

XV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2010. március 25-26.

ÍVHEGESZTŐ ROBOT ALKALMAZÁSTECHNIKAI JELLEMZŐI

BAGYINSZKI Gyula, BITAY Enikő

Abstract

The arc welding is the important joining technology. In this paper we give a survey of application features of the arc welding robots, in order to help the selection of them.

Key words:

arc welding, robot, sensor

Összefoglalás

Az ívhegesztés fontos kötőtechnológia, amelynek alkalmazása során indokoltá válhat a robotosítás. Jelen cikk az ívhegesztő robotok alkalmazástechnikai jellemzőit foglalja össze.

Kulcsszavak:

ívhegesztés, robot, szenzor

1. Bevezetés

A minőség javítása, a szubjektív hibalehetőségek szűkítése, a termelékeny sorozatgyártás ésszerű, gazdaságilag is megalapozott gépesítéssel (robotosítással, automatizálással) illetve a számítástechnika hardveres és szoftveres lehetőségeinek mind szélesebb körű kihasználásával elősegíthető. A technológiai – így a hegesztési – eljárások egy része eleve „alkalmaz” valamilyen gépet, készüléket, segéd-eszközt, melyek az eljárás alapját képezik, azaz nem helyettesíthetők „emberi erővel” (például a hideg- és melegsajtoló hegesztések megvalósításához szükséges nagy erők illetve nyomások csakis gépi úton „állíthatók elő”). Ezért a gépesítés fogalma alatt általában azon technológiai műveletek mechanizálása értendő, amelyek egyébként manuálisan (emberi mozgásokkal és erőkifejtéssel) is elvégezhetők lennének. Így leginkább a szerszámok (pl. hegesztőfej) és/vagy a munkadarabok mozgatása, manipulálása tartozik a gépesítendő és ez által gyorsabbá, pontosabbá, reprodukálhatóbbá, vagy éppen folyamatosabbá tehető technológiai folyamatok közé. Veszélyes munkakörnyezetből vagy monoton munkafeladatok végzéséből is gépesítéssel lehet az embert „kiváltani”. A gépesítés legnagyobb flexibilitást biztosító területe az ipari robotok alkalmazása, amelyeknek ívhegesztés szempontjából fontos jellemzőit mutatjuk be.

2. Robotmozgások, karrendszerek, szabadsági fokok

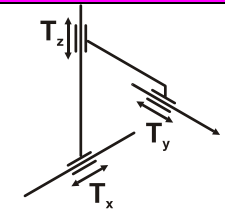
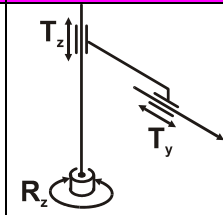
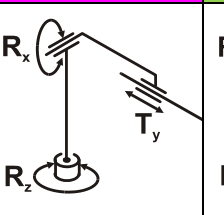
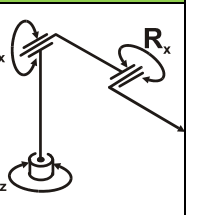
A technológiai - pl. ívhegesztési - folyamatokban alkalmazható ipari robot:

- önműködő, azaz saját elektromechanikus hajtásrendszerrel rendelkező,
- szerszám (pl. ívhegesztőfej) megfelelő pontosságú beállítására, illetve mozgására alkalmas,
- adott munkatartományon belül több térbeli mozgásirányban, illetve mozgáspályán szabadon, azaz szoftveresen (újra)programozható (programvezérlésű) manipulátor.

Csak ezen utóbbi jellemző különbözteti meg egyértelműen a célgéptől, ami kötött mozgáspályás, illetve mozgásirányú, „hardveresen programozható”, azaz átszereléssel vagy átépítéssel tehető korlátozottan alkalmassá más feladat elvégzésére.

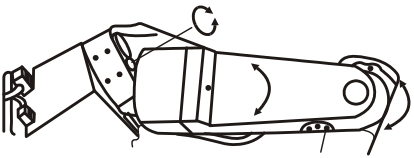
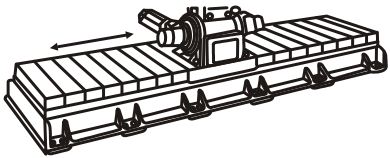
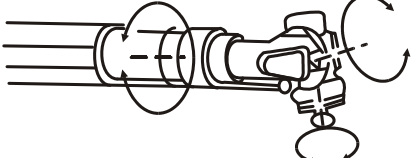

Az ívhegesztő robot leglényegesebb, alkalmazási lehetőségeit meghatározó szerkezeti egysége a karrendszer, ami a hegesztőfej térbeli mozgására és pozicionálására alkalmas, karos-csuklós mechanizmus. Térbeli kiterjedésű munkadarabok esetében ahhoz, hogy egy tetszés szerinti munkatér-pontot a manipulált hegesztőfej elérjen, legalább három egymástól független mozgásirány, mozgatóegység, szabadságfok szükséges. Mivel igen lényeges a hegesztőfej és a munkadarab minél kedvezőbb tájolása, ezért további három mozgáslehetőségre (azaz szabadságfokra) van igény. Ez tehát összesen hat szabadságfokot jelent, aminél ha kevesebb van, akkor a hegesztőfej manipulálása korlátozott (lehet).

A karrendszer struktúráját a 3 áthelyező mozgás (vagy főmozgás) lehetséges mozgásvariációi – 2 mozgásfajta (**T** = translációs vagy haladó, **R** = rotációs vagy forgó), illetve 3 mozgásirány (**x**, **y**, **z**) szerint - alapvetően meghatározza. Az elvileg lehetséges $2^3 \cdot 3^3 = 8 \cdot 27 = 216$ variáció közül lényegében négy vált elterjedtté a gyakorlatban, melyek közül három a matematikából jól ismert koordináta-rendszerekhez köthető (**1. ábra**).

	Koordinátarendszer, illetve karrendszer			
	derékszögű	henger	gömbi	humanoid
1. főmozgás	T_x	R_z	R_z	R_z
2. főmozgás	T_z	T_z	R_x	R_x
3. főmozgás	T_y	T_y	T_y	R_x
karrendszer vázlat				

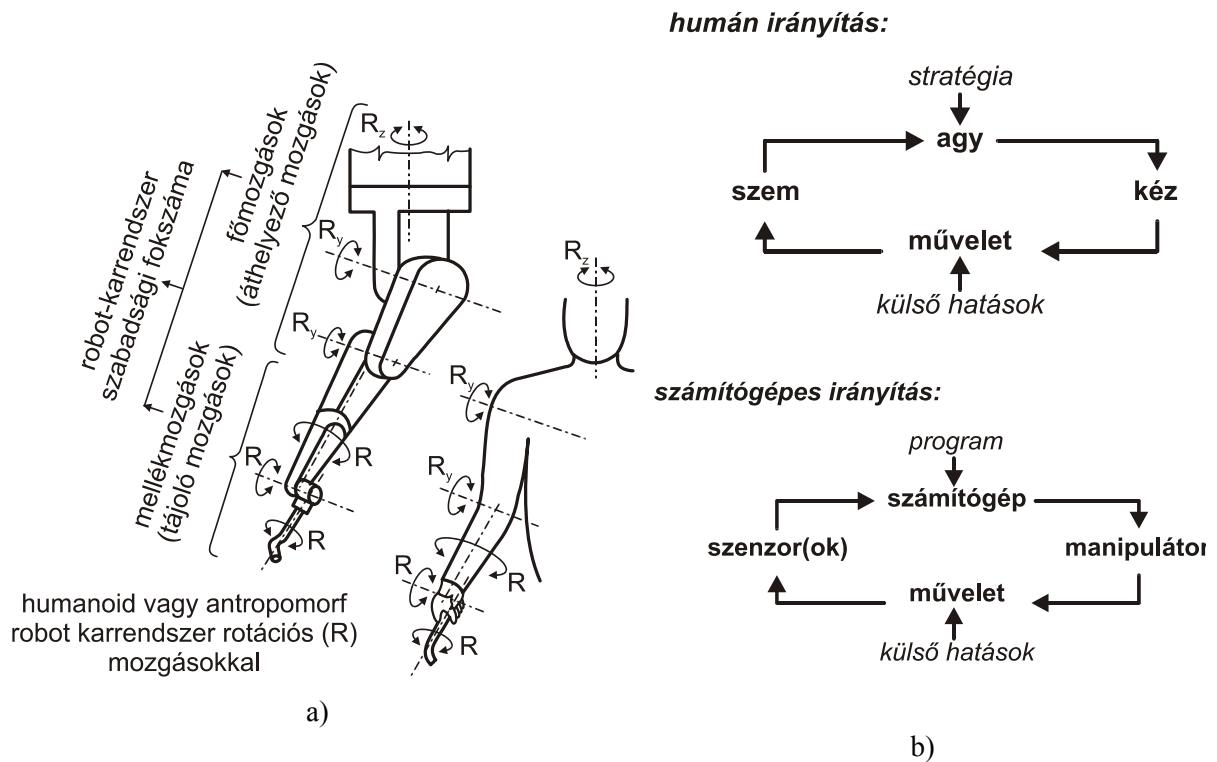
1. ábra Főmozgások legfontosabb variációi és a megvalósuló koordináta-rendszerek

Egy ipari robot szabadsági fokainak számát meghatározó mozgásfajtái (2. ábra) közül az áthelyező (vagy fő-)mozgás juttatja el a mozgatott objektumot a munkatartomány meghatározott térbeli pontjába. A tájoló (vagy mellék-)mozgás a mozgatott objektumot a végzendő művelet szempontjából legkedvezőbb pozícióba állítja, az áthelyező mozgással elért térbeli pontban. A kiegészítő vagy külső mozgások közül a helyzetváltoztató mozgás a robot munkatartományát bővíti ki, a robot portálon vagy sínen való „utaztatásával”. A perifériális mozgásokat a robottal „együttműködő”, munkadarabokat forgató, pozícionáló egységek mozgásai jelentik.

IPARI ROBOTOK ÁLTAL MEGVALÓSÍTOTT MOZGÁSOK	ALAP (SAJÁT) MOZGÁSOK	KIEGÉSZÍTŐ (KÜLSŐ) MOZGÁSOK
MOZGATOTT OBJEKTUMOT CÉLBA JUTTATÓ MOZGÁSOK	<p style="text-align: center;">ÁTHELYEZŐ MOZGÁS</p> 	<p style="text-align: center;">HELYZETVÁLTOZTATÓ MOZGÁS</p> 
MOZGATOTT OBJEKTUMOT CÉLSZERŰEN POZÍCIONÁLÓ MOZGÁSOK	<p style="text-align: center;">TÁJOLÓ MOZGÁS</p> 	<p style="text-align: center;">PERIFÉRIÁLIS MOZGÁS</p> 

2. ábra Ipari robotok mozgásfajtái

A 3/a. ábrán vázolt – ívhegesztéshez leggyakrabban alkalmazott - humanoid vagy antropomorf (azaz „emberutánzó”) karrendszer hat szabadsági fokú, azaz hat függetlenül vezérelhető hajtásrendszer-eleme van. Ez valósítja meg a mozgatott hegesztőfej manipulálását a robot „intelligens agya” – nagyteljesítményű számítógépi hardver és „testreszabott” rendszerszoftver – utasításai révén. A humán (emberi) irányítást és a szenzorok révén megvalósuló – szintén „emberutánzó” – számítógépi szabályozást a 3/b. ábra vázlatai állítják párhuzamba.



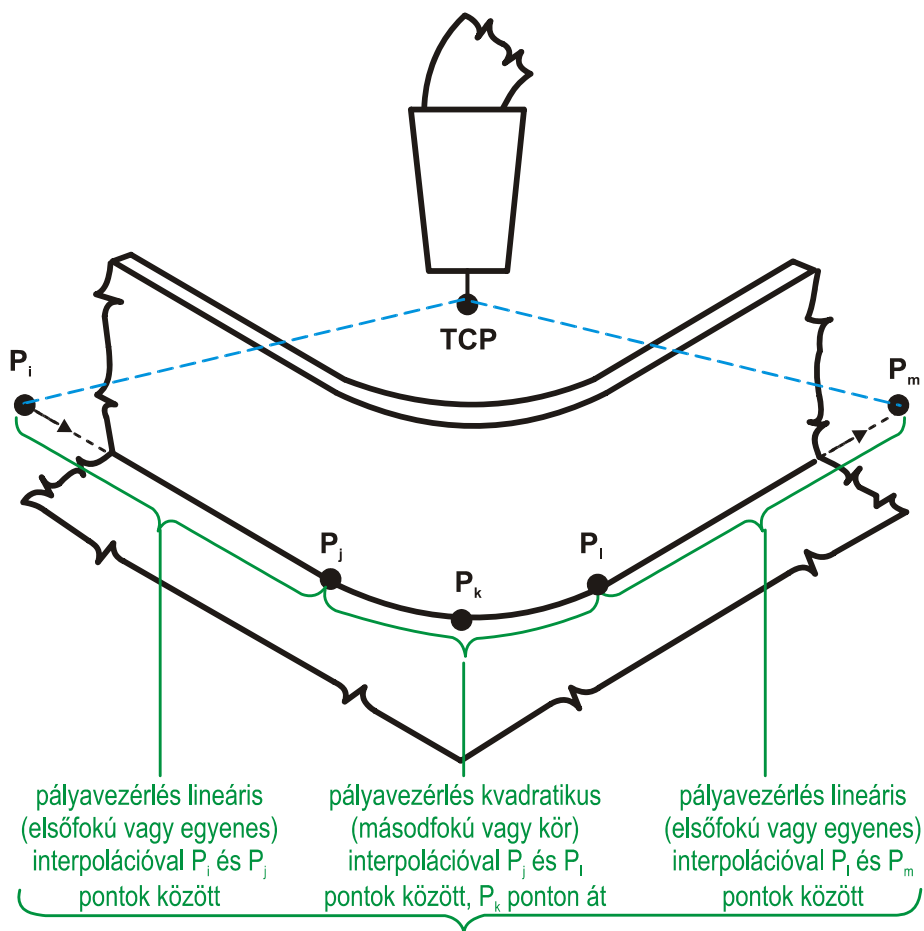
3. ábra Emberutánzó robothardver és -irányítás

Programozás, vezérlés, pontosság

A mozgattott ívhegesztőfej – pontosabban annak referenciapontja (az ún. szerszámközpont \equiv TCP \equiv Tool Centre Point) – mozgáspályájának, vagyis az elérendő térpontoknak a kijelölése jelenti a tulajdonképpeni programozás lényegét. Az ipari robotok programozásának két jellegzetes módszere a tanító (on-line) és az analitikai (off-line) eljárás. Az első a robot saját hajtásrendszerének működtetésével, speciális klaviatúra alkalmazásával történik. A második a robot matematikai modelljével, azaz számítógépes szimulátorával végezhető, így – szemben az on-line módszerrel – nem kell a robotot a termelésből kivonni a programkészítés idejére.

A programozott pályapontok közötti pályaszakaszok meghatározását lineáris- vagy kör- (kvadrátikus-) interpolációt is alkalmazható számítógépes robotvezérlés biztosítja (4. ábra). A pontvezérlésnél (PTP \equiv point to point) a kijelölt pontokat a karrendszer a megadott sorrendben éri el, de a különböző irányú mozgások között nincs egyértelmű funkcionális kapcsolat. A pályavezérlésnél (CP \equiv continuous path) a karrendszer különböző irányú mozgásai között meghatározott függvénykapcsolat áll fenn. Bonyolultabb geometriájú mozgattási útvonal esetén az elérésre kijelölt pályapontok „sűrítésével” fokozható a pályaközelítés pontossága.

operátor általi PROGRAMOZÁS:
szerszámközéppont (TCP = Tool Centr Point) által elérendő munkatérbeli
pontok sorrendjének és pozíciójának kijelölése: $P_1 \dots P_j, P_j, P_k, P_m \dots P_n$



számítógép általi VEZÉRLÉS:
programozással kijelölt munkatérbeli pontok közötti mozgáspálya
meghatározása

4. ábra Robotprogramozás és -vezérlés

A robotokkal végzett művelet pontosságát ezen kívül nagymértékben befolyásolja a visszaállási pontosság, ami a programozáskor kijelölt és a többszöri programismétléskor ténylegesen elért pályapont-helyzetek legnagyobb eltérése statikus helyzetben mérve. A pályakövetési pontosságot viszont a mozgáskori sebesség és terhelés kiváltotta dinamikus hatások (lengések, rezgések) is befolyásolják.

Intelligenciaszint, szenzorok

Az ipari – különösen az ívhegesztő – robotoktól sok esetben „elvárjuk”, hogy a munkakörülmények megváltozásához bizonyos fokú „alkalmazkodó-képességgel” rendelkezzenek. Az ilyen igényeknek való megfelelést minősítő intelligenciaszint alapján beszélhetünk:

- első generációs robotokról, amelyek a vezérlő mozgásprogramjukat „mereven” követik, vagyis azt csak ismételni képesek, „nem vesznek tudomást” a munkafeltételek megváltozásáról;

- második generációs robotokról, amelyek rendelkeznek szenzorokkal a geometriai eltérések érzékelésére, illetve vonatkozó irányítási algoritmusok működtetése révén módosítják a vezérlőprogramot az aktuális beállításnak megfelelően (pl. pályakezdőpont keresés vagy pályakövetés megvalósításával);
- harmadik generációs robotokról, amelyek az előzőeken túlmenően technológiai eltéréseket is követni tudnak, képesek pl. alak- és szituáció-felismerésre is, azaz ún. adaptív szabályozással rendelkeznek.

Az első generációs robotok olcsóbbak, de a munkadarabok, alkatrészek pontos előkészítését, illesztését és tájolását igénylik, ami viszont költségesebb. A második és harmadik generációs robotok az egyszerűbb és olcsóbb előkészítésből eredő pontatlanságokat szenzoraikkal érzékelni képesek, miáltal kiváltják a vezérlő számítógépi-programkorrekciót, azaz saját mozgás-meghatározást végeznek. Fontos hangsúlyozni, hogy önmagában attól, hogy szenzor van felszerelve a robotra, még nem lesz második generációs, hanem csak akkor, ha a szenzor működtetése is programozva van.

A szenzorok (**5. ábra**) a technológiai körülmények és -paraméterek változásának érzékelésére szolgáló jelátalakító eszközök, amelyek bemenete (inputja) valamilyen fizikai jelenség, illetve mért jellemző, a kimenete (outputja) a fizikai jelenség hatáserősségének mértékével arányos (vezérlő)jel.

ÍVHEGESZTŐ ROBOTOK SENZORAI				
folyamatérzékelő			geometriaérzékelő	
belső paraméter mérő		külső paraméter mérő	érintésmentes	érintéses
áramerősség-mérő ív szenzorok		optikai (fény sugar- zasmérő) szenzorok	optikai (fény- és lézersugaras) szenzorok	mechanikus szenzorok
természetes jellel	mestersé- ges jellel		induktív szenzorok	
		termikus (hő sugarzasmérő) szenzorok	nagyfeszültségű (szikrakisüléses) szenzorok	mechanikus- elektromos szenzorok
feszültségmérő ív szenzorok			kapacitív szenzorok	
természetes jellel	mestersé- ges jellel	passzív akusztikus szenzorok	aktív akusztikus szenzorok	elektromos szenzorok

5. ábra Ívhegesztő robotok szenzorai

Kiegészítő berendezések, perifériák

A hegesztőrobot pusztán önmagában nem tudja ellátni a hegesztési feladatot, ezért a hegesztőrobotos munkahely kiegészítő berendezéseinek (**6. ábra**) is nagy szerepe van.



6. ábra Hegesztőrobotos munkahely elemei

Például a munkadarab pozícionáló egységek megnövelik a hegesztőrobot szabadságfokaink számát. Feladatuk a munkadarab legmegfelelőbb helyzetének létrehozása és fenntartása a varrat készítése során. Ezzel lehetővé válik a varratok jó megközelíthetősége, valamint az egyes részfeladatok közötti mellékidők csökkentése. Az ilyen forgató, illetve billentő asztalokat tervezhetik egyedileg a robotállomáshoz, lehetnek előre gyártott széles választékú modellek különböző terhelhetőséggel és kivitelben, de előfordulnak komponensekből összeépíthető változatok is. A két munkahelyes megoldásokkal pedig megszüntethetők a felesleges állásidők, ugyanis amíg az egyik munkahelyen a robot dolgozik, a másikon az elkészült munkadarab kivétele, majd az új alkatrészek készülékbe rögzítése történhet.

5. Összegzés

Az ívhegesztő robotok alkalmazástechnikai jellemzői közül a fontosabbakat tekintettük át, amelyek meghatározzák a gépesítéssel elvárható előnyöket és egyben lehetőséget adnak más alternatívákkal való összehasonlításokra is.

Irodalom

- [1] Brenner András, Rakoncza László, *Hegesztőkészülékek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [2] Bauer Ferenc (szerk.), *Robottechnika (Hegesztőrobotok)*. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnökto-vábbképző Intézet, Budapest, 1988.
- [3] Bagyinszki Gyula, *Kötélkorong robotosított hegesztése* (Gépészmérnöki diplomaterv). BME Me-
chanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Intézet, 1988, 115 + 41 oldal.
- [4] Farkas Attila, *Szenzoralkalmazás a gépesített ívhegesztésnél*. Hegesztéstechnika V. évfolyam,
1994. 2. szám, 23–33. oldal.
- [5] Bagyinszki Gyula, *A hegesztés robotosításának fogalmi háttere*. Hegesztéstechnika XIX. évfolyam
2008. 1. szám, 19–26. oldal.

Dr. Bagyinszki Gyula, főiskolai tanár
Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész-
és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet,
Anyag- és Alakítástechnológiai Szakcsoport,
1081 Budapest, Népszínház u. 8.
Tel.: (+36-1) 666-5304, Fax: (+36-1) 666-5494
E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Bitay Enikő, egyetemi docens
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
Műszaki és Humántudományok Kar,
RO, 540485, Tîrgu Mureş/Marosvásárhely
OP. 9, CP4.
Telefon: +40-740-589718
E-mail: ebitay@gmail.com