

A robotosítás hatékony módszerei az acél- és gépszerkezetgyártásban

Dr. Farkas Attila

Rehm Hegesztéstechnika Kft., fa@rehm.hu

Absztrakt: A robotosított hegesztéssel leginkább az autóiparban, valamint egyéb nagysorozatú és tömeggyártásban találkozunk, ahol a hegesztendő alkatrészek viszonylag kisméretűek. Ezenél a termékeknél a robotberuházás költségének gyors megtérülését és nyereségességét a hegesztendő nagy darabszám biztosítja.

Az acél- és gépszerkezetgyártásban azonban még mindig viszonylag kevés robotalkalmazásra találunk példát.

Az előadásban rámutatunk ennek lehetséges okaira, és felvázolni néhány gondolatot arról, mit tehetünk annak érdekében, hogy a nagyobb méretű termékek, acélszerkezetek hegesztése területén is növekedjen a robotok száma.

Kulcsszavak: robottechnika, robotosított hegesztés, nagyméretű szerkezetek robothegesztése

1. Bevezetés

A robotosított hegesztéssel leginkább az autóiparban, valamint egyéb nagysorozatú és tömeggyártásban találkozunk, ahol a hegesztendő alkatrészek viszonylag kisméretűek. Ezenél a termékeknél a robotberuházás költségének gyors megtérülését és nyereségességét a hegesztendő nagy darabszám biztosítja.

Az acél- és gépszerkezetgyártásban azonban még mindig viszonylag kevés robotalkalmazásra találunk példát.

A következőkben megpróbálunk rámutatni ennek lehetséges okaira, és felvázolni néhány gondolatot arról, mit tehetünk annak érdekében, hogy a nagyobb méretű termékek, acélszerkezetek hegesztése területén is növekedjen a robotok száma [1].

2. Miért váltsunk gyártási módszert?

Annak érdekében, hogy egy cég igazolni tudja az automatizálásra fordított, sok esetben jelentős befektetést, a beruházásnak nyereséget kell hozni, és magas minőségi elvárásokat kell kielégíteni.

Ebből kifolyólag a gyártásban a robotosításának is ezeket a fő célokat kell szolgálni.

A következőkben áttekintjük, hogy melyek azok az alapvető tényezők, amelyek a nyereségességet és a minőséget meghatározzák a robotosítás szempontjából.

2.1. A nyereségességet befolyásoló tényezők

A robotos hegesztés nyereségessége főként a következőktől függ:

1. A konstrukció robotosított hegesztésre történő tervezésétől,
2. A programozási időszükségletétől,
3. Időegység alatti hegesztés mennyiségétől,
4. A beruházás értékétől.

2.1.1. Tervezés robothegesztésre

Az autógyártásban és egyéb sorozatgyártásoknál a költséghatékony termelés követelménye oda vezetett, hogy a termékek fejlesztését a szükséges gyártási eljárás-hoz, módszerhez is adaptálni kellett. Ökölzábraként elmondható, hogy a gyártási költségek mintegy 80%-a eldől a tervező asztalon.

Ez így van az acél- és gépszerkezetgyártásnál is, ahol talán még manapság sem vetődik fel sok esetben a tervezés során, hogy a szerkezet gyártása során az robotokkal is hegeszthető legyen.

Ha a műszaki és gyártó szakembereknek van lehetőségük már a termék tervezésébe is beleszólni annak érdekében, hogy a termék robottal jól hegeszthető legyen, akkor nagyon jó esély van a termék nyereséges gyártására.

Mindazonáltal sok esetben, mire a hegeszthetőség kerül terítékre, már eldöntötték a gyártmány kialakítását és anyagát, ami azt jelenti, hogy az automatizált gyártás nem fogja hozni az elvárt eredményt.

A tervezés során figyelembe veendő tényezők

- Kötéstípus
- Varratok elérhetősége, megközelíthetősége
- Beépülő alkatrészek összetettsége
- Megfelelő anyagminőség (mind az alapanyag, mind a hegesztőanyag tekintetében)
- Tervezőmérnökök oktatása a gyártási eljárások és robothegesztés vonatkozásában.

2.1.2. A programozási idő csökkentése

A programozási idő csökkentése alapvető követelmény a robothegesztés nyereségességének biztosítása érdekében. A hagyományos on-line betanításos programozási mód nagyméretű és kis darabszámban készülő alkatrészek hegesztésének robotosítását a legtöbb esetben gazdaságtalanná tenné a gyártási időhöz képesti túlzottan hosszú programozási idő miatt.

Az off-line programozási módszerek a programozás idejének legjelentősebb részét PC-re viszik át. A robotrendszert csak a program adaptációjának idejére kell bevonni a programozási műveletbe.

A szükséges programozási eszköztár folyamatos fejlesztés alatt áll, a különböző CAD-rendszerek egyre inkább beintegrálódnak az off-line programozói szoftverekbe.

A jelenleg járatos rendszerek használatához tapasztalt mérnökökre van szükség, ezért ezek használata viszonylag költséges. Ennek megfelelően szükséges az off-line programozói rendszerek használatát egyszerűsíteni, felhasználóbaráttá tenni, és a szoftvereknek a valóságos üzemi viszonyok modellezési pontosságát javítani.

Az is fontos, hogy az off-line programozói szoftver legyen képes a gyártó rendszer és a gyártás szimulációjára. A gyártás számítógépen történő szimulációja sok megtakarítást eredményezhet, ha a termék kialakítását és a gyártás funkcióit előre ellenőrizni tudjuk. A ciklusidő előre tanulmányozható, és előre lehet lépéseket tenni annak csökkentése érdekében, növelve ezzel a nyereségességet.

A Motoman már több, mint 10 éve rendelkezik saját fejlesztésű, egyszerű, Windows alapon működő szimulációs és off-line programozó szoftverrel. Ennek neve ROTSYS (Robot Off-line Teaching System Yaskawa) és nem csak hegesztésre, hanem más robotalkalmazásokhoz, pl. szerszámgép kiszolgálásra, palettázásra is használható.

További segítséget jelent, ha a szokásos robotot felszereljük varratkereső és követő rendszerekkel. Ezek segítségével, az off-line program és a valóság közötti eltéréseket a robot bizonyos határokon belül önműködően képes meghatározni és kikorrigálni automatikus kezdőpont-kereséssel és varratkövetéssel. Szenzorok alkalmazásával tehát a számítógépen megalkotott off-line program adaptációjának idejét csökkenthetjük számottevően. Megfelelő szenzortechnika alkalmazására nagyobb méretű szerkezetek robothegesztésénél nem csak e miatt, hanem a gyártási és pozicionálási pontatlanságok okozta eltérések kikompenzálásra céljából egyébként is többször szükség van.

A robottechnika fejlődésén belül ma az egyik legdinamikusabban fejlődő terület az off-line programozás. Az off-line rendszerek és a szenzortechnika fejlődésével a robotok gazdaságos alkalmazhatósági területe a nagy- és közép sorozatokról fokozatosan kiterjed a kis sorozatok és az egyedi gyártás felé. Ma már lejött az ideje annak, hogy szakítsunk azzal a képpel, miszerint a robotok gazdaságos alkalmazási területe kizárólag a nagysorozat és tömeggyártás.

2.1.3. Az időegység alatti hegesztés mennyisége

Nagyméretű munkadarabok esetén, ha az óránként lehegesztett varratömeg mennyiségére összpontosítunk, a nyereségesség jobban kimutatható.

Például, ha az Öresund híd project felső csomóponti szekcióinak hegesztését vizsgáljuk, a kézi hegesztéssel hegesztett hegesztőanyag mennyisége 1 kg volt óránként, ami robothegesztéssel 4 kg-ra növekedett. A robotrendszer egy 6 kg terhelhetőségű robotból állt, amelynek munkatartománya 9 m hosszú utazópályával, valamint kereszt- és magassági irányú utaztatással volt kiterjesztve a nagy munkadarab hegesztéséhez szükséges méretűre.

Nagy falvastagságú szerkezetek hegesztésénél, ahol többsoros varratokat kell hegeszteni a hegesztett varratok mennyisége nagyon nagy lehet viszonylag egyszerű programozás mellett. Ezt tovább segítik a szenzoros varratkövetést biztosító rendszerbe integrált többretegű varratok automatikus hegesztésére szolgáló programozási funkciók (pl. Motoman Comarc Multilayer).

A termelékenység tovább növelhető speciális eljárásváltozatok, mint nagysebességű MAG hegesztés, kéthuzalos eljárások, stb. alkalmazásával.

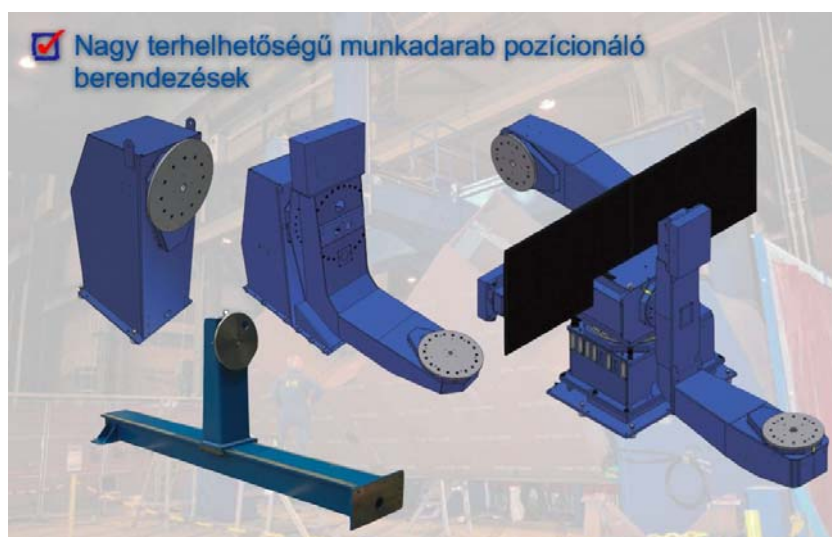
2.1.4. Beruházási költségek

A beruházási költség a gyártóüzem jellegétől függően változik, nehéz arra jellemző számadatot adni. A szükséges rendszer állhat egy egyszerű robotból és pozicionáló berendezésből, de lehet nagyméretű portál utazópályás robotrendszer, többtengelyes pozicionáló berendezéssel felszerelve. A hegesztendő munkadarab mérete és összetettsége szintén befolyásolhatja a rendszer kialakítását.

A Motoman fejlesztéseivel azon dolgozik, hogy nagyméretű termékek gyártásához olyan berendezéseket tudjon kínálni, amelyek alkalmazása gazdaságos és termelékeny. Ezekre mutat példát az. 1. és 2. ábra.



1. ábra Hegesztőrobot munkaterének kiterjesztése nagyméretű munkadarabok hegesztéséhez



2. ábra Nagyméretű munkadarabok manipulálására alkalma szervo pozicionálók

3. A minőség és a dokumentálási igény

A minőségi követelmények növekedése, és a minőség dokumentálásának igénye ugyancsak előmozdítják a robotosítás ügyét: a robot képes újra és újra ugyanazt a hegesztési minőséget hozni, ha a robot elé helyezett munkadarabok korrekten vannak előkészítve. Korszerű robotrendszerek képesek felügyelni és dokumentálni a teljes munkafolyamatot, bizonyítani, hogy a minőségi követelmények betartása a teljes folyamat alatt biztosított. Ezzel az emberi tényező hatása minimalizálható a teljes folyamatban.

Ennek gyakorlati megvalósításához alkalmas komplett rendszert ismertettünk korábbi írásunkban [2.]

Korábban azt, hogy a robotosítandó alkatrészeknek pontosnak kell lenni, bizonyos kritikával illették. Bár ez kétségtelenül igaz, nagyon fontos megérteni, hogy minden előkészített darabnak kellően pontosnak kell lennie ahhoz, hogy ki-
elégítsük a hegesztési specifikáció követelményeit, függetlenül a gyártási módtól. A kézi hegesztő ugyan kikorrigálja a munkadarab eltéréseit, ha az nincs túrésen belül, ez azonban végeredményben kedvezőtlen hatással van a termék általános minőségére.

4. Alkalmazási példák

Nagyméretű szerkezetek robothegesztésére a következőkben két példát ismertettünk röviden, hogy biztassuk a hazai szakembereket is: a rendelkezésre álló technikai lehetőség biztosítja a lehetőséget a robottechnika gazdaságos alkalmazásának ezen a területen is.

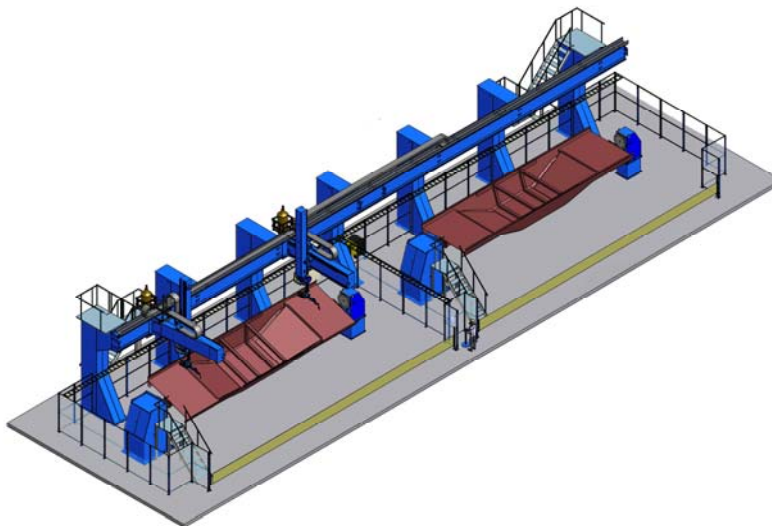
4.1 *Teherszállító vasúti kocsik gyártása*

Szén és vasércszállító tehervagonok gyártásának automatizálásával tették jelentősen gazdaságosabbá és könnyebbé a gyártást a Transwerk's Wagon Build gyárban Bloemfontein-ben, Dél-Afrikában [3.]. A cég korábbi 1,5 millió EUR értékű beruházását folytatta három további számítógép-vezérlésű utazópályás Motoman robotrendszerrel, melyekkel már ötre emelkedett robotrendszereik száma.

A 2007 közepén telepített 37, 5 m hosszú, 8 m széles és magas robotrendszer a legnagyobb robotrendszernek számít Dél-Hemisphere-ben. A rendszert a svédországi Motoman szállította 6 db 40 láb méretű konténerben Bloemfonteinbe, a telepítés és beüzemelés 1 hónapig tartott.



3. ábra A legutóbbi és legnagyobb Motoman hegesztő robotrendszer képe, mely a Wagon Build gyárban került telepítésre, Bleomfonteinben, Dél-Afrikában



4. ábra A Wagon Build gyárban telepített robotrendszer grafikus CAD megjelenítése szemlélteti a kétmunkahelyes felépítést, amely lehetővé teszi a folyamatos gyártást

A rendszer 20 szinkronizált szervo tengellyel rendelkezik. Ebből 2 vezérli a 20 tonna terhelhetőségű, támasztóval rendelkező forgató berendezés-párt. Ezek a forgató berendezések végzik a 7 tonna tömegű tehervagon alvázak 360°-os körben történő forgatását, miközben a hegesztést 2 db, utazópályára függesztett HP6, 6 tengelyes robot végzi. A robotok egyidejűleg két, egymástól függetlenül működő utazópályás rendszereken mozognak, melyek további 3 mozgási szabadságfokot jelentenek a robotok számára.

A tehervagon részegységek először fűzéssel kerülnek összeállításra. Az összefűzött alvázat ezt követően emelik be a robot egyik munkaállomásába, ahol a robot automatikusan végzi a hegesztést, miközben a másik munkaállomásban elvégezhető a következő darab cseréje. A hegesztés fogyóelektródás védőgázos hegesztéssel történik, a német SKS cég DCT technológiával működő impulzushegesztésre is alkalmas áramforrásával, Tough-Gun robot-hegesztőfejjel. A hegesztési varratok folyamatosan megbízható minőségét a rendszer magas szintű adaptívításával, varratkereső, varratkövető, és hegesztési folyamatellenőrző rendszer alkalmazásával biztosítja.

A Wagon Build cég évente 500 db vasúti teherkocsit gyárt nemzetközi piacra, de Dél-Afrika-szerte is több, mint 100 millió tonna árut szállítanak vasúton, köztük a világ leghosszabb vasúti szerelvényein. Sok teherkocsi egyedi tervezésű ezek közül, igazodva a felhasználók különleges igényeihez, a szénen és vasércen kívül üzemanyag, és cement szállítására is alkalmassá téve azokat.

A robotos gyártás fejlesztésének egyik fő célja volt, hogy a cég a világpiacon is versenyképes termékeket tudjon nyereségesen gyártani.

4.2. Az Öresund híd projekt

A Svédországot Dániával összekötő 7,8 km hosszú hidat közel 10 éve, 2000. július 1-jén adták át a forgalomnak [4.].



5. ábra Az Öresund híd építése.

A projekt különlegességét nem csak méretei, hanem a gyártásban már akkoriban alkalmazott robottechnika adta.

A kábelfüggesztésű hidat a svéd Kockums Karlskronaverken gyártotta, amelynek műhelyeiben a gyártás 1996-ban kezdődött.

A Kockums a Motoman céget választotta robotszállítónak és partnernek, és ennek a döntésnek több oka volt: Mindenekelőtt volt már hagyománya a Motomannal való együttműködésnek a cégnél, illetve a Motoman tudott testre szabott megoldás szállítani a feladathoz. Ehhez járult még hozzá, hogy a Motoman robothegesztési technológiájában rendelkezett a szükséges funkciókkal, például többretegű varratok automatikus hegesztése, és képes volt a projekt teljes időtartama alatt oktatást, megfelelő szakmai támogatást biztosítani.

A Kockums üzemében készültek a felső csomópontok, a vasúti hídpálya test elemei, rácsos tartószerkezetek, támaszok és keresztartók, amelyek képezték a kábelhíd 20 m hosszú szekcióit. A feladat megvalósításához több, mint 100 munkásra és három robotrendszerre volt szükség.

A Kockums már rendelkezett két MOTOMAN-K10 ERC vezérlésű ívhegesztő robotrendszerrel. Az egyik 24 m-es, a másik 6 méteres utazópályával rendelkezett,

mind a két rendszerben egy-egy kéttengelyes, támasztóval felszerelt pozicionáló berendezéssel. Ehhez vásárolt még a cég egy MOTOMAN- SK6 MRC vezérlésű, a 9.5 méteres portál utazópályás robotrendszert, egy darab 20 tonna terhelhetőségű, támasztóval ellátott szervo forgató berendezéssel. Ez a három robotrendszer dolgozott a projekt során 2 és 3 műszakban folyamatosan, csak rövid karbantartási szüneteket tartva.



6. ábra A MOTOMAN robotrendszere, 20 tonna terhelhetőségű pozicionáló berendezéssel

A robotrendszer adatai

Típus	Motoman SK-6, MRC vezérléssel
Funkciók	ComArc III varratkövető rendszer, automatikus többretegű hegesztési funkcióval, automatikus kezdőpontkereséssel
Portál utazópálya	Utazás x irányban= 9500 mm Utazás y irányban = 2500 mm Utazás z irányban = 2500 mm

A felső csomópont adatai:

Teljes hossz	7.5 m
Tömeg	12-19 tonna
Mennyiség	108 db
Hegesztőanyag	mintegy 60 tonna
Termelékenység	2 db/hét

Szoftver és programozás

Szimulációra és tesztelésre a Motoman ROTSYS off-line programozó szoftvere került felhasználásra. Ez a szoftver segítette a készülékezés tervezését és a pozícionáló berendezések elhelyezését is.

Az off-line modell adaptálása on-line betanításos módszerrel történt a varratok 90%-ánál, tekintettel arra, hogy a 108 db felső csomópontok egyike sem volt teljesen egyforma, az alapanyag fálvastagsága változott a különböző daraboknál. Ennek megfelelően szükséges volt a programozó személyzet folyamatos oktatása.

A függesztett híd project kétségtelenül sikeres volt, mind műszaki, mind gyakorlati szempontból. A határidőket napra pontosan tudták tartani, és a hibaarányt sikerült nagyon alacsonyra szorítani (kevesebb, mint 0,5%).

A projekt sikeréhez egyértelműen hozzájárult, hogy a gyártókat már az egész project kezdeti szakaszába is bevonták, ami pozitív hatással volt az egész kivitelezésre, és a gyártási költségekre.

Összefoglalás

Összeállításunkban igyekeztünk ráirányítani a figyelmet arra, hogy a robottechnika nem csak a nagysorozat és tömeggyártás, hanem az acél- és gépszerkezetgyártásra inkább jellemző kisebb sorozatok, sőt egyedi gyártás területén, és nagyméretű szerkezetek gyártásában is gazdaságosan alkalmazható. Ehhez a megfelelő technikai lehetőségek rendelkezésre állnak. A Motoman cég mindezekben túlmenően számos alkalmazással bizonyította szakmai felkészültségét is ezen a területen, melyek közül példaképpen kettőt mutattunk be. Korábbi írásunkban [5.] pedig hazai alkalmazásról is beszámoltunk, amelyhez a Motoman cég képviselőjében hazai fejlesztéssel is hozzájárultunk.

A szövegközi hivatkozásokat szögletes zárójellel jelöljük, pl. a cikk hivatkozik a szerző által megemlített publikációra [3].

Ha táblázat szerepel a cikkben, akkor az a következőképpen legyen:

Irodalomjegyzék

- [1] Michael Tranberg: Robotized Welding of Heavy Steel Products, Motoman Robotics AB 2002. Press release
- [2] Dr. Farkas Attila, Barabás Péter: 5 éve Magyarországon az SKS: ívhegesztő berendezések, kifejezetten robothegesztésre fejlesztve. Acélszerkezetek 2009/3. szám, 92-97. old.
- [3] Press release (Reg. No: 1079 (GN): Largest Gantry Robot System in The Southern Hemisphere. THE RIGHT IMAGE Ltd, 19.12.2007
- [4] Michael Tranberg: The High Bridge-project. Motoman Robotics Europe AB Press release July 2001
- [5] Barabás Péter Dr. Farkas Attila, Nagy Ferenc: Autódarugém merevítőlamelláinak robotos hegesztése a Pylon-94 Kft-nél. Acélszerkezetek 2009/2. szám, 86-89. old.