

## Amit a robotokról tudni érdemes

Ha valaki új autót akar vásárolni, gyakran szakértőt visz magával, hogy ne csak a szín és a belső kényelem befolyásolja a választást. Ha egy fröccsöntő üzem robottal akarja korszerűsíteni termelését, ugyancsak nehéz eligazodnia a széles választékban. Jó, ha ismeri a robotok alaptípusait és azt, hogy melyik fajta milyen feladathoz való, ill. melyek a különböző típusok előnyei és hátrányai. A gyártók folyamatos fejlesztéseit is nehéz, de nem lehetetlen követni. Az iparág a tavalyi K'2013 kiállításon is sok újdonsággal képviseltette magát.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; automatizálás; robotok; kiegészítő műveletek.*

Robotok alkalmazása a fröccsöntő üzemekben ma teljesen megszokott jelenség. A különböző gyártóktól származó robotok szabványos csatlakozók (Euromap 12, 18 vagy 67 interfész) segítségével mechanikusan és villamosan könnyen összekapcsolhatók a fröccsgépekkel, és rövid idő alatt üzembe helyezhetők. A fröccsgépgyártók és a rendszerintegrátorok kínálatában ún. robotcellák is vannak a szerszámba helyezéshez, kiemeléshez vagy más feladatok ellátásához. Ezek megvásárlásával a fröccsöntő üzem megtakarítja a robot beüzemeltetését és anyagilag is jobban jár.

Ha a fröccsgépnek és a robotnak saját vezérlőrendszere van, a kettő programozásának összehangolását szakemberre kell bízni, ami időigényes feladat. A fröccsgépgyártók a vezérlőrendszerek gyártóival ezért arra törekszenek, hogy a robotok vezérlését integrálják a gépek vezérlésébe, ami sokkal egyszerűbbé tenné a gyártórendszerek kezelését, és kis gyártási tételek automatikus gyártása is gazdaságosabb lenne.

A robot kiválasztása előtt alaposan át kell gondolni, hogy milyen feladatot akarnak vele elvégeztetni. Ezért mindenekelőtt azt kell tudni, hogy a különböző típusú robotok mire képesek, és ezen belül a robotgyártók milyen trükkökkel próbálják megkönnyíteni a műanyag-feldolgozók munkáját.

### A robotok alaptípusai

#### *Robotok a fröccsöntéshez*

A 3-tengelyű lineáris robotok a fröccsöntés automatizálásának „igáslovai”. Ezeket állványos vagy kartézián-robotoknak is nevezik (mert tengelyeik a Descartes-féle XYZ koordináta-rendszerben mozognak). Viszonylag egyszerű szerkezetek és bármilyen ipari eljárásban alkalmazhatók. Három derékszögű irányban, egyenes pályán ké-

pések elmozdulni. A függőleges Z tengely teszi lehetővé a két szerszámfél közötti függőleges irányú mozgást. A vízszintes Y tengely a Z tengelyen fel-le mozogva határozza meg a robot tevékenységének magasságát. Az ugyancsak vízszintes X tengely a gépre merőleges irányban, az Y tengelyen vízszintesen mozog, ez a kar tud benyúlni a szerszámtérbe és onnan kihozni a kész darabot. Egy jellegzetes háromtengelyes lineáris robot képe az 1. ábrán látható. A kartézian robotok lehetnek 3- vagy 5-tengelyűek, jellemző rájuk, hogy nagyon gyorsak, rendszerint magára a fröccsgépre szerelik fel őket, és olcsóbbak, mint a hattengelyes robotok.



1. ábra Jellegzetes háromtengelyű lineáris robot



2. ábra Egy SCARA robot képe

Még olcsóbbak az oldalról benyúló, Z tengely nélküli lineáris robotok, amelyek semmi másra nem használhatók, mint a termék gyors kivételére a szerszámból.

Ha az üzemnek sűrűn ismétlődő ciklusokban csupán a darabot a szerszámból megbízhatóan és gyorsan kiemelő szerkezetre van szüksége, a 3-tengelyű lineáris robot az ideális megoldás.

Ha a robotnak ennél több feladatot szánunk, pl. a szerszámtérben vagy a gépen kívül valamilyen kiegészítő műveletet is el kell végeznie, érdemes elgondolkodni egy bonyolultabb felépítésű 3-, 5- vagy 6-tengelyű robot beszerzésén.

Ilyen lehet pl. egy ún. SCARA robot (2. ábra). A SCARA betűszó, a selective compliance assembly robot arm vagy a selective compliance articulated robot arm (szelektív feladatok elvégzésére kialakított robotkar, ill. szelektív feladatok elvégzésére kialakított artikulált – tagolt, csuklós – robotkar) kezdőbetűiből. Ennek Z tengelye merev, X és Y tengelyébe egy vagy két csuklót építenek. Az egycsuklós karral be lehet nyúlni egy üregbe, a kétcsuklós (tagolt) tengely pedig már az emberi kar egy síkban végzett mozgásaihoz hasonló mozgásra is képes.

Vannak olyan 3-tengelyű robotok, amelyek csuklóit pneumatikusan mozgatják. Ezek  $0 \rightarrow 90^\circ$  (R1) vagy  $0 \rightarrow 180^\circ$  (R2) típusú elfordulásra is képesek köztes fokozat nélkül. Attól függően, hogy a fröccsöntést milyen mértékben automatizálják – pl. ha ennek része az adagolás, a sorjátlanítás, a hegesztés, a dekorálás stb. – a 3-tengelyű robotok kiegészítése pneumatikus csuklóval szinte teljes automatizálást eredményezhet.

### *5-tengelyű szervohajtású robotok*

A mai 5-tengelyű szervohajtású lineáris robotok feladatmegoldó lehetőségei semmivel nem gyengébbek, mint a 6-tengelyű csuklós karú robotoké, de felépítésük ismerősebb azok számára, akik már dolgoztak 3-tengelyű robottal. X, Y és Z tengelyük ugyanolyan, a különbséget a függőleges kar végén lévő szervohajtású csukló jelenti. Ez is képes R1 és R2 típusú mozgásra, de nemcsak  $90^\circ$ -ban vagy  $180^\circ$ -ban tud elfordulni, hanem a tartományon belül bármilyen tetszőleges szögben, és valamennyi mozgást szimultán végzi. A robot bármelyik időpillanatban egyszerre képes mind az 5 tengelye mentén előre meghatározott módon mozogni. A Sepro cég 5X Line típusú robotjain alkalmazott szervohajtású csuklót a 3. ábra mutatja.



3. ábra A Sepro cég 5X Line típusú robotjain alkalmazott szervocsukló



4. ábra Egy egyszerű hattengelyes robot képe

Ez a szervohajtásnak köszönhető. A pneumatikus erő hatására a szelep kinyílik és a levegő nyomása mozgásba hozza a csuklót. Ez csak akkor áll le, amikor eléri az ütközőt, amely lezárja a szelepet. A szervomotor folyamatosan érzékeli a csukló helyzetét. A rendszer ezt a jelet a megfogó szerkezet és a kidobandó darab térbeli helyzetének függvényében felhasználva összehangolja mind az öt tengely mozgását. Az összetett mozgást nagyon pontosan és tökéletesen ismételve hajtja végre.

Bonyolult formájú darab és szűk hely esetében előfordulhat, hogy a darabot csak úgy lehet kiemelni a kinyílt szerszámból, ha előzőleg elfordítják. A szervocsukló ugyanúgy elvégzi ezt a soktengelyű műveletet, ahogyan egy emberi kéz elvégezné, csak sokkal gyorsabban. Ha a darabon kiegészítő másodlagos műveleteket kell végezni (pl. ragasztóanyagot kell rávinni, össze kell szerelni egy másik darabbal, széleit lángra tartva sorjázni kell), az 5-tengelyű robot közvetlenül a ragasztót adagoló eszközhöz vagy a folyamatosan égő lánghoz viszi a darabot, ahol megtörténik a kezelés. Ez sokkal termelékenyebb módszer, mintha a műveletet ember végezné, vagy ha a folyamatot megszakítva újabb automatát alkalmaznának erre a célra.

A ma gyártott szervohajtású 5-tengelyes lineáris robotok előnye, hogy sebességük révén csökkenthető a ciklusidő és nagyon rugalmasan használhatók ki a csuklós karok adta mozgásformák. Ennek köszönhetően az 5-karú robotokkal sok olyan feladat is megoldható, amelyet korábban csak 6-tengelyű csuklós robotokkal tudtak elvégezni.

### *6-tengelyű csuklós karú robotok*

Ha az üzemnek gépen belül vagy annak közelében sokoldalú és sokszor változó, bonyolult feladatokat kell megoldani, 6-tengelyű csuklós karú robotot kell beszerezni, amelynek mozgása még inkább emlékeztet a vállban forgó mozgásra is képes emberi karra. Középen meghajlik, mint az ember könyöke, csuklója elfordul, eközben kézfeje le-fel mozog tetszőleges szögben. Egy ilyen többszörösen tagolt robotkarral bármilyen szögben meg lehet fogni egy darabot bármely tetszőleges pontján (4. ábra). A bonyolult feladatok elvégzésére alkalmas robotok természetesen összehasonlíthatatlanul drágábbak egy egyszerű lineáris 3-tengelyű robotoknál.

A 6-tengelyű csuklós karú robotok bonyolult programozása és vezérlőrendszere miatt a fröccsöntő üzemek gyakran visszariadtak alkalmazásuktól. Egy többcsuklós robotkar egyenes vonalú mozgását is nehéz beállítani, mert egyszerre több csukló mozgását kell összehangolni. Sok fröccsöntő üzemben azt gondolják, hogy az ilyen robotok programozásához és karbantartásához külön szakszemélyzetet kell alkalmazni.

Ma már erre nincs szükség. Vannak robotgyártók, akiknek a többcsuklós 6-tengelyes gépei a lineáris robotokéhoz hasonló vezérlőrendszerrel működnek. A Sepro cég 6X sorozatú robotjaiban egyszerűen kezelhető. ún. pick-and-place programot alkalmaz. A felhasználónak a robotciklus néhány fontos pontját és helyzetét lépésről-lépésre kell meghatározni, majd kézzel kell ezen az (egyenes vagy görbe) úton a robotot végigvezetnie, az utat „betanítania”, amelyet a robot ezután már automatikusan is végig tud járni.

## *A különböző típusú robotok előnyei és hátrányai*

Az 5-tengelyű és 6-tengelyű robotok közötti fő különbség, hogy az utóbbiak 360°-os fordulatot is meg tudnak tenni. A lineáris robotok hátránya, hogy csak a fröccsöntő géppel párhuzamos vagy merőleges egyenes irányú mozgásra képesek. Előnyük, hogy a kiemelt kész darabokat el tudják szállítani a gép végéig, emiatt a fröccsgépeket közelebb lehet helyezni egymáshoz, azaz jobban ki lehet használni az üzem alapterületét. A lineáris robotokat legtöbbször a fröccsöntő gép álló szerszámfel-fogó lapjára szerelik, emiatt nem érik el a gép elülső, fröccsöntést végző részét.

A 6-tengelyű robotok munkaterülete nagyobb, a gép mindkét végéig el tudnak jutni. Mivel ezek a szerszámterbe oldalról és nem felülről hatolnak be (mint a lineáris robotok), csuklós karjaik jobban illenek a függőleges elrendezésű kofröccsöntő gépek-hez (vertical clamp insert molding). Mozgásukat nem gátolja a függőleges elrendezés, ezért könnyen elérik az ilyen gépeken gyakran alkalmazott forgó asztal egymást köve-tő állomásait.

Az előnyök néha korlátokat jelentenek. A 6-tengelyű robotok padlóra helyezése előnyös, ha alacsonyan van a műhely mennyezete, de hátrány, ha kevés a hely a gépek mellett. Az oldalirányú mozgás miatt a robot nem számúzható a gép háta mögé. A fröccsgép mellett viszont akadályozhatja a gép kezelőjének a munkáját. A fröccsgép felső részére épített robot a gép mindkét oldalát könnyen hozzáférhetővé teszi.

A csuklós karú robotok sebessége ugyan jelentősen nőtt az elmúlt években és megközelítette a lineáris robotokét, a szerszamba helyezéskor és a darabok kivételekor még mindig az utóbbiakat tartják fürgébbnek, és a nagyon kis ciklusidejű termékek gyártásakor a robot kiválasztásában ez döntő lehet, amiben persze a robot árának is jelentős a szerepe. A 3-tengelyű lineáris robotok ára – még szervocsuklóval kiegészít-ve is – kb. 30%-kal kisebb a csuklós karú robotokénál.

A felsorolt jellemzők alapján nem lehet kijelenteni, hogy az egyik típus jobb vagy rosszabb a másiknál. Hogy melyik az előnyösebb, azt kizárólag a kérdéses üzem sajátosságaitól és a tervezett alkalmazástól függ. A lineáris és csuklós karú robotokat együttesen is üzemeltetik. A gépre szerelt lineáris robot néha kiemeli a darabot a szer-számából és átadja a csuklós karú robotnak utómegmunkálásra. Ez ideális eljárás lehet olyankor, ha a fröccsöntés ciklusa viszonylag rövid, az ezt követő műveletek száma viszont nagy, az eljárások bonyolultak és időigényesek.

## **Mi van a robotgyártók tarsolyában?**

A műanyag-feldolgozás automatizálása az elmúlt években felgyorsult, a fröccs-öntő üzemekben már nemcsak a kész darab szerszámából kivételét, hanem az előkészítő és a fröccsöntést követő műveleteket is igyekeznek robotokkal végeztetni. Ehhez az is szükséges, hogy a gépkezelők és a gépek közötti kommunikáció egyszerűbbé váljék, a gyártórendszereket ne csak speciálisan képzett emberek tudják kezelni. Emellett a ro-botoktól elvárják, hogy bennük is érvényesüljön az energia hatékonyabb felhasználá-sának elve. A robotgyártók nagy erőfeszítéseket tesznek az igények kielégítésére.

### *Fröccsgépek és robotok közös vezérlőrendszerrel*

A feldolgozógépek és a robotok gyártóinak együttműködésében meg kell különböztetni a berendezések vezérlőrendszereit érintő kooperációt és a vezérlési rendszerek integrációját. Az előbbit régóta gyakorolják, ez teszi lehetővé a gépek és a robotok összehangolását, pl. a rövidebb ciklusidők beállítását. Ezt úgy érik el, hogy a szerszám és a kidobók mozgását a robot valós időben érzékeli, és saját feladatát a szerszámnyitással szinkronizálva végzi el. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy ha a gépet és a robotot elválasztják egymástól, harmonikus együttműködésük megszűnik. Ha ismét együtt akarják őket használni, a harmonizálást meglehetősen nagy időráfordítással újra el kell végezni. A két berendezés vezérlőrendszerének egyesítése (a robot vezérlőrendszerének integrálása a fröccsgép vezérlőrendszerébe) jóval egyszerűbbé teszi együttműködésüket, ilyenkor tulajdonképpen a fröccsgép irányítja a robotot is.

A KraussMaffei Automatisations AG (Oberding-Schwaig) fröccsgépeiben már alkalmazza ezt az elvet. A gép és a robot közös vezérlőegységét a gyártóegységgel együtt a védőburkolat mögött helyezi el, ami további előnnyel (kisebb helyigény, a gépkezelő nagyobb biztonsága, gazdaságosság) jár. Azt az egyszerűséget, amelyet az üzemben a lineáris robotok alkalmazásakor megszoktak, a cég a többféle mozgásra képes robotoknál is igyekszik megvalósítani.

Az Arburg GmbH + Co KG (Loßburg) valamennyi robothoz alkalmas vezérlőrendszert fejlesztett ki, ezáltal fröccsgépeinek kezelését és automatikájának beállítását azonos elvek szerint kell elvégezni. A gép beállítója a megszokott kezelőfelületen könnyen elvégezheti a robot vezérlőrendszerének programozását, ezáltal erősen csökken az állásidő. Az ilyen gépek üzemeltetéséhez nincs szükség külső szakemberre, az üzem munkatársai gyorsan és nagy biztonsággal át tudják állítani a rendszert egy új termék gyártására, sőt további munkaművelet elvégzésére is parancsot adhatnak a robotnak, és ezáltal növelhetik a gyártás határfokát. További előnye ennek a rendszernek, hogy a gyártási folyamat eltárolt és visszanezézhető paraméterei bővülnek, ami javítja a minőségbiztosítás hatékonyságát.

A Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery GmbH (Schwaig) a következő években további perifériákat kíván integrálni a gépek vezérlésébe, bár tudatában van annak, hogy az erősen specializált célgépek és a sokoldalú feldolgozógépek között meg kell tartani az egyensúlyt.

### *Vége a félreértésnek*

A fröccsöntési folyamatok egyre összetettebbek, a termelékenység és a rugalmasság növelésére irányuló követelmények egyre nagyobbak, ezzel szemben egyre kevesebb a jól képzett munkaerő. Ez is hozzájárul az automatizálás terjedéséhez.

A Kuka Roboter GmbH (Augsburg) integrált NC (numerical control, számjegyvezérlésű) vezérlést fejlesztett ki, amely a robotokat a szerszámgepek üzemmódja szerint működteti, és lehetővé teszi, hogy a CNC (computer numerical control, számítógépes számjegyvezérlésű) programozónyelvet a DIN 66025 szabvány szerinti G-Code segítségével megértsék. Ezáltal feleslegessé válik a CNC kiegészítő processzorral vég-

zett „lefordítása”. A robot vezérlésén kialakított, jól átgondolt CNC-kezelő felülettel elvégezhető a programozás.

Ha a robot olyan környezetbe kerül, ahol speciális (pl. Siemens vagy Rockwell) vezérlőrendszerek vannak, speciális csatlakozó gondoskodik integrálásáról. Ilyenkor a robotot SPS (speicherbare programmierbare Steuerung, tárolható és programozható vezérlés) programozással lehet üzemeltetni. A programozó különleges előzetes ismeretek nélkül is be tudja állítani a robot berakó és kiemelő funkcióját. Erre alapozva képes a robot további szolgáltatásait is aktivizálni a feldolgozógép számára, de ehhez mindkettőre még egy kiszolgálóegységet kell felszerelni.

### *Mobil robotok*

A jövőben lesznek olyan robotok is, amelyek megfelelő érzékelő birtokában egyszerre több feldolgozógépet is ki tudnak szolgálni. A Kuka cég fiókjában van egy olyan védőburkolattal ellátott önjáró hattengelyes robot terve, amely egy szélturbina motorlapátja mellett megy végig, hogy lecsiszolja azt.

Az Arburg cég ugyancsak védőburkolatos kereken járó hattengelyes robotját kézzel kell eltolni a gép mellé, ahol szükség van rá. Ezáltal nő a géppark rugalmassága. Ezt a robotmodult szabványosították, és egy csatlakozóval kapcsolják össze a feldolgozógéppel. Ilyen eszközzel üzemzavar esetén gyorsan automatizálhatják a gyártást egy másik gépen.

### *Összekapcsolt eljárások vagy gyártási lépcsők*

Egy fröccsöntő gyártósorban több lépést automatizálással össze lehet kapcsolni. Magát a fröccsöntést megelőzheti

- az előkezelés, pl. a betétek megtisztítása vagy a címkék előkészítése,
- a betétek egyenkénti szétválasztása,
- a lemezek kivágása vagy a szerszámba helyezendő fólia előkészítése,
- a betétek ellenőrzése a selejt csökkentése érdekében.

A kész darab kivétele után lehetnek utóműveletek, pl.

- mechanikai megmunkálás, sorjátlanítás,
- minőségellenőrzés, pl. leképezés vagy mérlegelés, amely akár a termékek 100%-ára kiterjedhet dokumentálással együtt,
- szerelés,
- nyomtatás, ragasztás, jelölés,
- csomagolás szállításhoz.

Az egymást követő műveletek összekapcsolása gazdaságos lehet. Az Arburg és a Sonderhoff Chemicals GmbH (Köln) közösen olyan szigetelőrendszert fejlesztett ki, amelyben a fröccsöntést poliuretán habosításával kombinálták. A még meleg fröccsöntött formára a gyártósor következő lépéseként hattengelyes robot segítségével viszik fel a PUR habot. A külön lépésben felhordott habbal készített terméken a hab térhálósodási ideje 10 s, a meleg formadarabra közvetlenül ráfújtatott habé 3 s.

Ha bonyolult darabokat ugyanabban az üzemben egyetlen gyártófolyamatban állítanak elő, növekszik a darab hozzáadott értéke, csökken a gyártási idő és megtakarítják a köztes tárolás és szállítás költségeit. Minden egyes esetben fel kell azonban mérni, hogy megtérül-e az automatizálás. Kis sorozat és olcsó termék esetében valószínűleg kevesebbe kerül egy egyszerűbb technológia alkalmazása.

### *Nem kell félni a robotoktól*

Néha jobban megéri az emberi munkát a gépi munkával ötvözni. Nagyon jó hatásokkal lehet így dolgozni pl. a sorozatgyártást megelőző próbagyártáskor. A Fanuc Robotics Deutschland GmbH (Neuhausen an den Fildern) véleménye szerint a sok munkaműveletből és szerelésből álló folyamatokban belátható időig megmarad az emberek és az automaták együttes alkalmazása. A cég ezért olyan szoftvert fejlesztett ki, amelyekkel a robotok önmagukat ellenőrizhetik, hogy véletlenül se veszélyeztessék a gépkezelőket.

A fejlesztések azt célozzák, hogy a hardverre alapozott biztonságtechnikát költségtakarékos szoftverekkel helyettesíthessék, és modulokból felépíthető, könnyen kiegészíthető biztonsági rendszert építsenek ki. Arra is törekszenek, hogy a mozgási pályát ne egyes pontok „betanításával” rögzítsék a robotban, hanem ehelyett ellenállásmentes üzemmódban végigvezetik a funkció elemet a követendő pályán, amelyet a robot agya „megjegyez”.

Ezek közé a robotok közé sorolható a Kuka cég „Safe Robot” (biztonságos robot) elnevezésű gyártmánya, amely kezelőjével kooperál, aki a robotot irányítja. Ez a hat tengelyes robot a leggazdaságosabb segédeszköz kis sorozatok gyártásakor. Elegendő, ha a gépkezelő egy formadarabot a gép befogóeszközébe helyez, a további lépések feleslegessé válnak. Ugyanezzel a robottal a fröccsgépen vagy azon kívül szerelési műveletek is elvégezhetőek.

A Sumitomo (SHI) Demag cég optikai ellenőrzőrendszerrel, a védőkerítés megnövelése nélkül magasztotta meg a biztonságos teret, hogy a robot „betanításakor” jobban láthatóvá tegye azt. A Yaskawa Europe GmbH (Allershausen) fénysorompó nélkül növelte a biztonságot, ami feltétele a mobil robotok alkalmazásának. „Safety Controller” nevű biztonsági eszközével korlátozni tudja a robotok munkaterületét, ezáltal is csökkenthető a biztonságtechnika.

A Wittmann Kunststoffgeräte Ges.m.b.H. (Bécs, Ausztria) szerint automatikus fröccsöntéskor nem az ember, hanem a ciklusidő diktálja az iramot. A berendezések kapacitásának kihasználása azt követeli, hogy csökkentsék a ciklusidőt. A teljesítmények ma a gépek fizikai határán vannak. A cég nagyon hatásos biztonsági berendezéseket alkalmaz, amelyek megakadályozzák, hogy egy ember akaratlanul vagy szándékosan belépjen a védett térbe és ezzel leállítsa az egész gyártási folyamatot.



## *A robot kiválasztása*

Ha egy fröccsüzemben automatizálást terveznek, ki kell választani a megfelelő robotot. *A feladatok döntő többségének elvégzésére tökéletesen megfelelnek a lineáris robotok, ezek sok olyan műveletre is alkalmasak, amelyet fröccsöntés előtt vagy az után kell elvégezni.* A kocka alakú térben mozgó, nagy sebességgel dolgozó berendezések hagyományos feladata a kész darabok kivétele a szerszámból, ez néha kiegészül betétek vagy magok behelyezésével. Az ilyen robotok elterjedtsége kedvező ár/érték arányuknak is köszönhető. Ha az üzem egy évre előre ismeri feladatait és fontosak számára a beruházási költségek, legjobb, ha lineáris robotot vásárol, amelynek akár hat szervohajtású karja is lehet.

Megéri azonban nagyobb beruházással hattengelyes csuklós robotot venni, ez sokkal rugalmasabb és a jövőben biztosan szükség lesz rá. Az ilyen 3D térben dolgozó robotok merevebbek, pontosabban pozicionálnak és a fröccsöntés mellékes időtartama alatt is hasznos munkát tudnak végezni. Nagyon alkalmasak kontúrközeli megmunkálásra (sorjázásra, kefélésre, marásra, szerelésre, tömítőhabok felvitelére).

Különleges igényt elégít ki a Stäubli Tec-Systems GmbH Robotics (Bayreuth), amely tisztatéri eszközöket kínál a gyógyszergyártás és az orvostechika számára. Hattengelyes robotjaival behelyezést, kivételt, összeszerelést lehet végezni vagy speciális csomagolást lehet kivitelezni.

Hattengelyes robotot óriás fröccsgépekkel együtt is használnak. Ezzel szemben a Kuka cég nagyon kicsi hattengelyes robotot is gyárt, amelynek csekély a helyigénye, de nagyon rugalmas és hajlékony. A Rampf Dosiertechnik GmbH & Co. KG (Zimmern) ezt a kis robotot egy kompakt, helytakarékos adagolóberendezésébe integrálta. Olyan helyekre szánják, ahol nagyon sokféle vagy két komponensből álló két- vagy háromdimenziós terméket gyártanak. A kicsi robot különböző keverőrendszerekkel társítható, habosításhoz, ragasztáshoz, öntéshez alkalmazható, de erősen koptató hatású anyagok vagy hővezető paszták is készíthetők vele.

Oldalról benyúló robotokat főképpen a tömegcikk nagy termelékenységgel – 3–7 s ciklusidővel – fröccsöntött gyártmányainak vagy szerszámban díszített, ún. IML formadarabok kivételéhez választanak. A robotok beavatkozási ideje jóval kisebb, mint 1 s. Csomagolóeszközök gyártásakor ezekkel a robotokkal a szerszám nyitott idejét minimálissá lehet tenni. A robotok könnyűszerkezetes technikával készülnek, és rendkívül nagy gyorsulást adó hajtórendszert tartalmaznak. Erre a Hekuma GmbH (Eching) kínál megoldást két egymással kommunikáló szervotengellyel. A fröccsöntött darabot megfogó kar ultrakönnyű, a robottengely a gyártó szerint jelenleg a műanyag-feldolgozásban a maga nemében a leggyorsabb, a darab kivételének időtartama 0,18 s.

A lineáris robotokat (gyors kivételre) gyakran ipari robotokkal (a kiegészítő műveletek elvégzésére) kombinálják, ezáltal érvényesítik mindkét robottípus előnyeit. Ha szerelésnél feltorlódik a termék, a fröccsöntést folytatni lehet. A Sepro Robotique (La Roche-sur-Yon, Franciaország) egyik gyártmányában lineáris robotvezérlés van, de egyik felhasználójuk kiegészítő csuklós kar programozását is el tudta végezni rajta.

## *Energiahatékonyság*

A robotgyártásban is megkezdődött a törekvés az energiatakarékosságra. Vannak próbálkozások arra, hogy a fékezési energiát visszavezessék a rendszerbe vagy csökkentsék a mozgó elemek tömegét.

A legjobb eredményt ezen a területen azonban akkor lehet elérni, ha a fröccsgép működését energiafelhasználás szempontjából is tökéletesen összehangolják a robottal és a többi kisegítő berendezéssel, pl. csökkentik a robot gépen kívüli mozgásának sebességét és dinamikáját.

Az energia hatékonyságát javítja a nagy hatékonyságú szervohajtás alkalmazása. Bizonyos esetekben azzal is lehet energiát megtakarítani, ha a levegővel működtetett megfogórendszer szívás helyett nyomással dolgozik. Indirekt módon növelhető az energiahatékonyság, ha a feladatnak legjobban megfelelő robotot alkalmaznak, amely tökéletesen együttműködik a fröccsgéppel, és pl. általa rövidíthető a szerszám nyitott állapotának időtartama.

Energia takarítható meg, ha egy erre szolgáló kapcsoló a robotot rendelkezésre álló (stand-by) üzemmódban vagy gyártásszünetben kikapcsolja. A Kuka cég robotjai energiafelhasználását ezzel a módszerrel aktív állapotban 30%-kal, stand-by üzemmódban 95%-kal tudta csökkenteni. Ha a robotot közvetlenül a fröccsgépre szerelik fel, megtakarítják azt az utat, amelyet egy gép mellé helyezett robot karjának meg kellene tennie, hogy feladatát teljesítse, és ami ugyancsak energiát igényelne. Ha lehetséges, célszerű könnyűszerkezetes megoldást választani, mert ezáltal kisebb tömeget kell mozgatni.

Az FTP Project GmbH (Amtzell) viszont abból indult ki, hogy az energiahatékonyság ilyen eszközökkel elérhető növelésével az egész fröccsöntés energiafelhasználásához viszonyítva csak csekély megtakarításra lehet szert tenni, ezért a gyártórendszer termelékenységének növelését tűzte ki célul, mindenekelőtt a fröccsöntés ciklusának optimalizálását. Ehhez optimalizálta a szerszámot, a fröccsgépet és az automatikát, aminek következtében jelentősen nőtt a gyártási folyamat energiafelhasználásának hatékonysága.

## *Fröccsöntést kiegészítő műveletek robotokkal*

A robotok a fröccsöntés után hasznos kiegészítő műveleteket végezhetnek a jól felépített gyártósorban. Az FPT Project cég pl. *Inkbot-eljárásában* kombinálta a digitális nyomtatást és a robotikát. Tintasugaras nyomtatófejet tartalmazó robottal elsőként tudja inline nyomtatással ellátni a fröccsöntött darabokat. Az eddig alkalmazott szita- vagy tamponnyomtatással ellentétben ezzel az eljárással bármilyen tetszőleges formára fel lehet vinni a nyomtatott mintát vagy szöveget.

A KraussMaffei *Colorform eljárásában* a fröccsgép mellett felállított ipari robot zárt szerszámokban a fröccsöntött darab inline lakkozását végzi el úgy, hogy pótolja a lakkozáskor alkalmazott összes előkészítő és utókezelő műveletet.

Robotokkal sikerült megoldani fröccsöntött könnyűszerkezetes elemek sorozatgyártását fröccsöntéssel. A KraussMaffei cég pl. robottal képes előállítani szálszö-

vetből előformát, amelyet ezt követően egy fröccsszerszámban polimerömléddel impregnálnak.

### *Látó és érző robotok*

A FPT Project cég szerint a látással és érzéssel rendelkező robotoknak a műanyag-feldolgozásban még csekély a jelentősége, mert ezek nem befolyásolják a folyamat biztonságát, gyenge megvilágítás és bonyolult forma esetén pedig rosszul működnek. A cég azonban már foglalkozik a minőség-biztosításban hasznos képelemző módszerek automatizálásával.

A betétek behelyezésének területét látó robotok kifejlesztése már folyamatban van. Ilyenek akkor lehetnek hasznosak, ha a betétek ömlesztve érkeznek. Míg korábban ezeket megfelelő pozícióban kellett eljuttatni a szerszámgépig, a mai optikai rendszerek felismerik helyzetüket és korrigálják, ha az nem megfelelő. Egy ilyen felismerőrendszer nagyon gazdaságos lehet, ha a betéteknek különböző variációi vannak, és az automata berendezéssel bonyolult válogató-, elosztó- és pozícionálórendszert lehet megtakarítani. A KraussMaffei robotja már „be tud nyúlni a dobozba”, de még nem tudja szétválogatni a betéteket. Ezt a robottal kombinált 3D-s lézerletapogatóval próbálják megoldani.

Tapintóérzékelővel ellátott robotok is léteznek már. Ilyenekkel emelik ki a szerszámból a kényes, filigrán fröccsöntött darabokat. Ezek érzékelné tudják, hogy helyén van-e a fröccsöntött darab, és hogy mekkora nyomás hat rá. A Wittmann cég robotjai arra is képesek, hogy a robot hajtását a pozíciószabályozásról a forgatónyomaték szabályozására kapcsolják át, és ezzel pl. ellenhatást fejtsenek ki a kidobók mozgásával szemben.

### *Standard vagy egyedi megoldásokra kell törekedni?*

Új beruházáskor a megrendelő mindig elgondolkodik arról, hogy hogyan jár jobban: ha a piacon kapható standard robotok közül választ egyet, vagy ha az adott feladat elvégzéséhez tervezett egyedi berendezést vásárol. Többnyire a standard megoldást választja, ha olcsó terméket, kis sorozatokat kell gyártania vagy ha szélesedő piacra számít. Mindenesetre körülnéz, hogy mit kínálnak a gyártók. Néha ezek moduljaiból sikerül egy-egy kvázi-egyedi berendezést összeállítani.

Nagyobb beruházáskor inkább alkalmazáspecifikus berendezés mellett dönt a megrendelő, mert ilyenkor általában növelni akarja termékei hozzáadott értékét, ki akarja iktatni a kézi munkát és automatizálni akarja a bonyolult folyamatokat.

A Kuka Roboter cég azt érzékeli, hogy a feldolgozók ma inkább a fejlettebb technikát választják, hattengelyes robotokkal felszerelt, könnyen kezelhető teljesen automatikus gyártósorokat állítanak fel, amelyekre jövőbeni terveiket is alapozhatják. A gépektől elvárják a 15 éves vagy hosszabb élettartamot.

## *Szállal erősített anyagok kezelése*

A robotok beszivárogtak már a műanyag-feldolgozás olyan területeire is, amelyekben eddig meghatározó volt az emberi munka. Ilyen pl. a járműgyártás üvegszállal vagy szénszállal erősített nagyméretű elemeinek előállítására.

Egy hattengelyes robot pl. leveszi a vágóasztalról a méretre kiszabott szövetbetétet, behelyezi azt egy sajtológépbe, amely a betétből háromdimenziós előformát készít. Majd kiveszi ezt a sajtolószerszámból és behelyezi a fröccssajtoló (RTM, resin transfer molding) szerszámba, ahol reaktív gyantával nyomás alatt átítatják az előformát és kikeményítik a gyantát. A robot végül kiemeli a megszilárdult és megkeményedett kész formadarabot.

A szénszálalás műanyagok előállításakor hattengelyes robotok szövik, varrják, fonják, csomózzák a szálakat; a szállal erősített félkész termékeket pedig fűrészelik, szelnek, marják, fúrják, szegecselik, és nagy pontossággal építik be a szénszálal merevítőket a repülőgép törzsébe. Eközben érzékelőikkel roncsolásmentesen ellenőrzik az elemek minőségét.

Az önmagukat megtartani nem képes szövetek megfogása kényes feladat. Ilyenekhez tüket tartalmazó vagy vákuumal működő megfogó szerkezetet használnak.

## **Robotok a K'2013 kiállításon**

A 2013-as düsseldorfi műanyag-kiállításon is megjelent a robotok sokféle fajtája. Megfigyelhető volt, hogy a háromtengelyű lineáris robotok könnyebbek és gyorsabbak lettek, nagyobb terhet tudnak szállítani, és jobban ellenállnak a rezgésnek. Az újabb hattengelyes robotokat könnyebb programozni, mint a korábbiakat.

### *Új háromtengelyű lineáris robotok*

A Boy Machines (Exton, Pa. USA) három újdonságot mutatott be: egy szervomegfogót; egy teljesen szervohajtású négytengelyes robotot, amely kiegészíthető hattengelyesre, és amelyet a cég egy fröccsgép vezérlőrendszerébe integrált; egy oldalról benyúló kisméretű négytengelyű pneumatikus robotot, amely a kiállításon folyékony szilikongumiból készített darabot emelt ki egy 10-tonnás gépből.

Az Engel Austria (Schwertberg, Ausztria) legnagyobb *Viper 120* jelű modelljét és új *C70* jelzésű robotokat „oktató” eszközét, a KraussMaffei hasonló célú *MC6* eszközét és robotok programozását segítő számos szoftverjét hozta a vásárra. Egy robotokat „betanító” eszköz az 5. ábrán látható.

A Sepro Robotique (Roche sur Yon, Franciaország) mintegy két tucat robottal jelent meg a kiállításon. Közöttük volt egy *Multi-Inject* típusú kétkomponensű fröccsöntő gép, amelyen a második komponens függőleges irányból fröccsentik be a szerszámba. A második fröccsöntő volt kapcsolatban a robottal, amely a háromtengelyű robotok szokásos helyével ellentétben nem az álló, hanem a mozgó szerszámfelfogó lapra volt felszerelve. Ezért a darabot kiemelő Y-tengely karja el tudta érni a szerszá-

mot anélkül, hogy hozzáért volna az álló lap fölött lévő függőleges fröccsegységhez. Ez a megoldás függőleges irányban (a Z-tengelyen) korlátozás nélkül elmozdíthatóvá teszi az Y-tengelyt, és elérhetővé a szerszámot, emellett olcsóbb, rugalmasabb és könnyebben alkalmazható, mint egy oldalról benyúló robot.

Sepro másik újdonsága volt egy dupla karú szervorobot, amellyel háromlapos szerszámot lehet kiszolgálni. Az ilyen 5DA sorozatba tartozó három modell 30–500 tonna közötti fröccsgépekhez alkalmazható. Három fő tengelyükön 0–90°-ban elforduló pneumatikus csukló van, a kéttengelyű szervokar a beömlőnyílásnál és a hidegcsatornába befagyott műanyag eltávolítására szolgál. A szervohajtás a két kart szimultán mozgatja.

A Star Automation Europe SPA (Caselle di Santa Maria di Sala) két kis SWA („swing-axis”, „lengőtengelyű”) modellt mutatott be, az *SWA-150S* szervohajtású berendezést, amely a beömlés maradékát emeli ki, és az *SWA-3K-R5* jelzésű robotot. Újdonságot jelentettek a 100–350 tonnás fröccsgépek kiszolgálására szolgáló nagy sebességű *Fx-1000* típusú robotok, amelyeknek kétkaros változata is van, továbbá az *Lx-1000T* típusú teljesen szervohajtású robotok, amelyek a fröccsgép mindkét oldala felől ki tudják venni a formadarabot.



5. ábra Egy robotokat „betanító” eszköz



6. ábra A Wittmann Battenfeld cég W833 jelű robotja

A Negri Bossi leányvállalata, a robotgyártó Sytrama cég (Windsor, Conn. USA) háromtengelyű új S-sorozatú szervorobotjai 50%-kal kevesebb alkatrészből készültek, függőleges tengelyük sokkal merevebb, emiatt jobban ellenállnak a rázkódásnak, nagyobb hasznos terhet tudnak szállítani nagyobb sebességgel, emellett ugyanolyan áron, mint a korábbi G-sorozatú robotok. 150–1700 tonna közötti gépeket tudnak kiszolgálni. Kis, 50–250 tonna közötti fröccsgépekhez a cég kétféle méretben tiszta alumíniumból készített Egyes (One) sorozatú szervorobotjait ajánlja, amelyek ára levegő- vagy vákuumkörrel együtt mindössze valamivel 20 000 USD feletti áron kaphatók.

A Wittmann Battenfeld (Bécs, Ausztria) kiállított W833 jelű robotja a *W8 család* első tagja (6. ábra). Ebben a teljesen áttervezett berendezésben új hajtása van a Z-tengelynek, kevesebb benne a kábel, 30%-kal merevebb a függőleges karja, halkabban üzemel, tömörebb a vezérlőszekrénye. A sorozat következő tagja a W837 és W843 modell lesz.

Újdonság volt a kiállításon a Wittmann négykamerás minőségellenőrző rendszere a W837 típusú IML (in mold labeling, szerszámban címkéző) rendszerben. Ez a címkével ellátott fröccsöntött darabokat egyenként viszi a kamera alá, ahol két fotót készítenek, ezeket digitálisan egyesítik a teljes címke megjelenítésére. Ellenőrzik az esetleges hibákat, különösen ott, ahol a címkék széle érintkezik.

A Wittmann bemutatta *W842 IML Economy System* nevű berendezését is. Itt inkább az alacsonyabb költségekre, mint a nagy sebességre koncentráltak.

A japán Yushin cég (Cranson, R.I. USA) új *HST* jelű szerverobotjaival korábbi *RAII* jelű, nagy sebességű gyártmányait akarja kiváltani. Az új sorozat szénszálal szerkezettel készül, ezért a robotok 25%-kal könnyebbek és 9%-kal gyorsabbak. Választékában háromlappos szerszámokhoz ajánlott kettős karú robotok is megjelentek. Gépein rezgéscsillapítást alkalmaz, ennek köszönhetően a robotok vibrációja 99%-kal csökkent.

### *Csuklós karú robotok*

Az Arburg cég egyik fröccsgépe mellé, gerendára függesztette fel a Kuka Robotics cég *Agilus* nevű, kisméretű, 10 kg hasznos terhet szállítani képes csuklós karú robotját (7. ábra). Ezzel nagyobbá válik a munkaterület, és a robot 43%-kal gyorsabban éri el a szerszámot, mint egy alulról felfelé dolgozó hattengelyes robot.



7. ábra Az Arburg cég gyártóberendezése a fröccsgép melletti gerendára felfüggesztett Kuka gyártmányú hattengelyes Agilus robottal

A Sepro cég a kiállításon mutatta be *6X Visual 3D* nevű szoftverjét, amellyel könnyebbé válik a hattengelyes, többcsuklós karú robotok programozása. A képernyő egyik felén érintéssel lehet a programozást végezni, másik felén grafikusán megjelenik a szimulált mozgás.

A Stäubli International (Duncan, S.C. USA) két hattengelyes robotot ajánlott a látogatók figyelmébe. A *TX340SH* jelzésű nagyobbik modell 3,5 m-re tud kinyúlni és 165 kg hasznos terhet tud szállítani. Az *RX170 hsm* jelű robotot erősített kompozitok automatikus megmunkálására fejlesztették ki. A hatodik tengelyt marószerszámmal ellátott orsó helyettesíti, amely hosszán ki tud nyúlni, és több méter hosszú üvegszálalás termékek szélezését is el tudja végezni.

### *Új elemek a robotok funkciószerszámaihoz*

A kiállításon sokféle új eszközt mutattak be robotok funkciószerszámainak kialakításához. (Ezeket angolul EOAT betűszóval – end of arm tooling, a kar végén lévő szerszám – jelölik. Mivel a robotok jelenleg főképpen a fröccsöntött darabok megfogására és áthelyezésére szolgálnak, ezt magyarul megfogó szerkezetnek vagy megfogó elemnek nevezik. A fejlettebb robottechnikában azonban a robotok a kiemelésen kívül sokféle feladatot végeznek, ezért a K'2013-on sem csak megfogásra alkalmas gépelemek jelentek meg. Szerencsésebb volna ezeket a robot funkcionális szerszámainak nevezni. A feldolgozó megjegyzése.)

Az ASS Maschinenbau GmbH (Overath) sokféle elemet mutatott be a robotok funkcionális szerszámainak kialakításához. Voltak közöttük apró, legfeljebb 1 kg szorítóererejű megfogó elemek induktív szenzorral, hogy érzékelni tudják a megfogandó darab jelenlétét; piciny rugós ütőegységek, ugyancsak szenzorral; két irányban, változtatható szögben dolgozó ütőelemek;  $\pm 90^\circ$ -ban elfordítható vákuumos megfogó fejek stb.

A SAS Automation GmbH (München) robotjainak vásárlói által színteresséssel vagy 3D-s nyomtatással készített funkcionális szerszámok elemeit állította ki. Másik újdonsága volt a „hibrid” *HX* funkcionális szerszám, amellyel a többcsuklós karú hattengelyes robotok nagyméretű és terjedelmes darabokat tudnak kezelni. Kisebb megfogó szerkezetek kialakításához ajánlott *Blue Line* sorozatának újabb termékeit is bemutatni. Ilyen a *GRZ 10-10 D* jelű, beömlőcsontot levágó szerkezet (a gyártó szerint a piacon a legkisebb), a *GRZ 20-22 G-STC* csipesz, amely kisebb a korábbi *GRZ 20-22* modellnél.

Összeállította: Pál Károlyné

Warmbold, J.: Es bewegt sich was = Kunststoffe, 102. k. 10. sz. 2012. p. 54–64.

Kendrick, S.: Understanding your options in multi-axis robots for injection molding = Plastics Technology, 2014. május, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Naitove, M.H.: News in robots from K 2013 = Plastics Technology, 2014. február, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Peregi, U.: How pre-loaded ultrasonic welders save time in automated assembly = Plastics Technology, 2014. május, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)