

Hegesztőrobot-rendszerek biztonságtechnikája

Dr. Farkas Attila

Rehm Hegesztéstechnika Kft. fa@rehm.hu

Absztrakt: A hegesztőrobot-rendszerek biztonsági rendszereinek vonatkozó előírások szerinti tervezése és kialakítása a robotrendszer gyártójának feladata és felelőssége. A biztonsági rendszerek megfelelő használata, működőképességének fenntartása a rendszer üzemeltetőjének felelőssége. Korszerű biztonságtechnikai rendszermegoldások ismertetésén túl felhívjuk a figyelmet a robotrendszert működtető személyzet rendszeres képzésének fontosságára.

Kulcsszavak: robottechnika, robotosított hegesztés, biztonságtechnika, képzés

1. Bevezetés

A robottechnika terjedése és fejlődése által a hegesztésben is létrejövő korszerű robottechnikai megoldásokhoz a technika biztonságos üzemeltetésének feltételeit is hozzá kell igazítani. Ezt segítik elő a vonatkozó biztonsági előírások korszerűsödése, és az azokkal összhangban lévő újszerű biztonságtechnikai megoldások alkalmazása. A hegesztőrobot rendszerekre vonatkozó biztonságtechnikai előírások rendszerező áttekintésével, egy konkrét újszerű biztonságtechnikai megoldás bemutatásával, valamint a kapcsolódó képzés szükségességére való rámutatással szeretnénk a szakemberek figyelmét a terület fontosságára felhívni.

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni Jan-Ingmar Rosenblad úr (Motoman Robotics Europe AB) és Terék Gábor úr (Rehm Hegesztéstechnika Kft.) számára, akik az anyaggyűjtésben nagy segítségemre voltak.

2. Hegesztőrobot rendszerek biztonságtechnikájának összetevői

Ismereteink szerint kifejezetten hegesztő robotokra vonatkozó biztonsági előírások komplexen nem találhatóak a szakirodalomban. Ezért hegesztőrobot rendszerek esetén a biztonság szempontjából a következő két terület integrálásával lehet a kérdést kezelni:

2.1 A robotosított hegesztő eljárásra vonatkozó biztonsági előírások, amelyeket a technikai kialakítás és utasítások szempontjából értelemszerűen kell alkalmazni az eljárás gépesített, robotosított jellegéből adódó sajátosságokat.

2.2. Kifejezetten a robotrendszerre vonatkozó előírások.

2.1. A robotosított hegesztő eljáráshoz kötődő biztonsági előírások alkalmazása

A robotosított hegesztő eljárástól függően kell felszerelni a robotrendszert különböző védőeszközökkel.

Az IFR (Nemzetközi robotszövetség) osztályba sorolása szerint a hegesztőrobotokat (160) az alábbi csoportokra bontja:

- Ívhegesztés (161)
- Ellenállás ponthegesztés (162)
- Gázhegesztés (163)
- Lézerhegesztés (164)
- Egyéb hegesztőrobotok (169)

A hegesztési alkalmazásokon belül meghatározó az ellenállás ponthegesztő (55%), és az ívhegesztő robotok (39%) számaránya [1.]. A következőkben ezért ennek a két eljárásnak a robotosítására koncentrálnunk.

Az **ellenállás ponthegesztés** robotosítása esetén a hegesztő eljárás sajátosságai szempontjából elsősorban a véletlenszerűen kifröccsenő anyag ellen kell védeni a környezetben dolgozókat. Ezt szolgálhatja teli lemezelt biztonsági fallal körülvett robotrendszer, vagy biztonsági rácskerítés esetén a rácskerítésre felfüggesztett, az előírásoknak megfelelő, akár szintelen átlátszó függöny is. A hegesztés során fel szabaduló füst elszívásáról is gondoskodni kell.

Az eljárás jó gépesíthetősége és robotosíthatósága miatt ugyancsak elterjedten alkalmazott hegesztő eljárás a **MIG/MAG (fogyóelektródás védőgáz ívhegesztés** – 131, 135). Az eljárás sajátosságaiból adódóan ebben az esetben elsődlegesen a hegesztő ív és a hegesztési füst káros hatásaitól kell védeni a dolgozókat, annak ellenére, hogy a dolgozók a robothegesztés esetén nem tartózkodnak a hegesztés közvetlen közelében úgy, mint az eljárás kézi változatánál.

Az ívfény elleni védelmet egyrészt a robotcella biztonsági kerítésének megfelelő kialakításával (teli lemezelt, vagy biztonsági védőrács, ívhegesztési célra alkalmas védőfüggönnyel felszerelve), másrészt a robotcella kiszolgálási oldalán, rendszerint mobil ívfényvédelemmel oldható meg. A mobil fényvédelem megoldására a rendszer kialakításának függvényében a következő megoldásokat szokásos alkalmazni:

- Pozícionáló berendezésre szerelt fényvédő fal, amely együtt fordul el a kétmunkahelyes pozícionáló berendezéssel, és a kiszolgálási oldalt munkapozícióban elválasztja a belső tértől, ahol a robot hegeszt.
- Biztonsági ajtó, amely a fényvédelmet is szolgálja
- Automata fényvédő függöny
- Kézzel elhúzzható fényvédő függöny

A hegesztési füst elszívásáról hegesztőrobotok esetében is megfelelő elszívó, szűrő rendszerek alkalmazásával kell gondoskodni, melynek kiválasztása a hegesztő eljárás, és a robotrendszer kialakításának függvényében kerül sor.

Az elszívó-szűrő berendezés lehet a kézi munkahelyekhez szokásosan alkalmazott központi elszívó-szűrő berendezés, amelynek teljesítményét a szívóernyő nagyságához kialakításához kell méretezni. A robotoknál alkalmazott elszívás jellege is meghatározza a berendezés típusát:

A hegesztőfejre, vagy közvetlenül mellé szerelt, vagy a hegesztőfejjel egybeintegrált elszívást nagyvákuumú berendezéssel valósítjuk meg. Ezt az elszívási módszer leginkább nagyméretű szerkezetek robothegesztésénél fordul elő. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ennek hatékonysága sok esetben viszonylag csekély, mert a varrat környezetéből a hegesztés után is jelentős füst szabadulhat fel, melyet az attól már eltávolodott hegesztőfejre szerelt szívófej már nem képes elszívni. Továbbá a hegesztőfejre szerelt szívófejek, ernyők általában rontják a hegesztőfej munkadarabhoz történő hozzáférési tulajdonságait.

A hegesztőrobot fölé felszerelt szívóernyők a hatékony és gazdaságos elszívás érdekében többnyire résszívással működnek. Az ernyő elhelyezése, nagysága és kialakítása függ a robotrendszer elrendezésétől, felépítésétől (füstképzősére hol lehet számítani). Az elszívó berendezés indítása és megállítása célszerűen automatikus. Többmunkahelyes esetben a megfelelő ernyő elszívásának aktiválását a robotrendszer vezérlésével el lehet látni. Nagyméretű portál utazópályás robotrendszerek esetén a szívóernyőt célszerű a robottal együtt utaztatni.

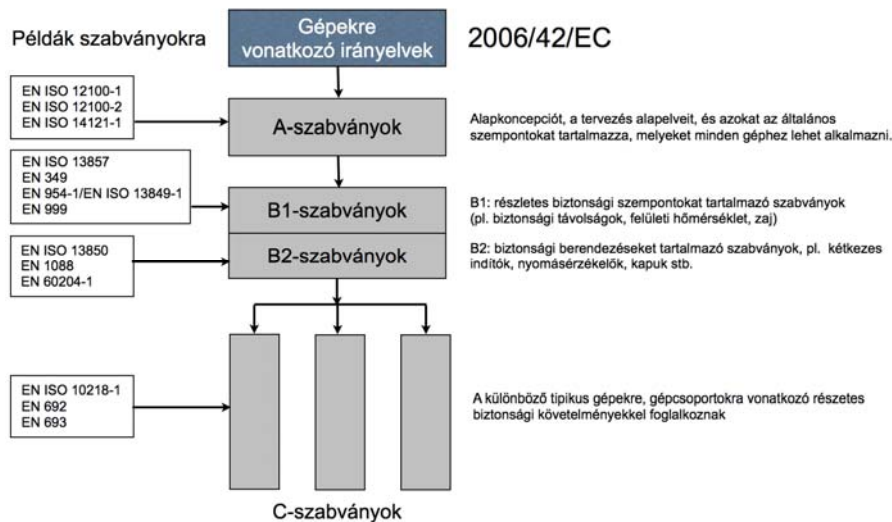
2.2. Kifejezetten a robotrendszerre vonatkozó előírások.

A robotrendszerekre vonatkozó előírások részletes ismertetésére jelen publikációban terjedelmi okokból nincs lehetőség, azonban hasznosnak tartjuk áttekinteni a vonatkozó szabványok és előírások rendszerét, illetve a teljesség igénye nélkül felhívjuk a figyelmet néhány olyan változásra, mely a 2009. december 29-én életbe lépett új gépdirektíva kapcsán aktuális.

A biztonsági előírások szempontjából a robotokra általánosságban és elsősorban a **2009. december 29-től érvényes 2006/42/EK** [2.] gépekre vonatkozó **új irányelve érvényes**, a 2006/42/EK IV. mellékletében felsorolt gépek kivételével. Az új irányelv kettős célja harmonizálni a gépekkel kapcsolatos egészségre és biztonságra vonatkozó előírásokat, az egészségvédelem és biztonság legmagasabb szintjén, biztosítva a gépek szabad forgalmát az Európai Unió tagállamain belül [3.]. A kapcsolatos aktuális harmonizált szabványok áttekintésére javasoljuk [4.] és [5.] tanulmányozását. Figyelembe kell venni természetesen, hogy a harmonizált szabványok korszerűsítése jelenleg is folyamatban van.

Az európai szabványosítási munkával párhuzamosan az ISO-ban is folyik a biztonsági szabványok harmonizálása. Ennek következményeképpen az átdolgozásra kerülő ezzel kapcsolatos szabványok száma is változik. Példának említhetjük éppen az ipari robotokra vonatkozó harmonizált szabványt is: A korábban érvényes „MSZ EN 775:1999 Ipari robotok. Biztonság” c. szabványt felváltotta a MSZ EN ISO 10218-1:2009 – „Robotok ipari környezetéhez. Biztonsági követelmények 1. rész” c. szabvány.

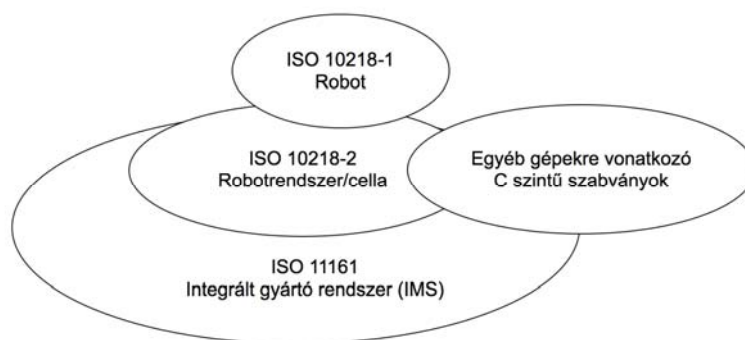
A harmonizált szabványok adnak útmutatást ahhoz, hogy hogyan kell az általános gépdirektíva követelményeinek eleget tenni. A harmonizált szabványok és a gépdirektíva kapcsolatát az 1. ábra szemlélteti [6.].



1. ábra A 2006/42/EC gépdirektíva és a harmonizált szabványok kapcsolata

Kifejezetten ipari robotok, illetve robotrendszerek biztonságtechnikájával foglalkozó szabványt tehát a C-szintű harmonizált szabványok között találunk, de természetesen ezekre a felsőbb szintű szabványok vonatkozó előírásai ugyanúgy érvényesek, amelyeket robotrendszerek építése, üzemeltetése során figyelembe kell venni.

Lépést tartava a technika fejlődésével a robotrendszerekre vonatkozó szabványok jelenleg is átdolgozás alatt állnak. A robotrendszerek tekintetében elsődlegesen figyelembe veendő, gépekkel foglalkozó harmonizált szabványok kapcsolatát a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra A robotrendszerekkel / cellákkal foglalkozó C-szintű harmonizált szabványok kapcsolata

Az ISO 10218-1:2006 határozza meg az ipari robotok használatára vonatkozó követelményeket és előírásokat a biztonságos kialakítás, a biztonsági intézkedések és információk tekintetében. Leírja a robotokkal kapcsolatos alapvető veszélyforrásokat, és követelményeket fogalmaz meg, melyek betartása ezekből a veszélyforrásokból adódó kockázatot megfelelően csökkentik.

Az ISO/DIS 10218-2:2010(E) szabványtervezet robotrendszerek telepítésével, rendszerintegrációval foglalkozik [7.], amely korszerű és új elemek lesz a robotrendszerekkel kapcsolatos harmonizált szabványoknak.

A következőkben a teljesség igénye nélkül szeretnénk a figyelmet ráirányítani közvetlenül az új gépdirektívában található néhány olyan újdonságra, amely hegesztő robotrendszerek esetén is jelentősebb változást hoztak az ideai évtől. A régi és az új direktíva részletes összehasonlításának tanulmányozására ajánljuk az irodalomjegyzék [8.] pontjában szereplő kiadványt.

A gépek forgalomba hozataláról és üzembe helyezéséről a 2006/42/EK irányelv 5 cikk a) – f) pontja rögzíti a vonatkozó előírásokat.

Az 2006/42/EK irányelv I. mellékletében, mely az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények alapelveit tartalmazza gépek tervezéséhez és gyártásához, a 2. pontjában írja elő a melléklet 1.1.2 (A biztonság beépítésének alapelvei) pontja, 1.7.3.(A gép jelölése) pontja és 1.7.4. (Használati utasítás) pontjában leírtak kötelező alkalmazását.

Az új irányelv 1.7.4. pontja a megelőzőhöz képest sokkal részletesebben és konkrétan foglalkozik a dokumentációval: többek között egyértelműen előírja, hogy a berendezéssel együtt az Európai Unió tagországain belül a használati utasítást azon a nyelven kell átadni, mely tagországban a berendezés forgalomba hozatalra, beüzemelésre kerül. Ezen túlmenően az előírás tartalmazza, hogy a fordítással együtt át kell adni az eredeti nyelven írt használati utasítást is, amelyen fel

kell tüntetni, hogy „eredeti használati utasítás” a fordításon pedig feltüntetendő, hogy az „az eredeti használati utasítás fordítása” felirat.

Az 1.7.4.2. pont részletesen foglalkozik a berendezéssel átadandó dokumentáció tartalmi követelményeivel. Ezek közül változás például, hogy a korábbi gyakorlattal ellentétben nem szükséges eredeti aláírással ellátott (CE) gyártói megfelelőségi nyilatkozat, hanem elegendő másolat is, és abban nem kell szerepelnie az adott berendezés gyári számának.

A **(CE) megfelelőségi nyilatkozat 2A és 2B** dokumentációjának tartalmában szintén jelentős változások figyelhetők meg:

A megfelelőségi nyilatkozat **2A** dokumentációjában hivatkozni kell minden alkalmazott harmonizált és nem harmonizált szabványt.

Ugyancsak erre vonatkozik, hogy az LDV 2006/95/EC előírásai az új, gépekre vonatkozó irányelvekben kötelezően szerepel, és azt a 2A dokumentumban már nem kell részletezni. (l. 2006/42/EK irányelv I. melléklet 1.5.1 pont). Az egyéb vonatkozó előírásokat viszont szerepeltetni kell (pl. EMC), figyelembe véve, hogy az LDV 73/23/EEC előírásait az LDV 2006/95/EC váltotta fel.

A 2B dokumentum jelenleg érvényes elnevezése: „részben teljes gép beépítésére vonatkozó nyilatkozat” (*szorz. ford.*), amelyben egy mondatban részletezni kell, hogy a nyilatkozat mely irányelv követelményeit elégíti ki. (l. II. melléklet 1.B.4. pont). Ez a megfelelőségi nyilatkozat vonatkozik például a rendszerbe építendő ipari robotokra, ha az külön (és nem komplett rendszer részeként) kerül forgalomba hozatalra.

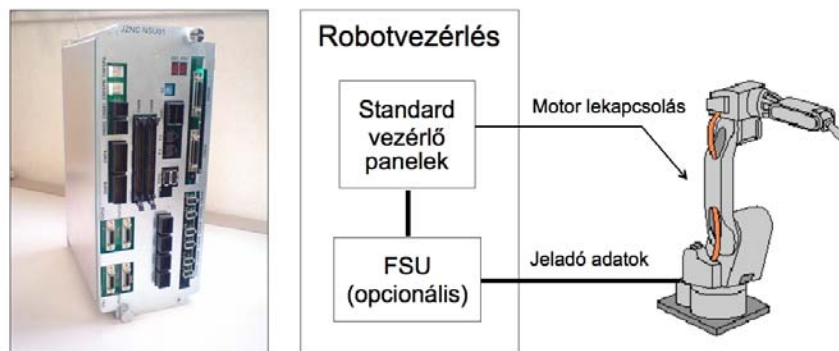
További új elem az új LDV 2006/95/EC irányelveiben, hogy a **kockázatelemzésre** tesz nagy hangsúlyt. (LDV 2006/95/EC I. melléklet 1.1.2. pont) Az új Európai Uniósi direktíva kockázatelemzést és gépértékelést ír elő. Mindez a gyakorlatban azt jelenti, hogy 2010. elejétől bármely új gépet csak ezen irányelvek szerint lehet megtervezni és megépíteni, a felhasználók pedig ezek alapján veszik át az új berendezéseket (l. [9.]-ban is). Újdonság az új irányelvekben, hogy a **kockázat értékelést a gép teljes élettartamára** - beleértve a szállítást, telepítést és szétszerelést is – figyelembe kell venni (LDV 2006/95/EC I. melléklet 1.3.1. és 1.7.4.2.o. pont)

Az 2006/42/EK irányelv VII. melléklete foglalkozik a berendezés **komplett műszaki dokumentációjával**, melynek az Unió tagországainak legalább egyik hivatalos nyelvén kell készülni (kivéve 1.7.4.2-ban leírtakat), melyben egyik fő változás a korábbiakhoz képest, hogy abban a **kockázatelemzési dokumentációnak is szerepelnie kell.**

3. Korszerű biztonságtechnikai megoldások ívhegesztő robotrendszerekhez

A robotika technikai fejlődésével egyidejűleg összhangban a robotok biztonsági rendszerei sokat korszerűsödtek az utóbbi években. Öröndetes tény, hogy a technikai fejlődéssel viszonylag jól lépést tartva korszerűsödnek a vonatkozó biztonsági előírások is, megengedve újszerű technikai megoldások gyakorlati bevezetését. A hagyományosnak tekinthető biztonsági elkerítések, fénykapuk, biztonság ajtók mellett ugyanis olyan újdonságok is megjelentek az utóbbi időben, amelyek technikai és gazdaságossági előnyöket is jelentenek a robotrendszereket üzemeltetők számára. Erre szeretnénk példaként röviden bemutatni a Yaskawa-Motoman FSU (Functional Safety Unit) Funkcionális Biztonsági Vezérlőegységét [10].

Az FSU rendszer működésének lényege, hogy folyamatosan figyeli a robot helyzetét és a tengelyek sebességét a robottengely-jeladók értékeinek feldolgozásával (3. ábra).



3. ábra Az FSU rendszer működése

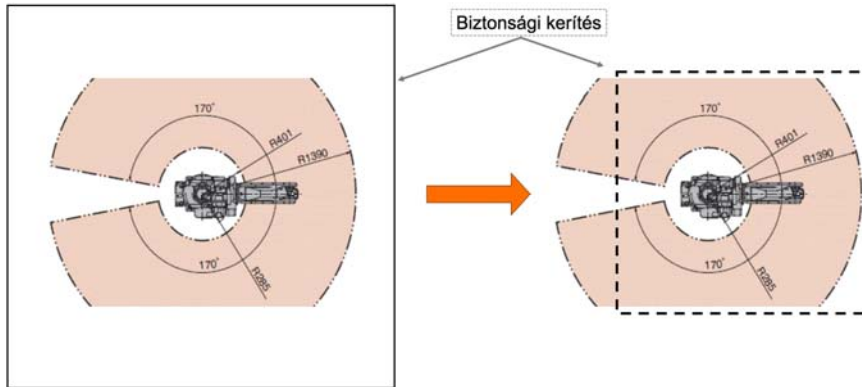
Ezzel az opcionális vezérlőegységgel a következő funkciók valósíthatók meg:

- Tengelyhatár ellenőrzési funkció
- Tiltott tér ellenőrzési funkció
- Biztonsági sebesség ellenőrzési funkció
- Megállított helyzet ellenőrzési funkció

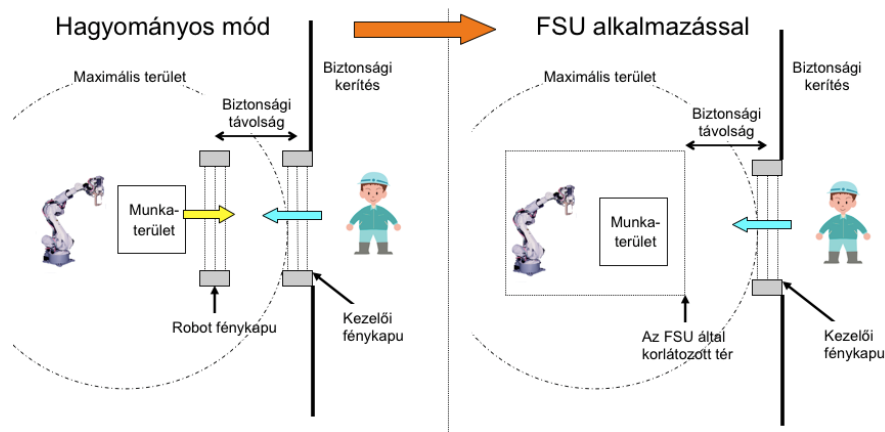
Az FSU rendszer használatának főbb előnyei:

- A robotcella méretének csökkentésével csökkenthető a termelőterület nagysága (4. ábra). Kizárólag a hagyományos biztonsági rácskerítés alkalmazásával az előírások szerint a kerítésnek kívül elhelyezkednie a robot teljes munkaterén. Az FSU munkatér lehatárolási funkcióval a biztonsági rácskerítés közelebb helyezhető el a robothoz, ezáltal kisebb lesz a robotcella által elfoglalt terület.

- Kevesebb biztonsági berendezést kell a rendszerbe építeni. Az 5. ábrán látható példa szerint a belső fénykapu elhagyható, ami csökkenti a biztonsági rendszer árát, egyszerűsíti a rendszer felépítését.



4. ábra Robotcella területének csökkentése FSU vezérlés alkalmazásával



5. ábra Példa: nem kell belső fénykapu az FSU vezérlés alkalmazásával

4. A képzés szerepe a robotrendszerek biztonságtechnikájában

Legyenek akár a legkorszerűbb biztonsági eszközökkel is ellátva robotrendszerek, ez nem csökkenti, hanem inkább növeli a képzés jelentőségét a robotok üzemeltetésben. A szükséges képzés nagyon sokrétű, és függ a célcsoporttól is. Robotbiztonsággal kapcsolatos képzésre szüksége van

A gyártói oldalán a rendszerépítés szempontjából minden olyan vállalkozásnak, melyek az általuk tervezett, kivitelezett rendszerekbe ipari robotokat építenek be.

Számukra elengedhetetlenek az ezzel kapcsolatos biztonsági előírások, szabványok ismerete.

A felhasználói oldalon az üzemi biztonságtechnikai, munkavédelmi kérdésekkel foglalkozó kollégáknak tisztában kell lennie a robotokra vonatkozó speciális előírásokkal is, amelyeket érvényesíteni tudnak a dolgozók megfelelő képzésében és a beruházások átvételénél. Sajnos a magyarországi gyakorlatban találkozunk jelentős hiányosságokkal, és időnként túlzott elvárásokkal is. Mindkét probléma alapvető oka az előírásokra vonatkozó a naprakész az ismeretek hiánya.

A robotrendszerek biztonságos üzemeltetése szempontjából azonban nem csak a szigorúan véve biztonságtechnikai ismeretek elsajátítása és naprakészen tartása fontos. Legalább ilyen fontos a robotrendszer működtetésére vonatkozó megfelelő ismeretanyag elsajátítása és szinten tartása. Ehhez azonban először is átgondoltan, a képességek figyelembe vételével is, meg kell határozni a kompetencia szinteket, és azokat az üzemeltetés során szigorúan be kell tartani. Ezt követően az egyes kompetencia szinteknek megfelelő rendszeres technikai képzést, szintentartó képzést kell szervezni. Ebből a szempontból a robotprogramozóknak kell a legmagasabb szintű és naprakész ismeretekkel rendelkezni, mert ők vannak a robotrendszerek üzemeltetése során általában a legnagyobb potenciális veszélyhelyzetnek kitéve. A programozási ismeretek felszínen tartása külön szintentartó képzés nélkül csak olyan esetekben lehetséges, mikor a robotprogramozók többé-kevésbé folyamatosan tudnak robotprogramozással foglalkozni. Erre a magyarországi gyakorlatban viszonylag kevés példa van.

Megfelelő képzéssel a dolgozókat fel lehet készíteni az esetlegesen és váratlanul fellépő üzemzavarok szakszerű kezelésére. Ennek hatására a dolgozók technika kezelésével kapcsolatos biztonságérzete növekszik, és üzemzavarok esetén sem esnek pánikba, mely általában a pillanatnyi rossz döntések alapja. Ezzel nem csak a baleseti veszély, hanem az anyagi károk bekövetkezésének esélye, és a kieső idő is jelentősen csökkenthető. Ez tehát a cégek alapvető gazdasági érdekeit is szolgálja.

Összefoglalás

A hegesztőrobot rendszerek biztonságtechnikájával kapcsolatos témáról a következő területek áttekintésével adtunk összefoglalást.

- Bemutattuk, hogy a vonatkozó előírásokat a robotosítandó eljáráshoz, és magához a robotrendszerekhez kapcsolódó előírások figyelembe vételével kell betartani.
- Ismertettük a robotrendszerekre vonatkozó biztonsági szabványok rendszerét, felhívtuk a figyelmet a nemrégiben életbe lépett új gépdirektíva néhány újdonságára.
- A robottechnikában alkalmazott biztonsági rendszerek fejlődésére példaképpen bemutattunk egy olyan újszerű megoldást, amely hegesz-

tő robotrendszerek kialakításához is nyújt technikai-gazdasági előnyöket.

- Felhívtuk a figyelmet a robottechnikához kötődő képzés és rendszeres színtentartó oktatás fontosságára, áttekintve az oktatás legfontosabb célcsoportjait.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Farkas Attila: A hegesztés gépesítése, automatizálása. Hegesztés és rokon technológiák kézikönyv – 3.8.3 fejezet p. 373. Dr. Szunyogh László főszerk. GTE Bp. 2007
- [2] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2006/42/EK IRÁNYELVE (2006. május 17.) a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról L154/24-86
- [3] Ian Fraser: Guide to Application of the Machinery Directive 2006/42/EC 1st Edition December 2009
- [4] Commission Communication in the Framework of the Implementation of the Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council on machinery, and amending Directive 95/16/EC Official Journal of the European Union C321/18 29.12.2009
- [5] Commission Communication in the Framework of the Implementation of Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery, and amending Directive 95/16/EC (recast) Official Journal of the European Union 18.12.2009 C309/29-65
- [6] Directives and Standards – Jokab Safety 2009
- [7] ISO/DIS 10218: Robots and Robotic Devices – Safety Requirements – Part 2: Industrial Robot System and Integration – Final draft, ISO 2010
- [8] Ulrich Bamberg, Stefano Boy: The New Machinery Directive – Kommission Arbeitsutz und Normung Brussels/Sankt Augustin, May 2008
- [9] Kékvilág – FESTO 2009.3 p. 2-7
- [10] Yaskawa Electric Corporation Robotics Division: Functional Safety Unit Overview presentation Sep. 8. 2008