

Duna-kavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2017. V. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

SZILÁDI GERGELY–BURKUS ERVIN–POGONYI TIBOR
FANUC ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot üzembe helyezése

MOCANASU EMESE BOGLÁRKA
Az operátorok moduláris oktatási rendszerének bevezetése, szolgáltatási minőség fejlesztése a Zero Defect-filozófia mentén az Infineon Technologies Cegléd Kft.-nél

KATONA JÓZSEF–KÖVÁRI ATTILA
A figyelem agy-számítógép segítségével történő vizsgálata



DunaKavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2017. V. évfolyam III. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Király Zoltán, Kukorelli Katalin, Palotás Béla,
Rajcsányi-Molnár Mónika, Szabó Csilla Marianna.

SZERKESZTŐSÉG

Ladányi Gábor (Műszaki)
Nagy Bálint (Informatika és matematika)
Szakács István (Gazdaság és társadalom)
Klucsik Gábor (technikai szerkesztő)

Felelős szerkesztő Németh István
Tördelés Duma Attila

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója
Felelős kiadó Dr. habil András István, rektor

A lap megjelenését támogatta TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0051
„Tudományos eredmények elismerése és disszeminációja
a Dunaújvárosi Főiskolán”.

<http://dunakavics.uniduna.hu>

ISSN 2064-5007

Tartalom

SZILÁDI GERGELY–BURKUS ERVIN–POGONYI TIBOR

FANUC ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot üzembe helyezése

5

MOCANASU EMESE BOGLÁRKA

***Az operátorok moduláris oktatási rendszerének bevezetése,
szolgáltatási minőség fejlesztése a Zero Defect-filozófia mentén
az Infineon Technologies Cegléd Kft.-nél***

19

KATONA JÓZSEF–KÖVÁRI ATTILA

A figyelem agy-számítógép segítségével történő vizsgálata

35

Galéria

(Sóti István fotói)

52

FANUC ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot üzembe helyezése

Összefoglalás: A feladat része volt a robot minden funkciójának részletes megismerése, illetve tananyag összeállítása. Emellett elkészítettük a robot használati utasításának magyar nyelvű változatát is.

A hegesztéshez szükséges áramforrás és vezérlőegység is ismeretlen volt, ezért felvettük a kapcsolatot az illetékes személyekkel és biztosítottuk, hogy a robot a gyakorlatban is megfelelően tudjon hegeszteni.

Kulcsszavak: robot, használati utasítás, áramforrás, vezérlőegység.

Abstract: Part of the task was to learn about all the details of the robot's functions, and compile some study material. In addition, we also prepared the Hungarian version of the User's Manual for the robot.

The power source needed for welding and the control unit were unknown, so we contacted the responsible people and made sure the robot would be able to weld properly in practice.

Keywords: Robot, User Manual, power source, control unit.

* Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: sziladi.gergely.istvan@gmail.com

** Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: burkus@uniduna.hu

*** Dunaújvárosi Egyetem
Informatikai Intézet
E-mail: pogonyit@uniduna.hu

Bevezetés

A Dunaújvárosi Főiskola Műszaki Intézetének felkérésére egy FANUC ArcMate 120iC/10L típusú ívhegesztő robotot kellett üzembe helyezni. A robot működésképtelen állapotban volt, mivel évek óta nem végeztek el rajta a kötelező karbantartási műveleteket. Kamerákat használó biztonsági rendszere a berendezés telepítése során nem lett jól beállítva, ezért meg kellett ismerni annak bekötését és ki kellett javítani a hibáit. Mivel a robot kalibrációs memóriája törlődött, így újra el kellett végezni a kalibrációs beállításokat.

[1] FANUC Europe Corporation S.A. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/>

[2] FANUC Robocut. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Wep site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robocut>

[3] FANUC Robodrill. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robodrill>

[4] FANUC Roboshot. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A.: <http://www.fanuc.eu/uk/en/roboshot>

[5] FANUC Robot Categories. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-range-page>

Az elvégzett munka eredményeként mostantól aktív kutatási munkát lehet végezni a robottal, valamint felhasználható oktatási és demonstrációs célokra.

FANUC vállalat bemutatása

A FANUC vállalatot hivatalosan 1958-ban alapították. Alapítója, Dr. Inaba Szejuemon az elsők között már korábban, 1956-ban kidolgozta az NC (Numerical Controller) ötletét. Ezt követte az első elektromos impulzusokat használó motor megvalósítása, amelyhez a korábbi numerikus vezérlő koncepcióját megvalósítva beprogramozott egy vezérlőegységet, amelyet beépítettek egy szerszámgépbe. Az azóta eltelt évtizedek alatt egy szerszámgép automatizált vezérlésétől Dr. Inaba és a FANUC csapata eljutott a gyártósorok szintjén megvalósított automatizáláshoz. Több, az ipart forradalmasító eszközt fejlesztettek ki, például a '70-es, '80-as években debütált Robocut (Huzalszikra forgácsoló), Robodrill (Fúró- és marógép), és Roboshot (Fröccsöntő robot) szériát. [1][2][3] A jelenlegi, legnagyobb FANUC-komplexum – amely a Fuji hegység lábánál fekszik Japánban – legtöbb gyáregysége saját gyártású robotokat használ ahol csak lehetséges, emellett a fejlesztési központjaik igyekeznek újabb és újabb eszközökkel előállni, hogy kiszolgálhassák az ügyfeleiket szerte a világban, így Európában is. A vállalat megalapítása óta eltelt közel 60 év alatt több mint 2,4 millió CNC-vezérlőjével és 250 000 robotjával a FANUC a világ egyik legelső cége a gyártásautomatizálás terén. [4][5]

FANUC TERMÉKCSOPORTOK

Az alábbi fejezetben röviden áttekintjük a FANUC által manapság gyártott eszközöket, azok főbb jellemzőit – úgymint méret, terhelhetőség, egyéb működési paraméterek –, valamint használati körét. Megemlítésre kerül az ArcMate-sorozat is, amelyet a következő fejezetben részletesebben áttekinthetünk, majd pedig konkrét példákon megismerhetjük a robottal kapcsolatos tudnivalókat.

A jelenleg egyetlen típussal rendelkező ún. *kollaboratív robotok* feladat-körébe tartozik a munkadarabok, szerszámok és alapanyagok mozgatása 35

kg-os teherbírásig. Érintés- és nyomaték-szenzorokkal felszereltek, amelyek egy érintés hatására is megállítják a kart. Emellett felszerelhető vizuális érzékelővel is, amellyel szerszámokat is meg tud különböztetni.

A *csuklós (articulated)* változatok kis- és közepes helyigényű robotok a típustól függően akár 6 irányított csuklóval, 700 kg-os terhelhetőséggel és több, mint 4600 mm-es karkinyúlási értékkel rendelkezhetnek. Általános célú robotok, melyek raklapozó, anyagmozgató, csomagoló és egyéb feladatokat is könnyedén elláthatnak a szerszámok függvényében.

A *delta kialakítású* sorozat tagjai kisméretű, maximum 12 kg teherbírású, 3–6 tengelyes robotok, amelyek ideálisak aprólékos, illetve nagy sebességű műveletek elvégzésére. Egyszerre több szerszámot és kis méretű munkadarabot képesek mozgatni nagy fokú precizitással. Használja őket a gyógyszeripartól kezdve az élelmiszer iparon át elektronikai iparág is.

A *raklapozó* sorozat legerősebbjei 700 kg-ig terhelhetőek, és több, mint 3 m-es karkinyúlásukkal nagy munkaterületen dolgozhatnak. Viszont kis helyigényűek – köszönhetően a vékony kar és csuklókialakításoknak – és nagy sebességgel képesek mozogni, így ideálisak nagyüzemi körülmények közt is.

Az *ívhegesztő* robotok a sokféle hegesztési eljárás alkalmazására tervezett sorozat, amelyben a legnagyobb robottípus is maximum 20 kg-os terhet bír el, többmint 2 m-es kinyúlás mellett. A robot mozgatásáért maximum 6 irányított csukló felel. Azonban rengeteg opcionális feladatot elvégezhetnek a robotok, legyen szó ívhegesztésről, lézeres hegesztésről avagy vágó feladatokról. A szériához tartozó ArcMate 120iC/10L, az általunk üzembe helyezett ívhegesztő robotkar, amely a következő fejezetben bemutatásra is kerül.

A *mennyezetre, falra szerelhető* robotokkal hasznos terület takarítható meg más robotok és folyamatok számára. A legerősebb ilyen típusú robot akár 200 kg-ot is felel, 2 m-es karkinyúlással. Kiváló mozgatási feladatokra és más robotok kiszolgálására. Egyszerre akár több gépet is kiszolgál, ha a sínre szerelt változatot használják.

A kifejezetten *festési és bevonatkezelési* feladatokra tervezett robotok alkotják az utolsó termékcsoporthoz, amelyeket a minimális energiafelhasználás szellemében fejlesztettek. Ezt a törekvést az alumíniumból kialakított robotkar kisebb tömege is segíti. Emellett üregek karral látták el, amelyben a feladattól és szerszámtól függően elhelyezhetőek a vezetékek és adagolók. Hagyományos és veszélyes környezetben működő változat is készül belőle [6][7].

[6] FANUC Robots Brochure. (2015): Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Robots: http://www.fanuc.eu/~media/files/pdf/products/robots/robots-overview/brochure_robot-overview_2015_en.pdf

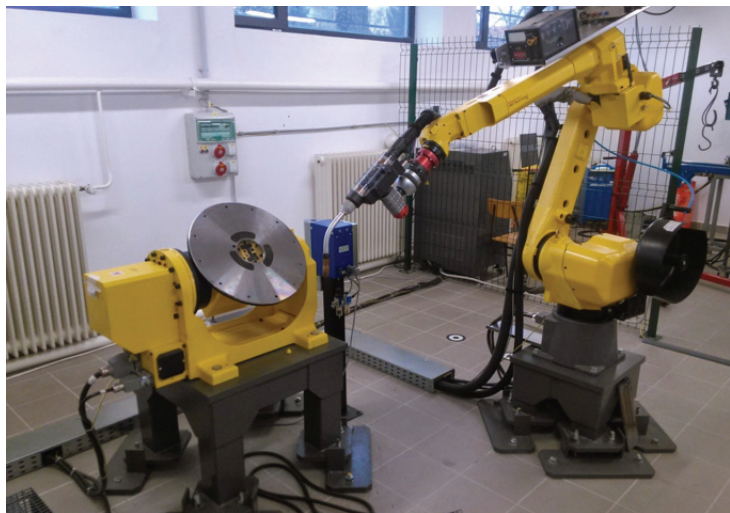
[7] FANUC's history. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 5. forrás: FANUC Europe Corporation S.A. Web site: <http://www.fanuc.eu/hu/hu/magunkr%C3%B3l/fanuc-history>

ArcMate 120iC/10L robot bemutatása

A FANUC vállalat sokféle problémára kínál megoldást az ipar valamennyi területén, legyen szó gyors munkavégzésről, aprólékos szerelési feladatról, avagy nagy tömegű és méretű anyagok mozgásáról. Nem véletlen, hogy a hegesztési munkákat is nagyban megkönnyíti a cég által tervezett és gyártott ArcMate sorozat. Többféle konstrukcióban kaphatunk hegesztőrobotokat, így érdemes részletesen tájékozódni, hogy a vállalkozásunk számára mely termék a leginkább megfelelő.

Az üzembe helyezendő robot az *1. ábra* jobb oldalán látható. Ennek funkcionalitását kiegészíti egy munkapad is, amely két szabadságfokkal rendelkezik, tehát forgatható és dönthető.

1. ábra. ArcMate 120iC/10L hegesztőrobot és a hozzá tartozó munkapad (saját illusztráció).



BIZTONSÁGI MEGOLDÁSOK

A továbbiakban áttekintjük a robot környezetét, milyen minimális, a biztonságot érintő feltételeknek kellett teljesülni ahhoz, hogy a műhelyben álló robotkar üzemkész és biztonságos legyen.

A robot mozgását figyelő és befolyásoló eszközök

A robotkar mozgását több berendezés és szenzor figyeli, amelyek szükség esetén be is avatkoznak annak működésébe. A robot minden tengelyénél és szervomotorjában érzékelők találhatók, amelyek mérik a gyorsulást és a karokra ható nyomaték nagyságát. Amint az érzékelők a beállított értéknél nagyobb nyomatékot érzékelnek, a vezérlőegység azonnal leállítja a robot mozgását. Ilyen eset akkor fordul elő, ha a robotkar nekiütközik valaminek vagy valakinek, illetve amikor a robotkar nekifeszül egy objektumnak és az akadály miatt a szervomotorok a határérték feletti erővel akarják elmozdítani a robotot.

Robot operációs területe és biztonsági berendezései

Ezek közül az első a robotot és annak működési területét határoló kerítés, amely elsősorban fizikailag hivatott megakadályozni azt, hogy baleset történjen. Abban az esetben, ha kinyitjuk az ajtót, a vezérlő az ajtón elhelyezett érzékelő jelzése alapján leállítja a munkafolyamatot. Ugyanez érvényes akkor is, ha a robot nekiütközik a kerítésnek. Ez esetben a korábban már ismertetett nyomatékérzékelők jelzése miatt szakad meg a munka.

A másik, a működési területet ellenőrző rendszer egy több kamerából álló érzékelő egység, amelyet jó rálátással kell elhelyezni a munkaterületre, hogy megfelelően működhessen. A kamerák által közvetített kép egy vezérlőegységhez fut be, amely különálló egységet alkot a robot vezérlőjétől, de kapcsolatban van vele. A kamera képét a rendszer a padlóra ragasztott jelzések, viszonyítási pontok alapján figyeli. Ha bármilyen oknál fogva a jelzések által meghatározott területre tévedne valaki, akkor a robot vezérlőegységéhez vészjelzés fut be, amely leállítja a működését.

A ROBOT VEZÉRLŐEGYSÉGEI

A robotnak két különálló, de egymással kapcsolatban álló vezérlőegysége van [8]. A fő vezérlőegység irányítja a robot működését, kezeli az analóg és digitális be- és kimeneteket, emellett felügyeli a robot állapotát és vészjelzés esetén – amely származhat a nyomaték szenzoroktól, a kamerától vagy bármely vészleállító és megszakító

[8] FANUC's Roboguide Simulator. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. október 6. forrás: FANUC America Corporation Web site: <http://robot.fanucamerica.com/products/vision-software/roboguide-simulation-software.aspx>

[9] FANUC's Robot Controllers. (2015): (FANUC) Letöltés dátuma: 2015. 10. 6. forrás: FANUC Europe Corporation Web site: <http://www.fanuc.eu/hu/en/robots/accessories/controller-r-30ib>

gombtól – meg is állítja annak működését. Mindemellett bizonyos idő után áramtalanítja a robot szervomotorjait, így is spórolva az energiafelhasználással. Ezen az egységen található egy vészkapcsoló, a hibajelzések megszüntetéséért felelős „Reset”, egy „Cycle Start” gomb, valamint egy, a robot működési módját szabályzó, kulccsal fordítható kapcsoló. A vezérlőn lent, jobb oldalt pedig az egység főkapcsolója található. Ehhez a „központi” vezérlőhöz kapcsolódik egy kézi terminál is, amelyet kábelen csatlakoztathatunk a fő egységhez. Ezen a hordozható terminálon található gombok segítségével teljes értékű munkát tudunk végezni (mozgathatjuk, új programot írhatunk rá, hegeszthetünk vele), azonban van egy hátránya az irányítási és programozási módszernek. Ez az úgynevezett online programozás, amikor is a robotot közvetlen a terminálról irányítjuk, ezáltal viszont nem végezheti a munkáját, csak azután, miután a beállítások módosítása vagy a programozás megtörtént.

A másik lehetőség az offline programozás, amikor is számítógépen történik a robot beállítása a szimulációs környezet segítségével. A RoboGuide szimulációs környezet [9] a FANUC által tervezett robotok és ezekhez kiegészítők, szerszámok, valamint munkadarabok modelljét tartalmazza, így könnyedén elsajátítható benne az adott típusú eszköz használata anélkül, hogy a valódi robotra szükség lenne.

Robot üzembe helyezése

Bekapcsolás után, a kézi terminálon látható, ahogy az operációs rendszer betöltődik és ellenőrzi a csatlakoztatott eszközök állapotát, majd elindítja a grafikus kijelzőt a terminálon. Ha minden megfelelően működik, akkor csak a „Deadman Switch Released” figyelmeztetés jelenik meg.

Azonban, a korábban már ismertett biztonsági berendezések túlzott hatékonysága problémát okozott. Ismert volt, hogyan kell bekapcsolni a rendszert, minek kell történnie és a szimulációs környezetben futtatott tesztekben pedig a vezérlés is egyszerű feladatnak bizonyult.

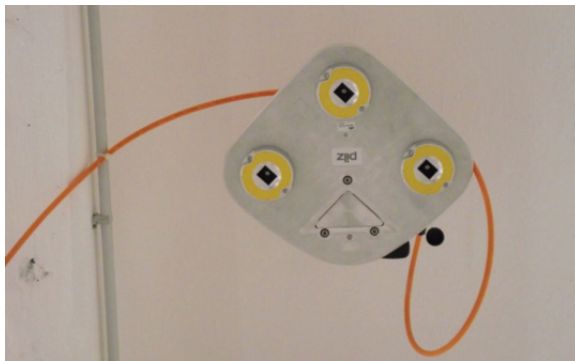
A kézi vezérlő hibát jelzett mivel a kamerás biztonsági rendszer (2. ábra) túlságosan érzékeny volt.

A probléma megoldásaként elkezdtünk a kamera beállításainak módosításával is foglalkozni, de annak érdekében, hogy folytathassuk magának a robotnak az üzembe helyezését, a kamera vezérlőjétől érkező hibajeleket ideiglenesen kiiktattuk.

Miután a kamerától jövő hiba megszűnt, egy újabb probléma lépett fel. A robot csupán manuális tengelymozgatásra volt képes. Bármely más módon történő mozgatási kísérlet, a „Robot not calibrated!” figyelmeztetést eredményezte.

Hosszas utánajárással kiderült, hogy a robot az inkrementális enkóderei által mért pozícióját áramtalanítás után egy klasszikus elemekkel táplált felejtő (volatile) memóriában tárolja. Ezeket az elemeket a karbantartói leírás szerint évente kell cserélni, és mivel a robot több éve nem volt karbantartva, ezért az elemek érthetően lemerültek, a robot pedig elvesztette a referencia adatait.

2. ábra. Kamerás biztonsági rendszer megfigyelőegysége (saját illusztráció).



Az elemek cseréje után még nem oldódott meg minden probléma, hiszen a tárolt pozíciós adatok elvesztek, ezért el kellett végezni a robot kalibrációját. Ennek lépései közt szerepelt a robotkar alaphelyzetbe történő pozicionálása (3. és 4. ábra). A feladat sikeres végrehajtása után, a robot koordinátarendszerét is helyreállítottuk, minek következtében a rendszer üzemkész állapotba került.

3. ábra. Kalibrációs folyamatok előkészületei (saját illusztráció).



Jó példa védelmi rendszerre az első kalibrációs és mozgatási utasítások tesztje, amikor is a robotot korlátozott, maximum 250 mm/sec-es sebességgel mozgattuk, majd ugyanazt a mozgatsort korlátozások nélkül is lefuttattuk. Az eredmény az lett, hogy a mozgatsor számos részénél a robotkarba épített nyomatékszenzorok túl nagy erőhatást érzékeltek és megszakították az éppen futó programot.

Apró lépésekben sikerült azt a sebességet kiválasztani, melynél a védelmi mechanizmus még nem kapcsol be. Ám ezzel sem volt tökéletes a művelet. A tengelyek különböző tengelyforgási sebességgel rendelkeznek. Mivel az általunk használt programba táplált mozgatsor leginkább a J4–J6 tengelyeket érintette, így a probléma az utolsó mozgulatoknál, azaz a robot „nyugalmi” pozícióba történő mozgatasakor jelentkezett.

A J2 és J3 tengelyek mentén a karok együttesen olyan sebességgel mozdultak egymás felé, hogy a pozícióban történő megálláskor a robotvezérlő rögtön letiltotta a működést. Pedig mindössze annyi történt, hogy a robot a kívánt pozícióban állt meg, csak túl nagy sebességről lassult le túl rövid idő alatt. A védelmi leállítási akkor is megtörténik, ha a robot ütközés vagy akadály miatt nem tud tovább mozogni – egy kisebb rántásnak megfelelő erőhatás is elegendő ehhez.

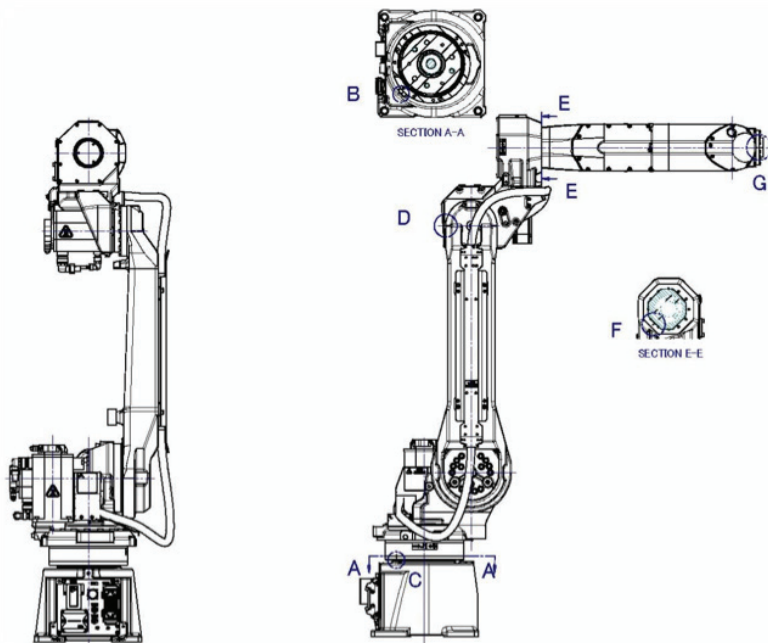
Éppen ezért fontos, mindig ügyelni a robot mozgási sebességének beállítására, különösen kalibrációkor, vagy amikor az operátor a robot közelében tartózkodik.

KALIBRÁCIÓS FOLYAMATOK

A felhasználó által végzett szerszám (TOOL) és felhasználó (USER) koordináta-rendszerek kalibrációs folyamata alapvetően abból áll, hogy a szerszám végpontját egy többlépéses folyamat során a vezérlőegység eltárolja és ennek a pontnak a koordinátáit mintegy hozzáadja a robotkar végpontjának koordinátáihoz. Mivel a szerszám-végpontot nagyon pontosan a referenciaponthoz lehet igazítani, így a kalibráció után lehetséges a robot használata.

Esetünkben azonban további lépések voltak szükségesek, hiszen a koordináta-rendszerekre vonatkozó adatok elvesztek. Mivel a robot ezekből az adatokból tudja, hogy hol helyezkedik el a végpontja, ezen információk nélkül a vezérlő nem engedheti, hogy megmozduljon, nehogy balesetet okozzon. Szükséges volt a robot saját, ún. WORLD koordináta-rendszerét is helyreállítani, mivel a vezérlő minden megadott pontot ebben a rendszerben tárol.

4. ábra. Robotkar pozíciójának rajza az alap koordináta-rendszer kalibrálásához (FANUC Gépkönyv).



[10] Palotás Béla (2003): Hegesztési paraméterek számítása hegesztő robotokhoz. *Gépgyártás. XLIII.* 4–5. 34–45.

A rekálbráció első lépéséhez a robot által használt alapvető (WORLD) koordinátarendszerhez tartozó kalibrációs pozíció (4. ábra) beállítása szükséges. Ez az ún. ZERO POSITION MASTERING folyamat. Ennek elvégzésével a pozicionálás nem lesz tökéletes, mivel szemmértékre kell hagyatkozni, ezt azonban segítik a karon és a tengelyeken elhelyezett jelzések, amelyekkel viszonylag pontosan beállíthatóak a csuklók a saját 0°-os szögpozíciójukba.

Ezzel a lépéssel a robot vezérlőegysége beállítja a koordinátarendszerének origóját és tengelyeit. A folyamat után a koordinátarendszer X tengelye abban az irányban lesz, amerre a robotkar „néz”, Y tengelye a kartól balkéz szerinti irányban lesz beállítva, a Z tengelyt pedig a függőleges irány határozza meg. A robot 4. ábrán látható pozícióba állítása ismételt többletmunkát igényelt. A munkaterületet határoló kerítést a kalibráció idejére szét kellett bontani, mivel a hegesztőpisztoly már nem fért el a kerítésen belül.

A legpontosabb beállításhoz továbbá szükséges az ún. QUICK MASTERING eljárás is, amellyel a vezérlő korrigálja a koordinátarendszer minimális elcsúszását is. A folyamat során a robotkarba épített szervomotorok enkódereinek szögpozícióját rögzíti a rendszer a szervó-indexek, azaz 0 pontokhoz viszonyítva. Ezt az adatot a rendszer akkor is meg tudja határozni, ha minden korábbi információ elveszett, így tökéletes arra, hogy a legpontosabban korrigálja a ZERO POSITION MASTERING által beállított WORLD rendszert.

A fenti folyamatok végrehajtása után már el lehetett végezni a szerszám kalibrációt, amely esetünkben az ívhegesztőpisztoly végpontjának koordinátáit illetve annak orientációját rögzítette.

Hegesztési lehetőségek, paraméterek és utasítások

Ahhoz, hogy tényleges munkát lehessen végezni a robottal, a mellé telepített SKS Hegesztő vezérlő és áramforrás szükséges. A vezérlő egységbe be kell táplálni a következő, a hegesztés minőségét meghatározó paramétereket:

- az áramerősséget (I),
- a feszültséget (V),
- az alkalmazott védőgáz fajtáját (100% Ar, 82% Ar + 18% CO₂),
- a gáz áramlási sebességét,
- és a huzal-előtolási sebességet. [10]

A paraméterek beállítása után már csak a megfelelő mozgás, varratminta, illetve a hegesztésssebesség beprogramozása szükséges. Az áramforrás és a Q80-as vezérlőegységnek köszönhetően a robot többféle hegesztési eljárásváltozatot képes alkalmazni. Ezek a következők:

- MIG/MAG – (Inert / Aktív) Huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés,
- AWI/TIG – Argon védőgázos wolframelektrodás ívhegesztés (nem leolvadó elektródával, külön huzal-adagolással),
- I – Puls – Impulzushegesztési eljárás, amelynél az áramerősséget a vezérlő automatikusan szabályozza.

Ezen típusok mellett a vezérlőegység és az áramforrás az SKS által kifejlesztett szabadalom eljárásokat is képes alkalmazni. Ezen eljárások az ún. Micro MIG – alacsony hőbevitelű hegesztés, vékony lemezek esetében –, illetve a KF-Puls.

A KF-puls egy impulzushegesztési eljárásváltozat, amelynek legnagyobb előnye a varratkészítéshez használt igen rövid, de stabil hegesztő ív, amellyel jó résáthidaló képességet ér el a rendszer, illetve jelentősen csökken a hegesztés során a fröcskölés mértéke.

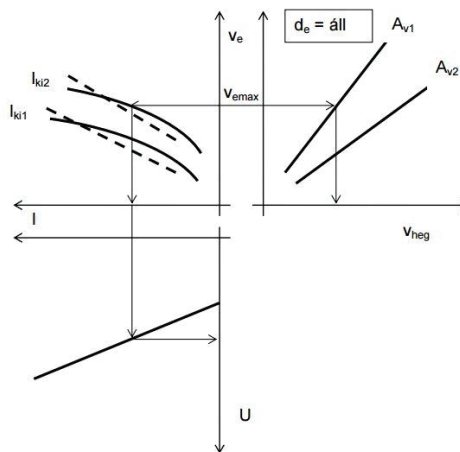
Érdemes tudni a hegesztési folyamatokról, hogy azok szinergikus módon működnek, azaz egy adott paraméter segítségével meghatározhatjuk az össze többi. Ez a huzalelőtolási sebesség, amelynek a többi paraméterrel való összefüggését a 5. ábra mutatja be.

A paraméterek összefüggését leíró egyenlet $V_e A_d \eta_{ki} = V_{\text{heg}} A_{le} C$, ahol:

- V_e - Huzalelőtolási sebesség [m/min]
- A_d - Hegesztő huzal fémes keresztmetszete [mm²]
- η_{ki} - fröcskölési veszteséget figyelembe vevő határfok [%]
- V_{heg} - Hegesztési sebesség [mm/min]
- A_{le} - Leolvasztott keresztmetszet [mm²]
- C - Konstans

[11] Pogonyi Tibor
(2015): *MAG és
KF-Pulse ívhegesztő
eljárás-változatok
össze-hasonlítása*.
Letöltés dátuma:
2015. 10. 6.
forrás: innoteka.
hu: http://www.innoteka.hu/cikk/mag_es_kf_pulse_ivhegeszto_eljaras_valtozatok_ossze_hasonlitas.1236.html

5. ábra. Hegesztési paraméterek és azok összefüggései. [11]



Látható, hogy több paraméter pontos megadása szükséges ahhoz, hogy megfelelő varratot lehessen készíteni a munka során. Ehhez azonban nem elég a SKS-vezérlőegységet beállítani. Megfelelően kell programozni a robotot is a mozgási forma, sebesség, pisztolytartási szög és egyéb kiegészítő paraméterek tekintetében. A jó varrat készítéshez megfelelően kell kiválasztani a védőgázt (ami a levegő káros hatásaitól védi a hegfürdőt, illetve az ívgyújtásban is szerepet játszik), valamint a megfelelő sebességet a pisztolytartási szöggel együtt (ezekkel meggátolható a porozitás jelensége). A robotkar programjában lehetőség van a varrat mintájának és az ahhoz tartozó paraméterek megadására is, így a hegesztés során az adott követelményeknek megfelelő varrat készíthető el.

A hegesztési folyamatot az SKS vezérlőegysége irányítja, amely a robot számára paramétereket továbbít a megfelelő interfészen keresztül. Ezt az információs csatornát azonban a hegesztést lefolytató programban is be kell állítani.

HEGESZTÉSI TESZTEK, EREDMÉNYEK

Az üzembe helyezéssel kapcsolatos problémák és a robot mozgási tesztjei után már csak a hegesztés maradt hátra. Az SKS Q80-as vezérlőn megadtuk a szükséges paramétereket a hegeszteni kívánt anyag és a hegesztés sebességének függvényében, eközben a védőgáz vezetéket is csatlakoztattuk a robotra és az elektródát is bevezettük az a huzalelőtoló berendezésbe. Ezután egy acéllemezt rögzítettünk a munkapadra, majd megkezdtuk a robot programozását, végül pedig a hegesztési folyamatot.

A kísérletek után kapott eredmények alapján a hegesztési paramétereken még finomítani kellett, miszerint szórt ívű hegesztéshez szükséges paraméterek megadása után a hegesztőáram nem érte el a szórt ívű tartományban szereplő áramerősség értékét ($I < 320 \text{ A}$). Még két tesztet végeztünk hasonlóképpen, melyek után megállapíthattuk, hogy a munkadarab földelése nem volt megfelelő, hiába volt rögzítve rendesen a kábel.

Valószínűleg a munkapaddal történő érintkezése miatt lett a varrat nem megfelelő. Miután újra rögzítettük a földelést biztosító vezetéket, valamint ellenőriztük magát a védőgázkeveréket is, ismét elvégeztük a tesztet. Ez már eredményesnek bizonyult, a robot megfelelően, jóval kisebb fröcskölés mellett készítette el a MAG hegesztési eljárással a varratot.

Ezt követően egy vékonyabb lemezen teszteltük az SKS szabadalmát, a KF-Puls impulzusívű eljárás-változatot is, ennek eredményét a 6. ábra mutatja.

6. ábra. KF-Puls impulzushegesztési eljárással készített sarokvarrat (saját illusztráció).



Az eljárás rövid impulzusok segítségével készíti a varratot, emellett a fröcskölés mértékét is jelentősen csökkenti, ahogy azt mi is tapasztaltuk. A második teszt után még pontosabban be tudtuk állítani a vezérlőegységet, valamint a robotot is, amely – ha minimálisan is – de képes szabályozni a hegesztési ív erősségét, így erre is külön figyelmet fordítottunk a konfigurálásnál.

Ezzel le is zártuk a hegesztési teszteket. A további finomhangolása a rendszernek folyamatosan, a hegesztési munka típusától függően történik, azonban a tesztek után kijelenthettük, hogy a rendszer teljes egészében üzemkész és munkára alkalmas.

Az ismertetett paraméterek és utasítások alapján egyszerűbb munkafolyamatok már elvégezhetőek. A teljes körű tudás elsajátításához azonban összetettebb ismeretekkel kell rendelkezni a robot programozását és az SKS vezérlőbeállítását illetően.

Összefoglalás

A cikkben leírtak jól mutatják az ipari robotok és azok üzemeltetésével kapcsolatos teendők sokszínűségét, egyben összetettségét is. Ennek ellenére sikeresen vettük az előttünk álló akadályokat és elértük a projekt elején kitűzött célokat. Először is, működésre bírtuk a robotot a kamerarendszer helyreállításával. Ezután a robot memóriaegységének hibáját korrigáltuk, majd megtörtént a robot újrakalibrálása is. Legvégül a hegesztésért felelős rendszer beállítását végeztük el.

Összességében elmondható, hogy a kitűzött célokat teljesítettük és teljes mértékben üzemkész állapotba helyeztük a robotot valamint annak vezérlőegységeit. Az elvégzett hegesztési próbák jó eredményt produkáltak.