

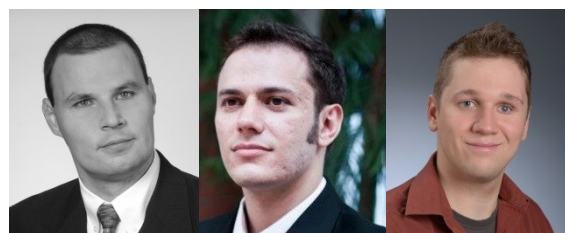
Beállási idők előrejelzése polimerek forgácsolásánál

Viharos Zsolt János¹, Paniti Imre^{1*}, Farkas János²

¹MTA SZTAKI

²NYME SKK, EuropTec Kft.

*paniti.imre@sztaki.mta.hu



Abstract

A cikk az EuropTec Kft. fő profiljával a polimer-forgácsolással foglalkozik, azon belül is a beállási idők előrejelzésével. A forgácsolás ugyan nem tekinthető újdonságnak műanyag termékek gyártásakor, mégis kevés irodalom foglalkozik ezzel. A cikk inkább szervezési, előtervezési szempontból közelíti meg a témát. A vizsgált termékeknek magas műszaki követelményeket kell teljesíteni, mivel ezek főleg orvostechnikai, festékipari, és mérés-technikai eszközök. Ezek 20 %-a új munkadarab, azaz 5 évente csaknem lecserélődik a teljes termékportfólió. A vállalatirányítás szempontjából kiemelt fontosságú, hogy a gyártási folyamatokat minél jobban nyomon lehessen követni, azok az ütemezésben minél pontosabban jelenjenek meg. Ennek egy részével, a beállási folyamattal foglalkozunk. A beállási folyamat felépítésének, és időszükségletének vizsgálata mellett bemutatásra kerül egy empirikus úton kidolgozott modell, amely több száz valós ipari beállítás paramétereire alapszik. A modellben használt korrekciós faktorok figyelembe veszik a szerszámok száma mellett az anyag forgácsolhatóságát, az előírt felületi minőséget és a túrésmező szélességét.

Kulcsszavak: beállási idő, előrejelzés, polimer, forgácsolás

1. Bevezetés

Ha műanyag alkatrészek gyártásáról van szó, inkább a fröccsöntésre, és egyéb megalakítási technológiákra asszociálunk, bár már polimerek esetében is beszélhetünk például dörzshegesztésről [1-2]. Forgácsolási eljárás választása akkor lehet indokolt, ha a legyártani tervezett mennyiség nem túl sok (ideális esetben 100-1000 db). Ekkor az egy darabra vetített szerszámköltség fröccsöntés során túl magas lenne [3].

A beállítás a forgácsolási művelet része, az azt megelőző gépbeállítást takarja. A beállítás onnan számítódik, hogy az előző termék gyártása befejeződött, és az új termékhez szükséges szerszámok, anyag(ok), készülékek illetve mérőeszközök már elő vannak készítve. Akkor tekintjük lezártnak, és sikeresnek a beállási folyamatot, ha a szerszámgép megfelelő darabot gyárt. A fő cél az, hogy az egy termékre vetített idő, amit az a termelésben tölt, minél kevesebb legyen, azaz a termelési költsége csökkenjen. Vannak, akik az átállás azon részét vizsgálják, ahol a beállítás már befejeződött [4].

Diganta Das és munkatársai [5] átfogó irodalmi áttekintést nyújtanak a beállási idők különböző becslési módszereiről. Munkájukban a termék befogási módjára épülő beállási idő becslését dolgozták ki 3 tengelyes megmunkálások esetén. Ugyanakkor meg kell említeni,

hogy a szakirodalom főleg ütemezési szempontból tekint a beállási időkre [5].

A vizsgált munkák nagy része kis volumenben (100-200 db), de nem ritka az 5-6 darabos széria sem. Évente kb. 10 000 beállási művelettel kell kalkulálni (ez a teljes gépi idő 20%-a), így már egy kismértékű időbeli nyereség beállásonként összességében rengeteg időt jelent.

2. A beállási folyamat felépítése, első számítások

A mérések 15 beállítás elemzésével, az egyes részidők lemerésével, majd azok átlagolásával készültek. Az előző munka kiszerszámozása után az új munkát elő kell készíteni.

Az előkészítés átlagos ideje: 4 [perc]

Patron cseréje, szorítóerő beállítása: 2 [perc]

2.1 Programozás

$$t_{pr} = N \cdot 1 [\text{perc}] \quad (1)$$

Ahol N a szerszámok száma, t_{pr} pedig a program átírásához szükséges idő.

2.2 Bemérés

$$t_{bem} = N \cdot 2[perc] + B \cdot 2[perc] \quad (2)$$

Ahol N a szerszámok száma, B pedig az ellenorsó bemérése. Ha az ellenorsó nincs használatban B = 0, ha van, akkor B = 1.

2.3 Az első darab, és az első jó darab

A szűk tűrésmezők miatt (nem ritka a 0,02 mm) nagyon ritka, amikor már az alsó darab megfelelő. Tovább nehezíti a dolgot, ha a darabot csak mérőgépen, vagy csak félbevágva lehet megfelelően megmérni. A korrekciók, javítások elvégzése emészt fel a legtöbb időt, előre megmondani nehéz, több dologtól függhet. Ugyanakkor, ha nagy hiba nem lép fel, akkor jó közelítéssel számolható az első jó darab legyártásához szükséges idő:

$$t_e = (4 + 1) \cdot t_D + t_{HV} + t_{KORR} = 5 \cdot t_D + 15[perc] \quad (3)$$

Ahol t_e , az első jó darabhoz szükséges idő, t_D a darabidő, t_{HV} a hűtővíz odavezetés megfelelő beállításához szükséges időt jelenti. Műanyagok esztergálásakor hűtő és kenőfolyadéknak fontos feladata, hogy a forgácsot elszállítsa, és megakadályozza, hogy az a darabra, szerszámra tekeredjen. Megfelelő késtartók alkalmazásával ez az idő nagy mértékbe redukálható, így ezzel a továbbiakban nem számolunk. t_{KORR} korrekciók elvégzéséhez szükséges idő. A méréssel töltött részhez a továbbiakban 30 [perc] –et számítunk.

3. Korrekciós faktorok

A korábbi beállási adatokat (több évnnyi adat) kielemezzük, és ún. korrekciós faktorokkal kibővítve a beállási idő képletét egy, a valósághoz közelebb álló időt kapunk. Három hipotézist állítunk fel, és az ezekből kapott eredmények alapján egy képletet hozunk létre a korrekciós tag kiszámítására.

1. A beállási idő függ a termék anyagától.
2. A beállási idő függ a kért felületi minőségtől.
3. A beállási idő függ a tűrésmező szélességétől.

4. Értékelés és következtetések

A korábban megállapított fix, és szerszámok számától, esetleg darabidőtől függő időrészeket rendezve adódik az új beállási időt meghatározó képlet;

$$t_{beállás} = N \cdot 5 + K \cdot 5 + t_D \cdot 5 + B \cdot 4 + C + t_{KORR} \quad (4)$$

Ahol N a szerszámok száma, K a szerszámtartó cserék száma, B az ellenorsó jelenléte, t_{KORR} a korrekciós tag, t_D pedig a darabidő. Ezekon kívül még C, konstans idő adódik hozzá.

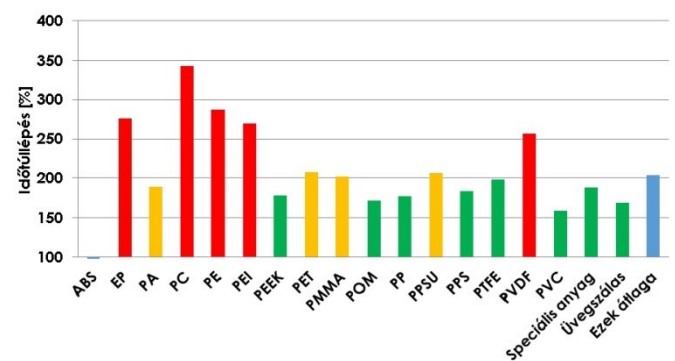
Összeadva a fix tagokat: $C = 66$ [perc]

5. Az adatok általános kiértékelése

Több, mint **5600 beállást vizsgálva** valós következtetéseket vonhatunk le a tervezett és a valós idők százalékos eltéréséről. Ha azonban a százalékos eltérések átlagát képezzük téves következtetéseket vonhatunk le, így a súlyozott átlaggal kell tovább számolni, ahol a súlyozás a szerszámok száma lesz. **A jelenlegi modell +22%-al tér el a valós időtől, ami egy-egy beállásnál 28 perc többletidőt jelent.** Ez majdnem napi másfél órát jelent, ami jelentősen rontja az ütemtervezés pontosságát.

Két azonos szerszámszámú munka beállási ideje között nagy eltérés lehet, az eltérések nagyon szórnak (kb. 86%). Ebből következik, hogy **nehéz olyan képletet alkotni, amely nagy biztonsággal képes megadni a beálláshoz szükséges időt.** A további adatelemzéseknél azokat a munkákat vizsgáljuk, ahol a beállási idő túllépése több mint 100% volt. Érdekes, hogy ebbe a sávba nem csak új munkák kerülhetnek, gyakori a már futott munkák beállási idejének nagymértékű túllépése is.

5.1 A beállási idő- anyag összefüggése.



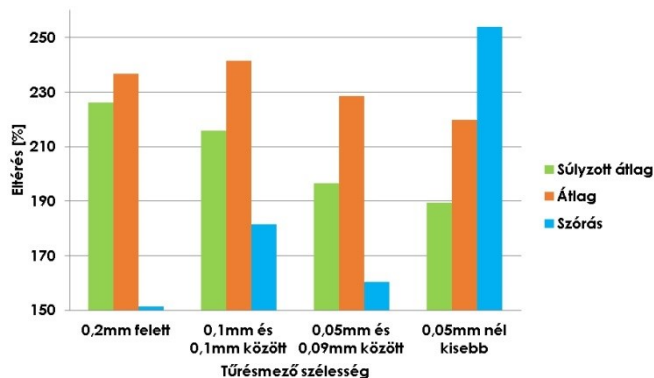
1. Ábra. Az alapanyag eloszlás problémásabb termékeknél.

Az 1. ábrán megfigyelhető, hogy az anyagfüggésre vonatkozó hipotézis helytálló volt, az alapanyag, és a beállási idő között összefüggés van, és ezzel számolni kell.

5.2 Beállási idő- tűrésmező szélesség összefüggése

A 2. Ábrán látható, hogy a súlyozott átlag paradox módon ugyan csökken az egyre szűkülő tűrésmezővel,

a korrigált tapasztalati szórást figyelembe véve látszik, hogy az átlag körüli oszcilláció egyre nő.

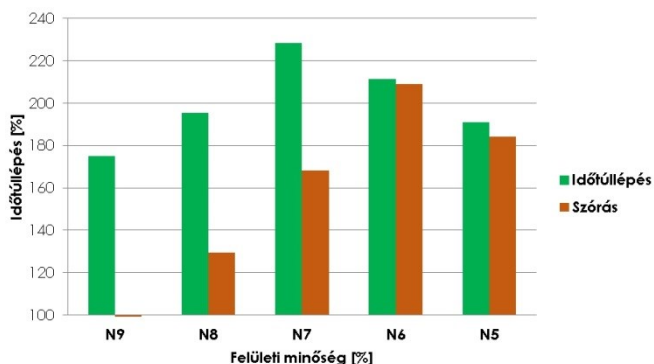


2. Ábra. Tűrésmező-időeltérések összefüggése

Elmondható, hogy a **tűrésmező szélessége, és a beállási idő között egyértelmű kapcsolat nem írható fel** a rendelkezésre álló adatok alapján.

5.3 A felületi minőség és a beállási idő kapcsolata

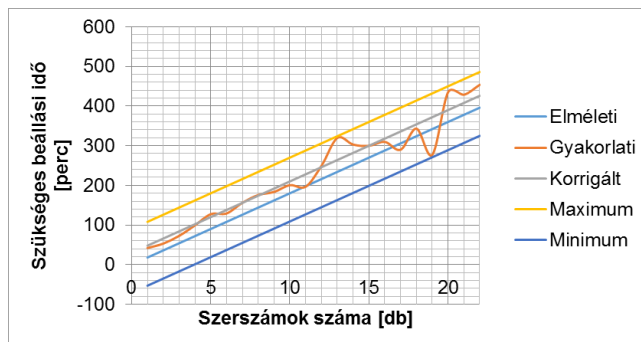
A 3. Ábrán látható, hogy a **finomabb felületi minőséghez több beállási idő szükséges**, és ezt a modellben kompenzálni kell.



3. Ábra. Felületi minőség és beállási idő összefüggése

6. A régi modell összehasonlítása az archív adatokkal

A korábbi modell, és a valós beállási idők kapcsolatát mutatja a 4. Ábra. Az „elméleti” görbe a jelenleg alkalmazott lineáris összefüggést jeleníti meg, a gyakorlati görbén a valós idők láthatóak. Látható, hogy 10 szerszámig a görbe meredeksége szinte egybeesik az elméleti képlettel, de még 15 szerszámig is jó közelítést ad. A kettő között konstans eltérés tapasztalható. A gyakorlati görbe két burkoló egyenes között fekszik, a jelleg alkalmazott képlethez képest csak konstans eltolás van. A minimum (-30 perc), és maximum (+90 perc) egyenesek.



4. Ábra. A jelenlegi modell, és a valós beállási idők kapcsolata

Fontos megjegyezni, hogy egyik egyenes sem adna megfelelő beállási időt, a maximum a legtöbb esetben túl, a minimum pedig alábecsülné a szükséges időket. Ezért a korrigált átlag függvényt alkalmazzuk, ami 10 szerszám alatt jó pontossággal állapítja meg a beállási időt. A jelenleg alkalmazott képlethez képest egy 30 perces eltolást tartalmaz, azaz:

$$T = N \cdot 18 + 30[\text{perc}] \quad (5)$$

Ahol N a szerszámok száma. 10 szerszám felett azonban a beállási idő, és a szerszámok száma között nem lineáris a kapcsolat, ezért itt más megfontolások alapján kell a beállási időt számolni. Itt a korábban említett korrekciós faktorok alkalmazása célszerű.

7. Kompenzáló tagok

Kompenzáláskor a fenn említett késtartó cseréken kívül figyelembe kell venni az anyagot (M), a felületi minőséget (F), és a felületi minőséget (F).

Gyakorlati tapasztalat alapján az anyagokat 3 csoportba soroljuk, az anyag forgácsolhatóságát az M mérőszámmal jellemezzük. A felületi minőséget, valamint a tűrésmezőt 4 osztályba sorolhatjuk, S, és F értéke ettől függ. A három paraméter értékét az 1. Táblázat tartalmazza.

1. Táblázat. A korrekciós faktorok megállapítása

| Anyag | Felületi minőség | Tűrésmező | | | |
|------------------|------------------|------------------|---|-----------------------|---|
| | | Felület | F | Szélessége | |
| Forgácsolhatóság | M | | | S | |
| Jól | 1 | N9 vagy durvább | 1 | szélesebb mint 0,2 mm | 1 |
| Átlagos | 2 | N8 | 2 | 0,2 – 0,1 mm | 2 |
| Nehezen | 3 | N7 | 3 | 0,1 – 0,05 mm | 3 |
| X | X | N6 vagy finomabb | 4 | szűkebb, mint 0,05 mm | 4 |

8. Az új modell

Az új modell esetén az alábbi számítási képletet érdemes követni:

10 szerszám, vagy az alatt:

$$T = N \cdot 18 + 30[\text{perc}] \quad (6)$$

ahol T a beállási idő, n pedig a szerszámok száma.

10 szerszám felett:

$$T = [1 + 0,1 \cdot (M - 1) + 0,1 \cdot (S - 1) + 0,1 \cdot (F - 1)] + K \cdot 5[\text{perc}] \quad (7)$$

ahol T a beállási idő, n a szerszámok száma, S, M, F a korrekciós faktorok, K pedig a szerszámtartók szükségessé cseréjének a száma.

9. Az új modell tesztelése

A modell alkalmasságát 10 korábbi beállításba visszahelyettesítve vizsgáltuk. Az eredményeket a 2. Táblázat tartalmazza.

2. Táblázat. A modell alkalmasságának vizsgálata

| N | Elméleti | Valós | S | F | M | Új modell | Eltérés régi modell esetén | Eltérés új modell esetén |
|----|----------|-------|---|---|---|-----------|----------------------------|--------------------------|
| 11 | 198 | 248 | 4 | 2 | 0 | 257,4 | 50 | -9,4 |
| 12 | 216 | 299 | 1 | 3 | 3 | 302,4 | 83 | -3,4 |
| 13 | 234 | 397 | 4 | 3 | 1 | 351 | 163 | 46 |
| 34 | 612 | 1189 | 4 | 3 | 1 | 918 | 577 | 271 |
| 15 | 270 | 487 | 3 | 2 | 3 | 405 | 217 | 82 |
| 21 | 378 | 631 | 3 | 3 | 3 | 604,8 | 253 | 26,2 |
| 20 | 360 | 1085 | 3 | 3 | 3 | 576 | 725 | 509 |
| 18 | 324 | 607 | 4 | 2 | 1 | 453,6 | 283 | 153,4 |
| 16 | 288 | 372 | 4 | 1 | 1 | 374,4 | 84 | -2,4 |
| 26 | 468 | 659 | 4 | 3 | 1 | 702 | 191 | -43 |

10. Értékelés, továbbfejlesztési javaslatok

A fenti próbaszámítások során az új modell kisebb hibával dolgozik a jelenlegi modellhez képest. Általában nagyobb időt ad meg, mint a jelenlegi modell, ami az esetek döntő többségében igaz, ám amikor kevesebb idő szükséges a beálláshoz, mint a jelenlegi modell által számított, akkor az új modell nagyobb hibát vét. Összességében sikerült pontosabb modellt alkotni, de még mindenképp szükséges a továbbfejlesztése.

A továbbiakban egy jóval több paramétert magába foglaló modell megalkotása a cél, ami figyelembe veszi többek között a darabszám-, a tűrés-, a felület kategóriák mellett, a szint, a kivitelt, munkadarab egyes méreteit, az esetleges töltőanyagot, a hőkezelési állapotot, a gép kategóriáját, a műszak típusát, a technológiai besorolást, valamint a szerszám kategóriát. Fontos minden olyan adatot összegyűjteni, ami a beállási időt befolyásolhatja, majd a megfelelő algoritmusokkal kiválasztani azokat, amelyek az időt leginkább meghatározzák.

11. Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával megvalósuló VKSZ_12-1-2013-0038: "Stratégiai ipari ágazatok jövőbemutató gyártási technológiáihoz és termékeihez kapcsolódó térségi kutatási kompetenciák megerősítése széleskörű együttműködésben megvalósított kutatás-fejlesztési programmal" projekt támogatta.

Irodalom jegyzék

[1] Bilici M. K., Yüklér A. I.: „Influence of tool geometry and process parameters on macrostructure and static strength in friction stir spot welded polyethylene sheets”; *Materials and Design*, 2012, VOLUME 33, 145–152.

[2] Arici A., Mert S.: „Friction stir spot welding of polypropylene”; *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2008, VOLUME 27, 2001–2004.

[3] Füzes László: „Műanyagok forgácsolása”; *Műanyagipari Szemle*, 2012, 6. szám, <http://muanyagipariszemle.hu/2012/06/muanyagok-forgacsolasa-14.pdf>

[4] A.R. Mileham, S.J. Culley, G.W. Owen, L.B. Newnes, M.D. Giess, A.N. Bramley: „The impact of run-up in ensuring Rapid Changeover”; *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 2004, VOLUME 53, ISSUE 1, 407-410.

[5] Diganta Das, Satyandra K. Gupta, Dana S. Nau: „Estimation Of Setup Time For Machined Parts: Accounting For Work-Holding Constraints Using A Vise”; *COMPUTERS IN ENGINEERING*, 1995, 619-632.