

Hogyan készülhet fel a műanyag-feldolgozó ipar a negyedik ipari forradalomra?

Az átállás az Ipar 4.0 elve szerinti műanyag-feldolgozásra csak fokozatosan, négy egymás utáni lépés megtételével lehetséges. A legtöbb üzem még az első lépést sem tette meg. Az előttük álló út nem könnyű, de nem is lehetetlen. Az új technológiák elsajátításához az aacheni DCC már most is segítséget adhat.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; Ipar 4,0; digitális technológiák; digitális árnyék; továbbképzés.

Az első ipari forradalom energiaforrása az emberi erő és a víz, a másodiké a vilamos áram volt; a harmadikat a múlt század utolsó szakaszában az automatizálás jellemezte; az ezredforduló után beinduló negyediket pedig a digitalizáció fogja meghatározni, ahol a gyártórendszereket közvetlen kapcsolatok kötik össze és közöttük információcsere zajlik. Kiteljesedéséhez azonban négy lépésben négy fontos feladatot kell megoldani:

1. *Láthatóvá (visibility) kell tenni a gyártási folyamat paramétereit*, az egyes szakaszok jellemzőinek és állapotainak jellemzőit, azaz nagyszámú adatot kell digitalizálva felvenni, és gondoskodni kell ezek rögzítéséről, tárolásáról, megjeleníthetőségükről, későbbi hozzáférhetőségükről. Egy ilyen adathalmaz tökéletesen „leképezi” a gyártási folyamatot, ezért a gyártás „digitális árnyékának” vagy „digitális ikertestvérenek” is tekinthető.

2. *Átláthatóvá (transparency) kell tenni a folyamatot*, azaz fel kell ismerni a folyamatban fellépő jelenségek oka és hatása közötti összefüggéseket, meg kell határozni a közöttük lévő korrelációt; azaz meg kell érteni, hogy egy jellemző megváltozása hogyan függ össze egy paraméter változásával.

3. *Meg kell teremteni az előrejelzés (predictability) lehetőségét*. Ha a folyamatot kellő mélységben ismerik, egy nem várt zavaró esemény bekövetkezésekor megfelelő gyors ellenintézkedéssel meg lehet előzni a hiba bekövetkezését.

4. *Ki kell alakítani a gyártórendszer illeszkedési képességét (adaptibility)*. Ez azt jelenti, hogy a rendszer emberi beavatkozás nélkül, gyártás közben önmaga képes optimalizálni a folyamatot, ha az előrejelző rendszer szerint az eltér az optimálistól.

A műanyag-feldolgozás digitális árnyéka

A műanyag-feldolgozó iparon belül a digitalizálás fejlettségi foka nagyon eltérő mértékű. Egyes üzemekben széles körű az adatfelvétel és magas fokú az adatfeldolgo-

zás, de számos üzemben egyáltalán nincsenek a gyártási folyamatokat jellemző adatok, és vannak olyan helyek is, ahol még kézírással jegyzik fel a mért értékeket.

A német energiatorvény megjelenése és az energiamenedzsment-rendszer kötelező bevezetése óta sokat változott a helyzet, de a legtöbb üzemben ma is csupán az elektromos energia megfigyelésére (az áramfelvétel mérésére vagy a hatásfok kiszámítására) szorítkoznak. Szigorúan véve még az olyan üzem sem sorolható az Ipar 4.0 első fejlődési szakaszába, amely valamennyi fontosabb fogyasztó teljesítményfelvételét méri, mert a műanyag-feldolgozásban jelentős szerepe van a hűtővíznek, a hőenergia egyensúlyának (leadott hőmennyiség, hűtőteljesítmény), a sűrített levegő mennyiségének, az alap- és segédanyagok áramának. Ezeket mind számba kell venni és – ideális esetben – egy egységes fölé rendelt rendszerben összesíteni.

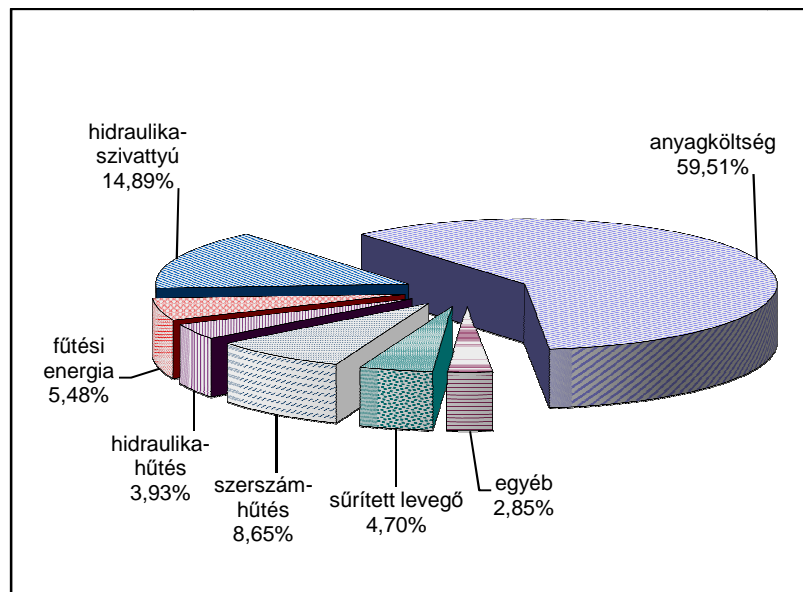
A gyártási folyamatok számos adatának egyidejű rögzítésére kínál megoldást az SHS plus GmbH (Oberhausen) *plusMeter* nevű energiamonitora, amely különböző tulajdonságokat (folyadék-, anyag-, hőáramlást; nyomást, elektromos teljesítményt, villamos vezetőképességet, a hálózat minőségét, pozíciót, pH-értéket, nedvességtartalmat, töltési állapotot stb.) mérő szenzorok adatait képes rögzíteni és egyetlen fölérendelt szoftverrendszerben látható módon megjeleníteni (vagy vezérelni/szabályozni) akkor is, ha a jelek különböző gépekből, berendezésekből vagy gyártótól érkeznek. Alkalmazása révén megismerhetők és megjeleníthetők a gyártás körülményei. A *plusMeter* vázlatos képe az 1. ábrán látható.



1. ábra Az SHS plus GmbH *plusMeter* monitorkészülékének vázlatos rajza

Egy termék vagy egy gyártási egység valódi gyártási költsége csak valamennyi anyag- és energiaáram pontos felméréssel határozható meg. Számos üzemben azonban hiába dolgoznak új gépekkel és új kiegészítő berendezésekkel, amelyek sokféle lehetőség kínálkozik az adatfelvételre, nincs megoldva az adatkiértékelés, nem is beszélve a különböző rendszerek intelligens hálózatba kötéséről és különösen a különböző gyártók közötti hálózat kialakításáról. Ha pl. egy fröccsgépet, egy extrudert vagy egy fúvógépet a szükséges villamos energia mellett ellátnak anyagárammal, hűtővízzel, sűrített levegővel, és emellett a perifériát is kiszolgálják, legtöbbször nem lehet pontosan kiszámítani az egy darabra jutó gyártási költségeket. Egy fröccstermék gyár-

tási folyamata alatt felvett adatok alapján kiszámított részletes költségelemzés a 2. ábrán látható.



2. ábra Egy fröccstermék gyártási folyamata alatt felvett adatok alapján kiszámított részletes költségelemzés. A termék darabköltsége összesen 1,27 EUR

Ez az alábbi költségekből adódik:

sűrített levegő	0,06 EUR
szerszámhűtés	0,11 EUR
hidraulikahűtés	0,05 EUR
fűtés energiaköltsége	0,07 EUR
hidraulikaszivattyú energiakölt.	0,19 EUR
anyagköltség	0,76 EUR
egyéb	0,03 EUR

Az átláthatóság: a digitális árnyék kiértékelése

Még az olyan üzemekben, ahol az adatrögzítés elég részletekbe menő ahhoz, hogy digitális árnyékról lehessen beszélni, sincs többnyire elegendő kapacitás az adatok megfelelő kiértékeléséhez. Pedig az ilyen kiértékelés révén lehetne felismerni az adatok közötti összefüggéseket és korrelációkat, amelyek birtokában mélyebb ismereteket lehetne szerezni a folyamat tulajdonságairól. Vannak egyszerű, egydimenziós és összetett, többdimenziós korrelációk is, amelyek csak nehezen, matematikai-statisztikai módszerekkel deríthetők fel.

Néha az egyszerű, egydimenziós összefüggéseket triviálisnak, említésre sem méltónak tekintik, és a gyakorlatban csak ritkán határozzák meg ezeket adatkiértékeléssel vagy automatizált digitális elemzéssel. Emiatt nem vezethető be az automatikus

hibakorrekció, a beavatkozást teljes egészében a gépkezelőre bízzák. A gyártási feladatok azonban egyre bonyolultabbak, a gépkezelők néha több különböző gyártóegységet és gyártási folyamatot felügyelnek, és aligha marad idejük, hogy „piszlicsáré” módosításokkal foglalkozzanak. Pedig az egyszerű összefüggések alapján végzett automatikus korrekció néha jelentős költségcsökkenést, termelékenység-növekedést vagy minőségjavulást eredményezhet. Az 1. táblázat azt mutatja, hogy milyen „közönséges, mindennapi” hibalehetőségek elkerülésében is hasznos lehet az automatikus beavatkozás.

1. táblázat

Példa egy könnyen automatizálható, egydimenziós információtechnikai „ha-akkor” típusú digitális hibamegelőző/kijavító rendszerre

Ha a szenzor jelzést ad, hogy:	Akkor az automata a következőket teszi:
a sűrített levegő erősen fogy gépállás idején is	jelzi a karbantartásnak, hogy szivárog a levegővezeték
a fröccsszerszámban csökken a hűtővízáram, a ciklusidő pedig növekszik	üzeni a karbantartásnak, hogy ki kell tisztítani a hűtővíz csatornarendszerét
az őrlőberendezés akkor is működik, ha nincs benne visszadolgozandó műanyag	kikapcsolja a darálót
a hajtómű olajsintje alacsony	e-mailt küld a karbantartáshoz, hogy sürgősen fel kell tölteni a gépet olajjal
egy bizonyos gépen jelenleg nem dolgoznak	üzeni, hogy a központi hűtővízellátóban 5 °C-kal növeljék a hűtővíz hőmérsékletét

Lépések az előrejelzés és az illeszkedés megvalósítása felé

Az Ipar 4.0 teljes megvalósítása felé vezető úton a következő két lépést csak akkor lehet megtenni, ha az első két lépés teljes egészében megvalósult, azaz bevezették az adatrögzítést és kiépítették az adatkiértékelő rendszert. Ezen az úton a legnagyobb kihívást a folyamatot befolyásoló számos tényező jelenti, amelyek nagyon erősen befolyásolhatják a minőség előrejelzését. Az SHS plus GmbH egyik kiemelt célja, hogy hardver- és szoftverfejlesztéseivel megkönnyítse ennek a lépésnek a megtételét. Ebben a munkában együttműködik az SKZ Műanyagközponttal (SKZ Kunststoff-Zentrum, Würzburg).

Együttműködésük egyik célja egy olyan csőgyártó extruderrendszer felépítése, amelyben az SHS *plusMetere* fogja feldolgozni a szenzoroktól befutó adatokat, a feldolgozási folyamat legfontosabb jellemzői mellett a környezet állapotát meghatározó adatokat (hőmérséklet, páratartalom stb.) is. Egy számítógépes rendszer – a korreláció számbavételével – a termék minőségi paramétereinek szempontjából (felületminőség, falvastagság, ovalítás, belső feszültség stb.) automatikusan értékeli ezeket az adatokat, egyúttal jelzi a gépkezelőnek, hogy milyen beavatkozással lehet a minőségi paramétereket tovább javítani.

Csak egy ilyen színvonalú rendszerbe lehet automatikusan generált szimulációs eredményeket betáplálni az előrejelzés megvalósításához. Ilyen eredményeket *véges elemes eljárással (FEM, Finite-Element-Method)* vagy *véges differenciál módszerrel (FDM, Finite-Differenzen-Method)* végzett számításokkal lehet előállítani. Az utóbbi módszert már alkalmazzák az SHS plus GmbH hűtési folyamatok szimulálására kifejlesztett *Chillware* szoftverjében, amellyel nagy pontossággal számítható ki az extrúziós termékek hűlési folyamata. Ezzel a szoftverrel kiszámítható, hogy milyen hatása van a különböző hőmérsékletű hűtővíznek, a levegővezeték hosszának, a hűtőtartályos technológiának vagy az anyagnak a termék minőségére, ill. az üzemi költségekre. Ilyen rendszer birtokában már nem csak távoli terv lehet egy olyan feldolgozógép, amely az előrejelzés alapján automatikusan, a gépkezelő beavatkozása nélkül ön-maga képes a gyártási folyamatot optimalizálni.

A műanyag-feldolgozók barátkozását az új technológiákkal a március végén beindított aacheni DDC segíti

Az aacheni műszaki főiskola (RWTH Aachen) kutatási központja 2017. március 31-én nyitotta meg a *digitális technológiákat bemutató és oktató technikumát (DDC, Digital Capability Center)*, amely elsősorban az Ipar 4.0 szellemében végzendő termelés feltételeinek megteremtéséhez kíván segítséget nyújtani a műanyag-feldolgozóknak. Itt a létező szerszámgyártó és műanyag-feldolgozó üzemekhez hasonló körülmények között fogadják majd ezek szakembereit és vezetőit, hogy bemutassák nekik, hogyan tudnák elvégezni üzemük átalakítását a digitális technológiák alkalmazására. A DDC-t egy vállalati tanácsadó cég, a McKinsley & Company, az RWTH Textiltechnikai Intézete (ITA, Institut für Textiltechnik Aachen) és néhány vezető technológiai vállalkozás, pl. a szoftvereket fejlesztő PTC (Needham, MA. USA) közösen alapította, és még ebben az évben Szingapúrban, Chicagóban, Pekingben és Vencencében tervezik hasonló technikum felállítását.

A DDC-ben azt akarják a vállalatok munkatársainak bemutatni, hogy hogyan tudják az Ipar 4.0 gyártási követelményeit szisztematikusan és célirányosan megközelelni. Megtanítják őket arra, hogy hol és hogyan lehet a legújabb technológiákat – a megrendelő első megkeresésétől kezdve a fejlesztésen, gyártáson és kiszállításon át a szervízszolgáltatásig – a teljes értékteremtő láncba beilleszteni. Természetesen foglalkoznak a menedzsmentre háruló feladatokkal, a munkatársak alkalmasságával és azzal, hogy az átalakításokat az üzemben mindenkinek el kell fogadnia. A résztvevők saját problémáikkal kapcsolatos konkrét feladatokat kapnak (*3. ábra*), és ezáltal megismerkedhetnek olyan digitális megoldásokkal és technológiákkal, mint a valós idejű diagnosztikai szerszámok, a Big Data elemzés, az előrejelzés alapú karbantartás, a digitális teljesítménymenedzsment (performance-management), a 3D nyomtatás és az (emberrel) együttműködő robot. [Megjegyzés: „Big data” fogalma alatt azt a komplex technológiai környezetet (szoftvert, hardvert, hálózati modelleket) értik, amely lehetővé teszi olyan adatállományok feldolgozását, amelyek annyira nagy méretűek és annyira komplexek, hogy feldolgozásuk a meglévő adatbázis-menedzsment eszközökkel jelen-

tős nehézségekbe ütközik. Leegyszerűsítve a „Big data” mint fogalom a nagyon nagy mennyiségű, nagyon nagy sebességgel változó és nagyon változatos adatok feldolgozásáról szól.]



3. ábra A képen látható nő „adatkesztyűvel” egy együttműködő robot vezérlését állítja be oktatója segítségével

A DDC szerint az Ipar 4.0 technológiáinak bevezetésével a vállalatok a karbantartási költségek és az állásidők 50%-át takaríthatják meg, termelékenységüket pedig 55%-kal növelhetik. Az ehhez szükséges technológiák jórészt már léteznek. Az üzemekben azonban még hiányzik az a sokoldalúság és az az interdiszciplináris képesség, hogy kiválasszák és célirányosan bevezessék a megfelelő technológiát. A legnagyobb kihívást pedig a szervezeti átalakítás jelenti.

A DDC gépparkja nagyon vegyes. Megtalálhatók itt az öregebb és a korszerű gyártóeszközök is, különböző vezérlőrendszerekkel és csatlakozási lehetőségekkel. Az ezeken szerzett tapasztalatokat szinte valamennyi gyakorlati probléma megoldásában és a legkülönbözőbb feldolgozó üzemekben jól lehet hasznosítani.

A DDC arra törekszik, hogy a náluk oktatót résztvevők megismerjék a világszerte legújabb technológiákat, és ezeket fel tudják használni termelékenységük növelésére. A PTC az *IoT* (*Internet of tools; ember és a gép, a „dolgozók” összekapcsolódása*) és a kiterjesztett valóság (augmented reality) területén szerzett tapasztalatait felhasználva fejleszti szoftverjeit ennek a célnak az érdekében.

Összeállította: Pál Károlyné

Saul, K.: Industrie 4.0 in der Kunststoffverarbeitung = Kunststoffe, 11. k. 2016. p. 39–41.
Intelligent processdata evaluation for the plastics processing industry = www.shs-plus.de/-plu-meter.de/en/index.html
Abkühl-Simulationssoftware Chillware = www.plastverarbeiter.de/wp-content/uploads/2016/12/-PV_SH_16_Gesamt-Screen_final.pdf p. 24
Wirtschaftlicher Erfolg durch Industrie 4.0. Digital Capability Center in Aachen eröffnet = www.kunststoffe.de/news/vermischtes/artikel/wirtschaftlicher-erfolg-durch-industrie-4-0-3322769.html?et_cid=4&et_lid=4

www.quattroplast.hu