegrepedés elkerülésére:

- nagy hőbevitel,
- előmelegítés,
- diffúzióképes hidrogéntartalom csökkentése,
- utólagos feszültségcsökkentő hőkezelés alkalmazása.

Az előmelegítési hőmérséklet meghatározásához szükséges kiszámolni az alapanyagunk karbon egyenértékét (CEV). A karbon egyenérték meghatározása ilyen ötvöző tartalom mellett nem egyszerű, mivel több lehetséges számítási módszer is rendelkezésünkre áll. Az első módszert a megrendelők által biztosított hegesztési utasításból emeltem ki, amely a következő (a képletet az International Institute of Welding dolgozta ki):

$$CEV_1 [\%] = C[\%] + \frac{Mn[\%]}{6} + \frac{Cu[\%] + Ni[\%]}{15} + \frac{Cr[\%] + Mo[\%] + V[\%]}{5} \quad (3.1.)$$

A másik karbon egyenérték számítást az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Nemzetközi hegesztőmérnöki különbözeti képzésén kiadott tananyagából emeltem ki:

$$CEV_2 [\%] = C[\%] + \frac{Mn[\%]}{6} + \frac{Cr[\%] + V[\%]}{5} + \frac{Mo[\%]}{4} + \frac{Ni[\%]}{15} + \frac{Cu[\%]}{13} + \frac{P[\%]}{2} \quad (3.2.)$$

Felhasználva a ténylegesen beépítésre kerülő alapanyag műbizonylatát [2. melléklet], meghatároztam mind két módszer szerinti CEV értéket:

- $CEV_1 [\%] = 0,80 \%$,
- $CEV_2 [\%] = 0,81 \%$.

A két képlet közel azonos eredményt adott, az érték magas, tehát fokozottan lehet számolni a hidegrepedés lehetőségével. Ennél fogva fokozott előmelegítés szükséges, amelynek mértéke a megrendelő hegesztési utasítását figyelembe véve 100-300°C között kell lennie.

A hegesztő anyagot ezen anyaminőséghez a BÖHLER voestalpine High Performance Metals Hungary Kft. „Amit a hegesztésről tudni érdemes”[10] katalógusából választottam. A fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéshez ajánlott tömör huzalelektróda az EN

12070:1999 szabvány alapján G CrMo1Si, kereskedelmi nevén BÖHLER DCMS-IG. Ezt a huzalelektrodát kazán-, nyomástartóedény- és csővezeték-építéshez, továbbá nemesíthető és betétedzésű acélok hegesztéséhez ajánlott [10]. A leírás alapján jó minőségű, szívós repedésmentes és lúgrepedésnek ellenálló, nitridálható és nemesíthető hegesztési varrat készíthető. Összeségében minden olyan kívánalomnak megfelel, ami problémát jelenthet a hegesztés során.

3.1.1.3 Az S355J2H és 42CrMo4 alapanyagok összehegeszthetőségének lehetőségei, hegesztéstechnológia kidolgozása

Az előző pontokban külön-külön megvizsgáltam az alapanyagokat hegeszthetőség szempontjából. A fenti pontokban a kérdés kört úgy vizsgáltam, mintha homogén az azonos alapanyagokat hegesztenék össze. Azonban a termékem esetében heterogén kötést kell létrehozni, hiszen különböző anyagminőségeket, egyfelől egy viszonylag egyszerűen hegeszthető ötvözetlen szerkezeti acélt, másfelől pedig egy magasan ötvözött nemesíthető acélt kell összehegeszteni.

A heterogén kötések alapvető problémája, hogy a hegesztési tartományt úgy kell megválasztani, hogy a nehezebben hegeszthető alapanyag javára esetlegesen kárt ne szenvedjen a másik alapanyag mechanikai tulajdonságai. Ez egy nagyon kényes mérleghinta játék, legtöbb esetben nagyon szűk a keresztmetszet és az alapanyagok hegeszthetőségi tűrésén történik a munka.

Értem ez alatt, hogy ebben a feladatban a 42CrMo4 alapanyag hegesztése során a hidegrepedés elkerülése érdekében növelt hőbevitellel és magas előmelegítési hőmérséklettel kell dolgozni. Konkrétan a 42CrMo4 ajánlott előmelegítési hőmérséklete a magas CEV érték miatt 300°C környéke, amíg az S355J2H alapanyag ajánlott sorközi hőmérséklete nem szabadna, hogy meghaladja a 250°C fokot, mivel szemcsedurvulás következhet be, aminek következtében romlik a mechanikai tulajdonsága az acélnak.

Világosan látszik, hogy ezt a feladatot előzetes próba hegesztések és a próbadarabok roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálata nélkül nehézkesen vagy nem lehet megoldani. Ezen probléma feloldására, amikor új alapanyagok és hegesztési technológiák bevezetése történik egy adott cégnél, akkor kötelező hegesztési technológiai eljárásvizsgálatot lefolytatni (WPQR-t elkészíteni), amelyet egy harmadik feles független tanúsító cég igazol. Ezzel védi magát a gyártó és ezt kérve védi magát a megrendelő is, hogy számára kifogástalan terméket szállítsanak le. Az eljárás vizsgálat lefolytatásának folyamata szabványosítva van. Munkahelyemnél két szabvány alapján folytatjuk le a vizsgálatot az első szabvány az **MSZ**

EN ISO 15614-1- Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. A hegesztéstechnológia vizsgálata. 1. rész: Acélok ív- és lánghegesztése, valamint nikkel és ötvözetek ívhegesztése. Ebben a szabványban technológiai vizsgálat szempontjából szabványos próbatestekkel folytatódik le a vizsgálat. A próbatestek mérete, alakja és egymáshoz viszonyított helyzete szabályozva van. Azon hegesztési próbadarabok, amelyek nem illeszkednek vagy nem fedhetők le ezzel a szabvánnyal, akkor a következő előírást kell alkalmazni: **MSZ EN ISO 15613 – Fémek hegesztési utasítása és hegesztéstechnológiájának minősítése. Minősítés gyártás előtti hegesztési próbával.** Ezen szabvány alapján lefolytatott vizsgálat az abban leírt hegesztett kötésre érvényes, ezzel szemben az előbbi előírás a lehegesztett és levizsgált próbadarab alapján egy érvényességi tartományt ad meg.

Mind a kettő szabványra igaz, hogy szabályozza és megköti, hogy az abban leírt lényeges, a varrat mechanikai tulajdonságait befolyásoló paraméterektől nem lehet eltérni, amelyek a következők:

- Hegesztési eljárás (ISO 4063).
- Próbadarab típusa (lemez, cső, csőfal, csőelágazás).
- Kötés típusa és kialakítása (sarokvarrat, tompavarrat).
- Anyagminőség.
- Anyagvastagság és átmérő (ha értelmezhető).
- Hegesztőanyag.
- Védőgáz.
- Hegesztési helyzet.
- Előmelegítési hőmérséklet.
- Hőbevitel értéke.
- Hőkezelés (ha volt).

A WPQR megléte elengedhetetlen feltétele annak, hogy az adott cég hegesztési kötés hozzon létre az adott eljárással, arra az anyagminőségre, azzal a kötéstípussal. A meghajtótengely esetében a tompavarratos kötéshez rendelkezésre állt a megfelelő eljárásvizsgálat, amelyet fel lehetett használni a sarokvarrat kialakításához.

A WPQR alapján készíti el a hegesztőmérnök az **MSZ EN ISO 15609** szerinti hegesztési utasítást (WPS), amely tartalmaz minden technológiai paramétert a varrat elkészítéséhez. Az utasítás tartalmát kötelező betartani a hegesztőknek és a hegesztési tevékenység során végig rendelkezésükre kell, hogy álljon. Az utasítás betartását a hegesztőmérnök és művezető ellenőrzi.

A szakirodalmi kutatásaimat és a rendelkezésre álló WPQR alapján a munkahelyem hegesztőmérnökének útmutatása és segítsége alapján megírtam a hegesztéstechnológiai utasítást, amelynek a lépései a következők voltak. (A WPQR-ből csak részleteket mutatok be, teljes terjedelmében nem közölhetem).

A WPQR teljes neve: Ellenőrzési jelentés hegesztéstechnológia jóváhagyásáról. Ez lényegében egy 6 oldalas jegyzőkönyv, amely minden szükséges információt tartalmaz a megvalósított próbáról és annak ellenőrzéséről.

Első lépésként az eljárásvizsgálat tartományát ellenőriztem, azaz érvényes-e az adott anyagvastagság és anyagminőség a munkadarabomra. A **3.3. táblázatban** foglaltam össze az eljárás vizsgálatban szereplő anyagminőségeket és alapanyagvastagságokat, illetve a technológia érvényességi tartományát. Emellett szemléltettem a hegesztendő termék alapanyag és anyagvastagsági jellemzőit, ellenőrizve a technológia megfelelőségét erre a kötéstípusra. A táblázatban nem szerepel, de a technológia egy csőre kialakított tompavarrat alapján született, amely egybe vág az elvégzendő hegesztési feladattal.

	WPQR alapanyagai		Meghajtótengely hegesztendő alapanyagai	
	1.	2.	1.	2.
Anyagjelölés (név [szám] szabvány):	G17CrMo9-10 [1.7379] SEW 520 09:1996 szerint	S355J2H [1.0576] EN 1210-1:2006 szerint	42CrMo4 [1.7225] EN 10083-3:2006 szerint	S355J2H [1.0576] EN 1210-1:2006 szerint
Anyagcsoport a CR ISO 15608 szerint:	5.2	2.1	5.1	2.1
Érvényesség:	5-1 EN ISO 15614-1:2017 5. táblázata szerint		A WPQR alapján az alapanyagminőség megfelel	
Anyagvastagság [mm]:	$t_1 = 12,5$	$t_2 = 12,5$	$t_1 = 10,0$	$t_2 = 10,0$
Érvényesség [mm]:	$t_1 = 6,25-25,0$ EN ISO 15614-1 7. táblázata szerint		A WPQR alapján megfelel az alapanyag vastagság	
Cső átmérő [mm]:	$D = 108$		$D = 76,1$	
Érvényesség [mm]:	$D \geq 54$		A WPQR alapján megfelel	

3.3. táblázat: A WPQR-ben szereplő alapanyagok és a hegesztett kötésben szereplő alapanyagok hegesztés technikai jellemzői és érvényességi tartományai

A **3.3. táblázat** alapján jól látható, hogy a kiválasztott eljárásvizsgálat érvényességi tartománya az alapanyagok tekintetében teljesen lefedi, így az eljárás alkalmazható. Az ellenőrzött hegesztés technológia következő lényeges eleme a hegesztési eljárás (ISO 4063

alapján), amely jelen esetben 135 (MAG) ködjelű fogyóelektródás védőgázos hegesztés tömör huzallal. A WPQR-ben használt hegesztő anyag az EN ISO 14341-A: G46 4 M21 2Mo szerinti huzal, kereskedelmi neve BÖHLER DMO-IG. Ez hegesztési huzal elsősorban a melegsízárd acélokhoz acélhoz illeszkedik. A magasan ötvözött nemesíthető acélból készült tengelyvégek szempontjából megfelelő választás tapasztalatok alapján, nem repedésérzékeny és hőkezelhető. A BÖHLER DMO-IG, ahogy az eljárásvizsgálat alapján is látszik megfelel a kitűzött hegesztési feladatnak. Az eljárásban használt huzal átmérő 1 mm volt, amely ebben az anyagvastagságban könnyebb ömledék kezelést tesz lehetővé a hegesztő számára. Az eljáráshoz választott védőgáz, amely illeszkedik a hozag- és alapanyagokhoz az MSZ EN ISO 14175 alapján M21, amely 82% argont és 18% széndioxidot tartalmaz. Ez egy általános védőgáz elsősorban ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok fogyóelektródás aktív védőgázos kézi és gépi ívhegesztéséhez ajánlott minden lemezvastagság esetén. Használata nyugodt stabil ívet ad, jól kezelhető az ömledék.

A következő pont a hegesztési helyzet meghatározása. Jelen esetben a meghajtótengely egy forgástest, amin körvarratokat kell készíteni. Célszerűen forgatóban érdemes a hegesztést végrehajtani, ezzel kiküszöbölve a hegesztő saját hegesztési sebességét. Így jelen esetben a technológiában használt PA, azaz vízszintes pozíciót használjuk. Az ömledék fürdő a hegesztés során végig a hegesztő pisztoly alatt helyezkedik el vízszintes helyzetben.

A hegesztési sebesség döntően befolyásolja a hegesztési hőbevitelt. A bevitt energia mértékét a **3.3. képlet** alapján lehet kiszámolni.

$$Q = k \cdot \frac{U \cdot I}{v} \cdot 10^{-3} \left(\frac{kJ}{mm} \right), \quad (3.1.)$$

ahol k a relatív termikus hatásfok, jelen esetben értéke 0,8 [-],
 U a feszültség V-ban,
 I az áramerősség, mértékegysége A,
 v a hegesztési sebesség, mm/s.

A képlet alapján belátható, hogy a fajlagos hőbevitelt lényegesen befolyásolja a hegesztési sebesség. A forgató megfelelő beállításával és ellenőrzésével teljes kontrol alá vonható a hőbevitel, mivel a feszültség és az áramerősség értékeket a hegesztés során használt hegesztő gép folyamatosan korrigálja és beállított értéken tartja. A hőbevitel értékét szigorúan szabályozza az **MSZ EN ISO 15614 szabvány 8.4.7. Hőbevitel (Ívenergia)** című fejezete, amely a következőket írja elő: *2. szint: Ha üttmunka-követelmény van előírva, akkor a minősített hőbevitel felső határa 25%-kal lehet nagyobb a próbadarab hegesztésére*

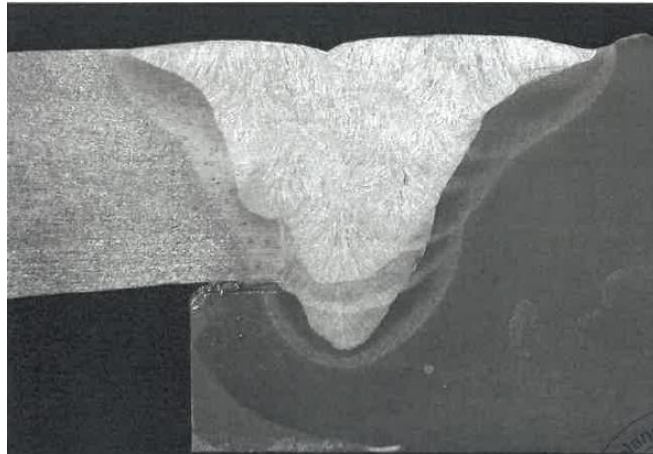
alkalmazott értéknél. Ha van előírás keménységre, akkor a minősített hőbevitel alsó határa 25%-kal lehet kisebb a próbadarab hegesztésére alkalmazott értéknél. Ha a technológiaivizsgálatot nagy és kis hőbevitellel is elvégezték, akkor a minősítés a két hőbevitel közötti minden értékre érvényes. Nem szükséges minden sor esetén számítást végezni. Tehát $\pm 25\%$ -os mozgás tér van a hőbevitel szempontjából, de ennél célszerűbb kisebb hőbeviteli tartományt előírni, a termék jósága érdekében.

Az utolsó pont, amit figyelembe kell venni a technológia megtervezése során, hogy az adott próbadarab hegesztés után hőkezelve lett-e. Abban az esetben, ha hőkezelés történt, akkor az ellenőrzött technológiai próbadarab alapján hegesztett munkadarabokat is hőkezelni kell. Jelen esetben történt hőkezelés, így a munkadarabot hőkezelni szükséges. A hőkezelés célja a következők:

- a repedésveszély csökkentése és a repedés jellegű hibákkal szembeni ellenállás növelés;
- a szerkezet mérettartósságának megvalósítása, különösen további forgácsoló megmunkálás előtt;
- a hegesztési feszültség csökkentése különösen a varrathalmazódásnál. [6]

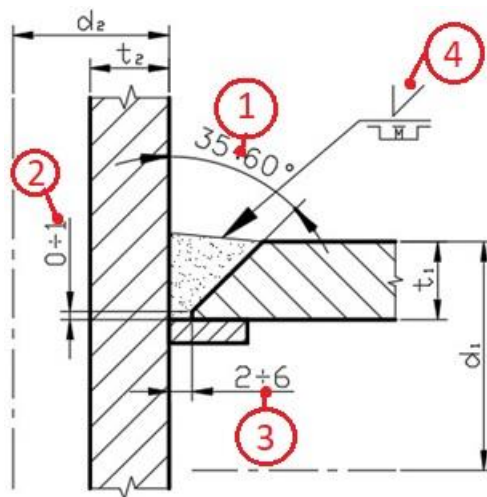
Az ellenőrzött próbadarabot megeresztették 590°C -on 40 percre, majd $80^{\circ}\text{C}/\text{h}$ szabályozott lehűlési sebesség mellett hagyták kihűlni. A hőkezelés paramétereit megállapítását egy több lépcsős iterációs folyamat adta meg, amely során több munkadarab is készült különféle hőkezelési paraméterekkel, amik roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokkal lettek ellenőrizve. A legjobb mechanikai tulajdonságokat mutató próbadarab alapján lett a hőkezelési program beállítva. A hőkezelési módot a leírtaknak megfelelően végre kell hajtani, a technológiai utasításban rögzíteni szükséges.

A WPQR további oldalain az akkreditált vizsgáló labor elvégzett roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati eredményeit rögzíti. Többek között keménységmérést, szakítóvizsgálatot, ütőmunka vizsgálatot, illetve anyagösszetétel vizsgálatot tartalmaz. Továbbá egy makrosziszolati képet is a hegesztett kötés keresztmetszetéről, amely a **3.3. ábrán** látható. A csiszolaton jól kirajzolódnak a különböző hegesztési sorok és a hozzájuk tartozó hőhatási övezetek. A képen nem látható hegesztési hiba, mint porozitás, beolvadási hiány, kötésihiba. A képen jól kivehető, hogy az elkészített próbadarab varrat kialakítása megegyezik az általunk készíteni kívánt hegesztéssel. Egy fél V varrat látható, amely gyökmeztámasztással készült.



3.3. ábra: Az ellenőrzött vizsgálati próbadarab makrovizsgálati képe 3,3x nagyításban

A **3.3 ábrán** látható minőségű varratot el lehessen készíteni, szükséges a megfelelő él előkészítés. Ennek hiányában vagy rossz minőségben kivitelezett előkészítéssel a hegesztés minősége bizonytalanná válik. A **3.4. ábrán** szemléltetem az él előkészítés lényeges elemeit.



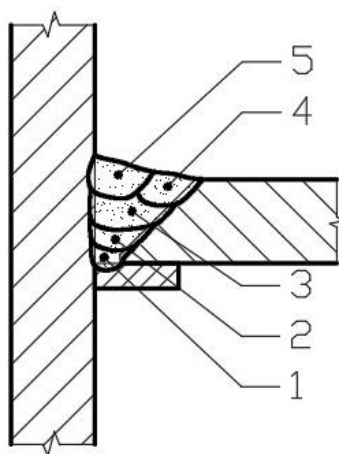
3.4. ábra: A varrat él előkészítés elemei

Az ábrán egyes számmal jelöltem a nyitási szöget. Ez a paraméter 35-60° között változhat, a hozzáférhetőség függvényében. Figyelembe kell venni, hogy hegesztés során a pisztollyal mennyire fér hozzá a hegesztő a varrat gyök rétegéhez. Ha nem megfelelő a nyitás, akkor könnyen kötés hiba jöhet létre. Ezt az értéket a meghajtótengely esetében 50°-ban határoztam meg. Kettes számmal jelöltem a varrat orrmagasságát. Az orrmagasság helyes meghatározása gyökmegtámasztás nélküli varratok esetében különösen fontos, mivel elhagyása vagy túl kis méret megválasztása esetén a gyök átroksad vagy egyáltalán nem készíthető el a varrat. Értéke 1-4 mm között változik az anyagminőség és anyagvastagság függvényében. Jelen munka esetében 0-1 mm között határoztam meg az értéket, mivel

gyökmegtámasztásos varrat készül, így nem kell tartani az átrokadástól. Ennél nagyobb érték esetében viszont kötés hiba léphet fel. Hármasszámmal jelöltem az illesztési hézagot. Ez a hegesztőkkel folytatott beszélgetés alapján viszonylag nagy szórást mutat. Bevettem a gyakorlatot, hogy a lakatos, aki összeállítja a munkadarabot hegesztésre, egyeztet a munkadarab hegesztőjével. Ez azért is szükséges, mert ha kicsi 1-1,5 mm a hézag, akkor lehetséges, hogy a gyök nem fog átmenni, kötés hiba lép fel. Túl nagy érték esetében megtámasztás nélkül a varrat átrokadhat. A meghajtó tengely esetében kedvező a gyökmegtámasztó betét, ezért 2-2,5 hézagot találtam megfelelőnek. Négyesszámmal a varratot jelöltem, ez a szimbólum jelöli a fél V varratot, fémbetétes gyökmegtámasztással.

A sarokvarratok esetében egyszerűbb az élőkészítés, mivel arra kell „csak” figyelni, hogy a rajz szerint is a felfekvő felületek egymással 90°-ot zárjanak be, illetve a felületek között nagyon minimális vagy ne legyen hézag. Tapasztalatok alapján, ha van a felfekvő felületek között hézag, akkor a beolvadás bizonytalanná válik, hibák kialakulás pl. porozitás veszélye megnő.

Az élőkészítésen felül a hegesztő számára vizuálisan rajz formájában meg kell jeleníteni a hegesztési utasításban az elkészítendő varrat sorait és felépítési sorrendjét, ahogy az a **3.5. ábrán** látható. Ezt a sorrendet kötelező a hegesztőnek betartania.



3.5. ábra: A varrat felépítése, jelölve a sorok számával és helyzetével

A varrat előkészítés meghatározásával, a hegesztési segédanyagok kiválasztása után egy feladat maradt, a hegesztő számára meg kell adni azokat a paramétereket, amit a hegesztőgépen be kell állítania a kötés elkészítéséhez. A WPQR tartalmazza az előzetes hegesztési utasítást (PWPS), amelyben szerepelnek ezek a lényeges adatok, mint az áramerősség, feszültség és huzalelőtolás értéke. Ennek segítségével el tudtam készíteni a hegesztők számára a hegesztési utasítást. A gyártmány rajzon „VH10-20” jelölt fél V

tompavarratra elkészítettem a **WPS/VH10-20** nevezetű hegesztési utasítást. Az „L7-1(5T)” és „L7-1” jelölésű sarokvarratokra egy utasítást készítettem, mivel hegesztés technikailag azonosak és a hegesztésük egyszerre történt, így egy ábrán jelöltem, hogy a hegesztő szakember jobban tudja követni a hegesztési sorrendet. Az elkészített utasítás száma **WPS/L7-1(5T)**. A hegesztés technológiai utasításokat teljes terjedelmükben a 3. Mellékletben közlöm.

A WPS-ek meghatározott paraméterei:

- Előmelegítés: min. 200°C.
- Sorok közötti hőmérséklet: max. 250°C.
- Eljárás: 135 (MAG), PA pozíció forgatóban hegesztve.
- Védőgáz: M21 - 82% Ar + 18% CO_2 , 10÷16 l/min.
- Hegesztési hozaganyag: BÖHLER DMO-IG.
- Kivárási idő hegesztés után NDT vizsgálatra: 48 h.
- Áramerősség: 220-250 A.
- Feszültség: 28,5-30,5 V.
- Huzal előtolási sebesség: 10-13 m/min.
- Hegesztési sebesség: 35-45 cm/min.
- Hegesztés utáni vizsgálat: 100% Mágnesezhető poros vizsgálat.
- Hőkezelés: 80°C/h felfűtési sebesség, 590°C hőntartás 40 percre, lehűlés 300°C-ig 80°C/h lehűlési sebességgel.

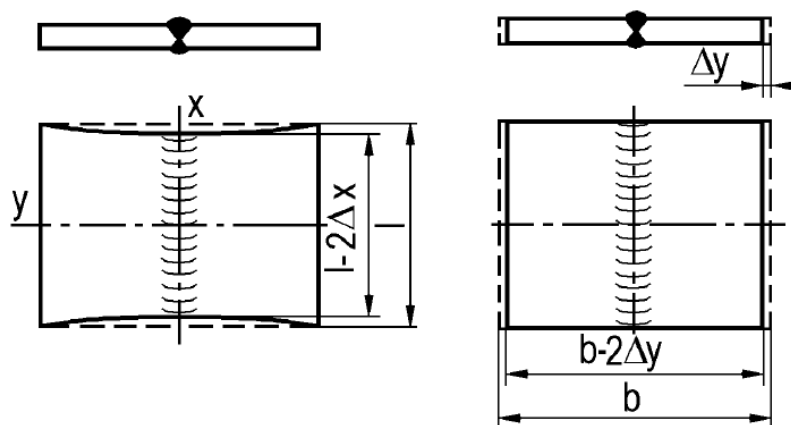
Összefoglalva a rendelkezésre álló „Ellenőrzési jelentés hegesztéstechnológia jóváhagyásról (WPQR)” tartalmát megismertem és feldolgoztam. Az előzetes irodalmi kutatások a WPQR alapján megírtam a hegesztéstechnológiai utasításokat. Így rendelkezésemre állt, hogy hogyan készíthetők el a varratok. A következő lépésekben végig veszem miképpen lehet az előírt tűréseket betartani egy hegesztett és forgácsolt gépelemen.

3.2 Hegesztési terv kidolgozása

A meghajtó tengely hegesztési tervének kidolgozása során a legnagyobb problémát a megadott tűrések adták. A tengely teljes hosszán a megengedett eltérés $\pm 0,5$ mm 1303 mm hossz mellett, 20°C -os temperált hőmérsékleten. Alapvetően egy teljes átolvadású tompavarrat ilyen hosszban 0,5-1,5 mm között tud zsugorodni, ezáltal számunkra méret eltérést okozni. Ez a maradó alakváltozás szobahőmérsékleten mérhető, tehát nem a hőbevitel okozta hőtágulásból adódik. Ennél a munkadarabnál 2db teljes átolvadású és 4 db sarokvarratot kellett létrehozunk. Az említett zsugorodás mértéke és varratok számát tekintve, át kellett gondolni a termék hegesztését és össze kellett hangolni a forgácsolási műveletekkel. Ebben a fejezetben részletezem a hegesztés okozta vetemedések okát és elkerülésének lehetőségeit. Továbbá ennek alapján a forgácsolás folyamatáról is írok.

3.2.1 Hegesztés okozta vetemedés okai és elkerüléseinek lehetőségei

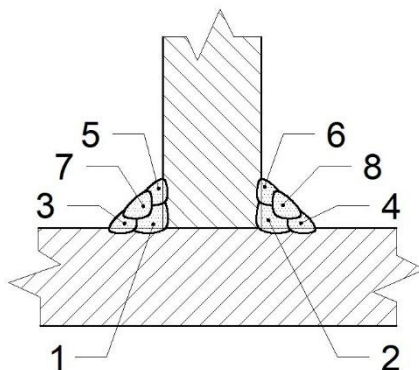
Hegesztés során az alapanyagba bevitt lokális hőenergia a felhevült anyagunkat csak egy határig tudja növelni, mivel a fel nem hevült, merev anyagrészek akadályozzák, így a folyamat leáll és a felhevített anyagrészek zömülnek. A hőenergia jelentős része a hővezetés következtében az anyag belső részébe jut, mielőtt a kötés helyén a hegfürdő kialakulhatna, és ott hő okozta elmozdulást idéz elő. Erről a folyamatról ad képet hegesztett tompavarratos kötések esetében a **3.6. ábra**. [6]



3.6. ábra: Hegesztett tompavarratos kötések hossz- és keresztirányú alakváltozása {5}

Az ábrán alapján megkülönböztetünk a varrat irányát tekintve hossz-, kereszt- és vastagságirányú visszamaradó hegesztési belső feszültségeket és alakváltozásokat. Ezek az alakváltozások mind a varratfémben, mind a varrat környezetében az alapanyagban keletkeznek. A vetemedés mértéke függ, mind az alapanyagtól, anyagvastagságtól, varrat alakjától, hőbeviteltől, előmelegítés mértékétől és a hegesztési munkarendtől. [6]

Legfontosabb feladatunk, hogy ezeknek a torzulásoknak a mértékét a lehető legnagyobb mértékben csökkentsük. Ennek lehetőségei a megfelelő hegesztési eljárás az adott terméket figyelembe véve, lehető legkisebb hőbevitellel való munkavégzés és a helyesen megválasztott hegesztési sorrend, helyes munkaterv elkészítése. Az alakváltozások mértékének csökkentésére alapvető szabályok vannak, amit célszerű betartani. Első alapszabály, hogy ahol sarok- és tompavarrat is van, akkor mindig először a tompavarratot készítjük el, annak érdekében, hogy a tompavarrat szabadon tudjon zsugorodni. Ezen felül érdemes minél kisebb varrat keresztmetszetet kialakítani és azt minél kisebb sorokból létrehozni. Továbbá összetett szerkezetek esetében először az alárendelt keresztirányú varratokat és csak utána készítsük el a hosszvarratokat, lehetőleg megszakítás nélkül. Hossz varratok esetében középről indulva ráklépésben érdemes hegeszteni, ezzel is „kivezetve” a feszültséget a varrat szélére. Két oldalú sarokvarratoknál -jelen esetben is- a két oldalt párhuzamosan kell hegeszteni olyan értelemben, hogy egyik oldalt a hegesztő elkészíti az első sort, majd ez után a túl oldalon is leteszi az első sort. Ezután visszatérve az eredeti oldalra elkészíti a következő sort, ezt folyamatosan váltogatva, amíg el nem készül a teljes varrat, ez a folyamat a **3.7. ábrán** látható. Ezzel a megfontolással kiegyenlítődik a két oldal közötti feszültség, kezelhető mértékűvé válik a vetemedés.



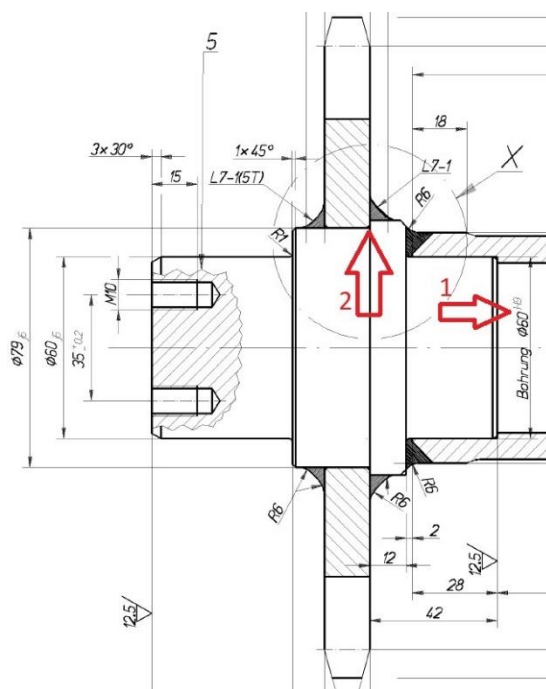
3.7. ábra: Hegesztési sorrend két oldalú sarokvarrat esetén

A fentieket figyelembe véve a termékem esetében a tompavarratot kell először elkészíteni és csak ezután lehet meghegeszteni a sarokvarratokat is. Későbbi fejezetekben látható is, hogy fizikailag sem lehetett volna másképp elkészíteni a terméket, mivel a rajzzal ellentétben a valóságban a két varrat közel esik egymáshoz, gyakorlatilag összeérnek. A tompavarrat zsugorodását tapasztalati úton 0,5 mm-ben határoztuk meg. A zsugorodás okozta hosszváltozást a tengelyvégeken kompenzáltunk, mind a két tengely végén 3-3 mm ráhagyást hagytunk, figyelembe véve a tűréseket és a funkcionális méreteket. A sarokvarrat elkészítésének sorrendjét a **3.7. ábra** alapján határoztuk meg, azaz a két varrat párhuzamosan

készül. A torzulások további csökkentése céljából a munkára nem egy, hanem két hegesztő lett kijelölve, akik a két tengely végen egyszerre egy időben dolgoznak. Tehát először azonos sebességgel egyszerre elkészítik a két tompavarratot. Majd ezután szintén egyszerre elkészítik a két-két sarokvarratot. Ezzel csökkentve a szerkezetben létrejövő feszültségeket, illetve az előmelegítés miatti hőterhelést. Ehhez a művelethez felkészült, jól összeszokott hegesztők szükségesek, akik azonos módon dolgoznak.

3.2.2 Az termék összeállítási sorrendje

Az előző pontban meghatároztam, hogy milyen sorrendben kell végrehajtani a hegesztést, annak érdekében, hogy a torzulások minimálisak legyenek. Azonban ehhez az is szükséges, hogy a terméket összeállítsuk úgy, hogy hegesztés közbeni műveletek hatására a termék ne szenvedjen deformációt. Elsősorban gondolok itt arra, hogy a tengely a csőben nem ül be feszesen és hegesztés közben hőbeviteltől elmozdul vagy gyengeminőségű fűzővarrat elpattan és ez okoz elmozdulást. Abban az esetben, ha ilyen történik, akkor a termék nehezen vagy egyáltalán nem menthető.



3.8. ábra: A tengelyvég és a cső illesztése

Ezen gondolat mentén haladva született az a megoldás, hogy a tengelyvégeket a csőbe nem lazán, hanem kis átfedéssel helyezzük be. Azaz a tengelyvéget préseléssel lehessen a csőbe illeszteni, így központosítva, illetve a fűzővarratokon kívül ez is biztosítsa a hegesztés közbeni nem kívánatos elmozdulások elkerülését. A 3.8. ábrán 1-es nyíllal jelölt Ø60^{H9} méretet H7-esre készítettük a csőtengelyben. A tengelyvégekre illesztett lánckerék esetében

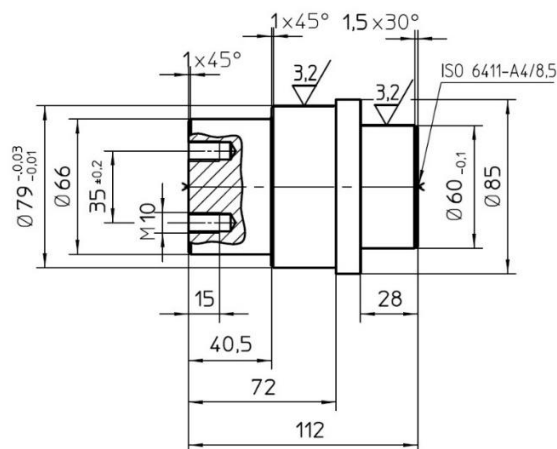
a tengely vállát használtuk a mérettartásra, illetve a váll felőli oldalon elhelyezett fűzővarratokkal biztosítottuk a hegesztés közbeni helyzetét. Az összeállításkor figyelni kell a helyes hegesztési hézag beállítására, figyelembe véve a hegesztés közbeni zsugorodást.

Tehát az összeállítás sorrendje:

1. A csőtengely hosszának ellenőrzése, élelőkészítések ellenőrzése.
2. A féltengelyek méreteinek ellenőrzése.
3. A tengelyek beillesztése a csőtengelybe. Helyzet és méret ellenőrzés.
4. Fűzővarratok elkészítése a megadott hegesztési utasítás munkarendje szerint.
5. Fűzés után ismételt méret ellenőrzés, ha szükséges korrekció, akkor ezt a folyamatot meg kell ismételni.
6. Lánckerekek felhelyezése ideiglenes mechanikus szorító eszközökkel, méret beállítás és ellenőrzés.
7. Fűzővarratok elkészítése a lánckerekeken a megadott hegesztési utasítás munkarendje szerint.
8. Teljes munkadarab ellenőrzése, szükség esetén korrekció végrehajtás.
9. Átadás hegesztésre.

3.2.3 Forgácsolt előgyártmányok

A cégem esetében a forgácsolt termékeket a megmunkálás technológiáját forgácsolási szakemberek végzik. A termék gyártmány rajza alapján az adott forgácsoló gépen írják meg a szükséges programot. Ebből kifolyólag a forgácsolt előgyártmányok műveleti sorrendjét általánosságban veszem át a F-BR1000.1775-1/5 rajzjelű tengelyvégen keresztül. A **3.9. ábrán** látható a gyártmányrajz lényegi része, illetve az elkészült félkésztermék.



3.9. ábra: Az F-BR1000.1775-1/5 rajzjelű tengelyvég gyártmány rajza és az elkészült termék

A műveleti sorrend a következő:

„A” oldal – a gyártmányrajz alapján az M10-es menettel rendelkező Ø66 tengely homlokfelülete,

„B” oldal - a gyártmány rajz jobb oldalán található Ø66 tengely homlokfelülete

1. „B” oldal befogása,
2. „A” oldal oldalazása,
3. Ø79 méret nagyolása ráhagyással,
4. Ø66 méret nagyolása,
5. Ø79 méret simítása,
6. 1x45°-os élettörések elvégzése ebben a befogásban,
7. „A” oldal befogása,
8. „B” oldal oldalazása,
9. Ø85 méret nagyolása,
10. Ø60 méret nagyolása ráhagyással,
11. Ø60 méret simítása,
12. 1x45°-os élettörések elvégzése,
13. M10-es jelű furatok külön megmunkáló gépen.

A félkész forgácsolt termékeket megmunkálás során a forgácsolási szakember, forgácsolás végeztével a készre jelentés után a MEO ellenőrzi. Csak azok a félkész termékek kerülnek beépítésre, amelyek a méretellenőrzésen megfeleltek. Beépülő forgácsolt termékeknél bevett üzemi szokás, hogy a forgácsolt tételeket nem csak mérőeszközökkel ellenőrzik, hanem össze is próbálják. Az esetleges hibák így azonnal korrigálhatók. A meghajtótengely esetében a tengely végeket szintén összepróbálták a csőtengelyekkel forgácsolás során, ellenőrzésre került, hogy a tengelyvég nem „lötyög-e” (préselést nem hajtották végre).

3.2.4 Roncsolásmentes vizsgálatok meghatározása

A meghajtótengely egy vasúti pályaépítő szerelvénybe került beépítésre, ennél fogva a megrendelő meghatározta, hogy a termék az EN 15085-2 szabványban leírtak szerint kell, hogy történjen. E szabvány meghatározza a terhelési szintjétől és tönkremenetele esetén eredő károk hatásán a termék veszélyességi osztályát. A veszélyességi osztály szerinti besorolás alapján kerül meghatározásra a roncsolásmentes vizsgálatok szükségessége és annak mértéke. A munkahelyem által gyártott termék az EN 15085-2 szabvány szerint CPC2

veszélyességi osztályba sorolandó. Ezen osztályba sorolt termékeket, 100%-ban kell vizuálisan (VT) ellenőrizni az **MSZ EN ISO 5817 „C”** osztálya szerint, ezen felül egyéb vizsgálat nem szükséges. Azonban figyelembe véve a felhasznált anyagokat, a hegesztőmérnöknek joga van további vizsgálatokat kiírni. Így a termékem esetében a VT vizsgálaton felül, 100%-ban lettek vizsgálva a hegesztett kötések mágnesezhető poros (MT) vizsgálatával az **MSZ EN ISO 23278 „2”**-es átvételi szint szerint is az esetlegesen előforduló repedések kimutathatósága miatt.

3.3 A gyártási terv

Az előző pontokban végig vettem a szükséges folyamatokat ahhoz, hogy a termék gyártható legyen. A fenti pontok összesége adja meg az üzem számára a gyártási tervet. A gyártási terv az alapanyag darabolástól a csomagolásig és kiszállításig magában foglalja a részletes műveleti sorrendet és technológia utasításokat. Az alábbi felsorolásban összegzem főbb pontokban a gyártási folyamatot.

1. Gyártmány tervek ellenőrzése, hegesztési és gyárthatósági szempontok szerint.
2. Hegesztés technológia kidolgozása.
3. Hegesztési terv meghatározása.
4. Összeállítási terv kidolgozása.
5. Roncsolásmentes vizsgálati követelmények meghatározás.
6. Alapanyagok raktári ellenőrzése.
7. Alapanyag darabolás, méret ellenőrzése.
8. Előgyártmányok forgácsolás és ellenőrzése.
9. Gyártmány összeállítása és ellenőrzése.
10. Hegesztés végrehajtása a hegesztés technológiai utasítás szerint.
11. Roncsolásmentes vizsgálat a kivárási idő után.
12. Varratok hőkezelése.
13. Ismételt roncsolásmentes vizsgálat a hőkezelés után.
14. A termék végső forgácsolása.
15. Méret ellenőrzés.
16. Kiszállítás.

A roncsolásmentes vizsgálat végrehajtása a hőkezelés után is szükséges, mert a hőkezelés során előfordulhatnak repedések, amelyek még a hegesztés utáni ellenőrzés során nem voltak ott. Ezt elkerülve kell ismételt vizsgálatot végrehajtani, az esetleges feltárt hibákat

az eredeti hegesztés technológiai utasítás szerint kell végrehajtani, majd ismételten végre kell hajtani a hőkezelést és a roncsolásmentes vizsgálatot.

4 A termék hegesztésének és végső forgácsolásának nyomonkövetése

A gyártási folyamat leglényegesebb elemeinél jelen tudtam lenni, a termék összeállításánál és a végső forgácsolásnál. A hőkezelést egy alvállalkozó cég végezte.

4.1 Az összeállítás és hegesztés

Az összeállítás során a lakatos szakemberek a rendelkezésükre álló gyártmány terv, gyártási terv és hegesztési technológia utasítás szerint jártak el. Ellenőrizték szemrevételezéssel a félkésztermékek helyességét, illetve tolómérő és mérőszalaggal a főbb méreteket. Erre elviekben nincs szükség, de általános gyakorlat olyan üzemekben, ahol többféle termék gyártásával foglalkoznak. Az összeállítás lényeges eleme volt a tengelyvégek behelyezése a csőtengelybe, amit egy hidraulikus prés segítségével hajtottak végre. A tengelyvégek bepréseléséhez a csőtengelyt enyhén felmelegítették a művelet könnyebb végrehajtása érdekében. A folyamat során kritikus pont volt a megfelelő pozicionálás a megfelelő egytengelyűség érdekében. A folyamat lépésekben haladt, hiszen a hegesztési hézagokat is be kellett állítani, túlpréselés esetén nehézkes a javítás (hegesztő esetlegesen sarokcsiszolóval módosít a hegesztési hézagon, de ebben az esetben növeli a kötés hiba esélyét). A folyamat végén összeállt a tengely alapja. A következő lépésben az így összeállított munkadarabot a hegesztés helyszínére szállították.

A munkadarabot elhelyezték a forgatóban. A forgatás és ez által a hegesztés sebességét hegesztési mintadarabokon korábban beállították a hegesztők. Azokat a forgácsolt felületeket, amelyek nem érintettek a hegesztésben lemaszkolták a hegesztés során keletkező fröcskölés ellen, ezzel védve a felületet. A fröcskölés erősen tapad a felülethez, eltávolítása formaleválasztó nélkül nehézkes, károsítja a felületet. Ezen felül az előírt VT vizsgálat szerint is, nem megfelelést jelent. A hegesztők továbbá ellenőrizték, hogy gépeiken az előírt BÖHLER DMO-IG huzal van-e felhelyezve, illetve a védőgáz mennyiségét is átfolyásmérő segítségével beállították.

Ezek után történhetett meg a munkadarab előmelegítése min. 200°C-ra a hegesztési utasítás szerint a fűzővarratok elkészítéséhez. A fűzővarratok is a leendő varrat részét képezik, ezért kötelező ugyanazon technológia szerint elkészíteni őket. Az előmelegítés

hőmérsékletét testo 905-T2 tapintós felületi hőmérővel végezték. Nagyon fontos megjegyezni, hogy minden esetben kontakt hőmérő alkalmazása ajánlott az infravörös hőmérőkkel szemben, mivel ezen hőmérőket nem befolyásolja a felület állapota, mindig a valós értéket adják.



4.1. ábra: A munkadarab összeállított állapotban a forgatóban és az előmelegítés kezdeti pillanata kép jobb oldalán

Az előmelegítési hőmérséklet elérése után a tompavarratok fűzése körben szimmetrikusan mindkét tompavarrat esetében megtörtént. Folyamatos hőntartás mellett a lakatos szakemberek felhelyezték és beállították a lánckerekek pozícióját, mechanikusan szorítókkal rögzítették. A kerekeket a váll felőli oldalon a hegesztő munkatársak fűzővarratokkal rögzítették. Ezzel a munkadarab összeállítása megtörtént. Méret ellenőrzés és pozíció ellenőrzés után megkezdődhetett a hegesztési folyamat.

A hegesztés megkezdése előtt a hegesztők ismét előmelegítési hőmérsékletig hevítették a munkadarabot. Először a tompavarratok készültek el. A precíz munkavégzés és a hegesztési folyamat elengedhetetlen ilyen acél minőségek hegesztése során. Ezért folyamatosan ellenőrizve volt hőmérő segítségével a hegesztés teljes folyamán a sorközi hőmérséklet, amely nem haladhatta meg a 250°C fokot. Ez nagy fokú türelmet igényel, mert minden sor után a hegesztési hőmérséklet elérte vagy kissé meghaladta ezt a szintet. Praktikusan megvártuk, amíg a munkadarab hőmérséklete a varraton és a varrat környezetében elérte a 210°C-os hőmérsékletet. Ezzel a módszerrel a munkadarab a hegesztési sorok között, közvetlenül az egyes sorok között a rétegek közötti hőmérséklet közel 250°C lett. A sorok közötti

tisztítás és minimális várakozás után elérte azt a szintet, hogy a hegesztési munka folytatódhatott.



4.2. ábra: Hegesztő szakemberek egyidejű munkája a meghajtó tengely tompavarratának hegesztése közben

A tompavarratok elkészítése után előzetes vizuális vizsgálatot végeztünk a varraton. Ennek oka, hogy ha eltérést találunk, akkor az azonnal javítható, nem szükséges a munkadarabot újra felhevíteni, ezáltal hőnek kitenni, növelve a deformáció lehetőségét.

A tompavarratok elkészítése után a sarokvarratok hegesztésével folytatódott a folyamat. Az első sor a tengelyvég felől, a fűzővarrattal nem rögzített oldalon történt. Ennek oka, hogy a fűzővarratok a csőtengely felőli oldalon biztosították a lánckerék pozícióját, illetve így a túl oldalon az első sor után megtörténhetett a fűzővarratok „kiigazítása” is. A fűzővarratokat a hegesztés megkezdése előtt sarokcsiszoló segítségével meg kell munkálni annak érdekében, hogy megfelelő összeolvadás és egyenletes varratmagasság alakulhasson ki. A sarokvarratok hegesztését a **3.2.1 fejezetben** taglalt módszer szerint párhuzamosan a lánckerék két oldalát váltogatva készítették el. Hegesztési műszaki gyakorlat szerint - követve a hegesztés technológia utasítást - a hegesztők a sarokvarrat utolsó varratát, nem a varrat szélén, hanem egy sorral beljebb helyezték el. Ennek oka, hogy így az alapanyag hőhatásövezetét, az utolsó sor hőbevitelével gyakorlatilag megeresztjük, ezáltal elkerüljük az alapanyagban fellépő nem kívánatos keménységérték emelkedést. A hegesztés befejeztével a varratméretet ellenőriztük varratmérő segítségével, valamint vizuális ellenőrzés is megtörtént az esetleges nem megfelelőségek feltárásának érdekében. A hegesztés befejezése után a hegesztők sarokcsiszolóra elhelyezett drótkorong segítségével megtisztították a varratokat, eltávolítva ezzel az esetleges szennyeződéseket, tiszta felületet hoztak létre. Hegesztés végeztével a

munkadarabot eltávolították a lakatos és hegesztő kollégák a forgatóból és Therwollin hőszigetelő üveggyapotot ágyba helyezték és betakarták (**4.3. ábra**). Ennek célja az volt, hogy a kritikus lehűlési sebességet csökkentsék, ezáltal a beedződés és repedés fellépésének esélye is csökkent.



4.3. ábra: Hegesztés után Therwollin ágyban elhelyezett munkadarab

A tényleges roncsolásmentes vizsgálatokat a hegesztés technológiai utasítás szerint, a hegesztés után 48 órával végezték el az anyagvizsgáló munkatársak. Újból megtörtént a varratok méretének ellenőrzése varratmérő segítségével, illetve a vizuális ellenőrzés is megtörtént az MSZ EN ISO 5817 „C” szintjének megfelelően. Eltérés és nem megfelelés nem volt tapasztalható. A vizuális vizsgálatot követte a mágnesezhető poros vizsgálat. Itt szeretném megjegyezni, hogy a varratok vizsgálata szempontjából mindig ez a sorrend. Tehát először vizuálisan ellenőrizzük a varratot és ha eltérést nem tapasztalunk azután történhet meg a következő vizsgálat. Ennek praktikus okai vannak, mivel vizuális vizsgálatához elegendő egyszerű mérőeszközök és ellenőrzőeszközök, illetve a szemünk, minden más esetben már anyagi befektetéssel jár a folyamat (penetráló vagy vizsgáló szerek).

A mágnesezhető poros vizsgálatot nem a klasszikus, hanem fluoreszkáló mágnesezhető vizsgáló anyaggal hajtották végre. Ebben az esetben is a felületet meg kell tisztítani és zsírtalanítani kell. Az előmágnesezés után közvetlenül a felületre felvihető a vizsgáló folyadék a járommágnes működtetése alatt. A vizsgálat kitétele, hogy sötét helyen kell végrehajtani, mivel UV lámpával világítják meg a felületet, amire reagál a fluoreszkáló folyadék. Eltérés például repedés esetében kirajzolja foszforeszkálva a repedés helyét. A vizsgálat a **4.4. ábrán** látható.



4.4. ábra: A mágnesezhető vizsgálat a munkadarab hegesztése után 48 órával

A vizsgálat során eltérés nem volt tapasztalható a munkadarabot elszállították hőkezelésre. A hőkezelés után ismételten végrehajtották a roncsolásmentes vizsgálatokat, amelyeken repedés vagy egyéb eltérés nem volt tapasztalható, tehát a munkadarab megfelelő, így a munkafolyamat a megmunkálással folytatódhatott.

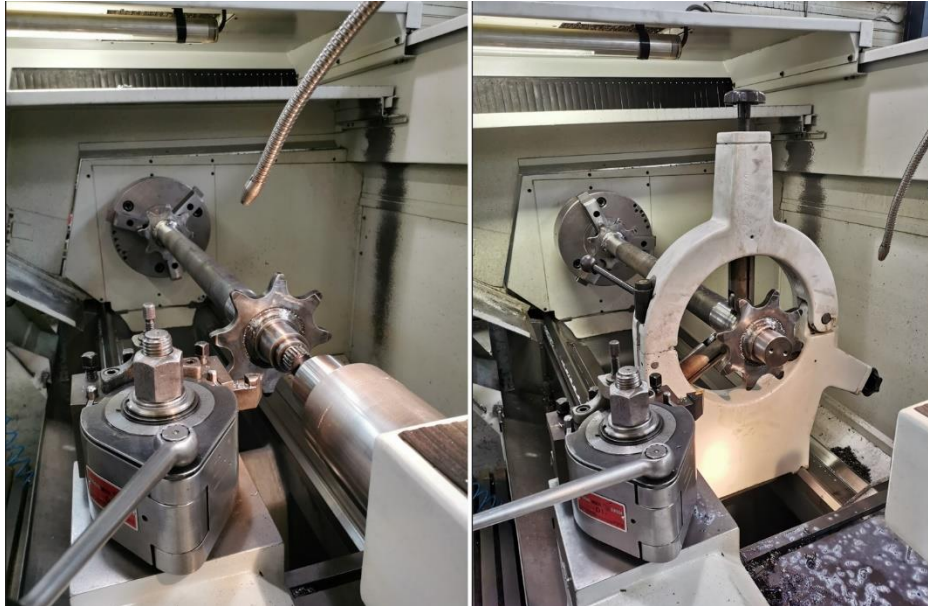
4.2 A készre hegesztett munkadarab forgácsolása, méret ellenőrzése

A munkadarab forgácsolását a cég gépműhelyében végezték, ebben az esetben is az általános forgácsolási műveleti tervet közlöm, mivel a pontos forgácsolási paramétereket a forgácsoló szakemberek határozták meg a feladat elvégzése során. A forgácsolás a BR1000.1775-1 rajzszámú gyártmány rajz alapján történt, amelyet 1/a. számú mellékletben csatoltam.

Műveleti sorrend:

1. F-BR1000.1775-1/5 rajzjelű tengelyvég befogása.
2. Ø60 méret és a hozzákapcsolódó felfekvő váll simítása.
3. A hegesztési varratok rádiuszolása és lánckerék oldalainak simítása.
4. Ø57 seeger horony beszúrása.
5. Átfogás a másik tengelyvégre, első tengelyvég bábbal való megtámasztása.
6. Tengelyvég oldalazása.
7. Tengelyvégen központfúrás.
8. Ø60 méret és a hozzákapcsolódó felfekvő váll simítása.
9. A hegesztési varratok rádiuszolása és lánckerék oldalainak simítása.

A forgácsolás közben készült képet a **4.5. ábrán** szemléltetem. A forgácsolás után a munkadarabot a cég telephelyén található WENZEL LH 1210 3D mérőgépen ellenőrizték, amely mérésnek az eredményét a 4. számú mellékletben csatoltam.



4.5. ábra: A meghajtó tengely forgácsolás közben

A mérési jegyzőkönyv alapján a 11 db mérési pontból összesen 2 helyen volt eltérés. A teljes hossz $1303 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ helyett $1302,265 \text{ mm}$ lett a hossz, ami $-0,235 \text{ mm}$ eltérést jelent. A lánckerekek tengelyvégek felőli széleinek a mérete $1135 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ helyett $1134,220 \text{ mm}$ lett, ami $-0,280 \text{ mm}$ eltérést jelent. A többi méret túrésen belül volt. Ezt a mértékű eltérést a megrendelő elfogadta, mivel nem befolyásolta a termék használatát, így a meghajtó tengely további felhasználásra ki lett szállítva a megrendelő felé.

4.3 A hegesztési és gyártási terv értékelése

Az alkalmazott hegesztési technológia teljes mértékben megfelelt a termék hegesztése szempontjából, mivel hegesztés során és utána semmi féle eltérést – elsősorban repedést – nem tapasztaltunk a meghajtótengely varrataiban, illetve a hegesztési varrat környezetében az alapanyagban sem. A hőkezelés megfelelőségére utal, hogy a hőkezelés után sem lépett fel károsodás a termékben. Ez annak is köszönhető, hogy a hegesztési folyamatban résztvevő hegesztő és lakatos kollégák egyaránt betartották az utasításokat, attól nem tértek el. A termék mérethűsége minimális csorbát szenvedett (átlagban $-0,250 \text{ mm}$), amely szerencsére elfogadásra került és nem befolyásolta a termék funkcióját. A jövőben érdemes lenne a vállalatnak hegesztési próbákat végeznie, abból a célból, hogy a zsugorodás mértékét jobb

közelítéssel meg lehessen határozni, ezáltal jobb minőségben tudjunk gyártani. Az eszközök, mint a forgácsoló és mérőgépke, hegesztőgépek rendelkezésre állnak, valamint a megfelelő szakemberi gárda, akik ötleteikkel és sok esetben több éves szakmai tapasztalattal rendelkeznek hegesztett termékek gyártása terén.

5 Összefoglalás

A diplomamunka feladat kiírásom alapján a szakirodalmi kutatás során megismerkedtem a vasúti sínpálya fektetéséhez használt gépsor működésével és a sínek alapvető típusaival. Ismertettem az acélgyártás alapvető folyamatait. Bemutattam az acélok ötvözőit és az acélra gyakorolt hatásait, emellett ismertettem a szennyezőanyagokat negatív hatásaikkal együtt.

A szakdolgozat kiírásom értelmében ismertettem a fogyóelektródás védőgázas ívhegesztést, valamint a dolgozatomban szereplő acélminőségek tulajdonságait.

A dolgozatom alapjául szolgáló meghajtó tengelyt műszaki rajzát átvizsgáltam hegesztési szempontok szerint. Értelmeztem és bemutattam a hegesztési jelöléseket. Ismertettem a beépített anyagok hegeszthetőségi feltételeit S355J2H-t és 24CrMo4 anyagminőség változás miatt 42CrMo4-et, illetve ezen anyagok egymással való hegesztési lehetőségeit. A hegesztési paraméterek meghatározása során megismertem WPQR fogalmát, amely segítségével megalkottam a hegesztés technológia utasítást a munkadarabomhoz.

A dolgozat folytatásaként elkészítettem a hegesztési tervet, amely során ismertettem a hegesztett termékek gyártása során fellépő vetemedés fogalmát és annak elkerülési lehetőségeit. A munka eredményeként megalkotásra került a gyártási terv, amely alapján a szakdolgozatomban feldolgozott munkadarab legyártásra került. A gyártási folyamatot hegesztés technikai és roncsolásmentes vizsgálati részét végig követtem, dolgozatomban dokumentáltam.

Ennek a munkafolyamatnak az eredményeként a következő megállapításokra jutottam:

- Eltérő alapanyagok hegesztése nagyfokú fegyelmet kíván a termelésben résztvevő munkatársaktól.
- Hegesztés technológia kidolgozása során sokszor egymással ellentétes vagy kismértékben átfedéssel jelentkező kívánalmaknak kell megfelelni, ami nehezíti a technológia megalkotását.
- A hegesztés közben és után fellépő torzulások elkerülése gondos műszaki tervezést igényel, sokszor korábbi tapasztalatokra hagyatkozva.
- A hegesztési technológiát feltétlenül szükséges roncsolásos vizsgálatokkal is alátámasztani.

A cég szempontjából javaslom a hegesztés során fellépő zsugorodások egzakt meghatározásához egy kísérlet sorozat végrehajtását, amely által a gyártott termékek méret pontossága még jobbá válhat.

6 5 Summary

Based on my thesis assignment, I conducted a literature search to learn about the operation of the machinery used to lay railway track and the basic types of rails. I learned about the basic processes of steel manufacturing. I have introduced the alloying elements of steels and their effects on steel, and I have also described the pollutants and their negative effects.

I have described consumable electrode arc welding and the properties of the steel grades covered in my thesis.

I have reviewed the technical drawing of the drive shaft on which my thesis is based from a welding point of view. I have interpreted and presented the welding notations. I have described the weldability conditions of the incorporated materials S355J2H and 24CrMo4 due to material grade change 42CrMo4 and the welding possibilities of these materials with each other. In determining the welding parameters, I learned the concept of WPQR, which I used to create the welding technology instruction for my workpiece.

As a continuation of the thesis, I prepared the welding plan, during which I introduced the concept of welded product warpage and its avoidance possibilities. As a result of this work, a production plan was created, on the basis of which the workpiece processed in my thesis was produced. I have followed the production process through the technical and non-destructive testing part of the welding and documented it in my thesis.

As a result of this work process, I came to the following conclusions:

- Welding of dissimilar materials requires a high degree of attention from the production staff.
- Welding technology development often involves conflicting or slightly overlapping requirements, which makes it difficult to create a technology.
- Avoiding distortions during and after welding requires careful engineering, often based on previous experience.
- It is essential that the welding technology is supported by destructive testing.

From the company's point of view, I recommend that a series of experiments be carried out to determine the exact shrinkage during welding, which will improve the dimensional accuracy of the products manufactured.

7 Felhasznált irodalom

- [1] <http://www.vonatka.hu/>
- [2] http://vaskultura.atw.hu/az_ember_es_vas.htm
- [3] <https://rubicon.hu/kalendarium/1846-julius-15-az-első-magyar-vasutvonal-atadása>
- [4] Dr. Szakál Zoltán – Anyagismeret BSC Vas alapú ötvözetek / Gépipari Technológiai Intézet jegyzet - 2017
- [5] Dr. Hargitai Hajnalka – Ötvözők hatása, Szerkezeti acélok / Anyagtudományi és Technológiai jegyzet - 2014
- [6] Dr. Gáti József – Hegesztési Zsebkönyv 2003
- [7] MSZ EN 10020 Acélminőségek fogalommeghatározásai és csoportosítása
- [8] Fledrich Gellért, Kári-Horváth Attila, Kakuk Gyula, Zsidai László -Mechanikai technológiák 2013
- [9] Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Pálincás István, Dr. Zsidai László - Mechanikai technológiák 2013
- [10] http://proferco.hu/wp-content/uploads/2017/06/BÖHLER-anyagok_HUN.pdf
- [11] MSZ EN 15085 Vasúti alkalmazások. Vasúti járművek és részegységeik hegesztése szabványsorozat
- [12] <https://acelpartner.hu/amit-a-lapostermekekről-tudni-érdemes>

8 Ábrajegyzék

- {1} <https://vasutvill.hu/tevekenysegeink/palyakarbantartas/>
- {2} Kazinczy László - Közlekedési létesítmények pályaszerkezeti / BME Út és Vasútépítési Tanszék jegyzet – 2004
- {3} Zsákai Tibor – Vasútépítés és pályafenntartás- Pécsi Tudomány Egyetem, ppt előadás 2013
- {4} Dr. Szakál Zoltán – Anyagismeret BSC Vas alapú ötvözetek / Gépipari Technológiai Intézet jegyzet – 2017
- {5} Dr. Gáti József – Hegesztési Zsebkönyv 2003
- {6} Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Pálincás István, Dr. Zsidai László - Mechanikai technológiák 2013

9 Képletjegyzék

(3.1) PLTH – Schweißnorm inklusive Anhang SN5-SN14 - *Plasser & Theurer* vasúti pályafenntartó- és vasútépítő gépeket gyártó vállalat hegesztés technológiai utasítása

(3.2) Kovács – Coscun Tünde - Hegeszthetőség jegyzet / Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar - Nemzetközi hegesztőmérnöki különbözeti képzés 2013

(3.3) Dr. Gáti József – Hegesztési Zsebkönyv 2003

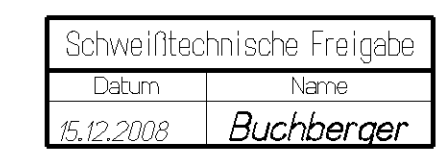
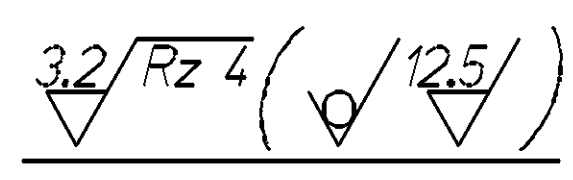
Köszönet nyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet nyilvánítani Prof. Dr. Kiss Péter tanszékvezető úrnak és Dr. Szakál Zoltán egyetemi docensnek, a konzultációk során nyújtott segítségét és a belső konzulensi szakmai támogatásért.

Köszönöm Rónai Frigyes TOOL-TECH Hungaria Kft. műszaki igazgatójának a mérnök gyakornok pozíció lehetőségének a megteremtését és a szakmai támogatást.

Köszönet id. Patay Béla Super Weld Bt. hegesztő szakmérnökének a projekt folyamán nyújtott szakmai támogatásért.

10 Mellékletek



60 j6	+0.012 -0.007
60 H9	+0.074 0
45 p6	+0.042 +0.026
Passung	Abmaße

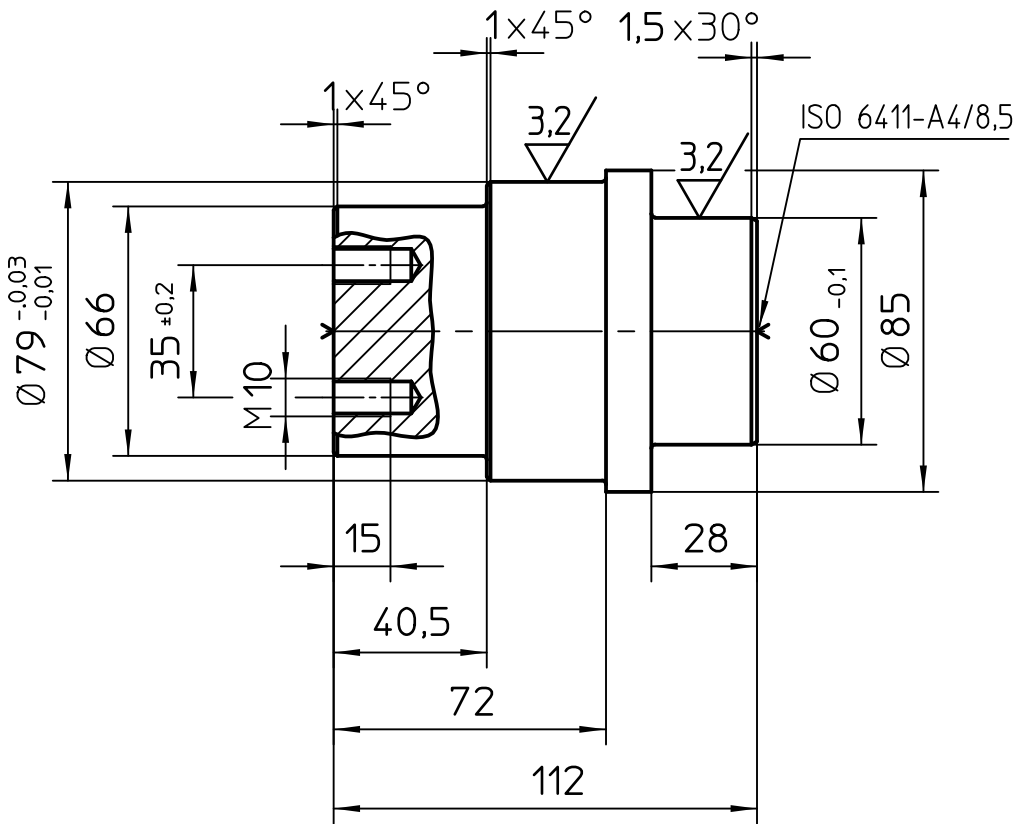
Stk		Benennung				Teil		eigene Stückliste						Werkstoff						Zeichnungs-Nr.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
Rauhheit	Ra	50	25	12,5		6,3	3,2	16		0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025										
Rauhtiefe	Rt	250	100	63			25	16		6,3	4	2,5	1	0,63	0,4										
Oberflächenz.	~	▽				▽▽				▽▽▽			▽▽▽▽												
Best	Änderung					Datum		Name		Best	Änderung					Datum		Name							
a	Pos.1-3 überarbeitet,Pos.4 entfernt, Pos.5 neu					05.12.2015		LEUTGOEB																	
CAD		Datum		Name		Diese Zeichnung und eventuelle Anlagen sind unser Eigentum und dürfen ohne unsere schriftliche Genehmigung weder vervielfältigt noch dritten Personen zugänglich gemacht werden.										FRANZ PLASSER Behnischmühlbacher Industriegesellschaft mbH, A-6020 LINZ / AUSTRIA									
Gsz.	15.12.2008				LEUTGOEB																				
Freigabe	15.12.2008				Buchb.																				
Maßstab	1:1						Antriebswelle										b=1045 ø 199.11								
Masse ohne Toleranzung nach DIN 7168 mittel							BR1000.1775-1																		

Schweißtoleranzen soweit nicht extra vermerkt nach EN ISO 13920 : A E									
Bereich	12-30	30-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	8000-20000	20000-60000
Längsmasse	+1	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
Gerad-Ebeneheit	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7
Parallelität bez. längerer Seite									
Winkelbereich/kurzer Schenkel	bis 400: +20°	bis 400: +20°	400-1000: +15°	1000-2000: +10°	2000-4000: +10°	4000-8000: +10°	8000-20000: +10°	20000-60000: +10°	60000-100000: +10°

Bereich	0,5-3	3-6	6-30	30-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	über 4000
Längsmasse	+0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1,2	+2	+3
Radon u. Faser	+0,2	+0,5	+1	+2	+4	+8	+16	+32	+64
Bereich/kurzer Schenkel	bis 10	10-50	50-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	über 8000
Winkel	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°

Form- u. Lage	bis 10	10-50	50-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	über 8000
Winkel	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°	+10°

1.b. Melléklet

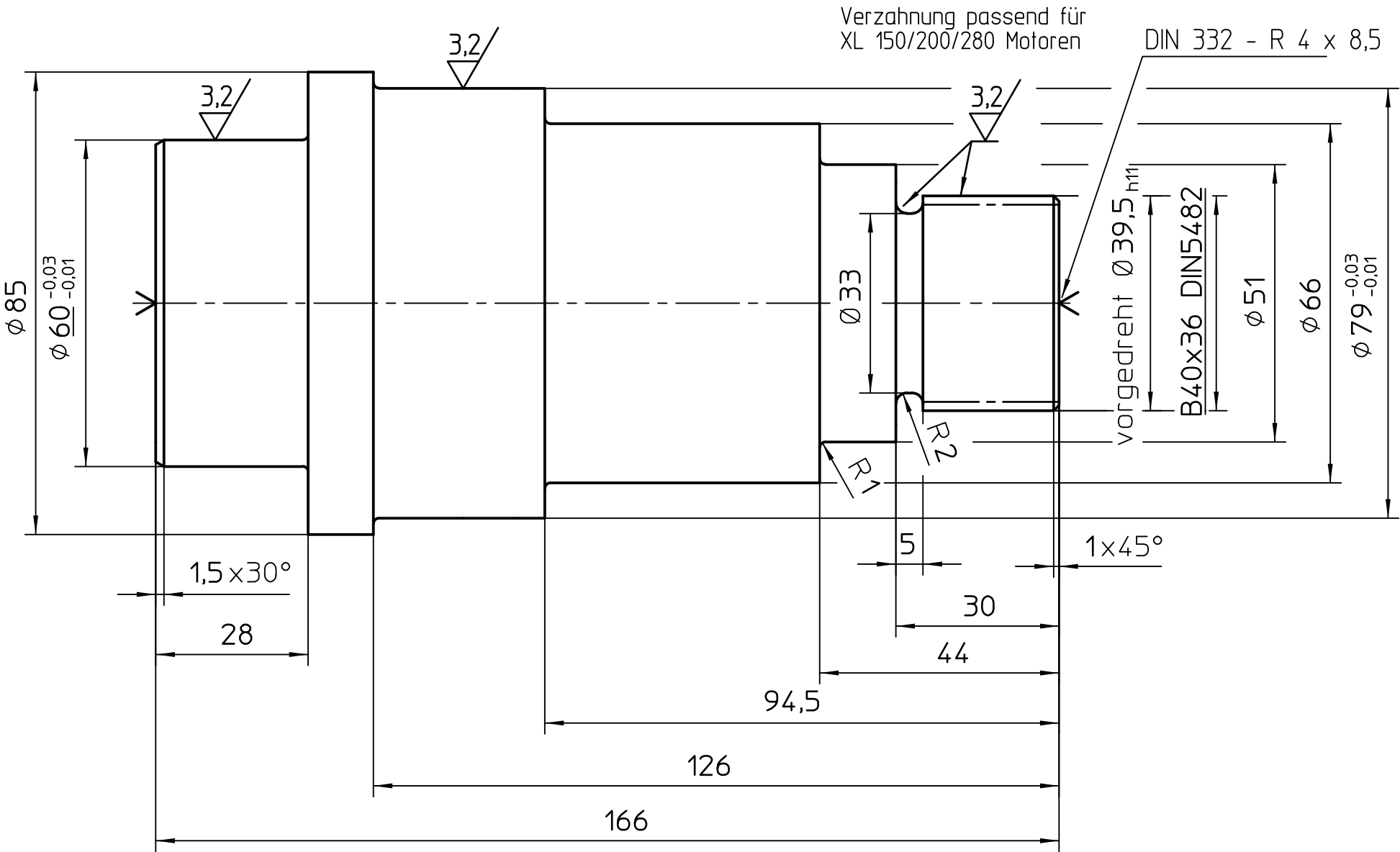


12,5 / (3,2 /)

Bst.		Art der Änderung (Begründung)		Datum	Name	Freigeg.
(getrennte) Stückliste:		Allgemeintoleranzen: Brennschneidschablonen: ISO9013: □ A Schweißgruppen: EN 13920: A E Sonstiges: DIN ISO 2768 mittel Maßeinheit:		Maßstab:		Oberfl.: Werkstoff u. Maßnorm / EDV-Nr.: 9000060305 Rd 90±1.3 25CrMo4 V Abn. / EN10083 / DIN1013
Diese Zeichnung und ev. Anlagen sind unser Eigentum und dürfen ohne unsere schriftliche Genehmigung weder vervielfältigt noch dritten Personen zugänglich gemacht werden.		Datum		Name		Benennung: Zapfen Rd 90±1.3 25CrMo4 V
Darstellung nach DIN 6 - Proj. 1		Bearb.		Geprüft		EDV-Nr.: 1031007515
Toleranzen soweit nicht extra vermerkt nach DIN ISO 2768 - Toleranzklasse K		Normprfg.		Schweißtechn. Prfg.		Bl. 1 Z.-Vers. 1
Form- u. Lage		CAD-System: CoCreate OSD Modelling/Annotation		T.-Vers. 1		mehrere Bl. -
Fertigungsartikel		Hersteller Pl.&Th. u. -Nr.: F-BR1000.1775-1/5		Ers. f.:		Ers. d.:

Toleranzen sowie nicht extra vermerkt nach DIN ISO 2768 bzw. DIN 7168 mittel									
Bereich	0,3-3	3-6	6-30	30-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	über 4000
Längenmaß/e	+0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1,2	+2	+3
Raden u. Faser	+0,2	+0,5	+1	+2	+4	lt. Zeichnung			
Berechn.kurzer Schenkel	bis 10			10-50	50-120	120-400	über 400		
Winkel	± 6°			± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0°5'		
Form- u. Längtoleranzen sowie nicht angegeben entspr. DIN ISO 2768 – Toleranzklasse K									
Toleranzen sowie nicht extra vermerkt nach EN ISO 13920 : A-E									
Bereich	12-30	30-120	120-400	400-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	8000-16000	16000-32000
Längenmaß/e	+1	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
Gerad- Ebenheit									
Parallelität bez. längerer Seite	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7
Winkel/Brech.kurzer Schenkel	bis 400° : ±0'			400-1000° : ±5'			über 1000° : ±10'		

1.c. Melléklet

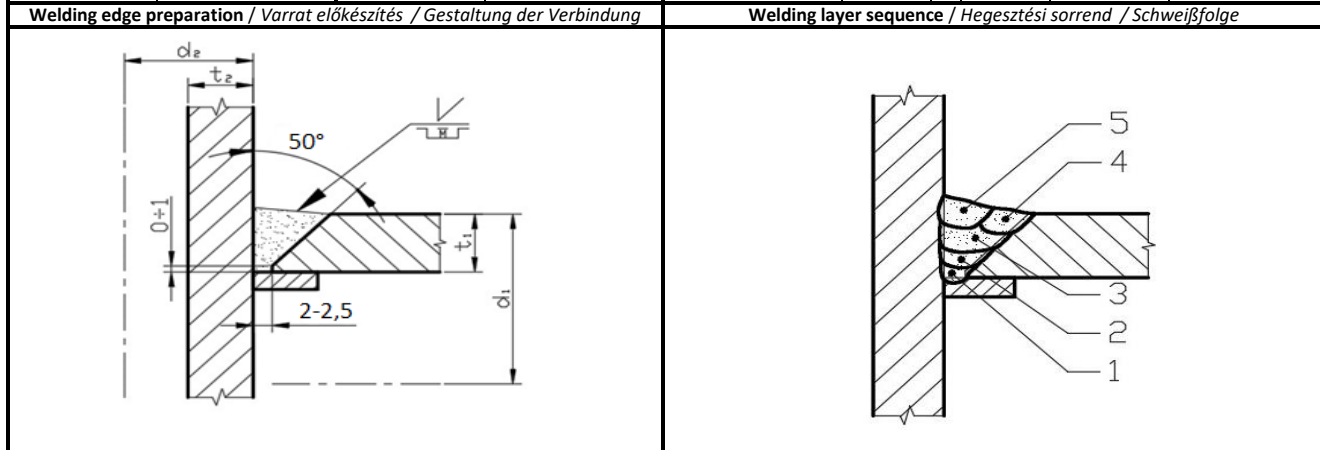

$$\frac{12,5}{\nabla} \left(\frac{3,2}{\nabla} \right)$$

									Urban_R					
									Urban_R					
aa	Zentrierung geändert, Bemaßung hinzu.				01.12.2017			Urban_R	Urban_R					
Bst.	Art der Änderung (Begründung)				Datum		Name		Freigeg:					
(getrennte) Stückliste:	Allgemeintoleranzen: Breitenschneidablenen: ISO9013: □ A Schweißgruppen: EN 13920: A E Sonstiges: DIN ISO 2768 mittel Maßeinheit:	Maßstab:	Oberfl.:	Gewicht: 2.9	kg/ME									
			Werkstoff u. Maßnorm / EDV-Nr.: Rd 90±1.3 25CrMo4 V Abn. / EN10083 / DIN1013	Vers: 1										
Diese Zeichnung und ev. Anlagen sind unser Eigentum und dürfen ohne unsere schriftliche Genehmigung weder vervielfältigt noch dritten Personen zugänglich gemacht werden.		Datum	Name	Benennung: Zapfen										
	Bearb.	02.03.2016	Urban_R											
	Geprüft	01.12.2017	Urban_R											
	Normprfg.													
	Schweißtchn. Prfg.													
Darstellung nach DIN 6 - Proj. 1				EDV-Nr.: 1034177512				Bl. 1	Z.-Vers.: 2					
				T.-Vers.: 2	mehrere Bl.: -									
	CAD-Sys.: CoCreate OSD Modelling/Annotation													
 ROBEL Bahnbaumaschinen GmbH				F-BR1000.1775-1/2										
				Fertigungsartikel	Hersteller ROBEL (vormals DT.PL.) u. -Nr.: F-BR1000.1775-1/2									
Industrieslr. 31 D83395 Freilassing		Urspr.:	Alternativtel:	Ers. f.:	Ers. d.:									

 RIVA ACCIAIO S.P.A. STABILIMENTO DI SELLERO Via Nazionale 24 25050 Sellero(BS) ITALIA Tel. 0364-627211 Fax. 0364-627200 Sede legale e amministrativa: Viale Certosa, 249 - 20151 Milano telefono 02 30700 - telefax 032 38000346 - 38003147 - 38002974 codice fiscale, partita iva e numero iscrizione Registro Imprese Milano 08521290158		CERTIFICATO DI COLLAUDO														
		A03 Numero Certificato 2457 Data Certificato 15/06/2021 CERTIFICHIAMO CHE IL PRODOTTO RELATIVO A QUESTO DOCUMENTO E' CONFORME ALLE PRESCRIZIONI CITE IN ORDINE														
B02 Acciaio		B07 Anno/Numero colata														
42CRMO4 EN 10083-3		21/48324														
B01 Profilo		B09 Misura 1 x Misura 2														
TONDO EN 10060		90.00														
B04 Stato fornitura		B09 Lunghezza														
LAMINATO TONDO		6.000 - 6.500														
A07 Ordine Cliente	A08 Conferma	C14 Tasso di riduzione														
471	07 YB541 002	6.29														
A06 Dati Cliente																
COMMERC. SIDERURG. BRESCIANA SPA VIA MARTIRI LIBERTA 25 25030 TORBOLE CASAGLIA																
C70 Processo																
FUSIONE AL FORNO ELETTRICO COLAGGIO PROTETTO IN C.C. 200 ACCIAIO DEGASATO SOTTOVUOTO																
COMPOSIZIONE CHIMICA - ANALISI DI COLATA																
C71 C	C72 Mn	C73 Si	C74 P	C75 S	C76 Cr	C77 Ni	C78 Mo	C79 Cu	C80 Sn	C85 Al	C91 Ti					
0.400	0.810	0.270	0.017	0.022	1.050	0.090	0.190	0.160	0.012	0.024	0.013					
C87 V	C88 Nb	C89 B	C92 Ca				C93 N	C94 O ₂ [ppm]	C95 H ₂ [ppm]		C96 CEV					
0.003	0.003	0.0003					0.0083		1.9							
CARATTERISTICHE MECCANICHE																
C01 Prelievo	C03 Trattamento Termico	PROVE DI TRAZIONE								C22 HB						
C - Cdata L - Laminato T - Trafilato ☐	BONIFICATO	C08 Dim. Campione	C10 Dim. Provetta	C12 R _m [MPa]	C11 R _e [MPa]	C13 A5 _{0.2} %	C15 Z _{0.2} %									
		10	10	975	881	20.0	54.6									
										306						
		PROVE DI RESILIENZA														
C41 Dim. Provetta	C40 Tipo	C42 K ₁ [J]	C42 K ₂ [J]	C42 K ₃ [J]	C43 K ₄ [J]	C44 Temp.										
10x10	KV	66.0	58.0	58.0	60.6	20°C										
PROVA JOMINY																
C03 Normalizzazione																
C61 mm	1.5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50	C45 DI
C60 HRC	57	57	56	55	55	54	54	53	48	43	41	38	37	36	35	
C65 Grano Austenitico				C62 Micropurezza												
MAC QUAD - EHN 6				DIN50602/UNI3244 K4=14.0												
C05 Bandatura				C37 Valori di durezza												
				+AR				+A				+FP				
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI																
B03 BONIFICATO RULLATO BARRÈ L.C.																
D51 Note								Z04				Z01 Responsabile C.Q.				
												E. Beatrice				
DOCUMENTO ELETTRONICO VALIDO SENZA FIRMA																
A10 Dati DDT												Z02				
N° 1258 KG. 9236																

	According to:	Welding process specification Gyártó hegesztési utasítás Schweißanweisung	WPS No.:	WPS/VH10-20
	Érvényes:		WPS Rev.:	
	EN ISO 15609		Form:	

Customer:				WPQR No.:							
Megrendelő:				MSZ EN ISO 15614-1:2017							
Kunde:				44/2016. (XII.28.) NGM							
Manufacturer:				MSZ EN 13445-1:2017							
Kivitelező:				Designation:				Fillet weld		Buttweld	
Konstrukteur:				Varrattípus:				Sarokvarrat		Tompavarrat	
Project:				Nahtart:				Kehlnaht		Stumpnaht	
Projekt:				Qualification of welder:				EN ISO 9606-1:			
Projekt:				Hegesztőtanúsítás:				135 T BW FM5 S s10 D54 PA ss mb			
Projekt:				Qualifizierung des Schw.							
Edge preparation:				Laser cutting		Thermal cutting		Grinding		Machining	
Előkészítés:				Lézervágás		Termikus vágás		Köszörülés		Forgácsolás	
Vorbereitung:				Laserschnei.		Termischeschne.		Schliff		Zerspannung	
Material / Anyagminőség				Interpass temperature:				Preheating method:			
Pos. 1 / 1-es tétel / Poz.1				Pos. 2 / 2-es tétel / Poz.2				Preheating method:			
CEN ISO/TR 15608: 1.2				CEN ISO/TR 15608: 5.1				Preheating method:			
Designation: S355J2H				Designation: 42CrMo4				Preheating method:			
Jelzés				Jelzés				Preheating method:			
According to: EN 10210-1				According to: EN 10083-3				Preheating method:			
Szabvány:				Szabvány:				Preheating method:			
Vorschrift				Vorschrift				Preheating method:			
Thickness range:				Thickness range:				Preheating method:			
Vastagsági tart.: ≥ 10				Vastagsági tart.: ≥ 10				Preheating method:			
Dicke menge:				Dicke menge:				Preheating method:			
Diameter range:				Diameter range:				Preheating method:			
Átmérő tartomány: ≥ 54				Átmérő tartomány: ≥ 54				Preheating method:			
Durchmesser menge:				Durchmesser menge:				Preheating method:			
Welding position:				Welding position:				Preheating method:			
Heg. Helyzet: PA				Heg. Helyzet: PA				Preheating method:			
Schweißposition				Schweißposition				Preheating method:			
Holding time after welding:				Holding time after welding:				Preheating method:			
Kivárási idő hegesztés után: 48h				Kivárási idő hegesztés után: 48h				Preheating method:			
Wartezeiten:				Wartezeiten:				Preheating method:			
Root side protection:				Root side protection:				Preheating method:			
Gyökvédelem: no ceramic or metallic				Gyökvédelem: no ceramic or metallic				Preheating method:			
Wurzelschutz:				Wurzelschutz:				Preheating method:			



Pass	Process	Welding position	Filler material	Ø [mm]	Current		Voltage		Polarity	Wire feed rate		Travel speed		Heat input		Transfer mode*
Sor	Eljárás	Heg. Helyzet	Hozaganyag		Áram		Feszültség		Polaritás	Huzal előtol.		Heg. Sebesség		Hőbevitel		
Nahtraupe	Prozeß	Schweißposition (EN ISO 6947)	Schweißzusatz		Strom [A]		Spannung [V]		Stromart	Drahtvorschub [m/min]		S.geschwindigkeit [cm/min]		Wärmeeinb. [kJ/mm]		
1	135	PA	I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S
2	135	PA	I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S
3	135	PA	I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S
4	135	PA	I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S
5	135	PA	I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S

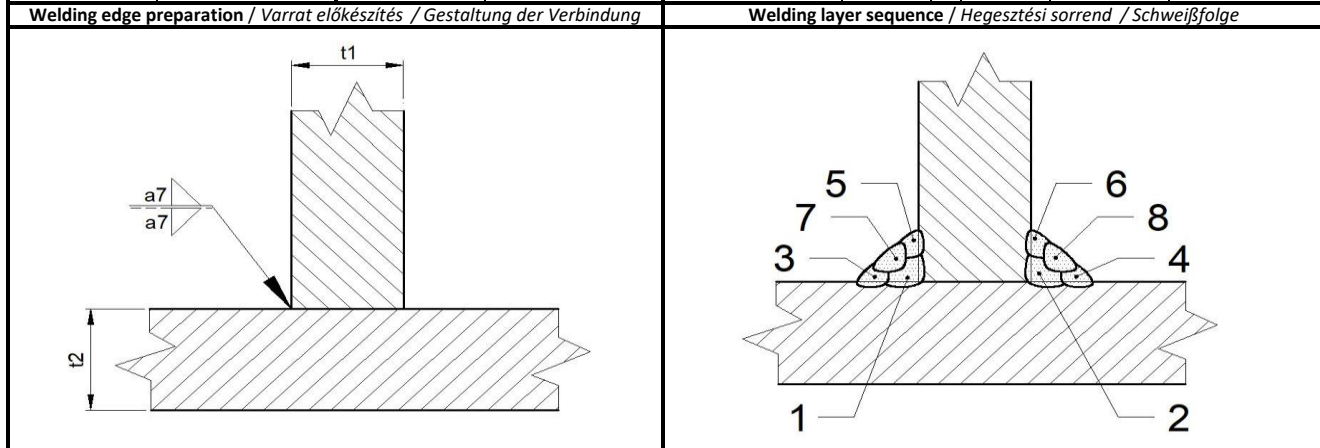
Surface crack testing:	100% VT	Flux preheating:	-	Post-weld heat treatment:	Holding temperature:	590±10°C	Holding time:	40 min
Felületi vizsgálat:	100% MT	Porszáritás:	-	Hőkezelés:	Hőntartási hőmérséklet:	590±10°C	Hőntartási idő:	40 min
Povrchová kontrola:	-	Sušenie taviva:	-	Teplného spracovania:	Teplota zotrvania:	590±10°C	Čas výdrže:	40 min
Volumetric testing:	-	Electr. Preheating	-	Heating rate:	Cooling rate:	80°C/h	End of cooling:	300°C
Térfigati vizsgálat:	-	Elekt. Száritás	-	Felfűtési sebesség:	Hűtési sebesség:	80°C/h	Lehűlés vége:	300°C
Objemová kontrola:	-	Sušenie elektród:	-	Rýchlosť ohrevu:	Rýchlosť ochladzovania:	80°C/h	Koniec chladnutia:	300°C

Filler materials / Hozaganyagok / Prídavné materiály					Note / Megjegyzés :	
Type	I.	II.	III.	IV.	- interpass cleaning : brushing and grinding - varratsorok közti tisztítás: drótkéfe és köszörülés - distance of base material and current contact tube / áramátadó és munkadarab távolsága / vzdialenosť medzi zväracou špičkou a zvarencom: N.A. - Wire stick out / szabad huzalkinyúlás / Výlet drôtu: 10 ÷ 16 mm	
Típus / Typ	G 46 4 M21 2Mo					
Classification	EN ISO 14341-A					
Besorolás / Normooznačenie						
AWS No.:	ER70S-6					
Producer	Böhler					
Gyártó / Výrobca						
Trade name	DMO-IG					
Megnevezés / Obchodný názov						

Created by:	Approved by:	Expert (Customer)
Készítette:	Engedélyezte:	Szakértő / vevő:
Vypracoval:	Schválil:	Inšpektor(zákazník)
Patai Barbara	Patai Barbara	
Dátum /Datum /Date	Dátum /Datum /Date	Dátum /Datum /Date
15-Nov-2021	15-Nov-2021	
D: short-circuit / rövidzárlatos / skratový oblúk	G: globular / átnemeti / prechodový	S: Spray-arc / szórt ív / sprchový prenos
		Impulse

	According to:	Welding process specification Gyártó hegesztési utasítás Schweißanweisung	WPS No.:	WPS/L7-1(5T)
	Érvényes:		WPS Rev.:	0.
	EN ISO 15609		Form:	F01/2020

Customer:				WPQR No.:							
Megrendelő:				MSZ EN ISO 15614-1:2017							
Kunde:				44/2016. (XII.28.) NGM							
Manufacturer:				MSZ EN 13445-1:2017							
Kivitelező:				Designation:				Fillet weld		Buttweld	
Konstrukteur:				Varrattípus:				Sarokvarrat		Tompavarrat	
Project:				Nahtart:				Kehlnaht		Stumpnaht	
Projekt:				Qualification of welder:				Branch connection			
Projekt:				Hegesztőtanúsítás:				Csőelágazás			
Antriebswelle				Qualifizierung des Schw.				Rohrabzweigung			
Work number:				EN ISO 9606-1: 135-P-FW-FM5-S-t3-PB-ml							
Munkaszám:											
Arbeitsnummer											
Edge preparation:		Laser cutting		Thermal cutting		Grinding		Machining		Preheating:	
Előkészítés:		Lézervágás		Termikus vágás		Köszörülés		Forgácsolás		Előmelegítés:	
Vorbereit:		Laserschnei.		Termischeschne.		Schliff		Zerspannung		Vorwärmung:	
Material / Anyagminőség		Pos. 1 / 1-es tétel / Poz.1		Pos. 2 / 2-es tétel / Poz.2		Interpass temperature:		Preheating method:		gas burner	
CEN ISO/TR 15608:		5.1		CEN ISO/TR 15608:		5.1		Interpass hőm.:		Előmelegítés módja:	
Designation:		42CrMo4		Designation:		42CrMo4		Zwischenlagentemp.:		gázégő	
Jelzés				Jelzés				Tungsten electrode:		Előmelegítés módja:	
According to:		EN 10083-3		According to:		EN 10083-3		Wolfram elektróda:		gasbrenner	
Szabvány:				Szabvány:				Wolframelektroda:		Előmelegítés módja:	
Vorschrift				Vorschrift				Welding position (EN ISO 6947)		Process (EN ISO 14175)	
Thickness range:		≥ 18		Thickness range:		≥ 18		Heg. Helyzet		M21	
Vastagsági tart.:				Vastagsági tart.:				Schweißposition		10 ÷ 16	
Dicke menge:				Dicke menge:				Holding time after welding		-	
Diameter range:		≥ 54		Diameter range:		≥ 54		Kivárási idő hegesztés után:		-	
Átmérő tartomány:				Átmérő tartomány:				Wartezeiten:		-	
Durchmesser menge:				Durchmesser menge:				Root side protection:		-	
								Gyökvédelem:		-	
								Wurzelschutz:		-	



Pass	Process	Welding position		Filler material	Ø	Current		Voltage		Polarity	Wire feed rate		Travel speed		Heat input		Transfer	
Sor	Eljárás	Heg. Helyzet		Hozaganyag		[mm]	Áram		Feszültség		Polaritás	Huzal előtol.		Heg. Sebesség		Hőbevitel		mode*
Nahtraupe	Prozeß	Schweißposition (EN ISO 6947)		Schweißzusatz			Strom [A]	Spannung [V]		Stromart	Drahtvorschub [m/min]		S.geschwindigkeit [cm/min]		Wärmeeinb. [kJ/mm]		Ätmenet	
1	135	PA		I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S	
2	135	PA		I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S	
4-8	135	PA		I.	1,0	220	250	28,5	30,5	DC+	10	13	35	45	0,8	1,0	S	
Surface crack testing:		100% VT 100% MT	Flux preheating:		-	Post-weld heat treatment:				Holding temperature:		590±10°C	Holding time:		40 min			
Felületi vizsgálat:			Porszáritás:			Hőkezelés:				Hőntartási hőmérséklet:			Hőntartási idő:					
Povrchová kontrola:			Sušenie taviva:			Teplného spracovania:				Teplota zotrvania:			Čas výdrže:					
Volumetric testing:		-	Electr. Preheating		-	Heating rate:		80°C/h	Cooling rate:		80°C/h	End of cooling:		300°C				
Térfigogati vizsgálat:			Elekt. Száritás			Felfűtési sebesség:			Hűtési sebesség:			Lehűlés vége:						
Objemová kontrola:			Sušenie elektród:			Rýchlost ohrevu:			Rýchlost ochladzovania:			Koniec chladnutia:						

Filler materials / Hozaganyagok / Prídavné materiály					Note / Megjegyzés :	
Type	I.	II.	III.	IV.	- interpass cleaning : brushing and grinding - varratsorok közti tisztítás: drótkéfe és köszörülés - distance of base material and current contact tube / áramátadó és munkadarab távolsága / vzdialenosť medzi zväracou špičkou a zvarencom: N.A. - Wire stick out / szabad huzalkinyúlás / Výlet drótu: 10 ÷ 16 mm	
Típus / Typ	G 46 4 M21 2Mo					
Classification	EN ISO 14341-A					
Besorolás / Normooznačenie						
AWS No.:	ER70S-6					
Producer	Böhler					
Gyártó / Výrobca						
Trade name	DMO-IG					
Megnevezés / Obchodný názov						

Created by:	Approved by:	Expert (Customer)
Készítette:	Engedélyezte:	Szakértő / vevő:
Vypracoval:	Schválil:	Inspektor(zokaznik)
Patai Barbara	Patai Barbara	
Dátum /Datum /Date	Dátum /Datum /Date	Dátum /Datum /Date
15-Nov-2021	15-Nov-2021	
D: short-circuit / rövidzárlatos / skratový oblúk	G: globular / átnemeti / prechodový	S: Spray-arc / szórt ív / sprchový prenos
		Impulse

1:1 KOPIE
852045 | 25.04.2019 12:59:27
1277574-2 | bebrnar.nesha



A

11

1000

L

4.2. Melléklet

Werkstück: 131 / Antriebswelle

08.12.21 16:13

Messprotokoll		Tool-Tec Hungária Kft H-9970 Szentgotthárd, Haris u. 1. Tel.: +36 94 594-164 
Zeichnungsnr. :	BR.1000.1775-1	
Werkstück:	131 / Antriebswelle	
Guss Nr.:		
Teil Nr.:	1	
Prüfer:	Pilise Tamás	
Datum:	08.12.21 16:00	
		WENZEL LH 1210 3D Messmaschine Metrosoft CM @3.111

Nr.	Name / Merkmal Bezeichnung	Nominal	Obere Tol.	Untere Tol.	Istwert	Abw.	Bewertung
1	Dm 60 j6 Durchmesser	D 60.000	0.012	-0.007	D 60.011	0.011	-----*---
2	Abstand Punkt-Punkt [r]	r 35.000	0.200	-0.200	r 34.932	r -0.068	---*-.-----
3	Durchmesser	D 57.000	0.000	-0.300	D 56.870	-0.130	-----*----
4	Dm 45 p6 Durchmesser	D 45.000	0.042	0.026	D 45.041	0.041	-----*---
5	Dm 60 j6 Durchmesser	D 60.000	0.012	-0.007	D 60.008	0.008	-----*---
6	Abstand Ebene-Ebene [r]	r 2.150	0.100	0.000	r 2.169	r 0.019	-*---.-----
7	Abstand Punkt-Ebene [r]	r 49.000	0.100	0.000	r 49.096	r 0.096	-----*---
8	Abstand Ebene-Ebene [r]	r 1158.000	0.500	-0.500	r 1157.561	r -0.439	*---.-----
9	Abstand Ebene-Ebene [r]	r 1135.000	0.500	-0.500	r 1134.220	r -0.780	-0.280
10	Abstand Ebene-Ebene [r]	r 1105.000	0.500	-0.500	r 1104.655	r -0.345	-*---.-----
11	Abstand Ebene-Ebene [r]	r 1303.000	0.500	-0.500	r 1302.265	r -0.735	-0.235

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Patai Barbara

A Hallgató Neptun kódja: PAEV39

A dolgozat címe: Hegesztett gépszerkezeti (S355, 25CrMo4) elem gyártástechnológiájának kidolgozása, különös tekintettel a hegeszthetőségre és a hegesztés közbeni vetemedés elkerülésére.

A megjelenés éve: 2023.

A konzulens tanszék neve: Műszaki Intézet / Járműtechnika tanszék,
Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

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

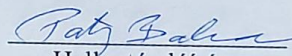
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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: 2023 év május hó 6 nap


Hallgató aláírása

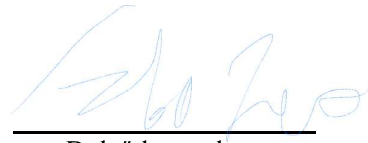
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Patai Barbara (név) (hallgató Neptun azonosítója: PAEV39) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023 év 05 hó 08 nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.