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, aminek 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	ÁTHELYEZŐ MOZGÁS	HELYZETVÁLTOZTATÓ MOZGÁS
MOZGATOTT OBJEKTUMOT CÉLSZERŰEN POZÍCIONÁLÓ MOZGÁSOK	TÁJOLÓ MOZGÁS	PERIFÉRIÁLIS MOZGÁS

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-elem 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 mozgatót ívhegesztőfej – pontosabban annak referenciapontja (az ún. szerszámközéppont $\equiv$ 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- (kvadratikus-) 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 mozgatósi 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: $P_1 \dots P_i, P_j, P_k, P_m \dots P_n$

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 SZENZORAI				
folyamatérzékelő		geometriaérzékelő		
belső paraméter mérő	külső paraméter mérő	érintésmentes	érintéses	
áramerősség-mérő ívszenzorok	optikai (fény sugar- zásmérő) szenzorok	optikai (fény- és lézersugaras) szenzorok	mechanikus szenzorok	
természetes jellel	mestersé- ges jellel		induktív szenzorok	
	termikus (hő sugarzásmérő) szenzorok	nagyfeszültségű (szikrakisüléses) szenzorok	mechanikus- elektromos szenzorok	
feszültségmérő ívszenzorok		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