

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

A LORCH SAPROM S5 A/W HEGESZTŐGÉP SPEEDROOT PROGRAMJÁNAK VIZSGÁLATA, ÖSSZEHASONLÍTVA A NORMÁL RÖVIDZÁRLATOS ÍVHEGESZTÉSEL

Szerző: **Gazdag Máté**
gépészmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulensek: **Dr. Kovács-Coskun Tünde**
Egyetemi docens
Gyura László
hegesztő szakmérnök

TARTALOM

1.	BEVEZETÉS	3
2.	A SZAKIRODALOM ELEMZŐ FELDOLGOZÁSA.....	4
2.1	Nagyobb hegesztőgépgyártók eljárásváltozatai	4
2.1.1	Rövidzárlatos anyagátvitel.....	6
2.1.2	Impulzus vezérelt anyagátvitel	6
2.1.3	Szórt ívű anyagátmenet.....	6
2.1.4	Résáthidalás	7
2.2	A Normál és a SpeedRoot programok	7
2.2.1	Normál	7
2.2.2	SpeedRoot.....	8
3.	SAJÁT MUNKA BEMUTATÁSA	9
3.1	Digitális oszcilloszkópos mérések	9
3.2	Előkísérlet kézi hegesztéssel	12
3.2.1	A PA helyzetben készült varratok gyökoldala.....	13
3.2.2	A PC helyzetben készült varratok gyökoldala.....	16
3.3	Hegesztések szekátorral	19
3.4	A hegesztési sebesség vizsgálata	25
4.	ÖSSZEFOGLALÁS	31
5.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	33
6.	IRODALOMJEGYZÉK	34

1. BEVEZETÉS

Az anyagátmenetet több tényező is befolyásolja (ív paraméterei, hegesztési áramerősség, ívfeszültség, védőgáz összetétel, emberi illetve gépi tényezők, huzal anyaga, átmérője, stb.), így a vezérlő programok nagy variabilitásban fordulhatnak elő. Ez köszönhető az elektronika napjainkban zajló rohamos fejlődésének, illetve a gyártók között kialakult piaci versenynek. A hegesztőgép gyártók azonban nem engednek mélyebb betekintést a programok működési elvébe, ezért sok esetben a felhasználók nincsenek teljes tudatában az adott program képességeinek. A szinergikus hegesztőprogramok teljes működési elvének feltárásához számos vizsgálatot és próbát kell elvégezni, melyeket korábbi vizsgálatoknál is alkalmaztak már.

A dolgozat célja, hogy a Linde Gáz Magyarország Zrt. telephelyén található, a Lorch Schweißtechnik GmbH által gyártott Saprom S5 A/W típusú áramforrás SpeedRoot elnevezésű programjának pontos, részletes vizsgálatával teljes képet kapjunk a gyártócéggel által hiányosan ismertetett funkció képességeiről, tulajdonságairól. A vizsgálat a gép Normál programjának összehasonlításával zajlott, több beállított paraméter mellett. Először digitális oszcilloszkóppal kimértük a gép dinamikus karakterisztikáját, majd előkísérleteket végeztünk kézi hegesztéssel, annak érdekében, hogy tudjuk a hegesztési folyamat mely paraméterek változtatására mutat esetleges eltérést, így kiderítve azt, melyik tulajdonságait érdemes tovább vizsgálni. Ezután a vizsgálandó paramétereket szekátorral történő hegesztéssel tovább elemeztük, itt is több beállítást kipróbálva. Végeredményképpen sikerült megállapítani, hogy a vizsgált SpeedRoot program milyen előnnyel rendelkezik a gép normál programjához képest.

2. A SZAKIRODALOM ELEMZŐ FELDOLGOZÁSA

Az irodalmi áttekintés célja, hogy a dolgozathoz kapcsolódó szakirodalmi források segítségével bemutatásra kerüljenek a manapság korszerű hegesztő-áramforrásnak tartott fogyóelektródás védőgázos ívhegesztő eljárások.

Az anyag- és a hegesztőtechnológiák gyors, látványos fejlődése a XIX. - XX. század időszakára esik, ami az elektromosság lehetőségeinek kiaknázásában és elterjedésében rejlik. Napjainkban korszerűnek számító hegesztő-áramforrások megjelenése az invertertechnikának köszönhető. A hegesztőtechnológiákban a szabályozott anyagátvitel megvalósítására törekednek, az előzetesen a hegesztőgép memóriájába letárolt szinergikus függvények segítségével. A szinergikus vezérlések megjelenésével a hegesztési paraméterek beállítása leegyszerűsödött, stabil hegesztési minőség vált kivitelezhetővé, továbbá létrejött a szabályozott ívteljesítmény. [1]

A dolgozat ezen részében először az előbb említett modern szinergikus vezérlésű áramforrásokat, programokat mutatom be, amelyeket a különböző hazai képviselőtű nagyobb gyártócégek forgalmaznak. Ezekhez a rendelkezésre álló adatok sokszor hiányosak, mivel a forgalmazók sincsenek tisztában teljes mértékben a programok tulajdonságaival, valós tudásával. Majd azokat az információkat írom össze, amelyeket a gyártó cég közölt a vizsgált programmal kapcsolatban, illetve egyéb vizsgálati eredményeket.

2.1 Nagyobb hegesztőgépgyártók eljárásváltozatai

Az 1. táblázat tartalmazza néhány hegesztőgépgyártó korszerű szinergikus programmal ellátott eljárását, ahol a dinamikus ívkarakterisztikával befolyásolják a cseppleválás menetét, így a hegesztéstechnológia jellemzőit is.

	"EXTRA KIS" HŐBEVITELŰ ELJÁRÁSOK	IRÁNYÍTOTT RÖVIDZÁRLATOS ELJÁRÁSOK	"SPECIÁLIS" SZÓRTÍVŰ ELJÁRÁSOK	"SPECIÁLIS" IMPULZUSIVŰ ELJÁRÁSOK	KETTŐS IMPULZUS TECHNOLÓGIÁK	EGYÉB "SPECIÁLIS" TECHNOLÓGIÁK
CLOOS	Cold Weld	Control Weld	Rapid Weld	Vari Weld Speed Weld	Duo Pulse	
ESAB		Qset			Aristo Superpulse	Aristo Superpulse
EWM	(coldArc) RootArc	coldArc (RootArc)	ForceArc		SuperPuls	PipeSolution
FRONIUS	CMT	(CMT)				CMT Puls Mix
LINCOLN		STT		RapidArc	Pulse on Pulse	
LORCH	SpeedRoot	(SpeedRoot) (SpeedArc)	SpeedArc	SpeedPulse	TwinPuls S-TwinPuls	SpeedUp
Alkalmazási terület	kis lemezvastagság, horganyzott lemezek, gyökhegesztés, pozíció hegesztés esetén	kis lemezvastagság, kis hőbevitel, horganyzott lemezek, fröcskölésmentes varrat elérése esetén	nagyobb lemezvastagság, mélyebb beolvadás, nagyobb teljesítmény, fröcskölésmentes varrat eléréséhez, nem pozícióhegesztéshez ajánlott	közepes lemezvastagság, átmeneti iv kiváltására, fröcskölésmentes varrat eléréséhez, pozíció hegesztéshez esztétikus varrathoz	speciális impulzusívű eljáráshoz hasonló területeken alkalmazható, növelt teljesítmény, biztosabb cseppleválás eléréséhez	Különböző egyéb alkalmazási területek, pl: vastag, korrozóálló lemezekhez, cső gyökvarrat orbitális hegesztéséhez, függőleges irányban történő hegesztéshez

1. táblázat: Néhány hegesztőgépgyártó eljárásváltozatai [2]

A táblázat alapján látható egy egyszerű besorolás, azaz hogy melyik fantáziánév milyen eljárást takar, valamint hogy ezen eljárásváltozatoknak mik az alkalmazási területei. Többnyire ezek azok az információk, amiket általában a gyártók publikálnak, de ezek alapján nem derül ki a vevő számára, hogy az általa vásárolt hegesztőgépnek mik a beállítási lehetőségei, korlátai, továbbá nem ismeri meg az egyes fantázianevek mögött rejlő technológia lényegét. A besorolásból látható továbbá, hogy ma a gyártók az irányított rövidzárlatos hegesztés és az impulzusteknika fejlesztésére koncentrálnak. Az egyes jelalakok ismerete és időszakos ellenőrzése fontos lehet a hegesztőgépek validálási tevékenységénél is. [2]

2.1.1 Rövidzárlatos anyagátvitel

Az ismert, és gyakran alkalmazott huzalelektrodás, védőgázos eljárásváltozat alkalmazását két körülmény korlátozza, illetve nehezíti.

Egyrészt a csepp leválása során jelentős a cseppleválással járó rövidzárlat nyomán kialakuló áramnövekedés (zárlati tranziens), amelyet nem irányított cseppátmenet esetén a hegesztőáramkör külső, valamint az áramforrás belső ellenállása és induktivitása határozza meg.

Másrészt gyakran okoz nehézséget a rövidzárlat megszakadása során kialakuló kikapcsolási tranziens, azaz az áram késleltetett csökkenése, ami az éppen újra létrejött ív feszültségével jelentős teljesítménynövekedéssel jár, és ez fokozza a hegfürdő hevítését.

A zárlati tranziens irányítása a cseppleválás stabilitását, a megszakítási tranziensé pedig az adott huzalelőtolási sebesség mellett létrejövő hőbevitel korlátozását szolgálja.

Zárlati tranziens irányító vezérlés például a CMT (Fronius), STT (Lincoln Electric), Qset (ESAB).

Megszakítási tranziens irányító vezérlés például a CMT (Fronius), coldArc (EWM), ColdWeld (Cloos), STT (Lincoln Electric), SpeedCold (Lorch), Qset (ESAB).
[3]

2.1.2 Impulzus vezérelt anyagátvitel

Az irányított anyagátmenet széles körben elterjedt eljárásváltozat. Fontos tudni, hogy a huzalelőtolási sebességgel arányos frekvenciával modulált áram nagy áramú impulzusainak alakja jelentősen befolyásolja az ív varratképzési tulajdonságait. Ebben meghatározó az áram fel- és lefutási sebessége, az impulzus idő, valamint a meghatározott szabályozási állandók. [3]

2.1.3 Szórt ívű anyagátmenet

Alkalmazásakor nincs szükség a cseppleválást irányító funkcióra. Az utóbbi időben azonban ismertté váltak olyan megoldások, amelyek az ívoszlop alakját befolyásolják, meghatározva ezzel a varratképzés módját, különösen a beolvadási

mélység jelentős növelése útján. Ilyen megoldások például a Steel Dynamic (Fronius), forceArc (EWM), Rapid Weld (Cloos), SpeedArc (Lorch) stb. [3]

2.1.4 Résáthidalás

Rövidzárlatos anyagátvitel esetén a megszakítási tranziens gyorsításával (illetve ebben a fázisban az ív teljesítményének radikális csökkentésével) a hegfürdő hőmérsékletének csökkentése, vele a fürdő viszkozitásának és felületi feszültségének fokozása, ami lényegesen megnöveli a folyamat résáthidaló képességét. Ez lehetővé teszi a megbízható varratképzést változó illesztési hézag esetén is. Néhány példa: Steel Root, CMT (Fronius), SpeedRoot (Lorch), STT (Lincoln Electric), coldArc (EWM) stb.

Egyes változatok nem csak a megszakítási tranziens irányításával, hanem az ív polaritásának megcserélésével (tehát váltakozó áram alkalmazásával) képest tovább csökkenteni a hegfürdő hőmérsékletét. Az egyenes polaritású (elektróda negatív) fázisban az ív talppontja (katódfojt) határozottan nagy kiterjedésű lesz, ami az ívoszlop kiterjedését, az anódfojt növekedését, végül a beolvadási mélységet befolyásoló hatások számára kedvezőtlen feltételek alakulnak ki. Az egyenes polaritású fázis növelésének azonban határt szab a cseppleválásra gyakorolt kedvezőtlen hatása. [3]

2.2 A Normál és a SpeedRoot programok

2.2.1 Normál

A Lorch Normál fantázianevű szinergikus programja a hagyományos rövidzárlatos hegesztés szinergikus megfelelőjét foglalja magába. Kis áramerősségeknél, az alsó teljesítménytartományban úgynevezett rövidzárlatos ív alakul ki. A rövidzárlatos hegesztéstechnika a fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés gyakori formája. Mivel a hegfürdő kicsi és gyorsan dermed, a munkadarabba a hőbevitel csekély, ami miatt ez a hegesztési technika alkalmas vékony lemezek, gyök, illetve kényszerhelyzetű hegesztésekre a kisebb leolvadási teljesítménytartományban. A rövidzárlatos anyagátvitelben a huzalelektrodáról leválnak a viszonylag nagy cseppek, melyek az ív kioltásával egyidejűleg pillanatnyi rövidzárlatot képeznek a huzalelektroda és az ömledék között. A rövidzárlatok száma másodpercenként 30 és 200 között változik. A rövidzárlatok hatással vannak az ív stabilitására és fröcskölést okoznak, ami a munkadarab gyakori tisztítását követeli meg. A varratban a hegesztőanyag részaránya

kisebb, mint más esetekben. Először egy olvadt csepp keletkezik a huzalelektróda végén. Amikor ez a csepp eléggé nagy lesz, rövidre zárja a hegesztőívet, ekkor az áramerősség hirtelen megnövekedik, ami növeli az elektromágneses erőt, mely először a huzal keresztmetszetére merőleges erőhatást fejt ki, végül elősegíti a cseppleválást. A cseppleválást követően az ív újra létrejön a munkadarab és a huzalelektróda között, és az előbbiekben leírt folyamat újra és újra lezajlik. A rövidzárlat hatására létrejövő áramerősség-növekedés fröcskölést okoz. [1]

2.2.2 SpeedRoot

Amikor gyök hegesztésénél először felmerült a MIG/MAG eljárás használatának lehetősége, a szakemberek a rövidzárlatos ív használatát látták célszerűnek, azonban a rövidzárlatokkor az áramerősség és a feszültség rövid idő alatt nagy változásának hatására a cseppátmenetek robbanásszerűen történtek meg, ezáltal nem lehetett az ömledéket stabilan tartani, így nem tudták megakadályozni a heganyag átjutását az illesztési hézagon.

A bejutó energia egyszerű csökkentése sem hozott megfelelő eredményt. A SpeedRoot technológia egy szándékosan csökkentett energiabevitelű eljárás, ahol a szabályozott rövidzárlatok során úgynevezett „hideg” anyagátmenet történik. A SpeedRoot technológiánál a pontosan szabályozott áramerősség–feszültség jelleggörbéknek köszönhetően megnövekedett a maximális résáthidaló képesség (akár 4-5 mm), továbbá a varratlaknak biztosít egy megfelelő boltozatot. A technológia lényege az ömledék hullámzó mozgásában rejlik, amit a régebbi technológiákkal szemben nem a huzal előre-hátra való tolásával szabályozhatunk, hanem a program az áramerősség és a feszültség szabályozásával teszi meg, jelentősen csökkentve vele a hőbevitelt. [4]

3. SAJÁT MUNKA BEMUTATÁSA

3.1 Digitális oszcilloszkópos mérések

A modern hegesztőeljárások áramerősség- és feszültségértékeinek időben történő gyors változása miatt, a különböző jelalakok kimérése nem lehetséges hagyományos műszerek segítségével (multiméter). A jelleggörbék meghatározásához digitális oszcilloszkóp szükséges, amely a hegesztési paraméterek időbeni változását rögzíti így vizsgálhatóvá válik azok ívkarakterisztikára gyakorolt hatása.

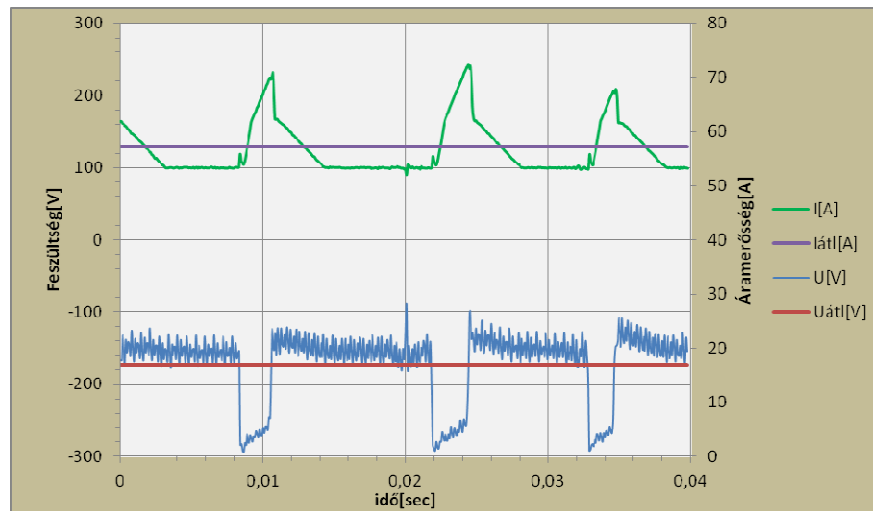
A méréshez Metrix OX 6062E-C típusú digitális oszcilloszkópot használtam. Az eszköz multifunkciós, tehát több műszert is helyettesíthetünk vele. Nagy előnye más mérőgéppel szemben, hogy akár 4 görbe megjelenítésére is képes, illetve USB vagy RS 232-es porton keresztül képes a számítógéppel kapcsolatot teremteni. A mérés elrendezése az 1. ábrán látható.



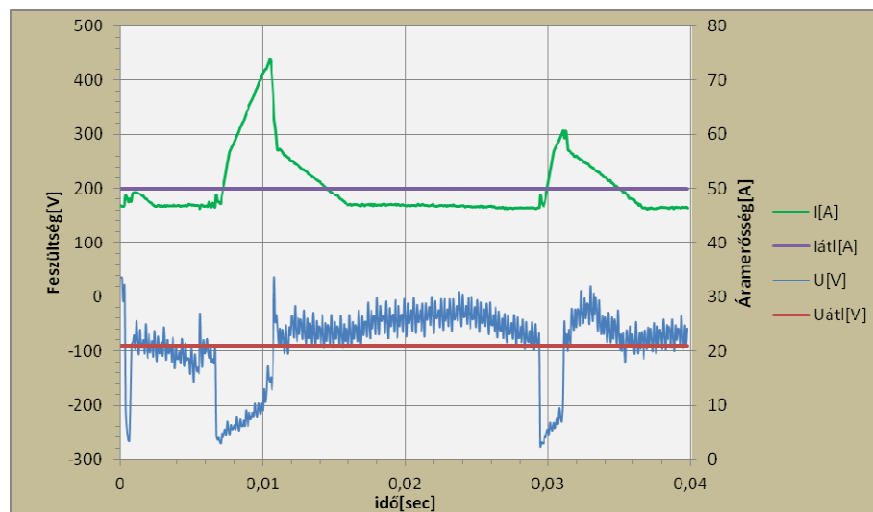
1. ábra: A mérés elrendezése [1]

A következőkben a felvett diagramokon látható az áramerősség (zölddel jelölve) és a feszültség (késsel jelölve) időbeni változása, illetve az áramerősség (lila színnel) és a feszültség (piros színnel) átlaga. A feszültség értékeknél megjelennek negatív értékek,

ezt a könnyebb leolvashatóság érdekében ábrázoltam így, mivel a feszültség és az áramerősség görbék nem esnek egybe.

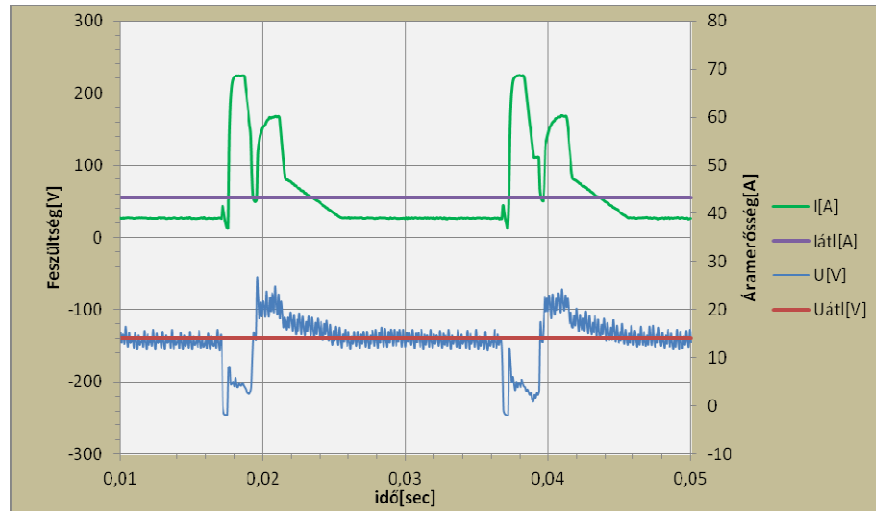


2. ábra: Normál 5 m/min

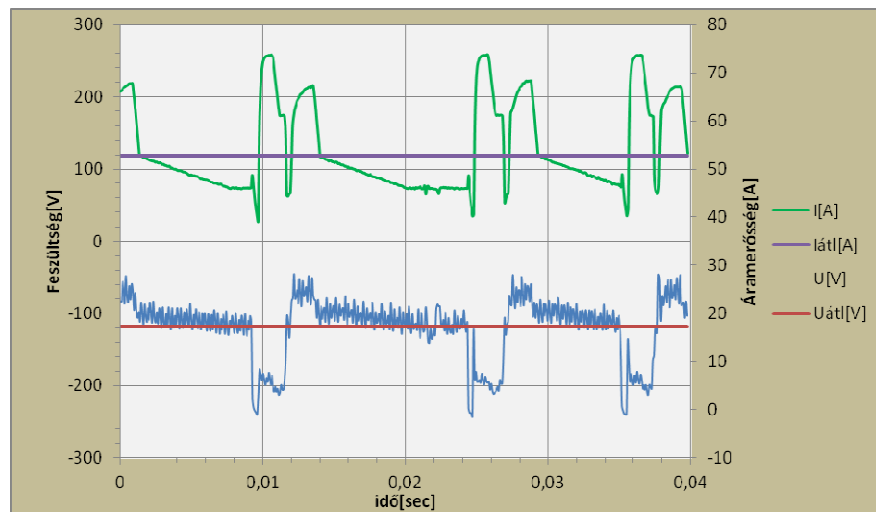


3. ábra: Normál 10 m/min

A 2-3. ábra a Normál üzemmód jelleggörbéit ábrázolja. Jellege hasonlít a normál rövidzárlatos ívhegesztéséhez, mivel annak szinergikusan vezérelt megfelelője. Valószínűleg minden rövidzárlat során egy „csepp” válik le a huzalról és távozik az ömledékbe.



4. ábra: SpeedRoot 2 m/min



5. ábra: SpeedRoot 5 m/min

A szakirodalomban olvasottakat a diagram igazolja, miszerint maga a SpeedRoot egy csökkentett energiabevitelű eljárás, ahol a szabályozott rövidzárlatok során úgynevezett „hideg” anyagátmenet történik. A technológia lényege az ömledék hullámzó mozgásában rejlik, amit a jellegzetes alakú görbének köszönhetően tud a program szabályozni, jelentősen csökkentve vele a hőbevitelt [4].

Ezzel a jellegzetes görbealakkal más vezérléseknél nem találkozhatunk, mivel az ilyen jellegű szinergikus függvénnyel vezérelt program egyedülálló a piacon. A további vizsgálatok ebből kiindulva több eredményt hozhatnak majd.

3.2 Előkísérlet kézi hegesztéssel

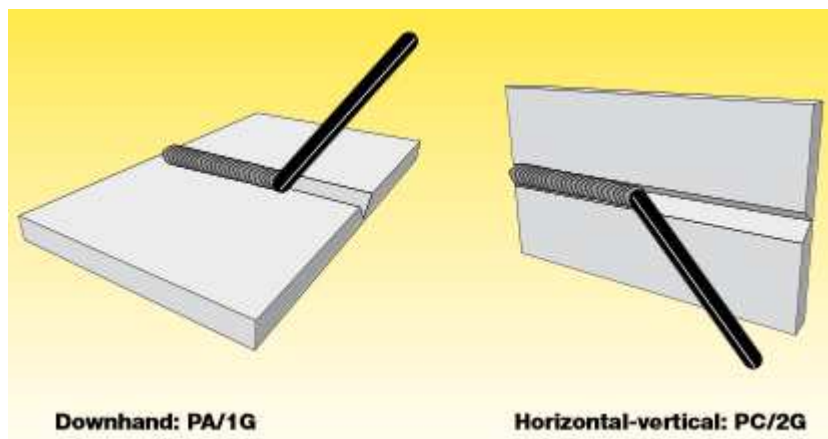
Az előkísérlet feladata az volt, hogy a különböző paraméterek változására mennyire érzékeny a hegesztési varrat. Így megállapítható a programban rejlő esetleges lehetőségeket, melyek eddig ismeretlenek a felhasználók számára, mivel a cég ismertetőjében csak felületes információkhoz juthatunk hozzá. A 2. táblázat mutatja az előkísérlet során elvégzett hegesztések tulajdonságait. A táblázatban nem lettek feltüntetve azok az adatok, amelyek állandóak voltak minden varrat készítése során.

Ezek a következők:

- huzalátmérő: Ø1mm
- hegesztőhuzal minősége: G3Si1
- védőgáz: Corgon18 (Argon 82%, CO₂ 18%)
- védőgáz mennyiség: 15 l/min
- lemez anyaga: S275
- lemezvastagság: 8mm
- élszalag: 1mm

	hézag [mm]	I[A]	U[V]	huzalelőtoló sebesség[m/min]	üzemmód	hegesztési pozíció	megjegyzések
1	2	105	18,8	4,2	SpeedRoot	PA	
2	2	112	18,1	4,2	Normál	PA	
3	2	118	18,4	4,8	SpeedRoot	PA	
4	2	121	18,3	4,8	Normál	PA	
5	3	106	18,4	4,2	SpeedRoot	PA	
6	3	102	18,9	4,2	Normál	PA	
7	3	120	18,4	4,8	SpeedRoot	PA	
8	3	114	18,5	4,8	Normál	PA	
9	4	101	18,8	4,2	SpeedRoot	PA	Rossz a varrat
10	4	100	19,5	4,2	Normál	PA	Nem hegeszthető
11	2	105	18,2	4,2	SpeedRoot	PC	
12	2	119	17,6	4,2	Normál	PC	
13	2	119	18,2	4,8	SpeedRoot	PC	
14	2	123	18,4	4,8	Normál	PC	
15	3	106	17,6	4,2	SpeedRoot	PC	
16	3	120	17,3	4,2	Normál	PC	
17	3	88	27,3	4,8	SpeedRoot	PC	
18	3	117	18,7	4,8	Normál	PC	
19	4	100	18,2	4,2	SpeedRoot	PC	
20	4	109	18,1	4,2	Normál	PC	
21	4	X	X	4,8	SpeedRoot	PC	Nem hegeszthető
22	4	115	18,6	4,8	Normál	PC	

2. táblázat: Előkísérlet beállítási paraméterei



6. ábra: Hegesztési pozíciók [5]

3.2.1 A PA helyzetben készült varratok gyökoldala

A 2. táblázatból is látszik, hogy az egyes képeken egymás mellett van páratlan számmal a SpeedRoot, páros számmal a Normál programmal készített gyökvarrat, melyeket azonos paraméterekkel hegesztettünk.



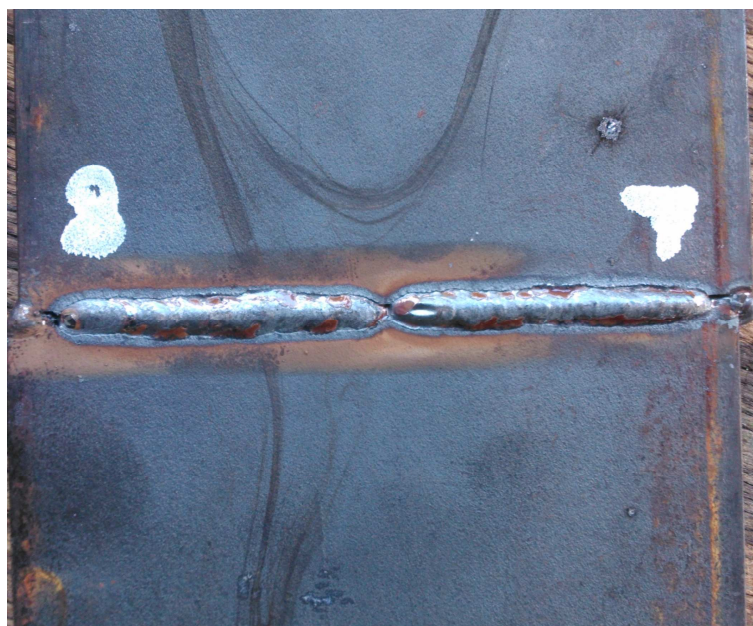
7. ábra 2-es és 1-es varrat gyökoldala



8. ábra 4-es és 3-as varrat gyökoldala



9. ábra 6-os és 5-ös varrat gyökoldala



10. ábra 8-as és 7-es varrat gyökoldala



11. ábra 10-es és 9-es varrat gyökoldala

A 7-től a 10-es ábraig nem látható az azonos beállítások mellett a két programmal készített varratok között jelentős különbség. Az apróbb eltéréseket ennél a kísérletnél nem lehet figyelembe venni, mivel a kézi hegesztés során az emberi tényező közrejátszhat az esetleges eltérésekben, bármilyen tapasztalt hegesztőről van szó. Ezek a varratok 2 és 3 mm-es hézaggal készültek, így mindkét program jó teljesítményét

betudhatjuk annak, hogy a kis résáthidalás esetén stabil teljesítményt tudunk elérni velük.

A 11-es ábra azonban a 4 mm-es hézaggal már nagynak mondható. A Lorch által közölt programismertetőből az derül ki, hogy a nagy résáthidalásra is képes SpeedRoot programmal ez kivitelezhető feladat. A varratot meg tudtuk csinálni a SpeedRoot eljárással, azonban nagyon rossz lett a gyök, így ez a hegesztési művelet nem hajtható végre ezekkel a paraméterekkel. A Normál eljárásvaltozattal azonban a varrat nem volt elkészíthető a teljes hosszon, mivel kilyukadt a lemez.

3.2.2 A PC helyzetben készült varratok gyökoldala



12. ábra 12-es és 11-es varrat gyökoldala



13. ábra 14-es és 13-as varrat gyökoldala



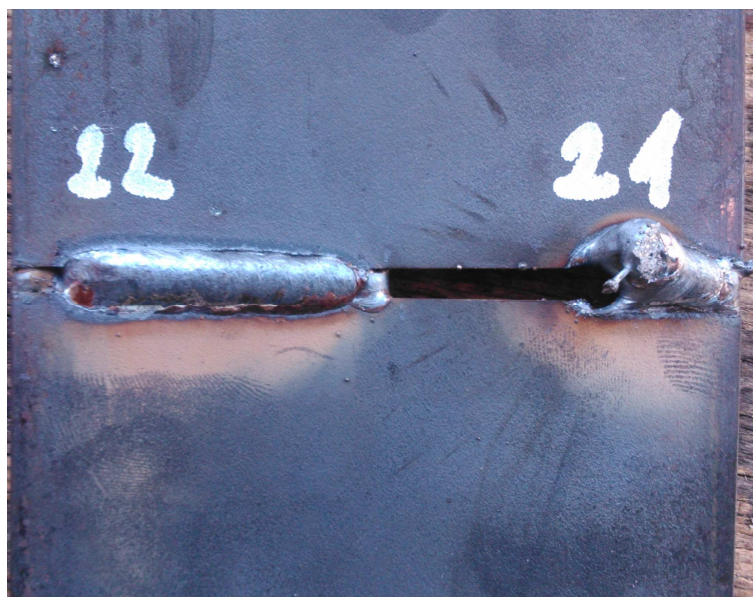
14. ábra 16-os és 15-ös varrat gyökoldala



15. ábra 18-as és 17-es varrat gyökoldala



16. ábra 20-as és 19-es varrat gyökoldala



17. ábra 22-es és 21-es varrat gyökoldala

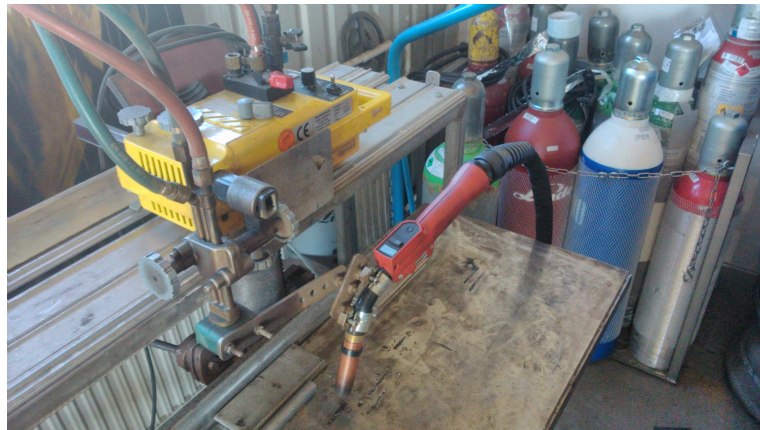
A PA helyzethez képest több jó varrat készült el, ez valószínűleg a PC helyzetnek köszönhető, mivel itt az egyik lemez alulról megtámasztja az ömledéket. A PA helyzetnél készült varratokhoz hasonlóan a kis hézagok hegesztésénél kifogástalan varratokat kaptunk mindkét programmal. Ez látható a 12-15. ábrákon. A 16. ábrán látható varratok azonban 4 mm-es hézaggal készültek, amit mindkét program azonos minőségben tesz elkészíthetővé. A gyök azonban mindkettőnél jóval nagyobb, mint az előzőeknél azt láthatjuk.

A 17. ábra szintén 4 mm-es hézaggal készült, azonban nagyobb huzalelőtoló sebességgel. Az ábra meglepően nem támasztja alá a 11. ábránál látottakat, mivel itt a SpeedRoot eljárással nem tudtuk elkészíteni a varratot, a Normál program pedig a 16. ábrához hasonló elfogadható varratot tett lehetővé.

3.3 Hegesztések szekátorral

A további vizsgálatokat gépi, szekátoros (18. ábra) hegesztéssel folytattuk, mivel így kiküszöbölhetőek a kézi hegesztés pontatlanságai. A kézi hegesztéstől itt abban különbözik a hegesztési folyamat, hogy rézgyámot használtunk (19. ábra), mivel az ömledéket csak így lehet gépi gyökvarrat hegesztésénél irányítani. Abból indultunk ki, hogy nagyobb hézagnál különbözött az előhegesztés során a varrat minősége. Így nagy

darabtávolságoknál vizsgáltuk a keletkező varratokat, illetve a kézi hegesztés során úgy tűnt, a SpeedRoot program kevésbé érzékeny a pisztoly-darab távolság változására. Ezek mellett megpróbáltuk a védőgáz típusát is változtatni. Így a 3. táblázat szerint beállított paraméterekkel próbáltuk a különbséget megtalálni a SpeedRoot és a Normál beállítások között.



18. ábra Szekátor a rászzerelt pisztollyal



19. ábra Rézgyám

	üzemmód	gáz	huzalelőtoló sebesség [m/min]	I[A]	U[V]	pisztoly-darab távolság [mm]	hegesztési sebesség [cm/min]	hézag [mm]	gázmennyiség [l/min]
1	SpeedRoot	Corgon18	3,8	82	17,3	20	9	4	15
2	Normál	Corgon18	3,8	95	17,9	20	9	4	15
3	SpeedRoot	Corgon8	3,8	82	15,4	20	9	4	15
4	Normál	Corgon8	3,8	95	16,7	20	9	4	15
5	SpeedRoot	Corgon8	6	128	18,8	24	12	3,2	15
6	Normál	Corgon8	6	133	18,3	24	12	3,2	15
7	SpeedRoot	Corgon18	6	130	18,2	24	12	3,2	15
8	Normál	Corgon18	6	134	19	24	12	3,2	15

3. táblázat: Szekátoros hegesztés beállítási paramétereit



20. ábra 1-es varrat gyökoldala



21. ábra 2-es varrat gyökoldala



22. ábra 3-as varrat gyökoldala



23. ábra 4-es varrat gyökoldala



24. ábra 5-ös varrat gyökoldala



25. ábra 6-os varrat gyökoldala



26. ábra 7-es varrat gyökoldala



27. ábra 8-as varrat gyökoldala

A 20-27. ábrákon jól látható, hogy a SpeedRoot és a Normál programokkal, azonos paraméterekkel készített varratok gyökei között nem látható különbség. A rézgyámmal való hegesztésnél az anyag nem tud kilyukadni, mert a gyám alulról támaszt ad a lemezeknek, illetve az olvadék is megül a gyámon található vájatban. Ezért fontos figyelni, hogy stabil marad-e az ív, mivel a kedvezőtlen hegesztési beállításokat így lehet a legjobban detektálni. Az ív azonban minden esetben rendkívül stabil maradt. Ebből arra tudtunk következtetni, hogy ezek a paraméterek azonosan befolyásolják a két eljárásváltozat hegesztőképességét.

A kézzel végzett előkísérletek során feltételezett paraméterváltoztatások nem hozták meg a várt eredményt, így további vizsgálatok váltak szükségessé.

3.4 A hegesztési sebesség vizsgálata

A Lorch cég által a programról kiadott ismertető (lásd: [4]) azt közli, hogy a SpeedRoot program használata jelentősen nagyobb hegesztési sebességet tesz lehetővé. Mivel az általunk tett tapasztalati megállapítások nem vezettek eredményhez a sebesség

vizsgálatát helyeztük előtérbe. A vizsgálatot minden varrat esetében azonos paraméterekkel végeztük, csupán a hegesztési sebesség volt változó.

Állandó paraméterek:

- illesztési hézag: 4 mm
- hegesztőhuzal minősége: G3Si1
- huzalátmérő: Ø1 mm
- védőgáz: Corgon8 (Argon 92%, CO₂ 8%)
- védőgáz mennyiség: 15 l/min
- lemez anyaga: S275
- lemezvastagság: 8mm
- élszalag: 1mm

	program	huzalelőtoló sebesség [m/min]	hegesztési sebesség [cm/min]
1	Normál	4,8	19
2	SpeedRoot	5,3	19
3	Normál	4,8	12
4	SpeedRoot	4,8	9-12-15-19

4. táblázat: A sebességvizsgálat beállítási paraméterei

Az előbb említésre került, hogy csak a hegesztési sebességet változtattuk, mint a 4. táblázatból is látszik, ez a 2. varratnál nem igaz. Ez azért van, mivel az előtte Normál programnál beállított értékre a gép SpeedRoot programba való átkapcsolásakor ezt a huzalelőtolást ajánlja fel. Ezt az átkapcsolt helyzetet mutatja a 28. ábra és a 29. ábra.



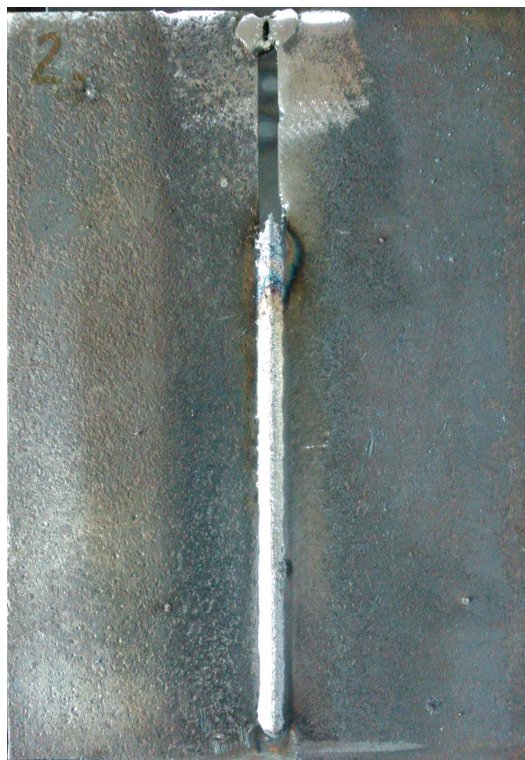
28. ábra Normál beállítás



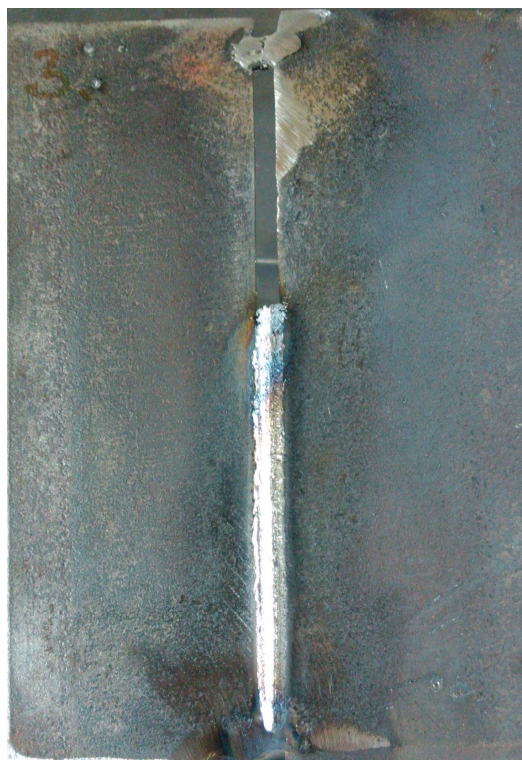
29. ábra SpeedRoot beállítás



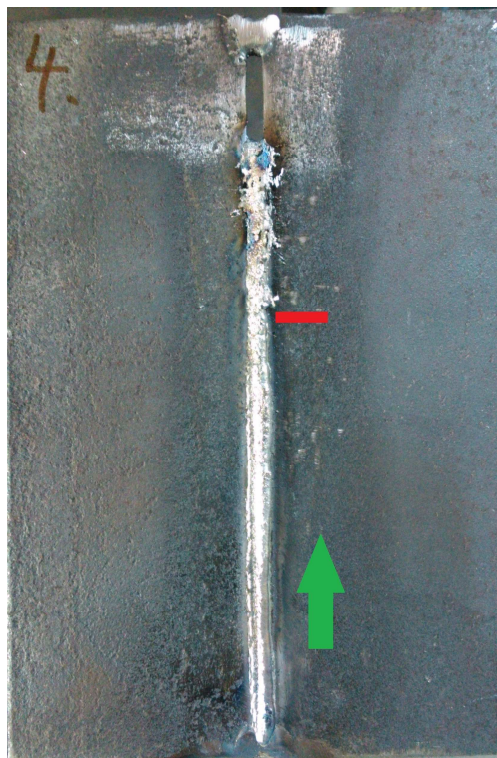
30. ábra 1-es varrat gyökoldala



31. ábra 2-es varrat gyökoldala



32. ábra 3-as varrat gyökoldala



33. ábra 4-es varrat gyökoldala

A 30. ábrán látható varrat a Normál vezérléshez beállított felső határértékre lett beállítva, így ez jól használható viszonyítási alap. Látható, hogy a gyök egyenletes és a hegesztés során végig stabil volt a hegesztőív is.

A 31. ábrán az átkapcsolás során a gép által felajánlott huzalelőtolással készült a varrat, ugyanolyan sebességgel, mint az előző. Amint az ábrákon látható (30-31. ábra), hasonló varratot kapunk mindkét esetben. Azonban a különböző huzalelőtoló sebesség miatt nem teljesen egyértelmű az összehasonlítás, ezért megpróbáltuk a SpeedRoot programmal 4,8 m/min-os huzalelőtolással és 19 cm/min-os sebességgel a hegesztést, de ez a beállítás nem alkalmas hegesztéshez. A gép által ajánlott beállítási értékek tehát kiváló varratminőséget eredményeznek, melyet nem szükséges a hegesztőnek módosítania.

A 33. ábrán láthatjuk, hogy a SpeedRoot programmal a 4. táblázat szerinti huzalelőtoló sebességgel haladtunk, először 9 cm/min-os, majd folyamatosan gyorsítva 12,15 és végül 19 cm/min-os sebességre a 33. ábrán jelölt zöld nyíl irányába. Az ábrán látható piros vonal jelöli, hogy meddig jó a varrat. Ez egybeesik a 15-ről 19 cm/min-os

sebességre való gyorsítással. Tehát a hegesztési sebesség felső határa ezek mellett a hegesztési körülmények és beállítások mellett a SpeedRoot programnál a 15 cm/min.

Érdemes a gépet jobban megvizsgálni, ugyanis a Normál program esetében be tudjuk állítani a hegesztendő lemez vastagságát is. Ez azért érdekes, mert a többi paraméterrel együtt a gép ajánl rá egy huzalelőtolás-értéket, ami optimális varrat elkészítését teszi lehetővé. Így a kevésbé tapasztalt hegesztők is könnyen tudnak optimális hegesztési paraméterekkel hegeszteni, mivel csak az adatokat kell bevinni a gépbe. A SpeedRoot programban sajnos ez a funkció nincs, azonban a Normál programban beállított paraméterekre átkapcsoláskor (mint az a 28-29. ábrán látható) a gép felajánl egy előtolás értéket. Ez arra enged következtetni, hogy a funkció működik, de más programokhoz képest még lehetőség van a fejlesztésére. Ezt az is alátámasztja, hogy a SpeedRoot funkció esetében nincs beprogramozva a CO₂ védőgázhoz rendelt program, míg a Normál programnál ez rendelkezésre áll.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott, és a hasonló jellegű vizsgálatok azért fontosak, mert a hegesztőgépgyártók nem közölnek pontos és részletes leírást az egyes programokról. Mindössze egy felületes információ jut el a felhasználóhoz, és ez is némely gyártónál csak idegen nyelven, hiába van hazai képviselő. Illetve sok esetben csak a fantázianévre hagyatkozik a felhasználó, mivel még azt is nehéz fellelni és ezek olykor megtévesztőek lehetnek. A bemutatott vizsgálat a gép programja mellé nyújthat felhasználási tájékoztatót, ami a hazai felhasználók számára is egyértelmű információkat ad az adott áramforrás vezérléséről. Mindezek mellett a gyártónak is visszajelzés lehet a felhasználótól az esetleges javításokhoz, bővítésekhez sőt akár a program felhasználóbaráttá tételéhez.

A SpeedRoot program a Lorch kiadványait azzal támasztja alá, hogy egy adott tartományon belül nagyon megbízhatóan teljesít. Azonban az összehasonlítás nehéz volt, mivel a Normál vezérlés is egy nagyon jól kidolgozott, megbízható program. A vizsgálat kiterjedt minden olyan tulajdonságra, amit a gyártó elmondott a programról. Ezek közül nagy része teljesült is a korlátozott számú beállítás ellenére is.

Az oszcilloszkópos vizsgálat szemmel látható különbséget mutatott ki a két vezérlés között, melyeket a diagramokon jól láthatunk. A vizsgálat azt is bizonyította, hogy a SpeedRoot vezérlés impulzusos. Ez fontos, mert sok gyártó a fantázianévvel megtévesztheti a vásárlót, itt azonban nem erről van szó.

A 4 mm-es hézagok hegesztését több hegesztési pozícióban is képes teljesíteni vele a hegesztő. A pisztoly-darab távolság változását sem lehet észrevenni a varratokon, tehát ez is felsorolható a program előnyös tulajdonságainál. Mellékes azonban, hogy a Normál beállítással is teljesíthetőek ezek a műveletek, mert attól még a SpeedRoot vezérlés erre alkalmas.

A gyártó által ígért sebesség nem volt a kísérlettel bebizonyítható, mivel a másik vezérlés is hasonló sebességet tesz lehetővé. Másrésről, ha a gép által felajánlott paraméterekkel hegesztünk, a gép sebessége eléri a Normál vezérlésnél mért értéket. Ez valószínűleg azért van, mert a Normál vezérlés, bár rövidzárlatos hegesztésre épül, de a rövidzárlatok gyakorisága vezérelve van, így a hegesztés sebessége is növekedett.

A bemutatott és az ehhez hasonló vizsgálatok jelentősen előrelendíthetik az ívhegesztés jövőjét, ugyanis iránymutatásul szolgálhatnak a gyártók számára.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani egyetemi konzulensemnek, Dr. Kovács-Coskun Tündének és üzemi konzulensemnek, Gyura Lászlónak a TDK dolgozatom megírásához szükséges tanácsaikért és az akadályok leküzdéséhez való segítségnyújtásukért.

Köszönet a Linde Gáz Magyarország Zrt. vezetésének a lehetőségért, hogy a vállalat és dolgozói segítségével elkészülhetett a dolgozatom.

Nagy köszönet illeti Reichardt Lászlót, aki nagy szakmai tapasztalatának köszönhetően, a kísérleti hegesztéseket kivitelezte.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Balogh Dániel: A hegesztéstechnológiai tényezők és az anyagátviteli folyamat elemzése Lorch SaproM S5 A/W hegesztőgéppel, MSc Diplomamunka, MDT02/2011, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (Konz.: Dr Dobránszky János, Gyura László)
- [2] Balogh Dániel, Gyura László: Technológia és információs „adatbázis” létrehozása korszerű hegesztőgépeknél, 26. hegesztési konferencia, Budapest, 2012. május 10-12.
- [3] Kristóf Csaba: Technológiát támogató ívhegesztő áramforrások és a kötésminőség megbízhatósága, XXIV. évfolyam(2013.2.szám), 2013, 47-54
- [4] The Speed advantage, Lorch Schweissttechnik
http://www.lorch-me.com/Lorch_speed.pdf
- [5] http://www.esab.co.uk/gb/en/support/upload/XA00152120-_Welding-positions_ENG-new-ISO-june-2010.pdf