

# Robotosítás hatékony módszerei az acél- és gépszerkezetgyártásban

Dr. Farkas Attila  
Robottechnikai szakértő  
REHM Hegesztéstechnika Kft.  
Motoman Robotics Europe  
Magyarországi értékesítés és szerviz

## **Bevezetés**

A robotosított hegesztéssel leginkább az autóiparban, valamint egyéb nagysorozatú és tömeggyártásban találkozunk, ahol a hegesztendő alkatrészek viszonylag kisméretűek. Ezeknél 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.].

## **Miért váltunk 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, melyek a nyereségességet és a minőséget meghatározzák a robotosítás szempontjából

## **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.

### **1. Tervezés robothegesztésre**

Az autóiparban és egyéb sorozatgyártásoknál a költséghatékony termelés követelménye oda vezetett, hogy a termékek fejlesztését a szükséges gyártási eljáráshoz, módszerhez is adaptálni kellett. Ökölszabályként 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. 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 robotrendszer 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, felhasználó-barátabbá 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 rendelkezett saját fejlesztésű, egyszerű, Windows alapon működő szimulációs és off-line programozó szoftverrel. Ennek neve ROTSY (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 pozícionálási pontatlanságok okozta eltérések kikompenzálásra céljából egyébként is legtöbbször 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.

## 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, melynek 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 többrétegű varratok automatikus hegesztésére szolgáló programozási funkciók (pl. Motoman Comarc Multilayer).

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

#### 4. Beruházási költségek

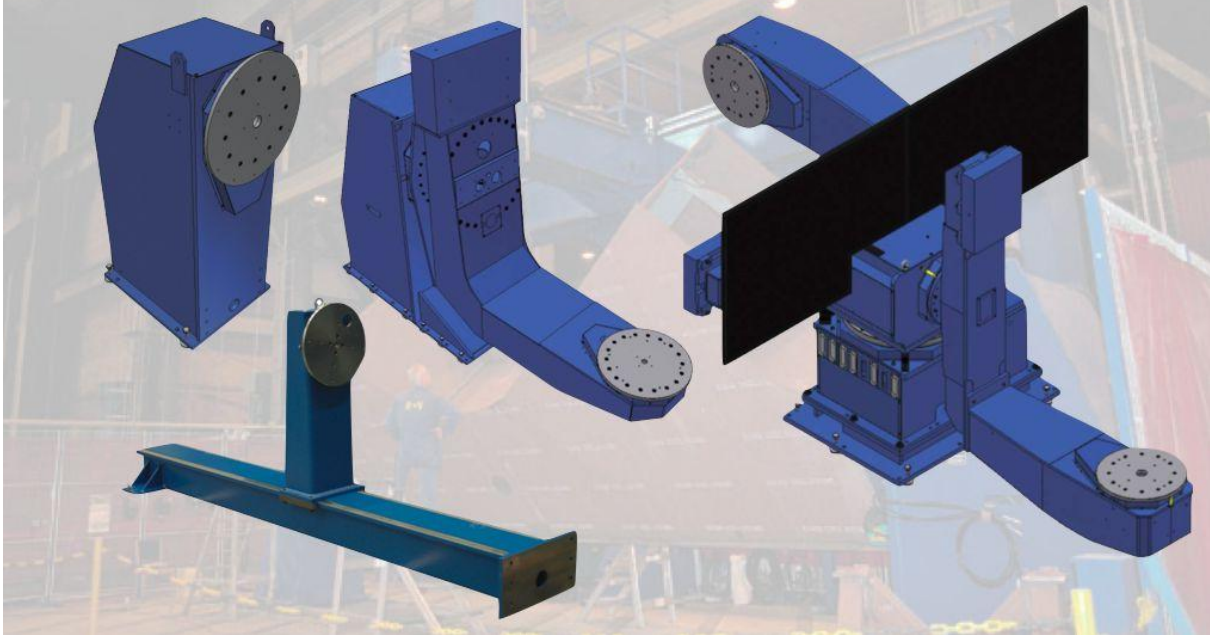
A beruházási költség a gyártóüzem jellegétől függően változik, nehéz arra jellemző szám adatot adni. A szükséges rendszer állhat egy egyszerű robotból és pozicionáló berendezésből, de lehet nagyméretű portál utazópályás robotrendszer, több tengelyes pozicionáló berendezéssel felszerelve. A hegesztendő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

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



1. ábra: hegesztőrobot munkaterének kiterjesztése nagyméretű munkadarabok hegesztéséhez

## Nagy terhelhetőségű munkadarab pozícionáló berendezések



2. ábra: Nagyméretű munkadarabok manipulálására alkalma servo pozícionálók

### **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 kielégítsük a hegesztési specifikáció követelményeit, függetlenül a gyártási módtól. A kézi hegesztő ugyan kikorrigálja a munkadarab eltéréseit, ha az nincs túréren belül, ez azonban végeredményben kedvezőtlen hatással van a termék általános minőségére.

### **Alkalmazási példák**

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

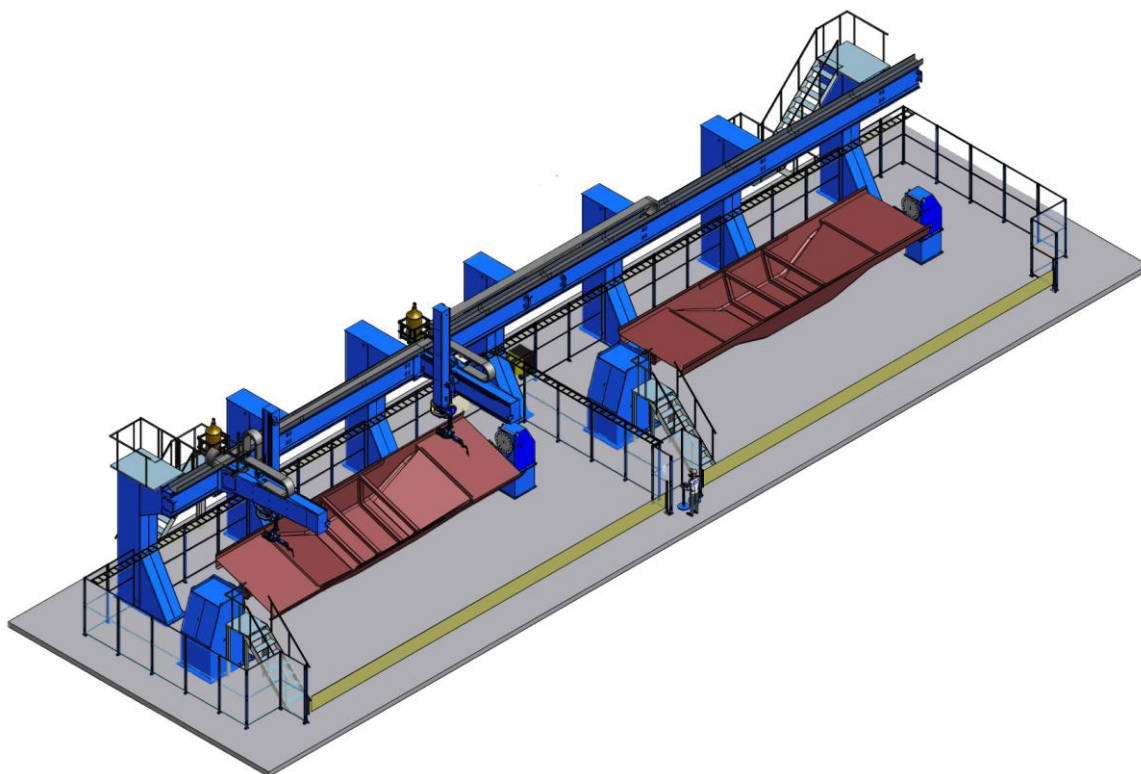
#### **Teherszállító vasúti kocsik gyártása**

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 Bloemfontein-be, a telepítés és beüzemelés 1 hónapig tartott.



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



*4. ábra: A Wagon Build gyárban telepített robotrendszer grafikus CAD megjelenítése szemlélteti a kétmunkahelyes felépítést, mely 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 adaptívásával, 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.

### **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, melynek 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 Motoman-nal 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, melyek 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 robot rendszer adatai

Típus	Motoman SK-6, MRC vezérléssel
Funkciók	ComArc III varratkövető rendszer, automatikus többrétegű hegesztési funkcióval, automatikus kezdőpont-kereséssel
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 pozicionáló 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 falvastagsága 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.

## Összegzés

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 mindezekén túlmenően számos alkalmazással bizonyította szakmai felkészültségét is ezen a területen, melyek közül példaképpen kettőt mutattunk be. Korábbi írásunkban [5.] pedig hazai alkalmazásról is beszámoltunk, melyhez a Motoman cég képviselőjében hazai fejlesztéssel is hozzájárultunk.

Irodalom:

- [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 p.92-97.
- [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 p.86-89.