

Az ívhegesztés gépesítettségi szintjeinek jellemzői

Characteristics of the Levels of Mechanisation in Arc Welding

Bagyinszki Gyula,¹ Bitay Enikő²

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

² Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia, ebitay@ms.sapientia.ro

Abstract

Improvement of quality, reduction of the subjective possibilities of faults may be facilitated with the help of the technically rational and economically justifiable mechanisation of productive serial production as well as the use of the wide range of hardware and software IT possibilities. Mechanisation is usually understood as the mechanisation of technological operations that may otherwise be performed by manual operations (human movements and effort). Mechanisation is therefore the substitution, in whole or in part, of manual labour with the help of specialised equipment and the mechanical operation of the various movements. The present article examines the particular features of mechanisation in the field of outstandingly high significance in industrial applications, i.e. arc welding, assisting the forms of training applied in the specialty area..

Keywords: *arc welding, automation, robot.*

Összefoglalás

A minőség javítása, a szubjektív hibalehetőségek szűkítése, a termelékeny sorozatgyártás műszakilag észszerű, de gazdaságilag is megalapozott gépesítéssel, illetve az informatika hardveres és szoftveres lehetőségeinek széles körű kihasználásával segíthető. Gépesítés (gépesítettség) fogalma alatt általában azon technológiai műveletek mechanizálása értendő, amelyek egyébként manuálisan (emberi mozgásokkal és erő kifejtéssel) is elvégezhetők lennének. Tehát a gépesítés a kézi munka részbeni vagy teljes kiváltása készülékezéssel, a mozgások gépi működtetésével. Jelen cikk az ipari alkalmazások szempontjából kiemelkedően fontos ívhegesztés esetében vizsgálja a gépesítettség sajátosságait, segítve a szakterület képzési formáit.

Kulcsszavak: *ívhegesztés, automatizálás, robot.*

1. Bevezetés

A hegesztési munkák területén a legnagyobb arányban alkalmazott ívhegesztés gépesítettségi szintjeit a kötészialakító, ill. a pozicionáló mozgások megvalósítási módja alapján lehet megadni (1. ábra) [1]. A táblázatos ábrában feltüntetett célgép és robot egyaránt önműködő, azaz saját hajtásrendszerű, a hegesztőfej megfelelő pontosságú beállítására, ill. mozgatására alkalmas manipulátor. Míg a robot adott munkatartományon belül több térbeli irányban és mozgáspályán

szabadon, azaz szoftveresen (újra)programozható (programvezérlésű), addig a célgép kötött mozgáspályás, ill. mozgásirányú, „hardveresen programozható”, azaz átszereléssel vagy átépítéssel tehető korlátozottan alkalmassá más feladat elvégzésére.

A példaként szerepeltetett számok az érintett hegesztési eljárások MSZ EN ISO 4063 szabvány szerinti kódjelei, melyekben

– az első tag a hőforrás (jelen esetben az ív),

Kötés kialakító mozgások		Kötés pozicionáló mozgások	GÉPESÍTTETTSÉGI SZINT		ELJÁRÁS GÉPESÍTÉSI PÉLDA		
Hozanyag-adagolás	Hegesztőfej-vezetés	Munkadarab-adagolás					
Szakaszosan vagy folyamatosan	Lengetéssel vagy anélkül	Készülékkel vagy anélkül					
Kézi	Kézi	Kézi	Kézi		111		141 151 152
Gépi	Kézi	Kézi	Részben gépesített		114		
Gépi	Gépi	Kézi	Gépesített	Célgépes	121	131 135 136 137	
				Robotos	122 123		
Gépi	Gépi	Gépi	automatizált	Célgépes	124	125	
				Robotos	125		

1. ábra. Ívhegesztés gépesítettségi szintjei

- a második tag az ömledékvédelem (önvédő: bevonatos, porbeles, fedett ívű; védőgáz), ill. az elektróda-„viselkedés” (leolvadó, nem leolvadó),
- a harmadik tag az eljárásváltozatok további megkülönböztető jelölésére szolgál. A lefelé nyitott számmezők többféle gépesítettségi szint lehetőségére utalnak. Pl. az igen széles körben alkalmazott 135-ös számjelű huzalelektrodás aktív védőgáz ívhegesztés esetében a huzalelőtölés (hozanyag-adagolás) eleve gépi úton valósul meg. A kézi hegesztőfej (hegesztőpisztoly) mozgatáson kívül célgépes vagy robotos is lehetséges, kézi vagy gépi kiszolgálás (munkadarab-adagolás) mellett.

A hegesztés gyakorlatában – az 1. ábra alapján – megkülönböztetünk:

- kézi hegesztést, amelynél mind a hegesztési mozgások végrehajtása, mind a munkadarab adagolása emberi erővel történik. A műveleteket a hegesztő végzi, ellenőrzi és irányítja;
- részben gépesített hegesztést, amelynél a hegesztési mozgások végrehajtása részben, a munkadarab adagolása teljesen emberi erővel történik;
- gépesített hegesztést, amelynél a hegesztési mozgások végrehajtása gépi úton történik, a munkadarab adagolását kézzel végzik;
- automatizált hegesztést, amelynél mind a hegesztési mozgások végrehajtása, mind a munkadarab adagolása önműködően, gépesítve történik, közvetlen emberi beavatkozásra gyakorlatilag nincs szükség.

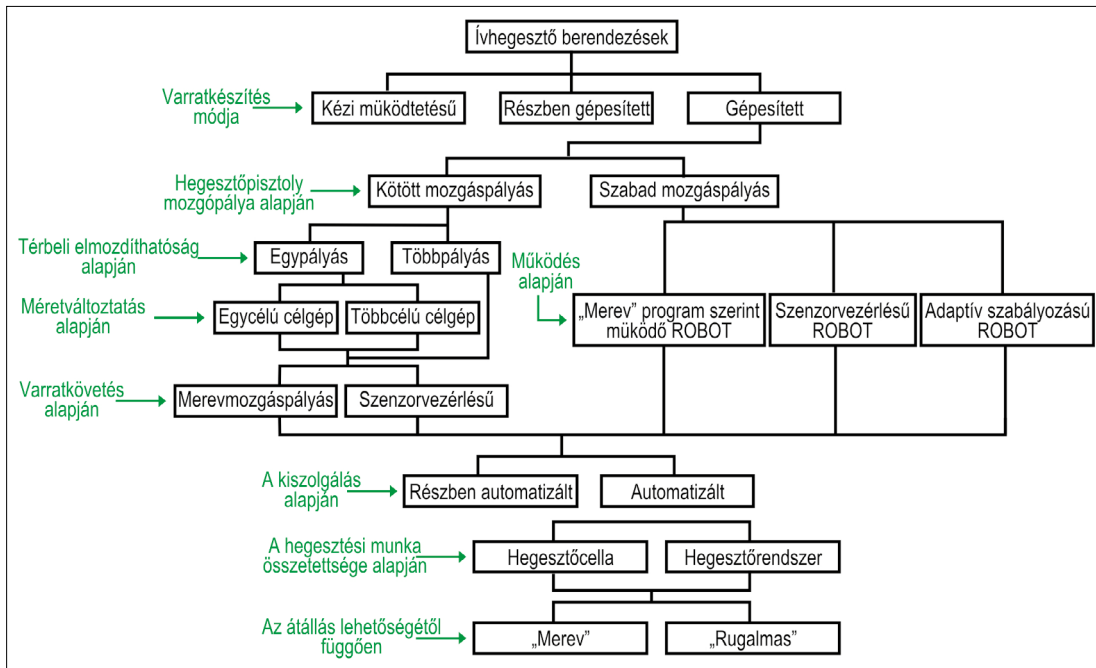
2. Robotok és célgépek

Tehát a gépesítettségi szint növelése a gépi mozgások számának növelésével érhető el, mellyel egy időben csökken az emberi beavatkozás (a human irányítás) mértéke. A célgépes és a robotos hegesztés a gépesített vagy az automatizált hegesztés kategóriájába sorolható, a munkadarab adagolási módjától függően. A hegesztőrobotok és célgépek néhány rendszerező szempontját a 2. ábra szemlélteti.

A gépesíttség valamilyen szintjén álló ívhegesztő berendezés négy alapvető szempont szerint minősíthető, melyekkel érzékeltethetők az alkalmazhatóságban és a fejlettségi szintben rejlő különbségek (3. ábra) [2]. A szabadági fokok száma az egymástól függetlenül vezérelhető mozgástengelyek, ill. azok mozgatóegységei száma. Ehhez 2 mozgásfajta (T = translációs vagy haladó, R = rotációs vagy forgó), ill. 3 koordinátatengely (amely mentén a transláció vagy amely körül a rotáció megvalósul) választható. Az ívhegesztő robotok karrendszereiről, vezérléséről és szenzorjairól a [3]-ban adtunk rendszerező áttekintést.

3. Gépesítettségi szintek jellemzői

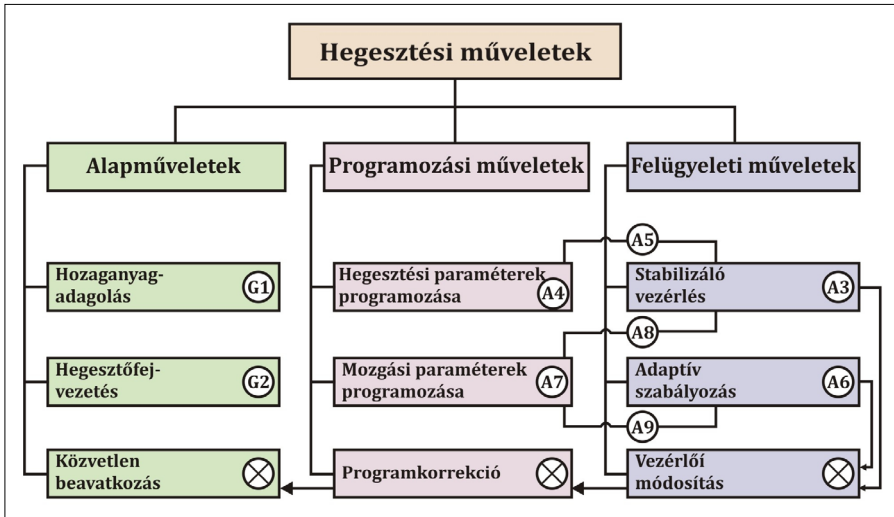
A gépesítettségi szintet jól jellemzi azon műveletek száma, amelyek gépesítésének technikai feltételei megoldottak az adott berendezés kapcsán. E műveletek felosztási sémáját mutatja a 4. ábra, feltüntetve a vonatkozó gépesítettségi szinteket is, melyek egymásra épülése és kapcsolódási pontjai az 5. ábrán követhetők nyomon [4, 5].



2. ábra. Hegesztőrobotok és célgépek rendszerező szempontjai

Alkalmazási kör			Varratkészítési mód			Kiszolgálás			Szabadsági fokok		
Uni- ver- zális	Célgé- pes	Ve- gyes	Kézi	Rész- ben gépe- sített	Gépe- sített	Kézi	Rész- ben auto- mati- zált	Auto- mati- zált	Száma	Jellege	(Koordináta) rendszere
Többféle kialakítású, többféle méretű munkadarabhoz	Meghatározott kialakítású, meghatározott méretű munkadarabhoz	Meghatározott kialakítású, többféle méretű munkadarabhoz	Kézi hozaganyag-adagolás, kézi hegesztőfej-vezetés	Gépi hozaganyag-adagolás, kézi hegesztőfej-vezetés	Gépi hozaganyag-adagolás, gépi hegesztőfej-vezetés	Kézi munkadarab-adagolás, kézi munkadarab-pozicionálás	Kézi munkadarab-adagolás, gépi munkadarab-pozicionálás	Gépi munkadarab-adagolás, gépi munkadarab-pozicionálás	1	1R 1T	1 tengelyes forgató vagy előtoló
									2	2R 1R+1T 2T	2 tengelyes (síkbeli)
									3	3R 2R+1T 1R+2T 3T	3 vagy többtengelyes (térbeli)
									4	4R 3R+1T 2R+2T 1R+3T	Humanoid Gömbi SCARA Henger Derékszögű Tricept (3 szabadsági fok felett tájoló mozgásokkal)
									5	5R 4R+1T 3R+2T 2R+3T	
									6	6R 5R+1T 4R+2T 3R+3T	
									7	7R 6R+1T 5R+2T 4R+3T	

3. ábra. Az ívhegesztő berendezések jellemzői



4. ábra. A gépesítéssel összefüggő hegesztési műveletek felosztása

Alcsoport		Alapműveletek		Programműveletek		Felügyeleti műveletek		
Részcsoport	Típus	Hozaganyag-adagolás	Hegesztőfej-vezetés	Hegesztési paraméterek programja	Mozgási paraméterek programja	Stabilizáló vezérlés	Adaptív szabályozás (szenzorvezérlés)	
Gépesítés	1	G1						
	2		G2					
Automatizálás	3			A3				
	4			A4				
	5			A5				
	6			A6				
	7			A7				
	8					A8		
	9						A9	
Megnevezés		Részen gépesített	Gépesített	Általános célú	Hegesztési program (célgépes)	Első generációs	Második generációs	Harmadik generációs
Osztály		1.		2.	3.	4.		
Típus		Gépesítés		Automatizálás				

5. ábra. A gépesítettségi szintek és kapcsolataik

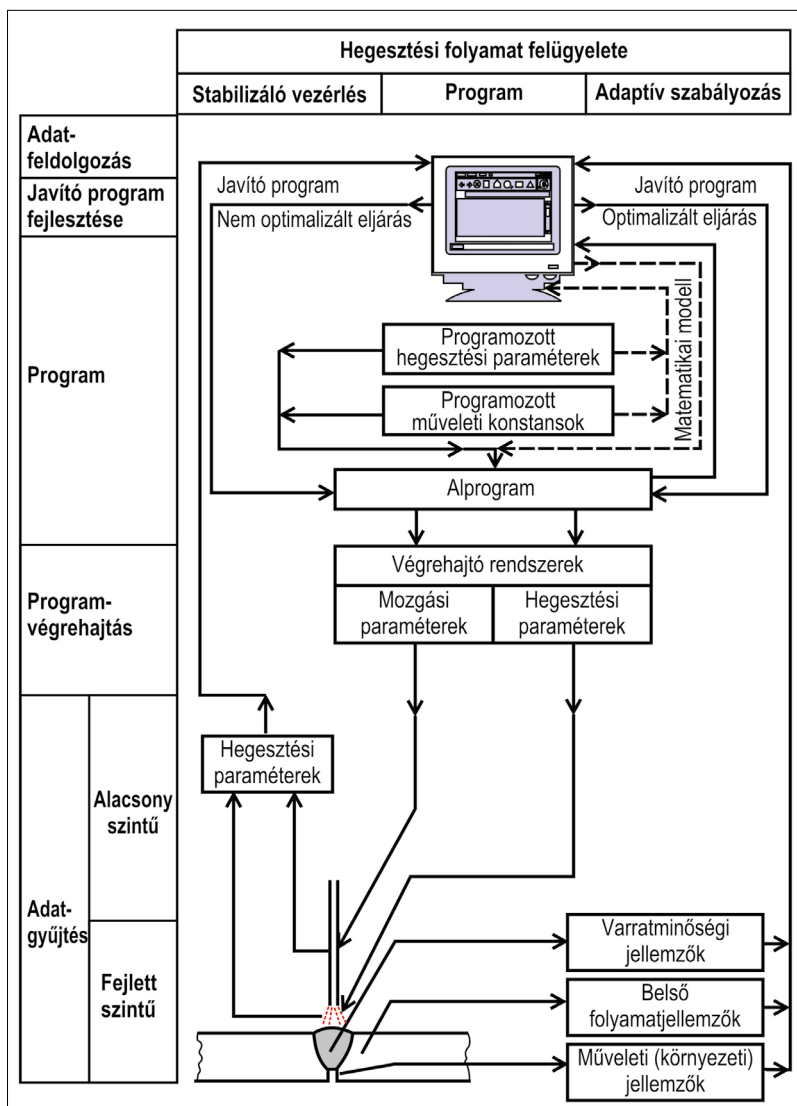
Az egyes szinteket megvalósító berendezések, illetve legfontosabb jellemzőik a következőkben foglalhatók össze:

Az ábrán nem szerepeltetett nulladik vagy vonatkoztatási alapszintnek (G0) a bevont elektródás kézi ívhegesztés (111) tekintendő, és ehhez képest

mérhető a többi szint gépesítettsége. A nulladik és az első szint közé „besorolható” még a (G0,5) gravitációs ívhegesztés (112), amely ugyan nem alkalmaz gépi mozgást, de a gravitációs erőhatást alkalmazó egyszerű eszköz révén – kézi beállítás után – a bevonatos elektróda „önműködően” olvad le.

- (G1) gépi hozaganyag-adagolású (huzalelőtölésű), részben gépesített védőgázos ívhegesztő (13, 14, 15) berendezések, nagy leolvadási teljesítménnyel és széles alkalmazási körrel. Már nem alkalmazzák, de létezett egy első és második szint közé besorolható (G1,5) bevont elektródás, gépesített ívhegesztés, melynél a gravitációs elvű elektróda-előtöláshoz gépi hegesztőfej (hegesztőegység) vezetés társult.
- (G2) mozgatóegységre szerelt hegesztőfejjel rendelkező gépesített fedett ívű (fedőporos) hegesztő (12) berendezések, előzetesen beállított paraméterekkel és igen nagy teljesítménnyel.

- (A3) ívszenzorral ellátott, ívstabilizáló vezérléssel működő, általános felhasználási célú berendezések, amelyek – a fő hegesztési paraméterekben beállt változásokat korrigálva – biztosítják a hegesztés folyamatosságát, de a változó hegesztési körülményeket nem veszik figyelembe.
- (A4) kötött mozgáspálya mentén haladó, az egyes pályaszakaszokhoz programozott paramétereket hozzárendelő egycélú célgépek, amelyek lehetnek részben vagy teljesen gépi kiszolgálásúak, viszont nincsenek felszerelve szenzorokkal.



6. ábra. Hegesztési folyamatfelügyeleti séma

- (A5) ívstabilizáló vezérléssel ellátott, programozott paraméterekkel dolgozó, változó pozíciójú mozgáspályákhoz alkalmazható egy- vagy többfejes, többcélú (pl. cső- és tartály-) hegesztő célgépek.
- (A6) programozott paraméterekkel dolgozó, szenzorvezérlésű (varratkereső és/vagy varratkövető szenzoros), többcélú célgépek, amelyek változó körülmények között is biztosítják az állandó varratminőséget. Természetesen ezek a jellemzők az adaptivitás fogalmát csak részben merítik ki. Ez a szint jelenti a célgépek egyfajta határát, ugyanis a következő szint már „minőségi ugrást” jelent az ipari robotok világába.
- (A7) első generációs robotok, amelyek az aktuálisan végrehajtandó program szerinti mozgás ismétlésére képesek. Mozgásuk determinisztikus, mozgáspályájuk olyan értelemben „merev”, hogy független a munkavégzés helyén bekövetkező változásoktól. Ugyanis nem rendelkeznek olyan eszközökkel, amelyekkel érzékelni és módosítani tudnák a mozgás-programjukat. Alkalmazásuk alapvető követelménye a munkadarabok pontos előzetes megmunkálása, tájolása és illesztése.
- (A8) második generációs robotok, amelyek a munkavégzés helyén bekövetkező lényeges változásokhoz képesek alkalmazkodni. A mindenkori mozgást a működésbe hozott szenzorok jelzései alapján, az adott cél elérésére vonatkozó irányítási algoritmus szerint vezérlik. A nagy mennyiségű információ gyors feldolgozására nagy teljesítményű hardvert és szenzoros kommunikációra alkalmas szoftvert használnak.
- (A9) harmadik generációs robotok, amelyek érzékelőkkel a környezet többféle jellemzőjének észlelésére és a változó környezethez való alkalmazkodásra, adaptivitásra képesek. Alak- és szituációfelismerésre és annak alapján önálló döntésekre is képesek mesterséges intelligenciájuk alapján. Egy ilyen hegesztési folyamatfelügyelő rendszer felépítési vázlata [5] látható a 6. ábrán.

Az adaptív szabályozás egyrészt közelít az optimális viszonyokhoz változó körülmények esetén, másrészt egyre nagyobb mértékben kiküszöböli a szubjektív hibákat a hegesztési folyamat irányításából. Ehhez természetesen minél több technológiai és környezeti jellemzőt mérő szenzor szükséges, amelyek pontossága és érzékenysége nagymértékben befolyásolja a mért és a folyamat irányítására – visszacsatolás révén – felhasznált értékek jószágát. Ugyancsak nagy jelentősége van a folyamatokat leíró matematikai modellek valóságközeliségének az optimalizáló algoritmusok szempontjából.

4. Következtetés

A gépesítés eszköztárából – alkalmazási jellemzői miatt – kitűnnek a célgépes manipulátorok, illetve a perifériákkal együttműködő, rugalmasan programozható ipari robotok. Alkalmazásukkal a termelékenység növekszik, a gyártás ciklusideje csökken, javul a minőség, a reprodukálhatóság, nő a termelési rendszer rugalmassága, csökkenteni lehet a monoton és nehéz fizikai munkát, egészségre fokozottan ártalmas helyeken segítségükkel az emberi tevékenység kiváltható. A gépesítettségi szintjük „mértéke” műszaki, gazdasági, szervezési szempontok szerint választható meg.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika I. - Eljárások és gépesítés*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2010.
<https://doi.org/10.36242/mtf-08>
- [2] Bauer F.: *A hegesztés gépesítése*. Hegesztéstechnológia 4., 1986.
- [3] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Ívhegesztő robot alkalmazástechnikai jellemzői*. XV. Fialat Műszakiak Tudományos Ülésszaka, XV. (2010) 9–16.
<https://doi.org/10.36243/fmtu-2010.04>
- [4] Malin V.: *Designer's Guide to Effective Welding Automation – Part I: Analysis of Welding Operation as Objects for Automation*. Welding Journal, LXV. 17., 1985.
- [5] Malin V.: *A new approach to the definition and classification of welding automation*. Second International Conference – Developments in Automated and Robotic Welding, The Welding Institute, London, 1987. november 17-19.