

## Robotok alkalmazása ma és a jövőben

Az ipari gyártásban a robotok alkalmazása ma magától értetődő. A robotok legtöbbször kisegítő szerepet kapnak, emberi erőt helyettesítenek, de vannak olyan gyártóüzemek is, ahol emberi beavatkozás nélkül éjjel-nappal „robotolnak” a gépek, amelyek egyre bonyolultabb és finomabb mozgásokra képesek. Lehet azonban, hogy ezekben az „embertelen” üzemekben a jövőben ismét megjelennek a hús-vér „dolgozók”. Előrejelzések szerint a 4.0 típusú ipari üzemekben az ember és a robot egymást segítve végzi majd a munkát. Robotra bízzák majd nehéz, kényelmetlen, piszkos vagy veszélyes munkát, és ember lesz ott, ahol döntéseket kell hozni és ahol (minden ellenkező híreszteléssel ellentétben) az emberi agyat (és néha az emberi kezet sem) pótolhatja a robot „intelligenciája”.

*Tárgyszavak: automatizálás; robotok; csomagolótechnika; robotgyártás; ember és robot együttműködése; 4.0 ipari korszak.*

## Mikor és hogyan érdemes robotot alkalmazni?

Egy csomagolóipari cégnek azt a kérdést tették fel, hogy mikor és hogyan érdemes egy gyártónak a késztermék csomagolását emberek helyett robotokkal végeztetni. A válaszban kilenc szempontot soroltak fel, amelyek szerint célszerű elemezni a feladatokat, a körülményeket és az elvárásokat a döntés meghozatala előtt.

Leszögezték, hogy az automatikus csomagolórendszer adott esetben olcsóbb lehet, mint az emberekkel végeztetett munka, különösen olyankor, ha munkaerőhiánnyal küzdenek, mert ilyenkor a munkatársakat átirányíthatják fontosabb teendők elvégzésére. *Egy-egy robot átlagosan 80 000 órát képes dolgozni karbantartás nélkül.* A megfelelő szakértelemmel megvalósított automatizálással munkaerőt lehet megtakarítani, és egy jól működő rendszer hosszú éveken keresztül hozza a hasznot. A siker érdekében azonban bizonyos feltételeknek fenn kell állniuk.

1. Végig kell gondolni, hogy *mekkora mennyiségű, milyen típusú termék jelenik meg adott idő alatt a gyártósor végén. Kis sorozatban gyártott egyedi termékek csomagolásában az emberi munkának jobb a határfoka.* Ha gyakori a termékváltás, esetleg naponta többféle terméket is gyártanak, nem érdemes robotokat beállítani. A robotok határfoka akkor jó, ha nagy gyakorisággal ugyanazt a munkát végzik.
2. *A becsomagolandó termékek formája és mérete nagyon változatos lehet.* A csomagolást végző robotnak kezelnie kell a gyártósorról lejövő valamennyi darabot. A csomagolást ezért tudatosan be kell építeni a gyártási folyamatba,

figyelembe véve annak kezdetét és végét. A robot mozgásához pedig biztosítani kell a megfelelően tágas szabad teret. Ilyenkor pl. jól jöhet a magas mennyezet, amely lehetővé teszi nagy darabok vagy magasabbra pakolt rakodólakok könnyű mozgatását az addig kihasználatlan térben. A tér kihasználását feltétlenül előre meg kell beszélni a majdani kivitelezővel, mert ezzel sok pénzt és költséget lehet megtakarítani.

3. *Vannak olyan termékek, amelyek kezelését speciális előírások szabályozzák.* Az USA élelmiszer- és gyógyszerügyi hivatala, az FDA pl. előírja, hogy az élelmiszert tartalmazó edények melyik részükön érintkezhetnek a robot karjának végére szerelt megfogó szerszámmal. A korszerű robotok ma már nagyon összetett forgó mozgásra képesek, és könnyen be-, ill. át lehet őket állítani, hogy ezeket a követelményeket teljesítsék; ezt tökéletesebben végre tudják hajtani, mint az emberi kéz. Ugyanakkor függőleges és vízszintes mozgásukban korlátozottak, emiatt átlós irányban nem tudnak mozogni.
4. *Figyelembe kell venni a termék jellegzetességeit.* A műanyag edények lehetnek szögletesek vagy kerek, felületükkel néha össze tudnak tapadni, ami megzavarhatja a csomagolórendszer folyamatos működését. A PET palackok pl. a statikus feltöltődés miatt tapadhatnak össze és akadhatnak el a gyártósorban, vagy nem a szükséges pozícióban érkeznek el a csomagolórendszerhez. Ezt a hibát antisztatikus hatású oldat permetezésével, a gépbe épített földelőszalagokkal vagy -lemezekkel, esetleg a súrlódó szállítószalag anyagának kicserélésével lehet elkerülni.



1. ábra A robot egy palackcsoportot emel be a raklapon szállítható papírkonténerbe

5. *Robotok beállítása új fajta csomagolási eljárások bevezetését is lehetővé teszi.* Jelentős megtakarítást hozhat az, ha az ömlesztett vagy vegyes árut a jelen-

leg általánosan használt, viszonylag kis méretű hajtogatott kartondobozok helyett rakodólapon szállítható nagy dobozokba csomagolják (1. ábra). Ezeket első forgalmazója után *Gaylord pallet konténernek* hívják. Sokféle változatuk van, a PE-LD-ből rotációs öntéssel gyártott, 50x50x50 inch (127x127x127 cm) méretű, kb. 0,5 t (1200 pound) árut befogadó, hármass falú típus vízmentes, rozsdamentes, UV stabilizált csomagolóeszköz, amelyből teljesen megrakottan három darab helyezhető egymásra. A konténer mind a négy oldala felől felemelhető villás targoncával. Egy ilyen konténer nyolc hagyományos kartondobozt helyettesíthet.

6. Az automatikus csomagolás megkönnyíti az üzem tisztán tartását, meggátolja a szennyeződését, de *a robotot el kell látni minőség-ellenőrző eszközzel*. Kézi csomagoláskor ugyanis a csomagolást végző személyzet (néha egy erre kijelölt munkatárs) ügyel arra, hogy hibás termék ne kerüljön a csomagba. A minőség-ellenőrző eszközök az egyszerű szivárgást észlelő berendezéstől a korszerű optikai vagy más érzékelőrendszerekig terjedhetnek. A képalkotó eszközzel felszerelt robotok egyszerre ellenőrizhetik a termék pozícióját, a címke hibátlanságát, a forma tökéletességét stb. Az ilyen típusú robotok felmentik a munkatársakat az idegörlő és monoton szemrevételezéstől, és nagyobb biztonsággal szűrik ki a selejtes darabokat.
7. Ha kiszámítják egy robot teljes élettartamának üzemeltetési költségeit, az szinte mindig megtakarítást jelez. *Új csomagológép beszerzésekor meg kell győződni annak energiahatékonyságáról is*. A „zöld” robotokon az automatikus kikapcsolás és a rendelkezésre álló üzemmód – ha kismértékben is – ugyancsak hozzájárul az energiafelhasználás mérsékléséhez.
8. Kézi csomagoláskor a sok emelés, hajolás, forgás, járás-keelés, címkézés, ellenőrzés, feszült figyelem nagyon kimeríti a munkát végzőket, különösen, ha valami zavar támad a taktusban. *Egy robot rugalmasságával, mozgásainak pontos ismétlődéseivel megszünteti az ergonómiai problémákat, egyúttal növeli a teljesítményt*. Az automatikus villás targoncák ideális eszközök arra, hogy raklapokat a rájuk felhalmozott, esetleg feszítőfóliával rögzített áruval felemeljék a padlóról vagy más kijelölt helyről, és elszállítsák a raktárba vagy más kijelölt helyre; az üres rakodólapokat és a csomagoláshoz szükséges más eszközöket pedig vissza a csomagolás helyszínére. Mindez folyamatosan, összehangolt ritmusban megy végbe. A targoncákat egy mágnesszalag irányítja az éppen aktuális helyre a csomagolási folyamat sebességének függvényében.
9. Ha egy vállalat eldöntötte, hogy a csomagolást automatizálja, már csak *megfelelő kivitelezőt kell találnia*, hogy valóban élvezni tudja döntése gyümölcsét, azaz az ismételhetséget, a megbízhatóságot és a tisztább környezetet. Költségei a kevesebb betanítás és baleset következtében is várhatóan csökkenni fognak.

## Egy öttengelyes lineáris robot egy pörgő-forgó ipari hattengelyesnél hasznosabb lehet a fröccsöntő üzemben

A robotgyártásban vezető szerepet játszó Sepro Robotique cég (La Roche sur Yon, Franciaország) a 2015 októberében a németországi Friedrichshafenben megrendezett Fakuma kiállításon jelezte, hogy öttengelyes karteziánus (lineáris) 5X robotjai iránt egyre nagyobb az érdeklődés. Ezek sokkal többet tudnak, mint a szokásos háromtengelyes robotok, de gyakran sokkal kisebb költséggel végezhető el velük ugyanaz a feladat, mint a több tagból felépülő hattengelyes ipari robotokkal. Az utóbbiakat a Sepro is gyártja.

Az 5X robot alapja a cég háromtengelyes lineáris gépe, amelynek egyik tengelyére a Stäubli Robotics (Horgen Svájc) közreműködésével kéttengelyes szervocsuklót épített rá (2. ábra). A gépet a 2012-es Fakuma kiállításon mutatták be, eladásai azóta évente meredeken nőnek. Megfigyelték, hogy azok a fröccsöntő üzemek is vásárolnak ilyen robotot, amelyeknek jelenleg nincs is szükségük rá, de a jövőben biztosan lesz.



2. ábra A Sepro Robotique 5X jelzésű öttengelyes lineáris robotja

A robot népszerűségének több oka van:

- a fröccsöntők számára egyre fontosabb a termék pontos és rugalmas megfogása és letételkor a hibátlan pozicionálás. A különböző betétek nagy sebességű bevitele a szerszámba, a bonyolult darabok szűk szerszámokból kiemeléséhez szükséges összetett mozgások külön tengelyeket igényelnek. Az utómunkálatok is rafinált mozgással járnak, pl. amikor egy darab szélét lángolással kell lesimítani, vagy amikor egy tálcára a darabokat különböző helyzetben kell lerakni. A pneumatikus csuklótól eltérően a szervocsukló bármilyen szögben képes megfogni a darabot, és a sokféle irányú szervomozgás könnyen szinkronizálható a robot egyéb mozgásaival;
- ez a robot könnyen összehangolható a különböző szerszámokkal és fröccsgépekkel. A szervomozgások egyszerű átprogramozása a szofverben különösen

előnyös az olyan feldolgozók számára, akik megrendelőiktől kapott, számukra idegen szerszámokkal dolgoznak, vagy az ütemterv betartása érdekében ugyanazt a szerszámot különböző gépeken kell működtetniük;

- a szervocsukló tisztán dolgozik, mivel nincs benne hajtósíj, amely kophatna, nem bocsát ki szennyező részecskéket vagy kenőanyagot, ezért orvosi eszközök gyártásához is alkalmazható;
- az 5X robot pontosságát és megbízhatóságát a szervocsuklóban lévő érzékelő szavatolja, amely minden pillanatban „tudja”, hogy milyen helyzetben van a hajtótengely. Mivel a szabályozórendszer mind az öt tengely és az összes szervomotor aktuális helyzetét ismeri, pontosan ismeri a megfogópofa és a darab helyét is;
- a felsorolt összetett mozgásokat általában hattengelyű ipari robotokkal végeztetik el. A lineáris robot előnye, hogy gyorsabban jut be a szerszámtérbe és hogy könnyebben programozható.

A 2015. őszi Fakuma kiállításon a fröccsgépeket gyártó Billion cég franciaországi részlege (Bellignat) *Select 200* típusú teljesen elektromos hajtású fröccsgépét a *Sevro 5X* robotjával kiegészítve üzemeltette. Ez a fröccsgép ún. „kétlövetű” típus (a Billion specialitásai a „multilövetű” fröccsgépek), erre IML technika alkalmazására alkalmas fröccsszerszámot szereltek, amelyet az MIHB (Groissiat, Franciaország) gyártott. A szerszámban két forgó lap tette lehetővé a többlépcsős fröccsöntést. Ezen a gyártóberendezésen egy fedéllel lezárt edényt gyártottak, amelyben szerszámnyitáskor vízben egy könnyű műanyag játékkocka úszott (3. ábra). A gyártási folyamat a következő lépésekből tevődik össze:



3. ábra A Billion fröccsgépével és a *Sevro Robotique 5X* jelzésű öttengelyes lineáris robotjának közreműködésével gyártott zárt edény, amelybe a vizet a fröccsöntés folyamata alatt juttatták be és a vízben lebegő tárgyat is a folyamat során vitték be az edénybe

1. A gép befröccsenti az edény alsó és felső részét a szerszám két ellentétes oldalán. Az egyik forgó lapon van az edény fedele, majd a kész darab. A másik forgó lap az edény testének helye. Az első lap az álló, a második a mozgó szerszámfélben található, de mindkettőt egy tengely köti össze a mozgó szerszámféllel.
2. A szerszám kinyílik, a két forgó lap előrejön, majd 180°-ban elfordul úgy, hogy az edény két része egy vonalba kerül. Az első lap visszahúzódik az álló szerszámfélbe, a robot karja kiveszi a szerszámból az edény testét, 180°-kal megfordítja és beleejti a kis műanyag kockát.
3. Az edény alsó részét tartó lap ismét a másik lap felé mozog, majd enyhén összenyomja az edény alsó és felső részét. Eközben a robot 90°-kal elfordul és oldalról hosszú töltőpisztolyt illeszt az edény oldalán lévő lyukba. Ezen keresztül kb. kétharmadáig töltik meg az edényt vízzel.
4. A robot visszahúzódik, a fröccsszerszám két fele összezár, a fröccsgép második fröccsegysége körülönti az edény alsó és felső részének érintkezési vonalát, ezzel azt hermetikusan lezárja.
5. A szerszám kinyílik, a robot kiveszi a két darabot, indul a következő ciklus.

Ebben a folyamatban a robot a következő feladatokat teljesítette: betette a kis műanyag formát az edénybe, megtöltötte az edényt vízzel, kiemelte a kész darabot. Eközben számos oldalmozgást, két forgómozgást végzett a szerszámtérben.

A demonstrációban az edény testét és fedelét az Eastman cég átlátszó *Tritan*, az edényt vízmentesen lezáró gyűrűt mesterkeverékkel színezett *Tritan* kopoliészteréből, fröccsöntötték.

## **Lehet, hogy a robot és az ember egymást kiegészítve fog a jövőben dolgozni**

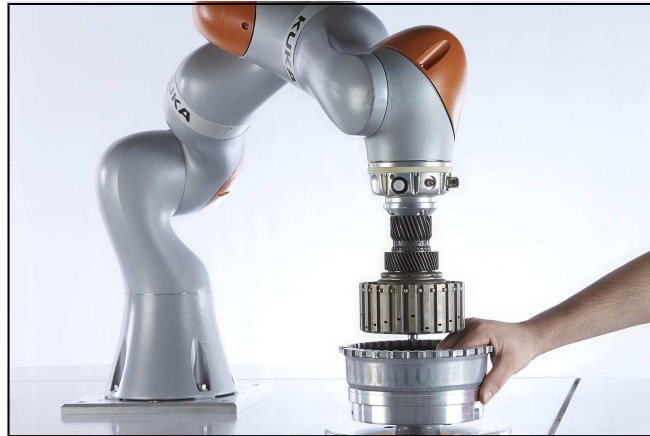
Az automatizálás csúcsaként – mindenekelőtt az autógyárak – ma olyan videókat mutatnak be, amelyeken a szerelőszalagra kerülő alvázra úgy kerülnek rá a különböző alkatrészek, hogy a szalag végén legördülő csillogó-villogó kész gépkocsit eközben emberi kéz nem érintette. A videón legalábbis embert nem lehet látni, csak sürgőforgó-hajladoxó robotokat.

A Kuka Roboter GmbH (Augsburg, Németország) – a robot- és automatizációtechnológia úttörőjeként a világ egyik vezető iparrobot-gyártója – azonban azt állítja, hogy a következő évtizedekben a gyárakban a gyártás alapvetően meg fog változni. A teljesen automatizálható ipari eljárások mellett ugyanis gyakran adódik olyan rugalmasságot igénylő feladat, amelynek robotizálása soha meg nem térülő beruházást igényelne, ha egyáltalán megoldható lenne. Ilyenkor sokkal ésszerűbb (és gazdaságosabb) egy olyan együttműködés gép és ember között, amelyben az ergonomiailag kényelmetlen vagy nehéz kézi munkát a gép, a nem – vagy csak nehezen – automatizálható műveleteket ember végzi el.

A fejlődés irányzataival foglalkozó szakemberek szerint az ipari gyártástechnológia forradalmi változás előtt áll, *az ipari gyártás belép a 4.0 ipari korszaknak elnevezett szakaszába*. Ennek jellemzői lesznek a gyorsan változó (illékony) piacok, a ter-

mékek igen nagy változatossága és rövidebb életciklusa. A gyártóüzemekben nagyon gyorsan kell majd áttérni újabb és újabb termékek produkálására, ami egy merev, teljesen automatizált rendszerben nem lehetséges. *Sokkal rugalmasabb az a rendszer, amelyben a robot és az ember egymást kiegészítve végzi el a feladatokat.* A robusztus robotok mellett növekszik majd a könnyű felépítésű robotok száma, amelyek nagyon érzékenyek lesznek. A Kuka cégnek már van ilyen gépe, az *LBR iiwa* ennek a robotfajtának egyik képviselője.

A héttengelyes *LBR iiwa* az emberi kar mozgásformáit képes reprodukálni, hasonló pozíciókat tud felvenni, és hasonlóan hajlékony. Programozható érzékelő-rendszere rendkívül finom hatásokra képes reagálni. Nagyon biztonságosan érzékeli (és elkerüli) a lehetséges ütközést, és a valamennyi tengelyére beépített csuklónyomaték-érezelő alkalmassá teszi finom összeillesztések elvégzésére. Rendkívüli érzékenysége révén a mellette dolgozó ember „harmadik karjává” válhat, és védőrács alkalmazása nélkül végezhetik a közös munkát (4. ábra).



4. ábra Nem kell félni, a finom érzékelőrendszer leállítja a gép mozgását, mielőtt hozzáérne az ember kezéhez

A robotok védőrács nélküli üzemeltetése új lehetőségeket nyit meg a korszerű gyárakban. Az ember és a robot biztonságos együttműködéshez (MRK, Mensch-Roboter-Kollaboration) azonban nem elegendő az erre alkalmas robot, ehhez az egész termelőfolyamatot újra kell gondolni. Az MRK-technikák és a megbízható MRK folyamatok a jövőben meg fogják változtatni a gyárak és a gyártás jellegét. A Kuka cég ezért többek között adatbankot készít azokról a komponensekről, eszközökről és perifériákról, amelyek felhasználhatók az ember és a robot közös munkájához. Ez az adatbank segítheti majd a jövőben a biztonságos, gazdaságos és az MRK elvnek megfelelő gyártási folyamatok megvalósítását, azaz a 4.0 korszak gyárainak létrehozását.

2014 júniusában a müncheni automatizálási szakvásáron a Kuka cég különböző tevékenységeket mutatott be, amelyek az ember és a robot együttműködésével könnyebben oldhatók meg. A robotok részben ipari, részben szervízmunkákban tevékeny-

kedtek. Bemutatták azt is, hogy milyen egyszerűen köthető be egy harmadik külső szenzor és szoftver az *LBR iiwa* robot érzékelőrendszerébe és szoftverjébe.

Egy robotot kamerával és megfogópofával szereltek fel; a robotnak csúszómászó mesterséges bogarakat kellett követni és befogni. A kamera és a robotvezérlés közötti kommunikáció néhány milliszekundum alatt ment végbe, és változtatta meg a robot mozgási pályáját. Ipari körülmények között egy ilyen funkció lehetővé teszi, hogy a robot egy különböző tárgyakat szállító szalagról ismerjen fel és emeljen ki a parancsnak megfelelő darabokat. A látványhoz az is hozzátartozott, hogy ha egy ember megérintette a robot befogópofáját, a gép ismét szabadon engedte a „bogarat”.

Egy másik robot üvegtáblákat helyezett be érintőképernyőjeként egy műanyag keretbe. Ember ilyenkor az ujjvégződések finom érzékelését használja fel. A robot külső szenzorok és más külső segédeszköz nélkül, embernél pontosabban végezte ezt a munkát. Saját érzékelőivel finoman „megérintette” a keret szélét, ezután megfelelő helyzetbe hozta az üvegtáblát; a keretbe helyezés után pedig enyhe nyomással addig tartotta azt a helyén, amíg a ragasztó meg nem szilárdult. A robot arra is képes, hogy az ömlesztve, rendezetlenül odakészített üvegtáblákat hibátlanul beépítse a keretbe.

A robot egyszerű gesztusokra – érintésre, valamilyen irányú enyhe nyomásra – is tud parancsot teljesíteni. Így pl. különböző dobozokból képes kivenni alkatrészeket, majd azokat összeszerelni. Ez tipikus példa az ember és a gép együttműködésére.

Az együttműködés akkor hasznos, ha az ember a kognitív (gondolkodást igénylő) feladatokat végzi, a gép pedig a „keze alá” dolgozik. Pl. a minőségvizsgálathoz a vizsgálandó darabokat megfelelő pozícióban, ergonómiailag optimális helyzetben adja a kezébe. Az újabb darabot a gép enyhe érintésre nyújtja oda.

Háztartási gépekbe – mosó- és mosogatógépekbe – többféle tömlőt kell beépíteni. A rugalmas és néha bonyolultan meghajlított tömlők csatlakoztatását ma kézi munkával végzik, de ez a munka meglehetősen egyhangú és fárasztó. Elvégeztethető volna robottal is. Az *LBR iiwa* robot képes volna a tömlőt lazán a csatlakozóhoz vezetni, a csatlakozó peremét kitapogatni és alkalmas szerszámmal a tömlő végét a csatlakozóra húzni. Az ember ezalatt párhuzamosan más munkaműveletet végezhetne.

A robot beválhat orvosi asszisztensként is, pl. a műtőkben. Évente a világon kb. kétmillió térdizületet építenek be emberi szervezetbe. Ilyenkor egy darabot lefűrészelnék az lábszár- és a combcsontból, hogy rá tudják helyezni a mesterséges ízületet. Ha orvosi fűrész építenének a robotba, az az orvos irányításával elvégezné a fűrészélést. Az egész folyamatot 3D-s formában képernyőn lehetne követni. A csontokra és a robotra is felvitt optikai jel segítségével a vágás helyét pontosan ki lehetne jelölni. Tölcsér alakú – a csontokkal együtt mozgó – virtuális tér jelölheti ki az orvos munkaterületét, és a fűrész pontosan a helyére vezetheti. Ezáltal az orvos és a robot pontossága összeadódik.

Az *LBR iiwa* mobil változata a *Plattform flexFellow* robotegység (5. ábra), amely az üzemben belül bárhova eltolható, és ott üzembe helyezhető. Közvetlenül a gépkezelő mellé is helyezhető, védőrácsra nincs szükség. Ilyen módon az akár ideiglenes automatizálás bármelyik fröccsgépen megvalósítható, ami növeli a gépek kihasz-



nálását. De egy autógyárban is jól jön egy emberek számára nagyon kényelmetlen helyzetben (pl. a gépkocsitető belső szigetelését) végzendő munka kiváltására.



5. ábra A mobil *Plattform flexFellow* bárhol felállítható és átmeneti automatizálásra alkalmazható

A biztonságos ember-robot-együtműködés végső soron a gyártási folyamatok hatékonyságát növelheti. Ezt jól bizonyítja pl. egy olyan folyamat, amelyben a robot önállóan berakja a hegesztendő darabokat a dörzshegesztést végző gépbe, majd kiveszi az összehegesztett terméket és lerakja őket. A gép kiszolgálójának nem kell addig sem várni, amíg a hegesztés megtörténik, ez alatt elvégezheti pl. a minőségellenőrzést.

Összeállította: Pál Károlyné

Squires,P.: When robots make sense for part packaging = Plastics Technology, 2015. ápr. [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Naitove, M.H.: Why five axis cartesian robots hit with molders = Plastics Technology, 2015. márc. [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Zusammen in eine Neue Ära = Kunststoffe 104. k. 11 sz. 2014. p. 64-66.

Der Roboter wird mobil bei Arbeit, Sport und Spiel = MM das Industrieportal, [www.maschinenmarkt.vogel.de](http://www.maschinenmarkt.vogel.de)

## Röviden...

### **Öntisztító technológia fröccsszerszámokhoz**

A Husky Injection Molding Systems (Bolton, Ontario, Kanada) kidolgozott egy öntisztító technológiát, amely elsősorban PET előformák szerszámainál alkalmazható. A gombnyomással indítható tisztítás során a szellőztető rendszer összegyűjti és eltávolítja a port a szerszám felületéről. Alkalmazásával évente 400 munkaóra nyerhető, amelyet eddig szerszámtisztításra használtak.

A technológiát a 2015. évi NPE kiállításon (Orlando, Florida, USA) mutatták be.

O. S.

Kunststoffe, 105. k. 6. sz. 2015. p. 13.