XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

MECHATRONIKAI TERMÉKEK GYÁRTÁSÁRA ALKALMAS SZERELŐ-TAMPONOZÓ-CSOMAGOLÓ EGYSÉGEK LOGISZTIKÁVAL INTEGRÁLT TERMELÉSÜTEMEZÉSE

**Mészáros Ferenc, Dr. Cselényi József, Dr. Tóth Tibor, Dr. Kovács György,
Bálint Richárd**

Abstract

The aim of this article is the elaboration of such a modelling and description system of a multi-stage (assembly-tampon printing-packaging), logistics integrated production schedule for a general mechatronical product. In the article an algorithm is presented for scheduling the tampon printing machines based on a heuristic methodology.

Összefoglalás

A dolgozatban bemutatásra kerül egy általános mechatronikai termék többfokozatú gyártási folyamatának logisztikával integrált termelésütemezésének keretrendszere, az ütemezés alapelvei, továbbá egy tamponozó egységek ütemezésére alkalmas heurisztikus algoritmus.

1. Bevezetés

A mechatronikai termékek szerelési folyamatának egyik jellemző sajátossága lehet, hogy a vásárlók felé kínált termékstruktúra sokféle végtermékből áll, amelyek lényegesen kisebb sokaságú általános termékből kerülnek legyártásra úgy, hogy a gyártás befejező lépéseit (finishing műveletek), illetve a csomagolást az adott piac, vagy esetleg az adott megrendelő sajátos igényeit figyelembe véve végzik el [3]. Az egyik legelterjedtebb finishing technológia a tamponnyomás (tampon printing). A tamponozási műveletek jelentős mértékben függenek a végterméktől, hiszen végtermékenként eltérőek lehetnek a nyomatképek, a tamponozandó felületek, a nyomatok színösszeállítása stb., ami gyakori átállítást igényel, amely a gépek ciklusidejéhez képest jelentős hosszúságú, és gyártási sorrend-függő (sequence dependent setup time) [1].

2. A vizsgált rendszer logisztikával integrált termelésütemezésének modelljei

A nagyszámú végterméket a következő hierarchiába szervezve érdemes kezelni: termékcsalád (azonos fő funkció), termékcsalád alcsoport (azonos márkajelleg), és késztermék. A termékhierarchia szintjeiből előállíthatóak a tamponozás technológiája szempontjából fontos ún. műveletcsoport (azonos felületeken tamponozott termékcsalád alcsoportok), illetve technológiai csoport (a

műveletcsoporton belül azonos színekombinációt igénylő készterméksorozatok csoportja) kategóriák. Az általános termékek (fehérárúk) szerelése és az ehhez szükséges alkatrész-beszállítás integrációjára egy következő lépésben kerülhet sor, ami már túlnő a dolgozat keretein. A mechatronikai termékek egy jellegzetes finishelő-csomagoló üzemének logisztikával integrált rendszerét az 1. ábra szemlélteti.

1. ábra. Mechatronikai termékek egy jellegzetes szerelő-finishelő-csomagoló rendszerének logisztikával integrált modellje

Az 1. ábra szerinti integrált rendszerben láthatóak a két elkülönített modell (A és B modell) a fizikai határai. A logisztikával integrált termelésütemezés kialakításánál [2] az integrációt két fokozatban érdemes végrehajtani:

1. integrációs fokozat (1. ábra, A modell):

Ennek során integráltan kerül kezelésre: a fehéráru átmeneti tároló, a tamponozó-csomagoló üzem és a készáru-raktár.

2. integrációs fokozat (1. ábra, B modell):

Ennek során integráltan kerül kezelésre az A modellen kívül még a fehéráru-szerelde és az alkatrész-raktár is.

3. Az egyszerűsített „A” modell logisztikával integrált ütemezése és annak alapelvei

Az „A” modell esetén a finomprogramozással végzett termelésütemezés elsődleges célfüggvénye a tamponozó üzem teljesítőképességének maximalizálása. A tamponozó üzem teljesítőképességének meghatározásakor a következőket kell figyelembe venni. A tamponozó egységeknél egy termék tamponnyomása esetén értelmezhető:

- **technológiai alapidő**, amely tamponozó-egység függő, de nem termékfüggő, azonban a kézi adagolás miatt sztochasztikus jellegű, szóródást mutat;
- **két gyártási sorozat közötti átállási idő**, melynek összetevői: kliséváltás ideje, illetve színváltás ideje.

A tamponozó üzem teljesítőképességének maximalizálása érdekében meg kell vizsgálni, hogy mi alapján kell a gyártási sorozatokat képezni: **technológiai csoportonként**, vagy **késztermék-sorozatonként**? A sorozatképzés kérdésére úgy kaphatunk választ, ha a két esetre megvizsgáljuk az

i -edik tamponozó egységnél a teljesítőképességet. Ehhez szükséges értelmezni mindkét esetben a tamponozási darabidőt:

- technológiai csoportonkénti sorozatoknál a darabidő várható értéke:

$$\overline{t_{i\omega}^S} = \overline{t_{i\omega}^G} + \overline{d_{\omega}} \frac{\overline{t_{i\alpha}^{V1}}}{\overline{N_{\omega}}} + \frac{\overline{t_{i\omega}^{V2}}}{\overline{N_{\omega}}} \quad (5)$$

- az késztermékenkénti sorozatoknál a darabidő várható értéke:

$$\overline{t_{i\alpha}^S} = \overline{t_{i\alpha}^G} + \frac{\overline{t_{i\alpha}^{V1}}}{\overline{N_{\alpha}}} + \overline{d_{\alpha}} \frac{\overline{t_{i\omega}^{V2}}}{\overline{N_{\alpha}}} \quad (6)$$

ahol:

$\overline{t_{i\omega}^G}$ és $\overline{t_{i\alpha}^G}$: az i -edik tamponozó egység esetén az ω -adik technológiai csoportnál, illetve az α -adik késztermék-típusnál az alapidő várható értéke,

$\overline{N_{\omega}}$ és $\overline{N_{\alpha}}$: a technológiai csoportoknál illetve a késztermék-típusoknál a sorozatnagyság várható értéke,

$\overline{d_{\omega}}$ és $\overline{d_{\alpha}}$: a technológiai csoportnál illetve az FG termékénél a klisé- illetve színváltások számának várható értéke,

$\overline{t_{i\alpha}^{V1}}$ és $\overline{t_{i\omega}^{V2}}$: a klisécsere illetve a színváltás előkészítési idejének a várható értéke.

A vizsgált ütemezési feladat helyes megoldásához szükség van még annak a vizsgálatára, hogy meddig érdemes a sorozatnagyságot növelni, mert a darabidőt a sorozatnagyság függvényében elemezve kiadódhat egy kritikus sorozatnagyság ($N_{\alpha k}$), amelynél nagyobb értékek esetén a (6) szerinti darabidő számottevően már nem csökken, de a későbbi kiszállítás következtében a készáru-tárolás költsége, ezáltal a logisztikai ráfordítás növekszik.

4. A tamponozó egységek logisztikával integrált ütemezésének algoritmus

Az előzőekben leírtak alapján a tamponozó üzem maximális teljesítőképessége és a minimális ráfordítás elérése érdekében a $T_0^{T\xi}$ időszakra adott tamponozási feladatok ütemezésénél a következő elvek szerint kell eljárni:

- a készáru-raktár készletszintjének csökkentése érdekében első lépésben csak a $T_0^{T\xi} / 4$ periódusra ütemezzük a késztermékeket, ezt csak akkor bővítjük, ha a készáru-kiszállítás teljesítése érdekében későbbi periódusból kell késztermékeket előre hozni, vagy a későbbi periódusban készítendő termékek részére nagy teljesítőképességű tamponozó egységnél van még szabad kapacitás, ezzel javítható a nagy teljesítőképességű egységek kihasználtsága;
- az ütemezésnél a $T_0^{T\xi} / 4$ periódus alatt elkészíteni kívánt késztermékek esetében az előállítandó

menntiségek csökkenő sorrendjében választjuk ki a tamponozó egységeket;

- meg kell vizsgálni, hogy a $T_0^{T\xi}/4$ periódus alatt előállítandó késztermékeknel a kiadódó sorozatnagyság (N_α) hogyan viszonyul az $N_{\alpha k}$ -hoz: ha $N_\alpha > N_{\alpha k}$, akkor egy sorozat kerül ebben a periódusban indításra, $N_\alpha < N_{\alpha k}$ esetben akkor kell növelni a sorozatnagyságot, ha az előírt termékek jó hatékonysággal elkészülhetnek, illetve ha a következő periódusra nem marad vissza egyetlen termék sem, vagy ha visszamarad, akkor a visszamaradó rész kisebb, mint $N_{\alpha k}$;
- ha a kívánt késztermékekből az adott sorozat fehértermék hiányában nem tamponozható le teljes egészében, akkor az ütemezésnél a következő prioritásokat kell alkalmazni a kiszállítási határidő elsőrendű prioritása mellett:
 - a prioritást csak akkor kell módosítani, ha a periódusidőn belül elkészülő, de későbbi időpontban kiszállítandó késztermékek a változtatás eredményeképpen lényegesen hatékonyabban készíthetők el;
 - ha egy adott késztermék teljes időszakra eső mennyisége csak részben tud elkészülni, akkor vizsgálni kell, hogy nem volna-e hatékonyabb, ha a teljes sorozat a hatékonysági sorrendben következő tamponozó egységre kerülne;
 - ha a csomagoló egység teljesítménye nem lenne egyenletes mindegyik $T_0^{T\xi}/4$ periódusban, akkor úgy kell módosítani a tamponozás $T_0^{T\xi}/4$ periódusai között a késztermékek szétosztását, hogy a kiszállítási határidő továbbra is tartható legyen, továbbá a tamponozás hatékonysága ne csökkenjen, illetve a késztermék tárolása esetében a készlet szint minimálisan növekedjen.

5. Összefoglaló

Gyakorlati eredménye a dolgozatnak, hogy alkalmazásával csökkenthető a szerelési-tamponozási-csomagolási folyamatok átfutási ideje, növelhető a meglévő rendszer esetén a teljesítőképesség, csökkenthető a költség és élőmunka ráfordítás, nyomon követhető a termelési-logisztikai folyamat.

Irodalom

- [1] Conway R., Maxwell W., Miller L.,: Theory of Scheduling, Addison-Wesley, 1967
- [2] Eszes L.: Gyártásütemezési módszerek összehasonlító elemzése és alkalmazása finomprogramozási rendszerben, Gépgyártástechnológia, XXVIII. Évf. 1. szám, 1988.
- [3] Tóth T.: Tervezési elvek, modellek és módszerek a számítógéppel integrált gyártásban, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998.

Mészáros Ferenc, Ph.D. hallgató (altmeszaros@uni-miskolc.hu)

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

Cím: H-3515, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros. Telefon: +36-46-565111 (17-38)