

U-ALAKÚ GYÁRTÓCELLÁK OPTIMALIZÁLÁSA

OPTIMISATION OF U-SHAPED PRODUCTION CELLS

*Dr. Bányai Tamás**

ABSTRACT

Nowadays the improvement of assembly and manufacturing systems plays an outstanding role in the life of economy, especially in the field of automotive industry suppliers. The improvement of these flexible manufacturing and assembly cells is one of the focus areas of lean manufacturing. Within the frame of this paper the author summarizes the design tasks related to development, improvement and operation of u-shaped flexible manufacturing or assembly cells. The optimization of FMCs and FACs has a wide literature background. The purpose of this work is not to review this wide literature, only to emphasize some interesting works, especially from the field of u-shaped cells. The purpose of this research work is to focus on the planning and scheduling of human resources and describe the most important aspects to be taken into consideration.

1. BEVEZETÉS

A termelő vállalatok működését nagymértékben módosították azon pénzügyi, társadalmi, szociális és műszaki kondíciók, melyek az elmúlt években bekövetkezett gazdasági válság miatt nehéz feladat elé állították a gazdaság szereplőit. Egyre inkább előtérbe kerül egy vállalat életében az a szempont, hogy a termelési és ahhoz kapcsolódó egyéb (logisztikai, ügyviteli, minőségbiztosítási, karbantartási, stb.) tevékenységeit minél költséghatékonyabb módon végezze el. Ennek egyik hatékony eszköze volt a lean production különböző vállalati szinteken történő alkalmazása, a vállalati tevékenységek karcsúsítása, mely alapvetően a folyamatok optimalizálása révén valósult meg. Sajnos számos vállalatnál rövidtávon jelentkeztek a túlzásba vitt karcsúsítás hatásai, melyek kijavítása csak újabb átszervezés segítségével módosítható:

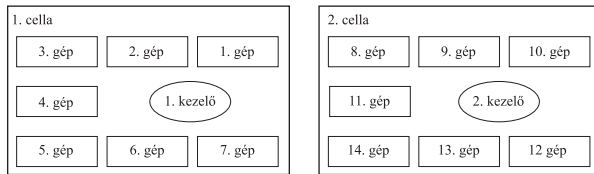
- a vállalati tevékenységek egy részének kiszervezése egy viszonylag „barátságos” megoldása a karcsúsításnak; természetesen egy ilyen kiszervezéssel kapcsolatos döntés stratégia és taktikai szintű döntéseket követel meg, mely során a make-or-buy döntések során alkalmazott szempontrendszer mérlegelése nélkülözhetetlen;

- a lecsökkentett tárolóterületeken kisebb készletek tartására van lehetőség; ezen készletcsökkenés azonban ugyan költségcsökkentő hatással bír, azonban hozzájárulhat az ellátási biztonság csökkenésére, mely egy nagy kötbérszerződés mellett folyó beszállítói tevékenység mellett kockázatos;
- a lecsökkent gyártási erőforrások miatt a termelési kapacitás lecsökken; ezen termelési kapacitás csökkenés önmagában is kockázatos hatású lehet egy váratlan keresletnövekedés esetében (különösen akkor, ha az esetleges outsourcing lehetőségek korlátozottak), azonban akkor válnak különösen kockázatosá, ha a termelési rendszer rugalmassága is nagymértékben lecsökken, hiszen a rugalmasság csökkenése már egy viszonylag átlagos keresletintenzitás esetében is súlyos hatást gyakorolhat a termelékenységre és ezáltal a szállítókészségre;
- a logisztikai erőforrások általában nem szoktak a karcsúsítás áldozatává esni, azonban ha egy vállalat a karcsúsítás során logisztikai erőforrásait nagymértékben redukálja (csökkenti a rendelkezésre álló szállításra, rakodásra, csomagolásra, komissiózásra alkalmas erőforrások számát), akkor hasonló hatást érhet el, mint a termelési eszközök esetében: csökken a termelékenység, romlik a szállítókészség;
- a felsorolás végére kerül a karcsúsítás egyik leggyakrabban áldozatul eső komponense: az ember; amennyiben egy vállalat „ész nélkül” hajt végre karcsúsítást a humán erőforrásokon, akkor hiába állnak rendelkezésre a logisztikai és termelési erőforrások, a termelési folyamat nem lesz működőképes.

Mivel a karcsúsítás egyik leggyakoribb célterülete a humán erőforrás, ezért a továbbiakban a fókusz ezen humán erőforrásokon végrehajtott karcsúsítás elemzésére helyezem. A humán erőforrás csökkenése olyan igényt támasztott a vállalatok részéről, hogy olyan gyártási/termelési rendszereket/layoutokat alakítsanak ki, melyek működtetését egy kisebb humán erőforrás kapacitás mellett is el lehet végezni. Ezen törekvéseknek lett egyik eredménye az u-alakú gyártócellák megszületése.

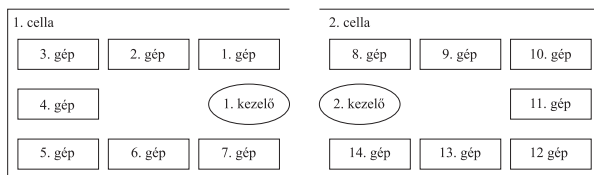
* egyetemi docens, Miskolci Egyetem, ALT

Az u-alakú gyártócellák működtetésének egyik első pilotrendszerében még különálló operátorok voltak rendelkezve minden egyes cellához és minden operátor csak a saját cellájának a kiszolgálásával foglalkozott (1. ábra). Ennek egyik közvetlen következmény lett, hogy amennyiben egy nem várható esemény miatt (például egy nem üzemzavar elhárítása) az operátor nem képes kiszolgálni az u-alakú gyártócellát, akkor a teljes cella működése leáll.



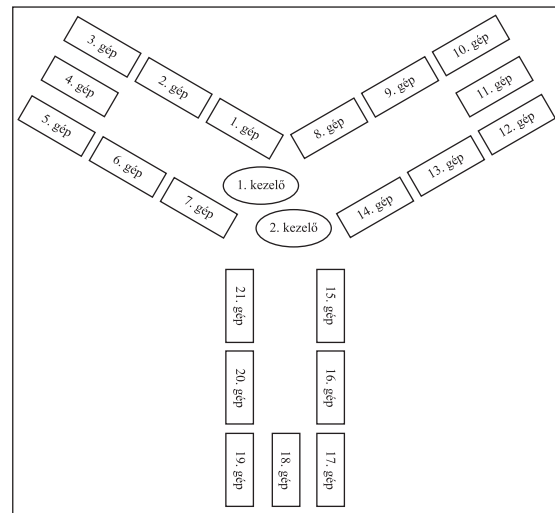
1. ábra Két u-alakú gyártócella kiszolgálása két izolált operátorral

Ezen izolált operátorok „sérülékenységének” csökkentésére született meg az ötlet: az operátorok együttműködése (2. ábra) nagymértékben növelheti a kiszolgálási biztonságot, hiszen ugyanolyan humán erőforrás kapacitással egy nagyobb kiszolgálási biztonság érhető el, ugyanis a két kooperatív operátor képes rövidebb időszakokra átvenni a másik operátor feladatait, így a két cella működése kvázi folyamatos lehet az üzemzavar időszakában is.



2. ábra Két u-alakú gyártócella kiszolgálása két kooperatív operátorral

Látható, hogy a kooperatív operátorok alkalmazása egy biztonsági tartalékot is jelent a rendszerben. Amennyiben a kooperatív operátorok számát nem a cellák számának növekedési mértékében növeljük, akkor ezen biztonság csökken. Ezen tény figyelembevételével lehetséges a kooperatív cellák és kooperatív operátorok optimális számának meghatározása, mely első megközelítésben nem jelent mást, mint az operátorszám és cellaszám hányadosának maximalizálását. Ez azonban nem igaz, ugyanis a cellák és az operátorok abszolút száma is befolyásolja a teljes kiszolgálási rendszer megbízhatóságát. A gyakorlatban persze nem szokás nagyon nagy számú cella és nagyon nagy számú operátor összevonása, hiszen az már rengetek egyedi gép koordinálását követelné meg, különösen azért, mert egy-egy u-alakú gyártócellában 5-13 gép is elhelyezkedhet. A gyakorlatban alkalmazott legnagyobb multikooperatív cellák általában három cellát tartalmaznak cellánként 7-9 géppel és kettő vagy három kooperatív operátorral (3. ábra).



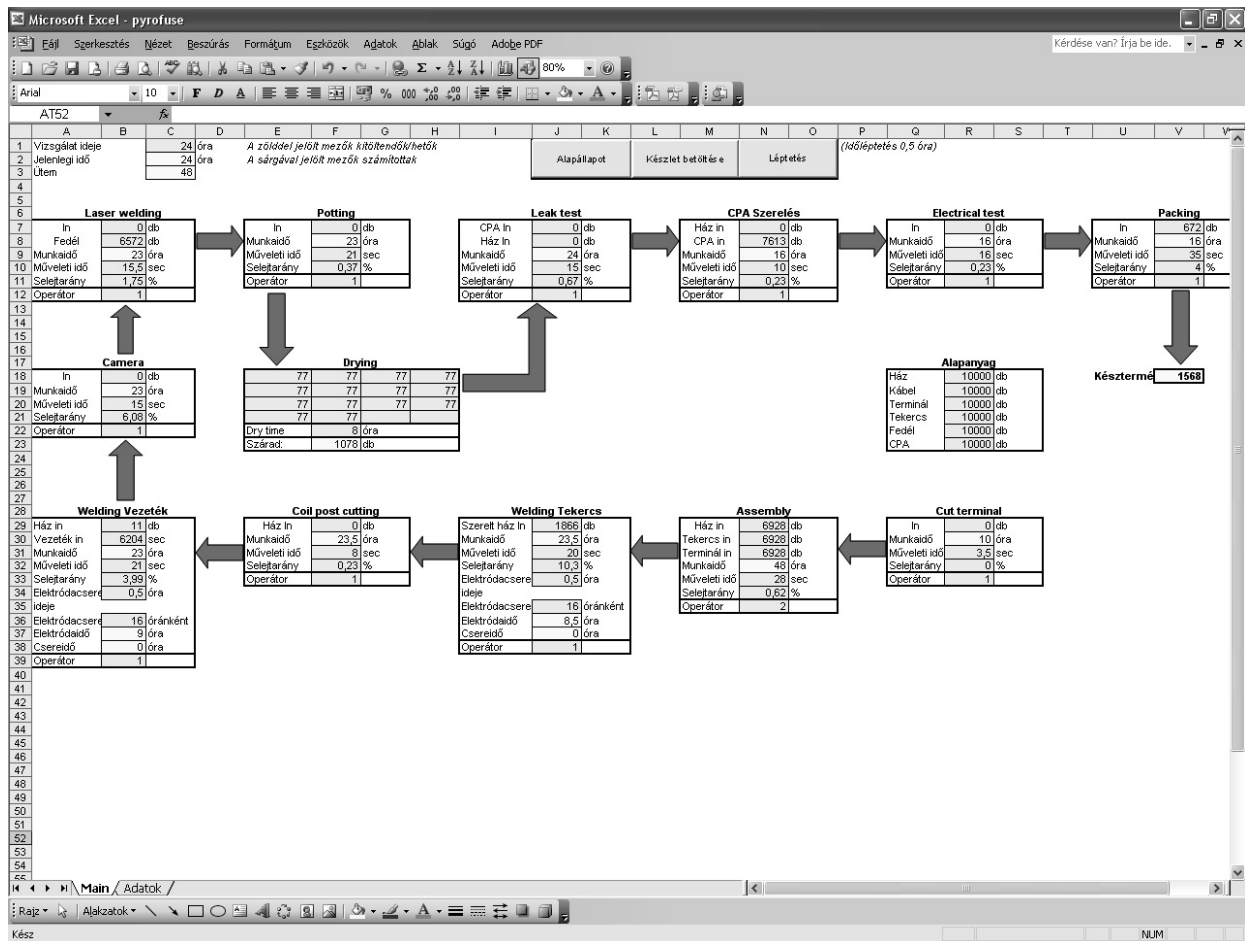
4. ábra Három u-alakú gyártócella kiszolgálása több kooperatív operátorral

Az u-alakú cellák kialakításakor csak egy fontos kérdés a cellák számának és strukturájának kialakítása; számos vállalat tekinti fontosnak azt, hogy az egyes operátorok mely cellákat, mely gépeket szolgálják ki, mely operátorok tudnak jól kooperálni, mely operátorok mely gépeken, mely cellákban nyújtják legjobb teljesítményüket. Jelen cikkben egy olyan modell és módszer kerül bemutatásra, mely alkalmas a cellák és operátorok összerendelési feladatának elvégzésére.

2. RÖVID SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az u-alakú gyártócellák tervezési feladatai nem tekintenek vissza nagyon távoli múltra, de számos olyan izgalmas, főként metaheurisztikus módszerekkel megoldható tervezési feladat került megfogalmazásra a szakirodalomban, melyek alátámasztják ezen gyártórendszerek létjogosultságát:

- egyenes és u-alakú szerelőcellák kiegyenlítése bináris fuzzy programozással [1];
- operátorok izolált és körforgó rendszerű allokációs feladatainak optimalizálása u-alakú gyártócellákban [2];
- heterogén operátorok allokációs feladatainak megoldása u-alakú gyártósorokon [3];
- kooperatív operátorokkal kiszolgált u-alakú gyártócella sztochasztikus viselkedésének vizsgálata [4];
- u-alakú rugalmas gyártócellák optimális kialakítása és a működtetéshez szükséges optimális alkatrészmennyiségek meghatározása (5. ábra), mely egy autóiipari beszállító cég lean folyamatainak részeként került megvalósításra és bizonyította, hogy a szofisztikált elméleti módszerek jól alkalmazhatóak az u-alakú gyártócellák megvalósításához szükséges tervezési feladatok megoldásához [5,6].



5. ábra WIP meghatározása u-alakú gyártócellában one-piece-flow gyártás esetében

3. U-ALAKÚ CELLÁK OPERÁTORAINAK CELLÁKHOZ RENDELÉSE

Az u-alakú gyártócellák esetében (mint minden egyéb humán erőforrással kiszolgált objektumból felépülő gyártórendszer esetében) lehetséges definiálni az operátorok cellákat felépítő gyártóhelyekhez rendel különböző tulajdonságait (főként hisztorikus és képzettségi adatokat), így például a következőket:

- az operátor hányszor dolgozott az adott technológiai berendezésen a vizsgálati intervallumon belül (ezen szempont két irányban is érdekes: egyrészt ha túl kicsi ez a szám, akkor az operátornak nincs tapasztalata az adott gépen, míg ha túl nagy ez a szám, akkor esetleg a monotonitás miatt csökken az operátor ébersége);
- az operátor milyen selejtszázalékot produkált az adott technológiai berendezésen a vizsgálati intervallumban (ezen tényezőt mindig a többi operátor selejtarányához kell viszonyítani ugyanazon gép esetében);
- mennyire „szeret” az adott operátor az adott technológiai helyen dolgozni (gyakorlati tapasztalat, hogy a termelékenységet, illetve a munkához való viszonyt nagy mértékben

befolyásolhatja ezen tényező, ezért érdemes súlyozottan figyelembe venni a tervezés során);

- mennyire sikeres az operátor munkavégzése más operátorok társaságában (érdemes a tervezés során azt is figyelembe venni, hogy az eddig felsorolt mutatószámok kooperatív operátorok esetében milyen mértékben függenek a kooperáló operátorok személyétől, izolált operátorok esetében figyelmen kívül hagyható).

Az i -edik operátor k -adik gépre vonatkozó j -edik tulajdonságát a következő mátrix írja le:

$$T = [t_{i,j,k}].$$

Az egyes u-alakú gyártócellákban található technológiai berendezésekhez hozzá kell rendelni az egyes operátoroktól elvárt tulajdonságok alsó és felső értékét, melyek a j -edik tulajdonság k -adik gépre vonatkozó alsó és felső értékét adják meg:

$$L^{min} = [l_{j,k}^{min}] \text{ és } L^{max} = [l_{j,k}^{max}].$$

Mivel a technológiai berendezésekhez rendelt operátorok tulajdonságai megváltoztatják a teljes cella működési tulajdonságait, ezért kijelenthetjük, hogy az

operátorok tulajdonságaira vonatkozó alsó és felső értéket függének a technológiai berendezéssel azonos cellában lévő technológiai berendezések operátorainak tulajdonságaitól is:

$$l_{j,k}^{min} = f(l_{j,y}) \text{ és } l_{j,k}^{max} = f(l_{j,y}) \text{ ha } y \in \Theta_k.$$

Az optimalizálási feladat tehát az operátorok technológiai berendezésekhez rendelése, melyet egy hozzárendelési vektor meghatározásával lehet elvégezni:

$$X = [x_i].$$

Az optimalizálás során figyelembe kell venni az u-alakú gyártócellában alkalmazott működtetési stratégiát, mely alapvetően három fajta lehet: keret alapú, a fix technológiai hely alapú, valamint az átlapolt technológiai hely alapú működtetési stratégiák. A keret alapú módszer esetében előny, hogy kis számú operátor esetén is megvalósítható a folyamatos termelés, és mivel egy-egy operátor egy-egy termékért felel (tehát ezen stratégia esetében a feladat nem is az operátorok gépekhez, hanem az operátorok termékekhez történő rendelése), ezért kiválóan alkalmas a módszer one-piece-flow folyamatok megvalósítására. Mivel a one-piece-flow a lean manufacturing egyik központi eleme, ezért nem elhanyagolható a keret alapú működtetési stratégia jelentősége. A fix technológiai hely alapú működtetési stratégia lényege, hogy a gyártócellák minden technológia helyéhez külön izolált operátor kerül. Ezen stratégia előnye, hogy nagy gyakorlatra tesznek szert az operátorok, viszont a kooperatív működésből származó előnyök nem aknázhatóak ki. Az átlapolt technológiai hely alapú működtetési stratégia ötvözi a keret alapú és a fix technológiai hely alapú működtetési stratégiák tulajdonságait, így ezen átlapolt módszer alkalmazása is igen elterjedt a gyakorlatban.

Mivel ezen stratégiák figyelembevétele az optimalizálás során tovább növeli a feladat komplexitását, ezért célszerű valamilyen metaheurisztika alkalmazása az optimális technológiai hely-operátor hozzárendelések megvalósításához (s ez különösen igaz abban az esetben, ha kooperatív operátorok hozzárendelését kell megoldani) [7, 8].

4. ÖSSZEGZÉS

Jelen dolgozatban röviden bemutatásra kerültek azon tervezési feladatok, melyek a gazdasági válság okozta lean láz egyik hatékony eszközévé vált u-alakú gyártócellák kialakításához, működtetéséhez, intenzifikálásához elengedhetetlenül szükségesek. Ezen tervezési feladatok közül a lean egyik leggyakrabban érintett területe, a humán erőforrások karcsúsítása és az ebből adódóan megkövetelt hatékonyabb

munkaerőkihasználás optimális kialakítása került részletesebben bemutatásra. Megfogalmazásra kerültek azon szempontok, melyek figyelembevétele ezen optimális operátor-technológiai hely hozzárendelési feladat megoldásakor szükséges.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

6. IRODALOM

- [1.] KARA Y., PAKSOY T., CHING-TER C.: Binary fuzzy goal programming approach to single model straight and U-shaped assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*. Volume 195. Issue 2. 1 June 2009. pp. 335-347.
- [2.] NAKADE K., OHNO K.: Separate and carousel type allocations of workers in a U-shaped production line. *European Journal of Operational Research*. Volume 145. Issue 2. 1 March 2003. pp. 403-424.
- [3.] NAKADE K., NISHIWAKI R.: Optimal allocation of heterogeneous workers in a U-shaped production line. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 54. Issue 3. April 2008. pp. 432-440.
- [4.] NAKADE K., OHNO K.: Stochastic analysis of a U-shaped production line with multiple workers. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 33. Issues 3-4. December 1997. pp. 809-812.
- [5.] BÁNYAI T.: Evaluation of component requirement of u-shaped assembly cells. In: *Proceeding of the XXIII. microCAD International Scientific Conference*. 19-20 March 2009. Section O: Material Flow Systems. *Logistical Information Technology*. pp. 7-13.
- [6.] BÁNYAI T.: Optimisation of U-shaped flexible manufacturing cells. In: *Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Theory, Practice and Education"* 25-28th November 2009, Vienna, Austria. pp. 761-762.
- [7.] AASE G. R., OLSON J. R., SCHNIEDERJANS M. J.: U-shaped assembly line layouts and their impact on labor productivity: An experimental study. *European Journal of Operational Research*. Volume 156. Issue 3. 1 August 2004. pp. 698-711.
- [8.] MILTENBURG J.: U-shaped production lines: A review of theory and practice. *International Journal of Production Economics*. Volume 70. Issue 3. 18 April 2001. pp. 201-214.