

Bakos István

**Az acél szélesszalag hideghengerlés fejlesztése
alapvető technológiai paraméterek optimalizálásával
és termelésirányítási rendszerfejlesztéssel**

Doktori értekezés tézisei

Témavezető: ***Dr. Voith Márton DSc***

Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák
Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: ***Dr. Károly Gyula DSc***

**MISKOLC
2002**

I. Bevezetés, célkitűzés

A kohászatban az elmúlt évtizedben alapvető változások mentek végbe.

A technikai-, technológiai váltással párhuzamosan soha nem látott mértékű tőke és piac koncentráció indult meg. Az átalakulás világviszonylatban - más ipari ágazatokhoz képest több vonatkozásban is - érzékenyebben érintette a kohászati vállalatokat. A műszaki fejlesztések tőkeigényessége, más ágazatok gyorsabb megtérülési rátái versenyhátrányt jelentettek a kohászat számára.

Létfontosságú tehát a működő kohászati mikrogazdasági rendszerek jövedelemtermelő képességének növelése régiójuk fejlődésének szempontjából is.

Disszertációmban egy stratégiai jelentőségű kohászati eljárás technológia-tervezési, valamint termelésszervezési fejlesztésének lehetőségeit vizsgáltam és olyan módszereket dolgoztam ki, amelyek alkalmasak a versenyképesség növelésére, különösen olyan hengerművek esetében, amelyeket piaci szerepvállalásuk alapján sok kistételű megrendelés jellemez.

A hideghengerlés, mint képlékenyalakítási technológia széles körben alkalmazott, nagy arányt képviselő megmunkálási eljárás a nehéz és könnyűipar alapanyag-igényének kielégítésében, ugyanakkor igen költségigényes.

A hideghengerlés költségszerkezetében legnagyobb arányú az alapanyagköltség, amelynek számottevő csökkentésére azonban - a beszerzési források megválasztásán kívül - csak minimális ráhatása van a vállalatoknak.

Másik nagy hányadot képviselő költségnem az energiafelhasználás.

A hideghengerművekben a főművelet mellett rendkívül energiaigényesek a kiszolgáló technológiai fázisok is (pácolás, hőkezelés, kikészítés).

A helyzetvizsgálat során összehasonlítottam egy nyugat-európai és egy magyarországi hideghengermű fajlagos költségadatait, amelyből kitűnik, hogy a magyar gyártómű jóval magasabb energia és gépköltség ráfordítással állít elő egységnyi terméket.

Mikrogazdasági szinten tehát jelentős versenyképességi tényező a költségek racionalizálása, amelyhez kapcsolódó kutatásom célja az optimum keresés, módszere a modell alkotás, várható hatása pedig a költségek csökkenése.

Kutatásaim során két területet vizsgáltam.

Az **egyik** azoknak a technológia racionalizálási, optimalizálási beavatkozásoknak a köre, amelyekkel gazdaságosan lerövidíthetők a gyártási fő és mellékidők, csökkenthető a fajlagos energia- és alapanyagfelhasználás.

A **másik** súlyponti kutatási terület azon rendszerfejlesztési megoldásoknak a vizsgálata, amelyek alkalmazásával (magasabb fokú programozottsági szinten) csökkenthetők a gyártás-megszakítási idők, növelhető a határidőbiztonság, minimalizálhatók az alapanyag-, befejezetlen- és félkész készletek, optimalizálható a termék összetétel.

A költségek csökkentésére számos megoldás kínálkozik mind a technológia fejlesztés, mind a termelésszervezés területén. Ezek közül dolgoztam ki néhány jelentősebbet értekezésemben.

A témák kutatása és kidolgozása során elemeztem a két beavatkozási terület műszaki, gazdaságossági összefüggéseit is.

II. Az elvégzett kutatómunka és vizsgálatok összefoglalása

Kutatásaim fémtechnológiai tudományterületén a hideghengerlés technológiai paramétereinek optimalizálásával foglalkoztam. Ennek során egy olyan számítógépi technológia-tervező szakértői programrendszert alkalmaztam, amelynek alapjait a nyolcvanas években a Kohógéptani és Képlékenyalakítástani Tanszéken fejlesztették ki, és amelyet a közelmúltban végzett vizsgálataim eredményei alapján továbbfejlesztettem. Ennek alapelve, hogy: az optimális hideghengerlési technológia kialakítása valamennyi feltétel egyidejű betartását követeli meg, és így nem nélkülözheti a számítógépes támogatást. Megfelelő számítógépi program segítségével megkereshető az összetartozó magasságcsökkenés és sebességtartomány, kiszámítható a minimális vagy maximális húzó- és fékezőerő, a kifejtendő hengerlési erő és nyomaték, a motorteljesítmények, a hűtő-kenő közeg szükséges hőelvonó képessége, megtervezhető a hengerek alapdomborítása, a hengerhajlító berendezés működési tartománya stb. Azt is csak a számított adatok összhangja alapján lehet teljes objektivitással eldönteni, hogy egy adott termékválaszték esetén a hengersor jellemző alapparamétereit hogyan és milyen mértékben érdemes megválasztani: Pl. a vezérméretek gyártásához célszerű a legnagyobb elméleti óraterjesítménynek megfelelő jellemzőkkel rendelkező hengerrendszert választani.

Az elmúlt két évben általam továbbfejlesztett program segítségével a kisebb tételsúlyok gyártásakor például megítélhető az így megválasztott hengerrendszer óraterjesítménye is, azaz elvégezhető annak vizsgálata is, hogy érdekesebb-e hengert cserélni, vagy inkább a "rossz" köszörült alapdomborítású hengerrel elérhető kisebb óraterjesítménnyel megelégedni.

Technológiai kutatásaim másik témájaként azt vizsgáltam, és az eredményeket általánosítottam, hogy többfázisú hengerlés esetében lehet-e (és mennyire) csökkenteni a fajlagos alakváltozási munkát, ha a lágyítások „helyét” optimálisan választjuk meg.

Ehhez megalkottam egy matematikai modellt, amely az alakváltozás és az alakítási szilárdság közötti függvénykapcsolatra épül.

Az elérhető eredmény (energia vagy munka megtakarítás) számszerűsítéséhez definiáltam egy mutatót, amelynek mértéke arányos a ráfordítás csökkenéssel.

A modell alkalmazásának hasznosságát három kísérleti anyagminőségen bizonyítottam. Mindhárom esetben energia megtakarítást mutattam ki az üzemi szűrastervek szerinti gyakorlathoz képest.

Kutatómunkám másik tudományterülete az üzemgazdaságtan, amelyen belül a hengerműi gyártórendszerek termelésirányításának fejlesztési lehetőségeit vizsgáltam.

A szakirodalomban és a gyakorlatban egyaránt viszonylagos fehér folt a moduláris felépítésű, kis ráfordítással adaptálható termelésirányítási szoftverek alkalmazása a kohászatban, így a hideghengerműi gyakorlatban is. Az ismert megoldások általában diszkrét rendszerekre vonatkoznak, amelyek támogatják ugyan a termelés programszerűbbé és követhetőbbé tételét, de nem komplexek és alacsony az integráltsági fokuk.

Túlnyomó többségben nincsen kapcsolat a technológia fejlesztés és a termelésirányítás között, holott a technológiai folyamatok modellezésének és az abból nyert fejlesztési eredményeknek interaktív módon kellene beépülnie a végrehajtó folyamatok irányítási rendszerébe.

Disszertációmban javaslatot dolgoztam ki egy hideghengerműi komplex adatbázis szerkezeti és tartalmi elemeire, amelynek egyik súlyponti része a technológiai paraméterek naprakész nyilvántartása és a gyártási utasításokba való beépülése; mint pl. a hengerlési technológia paraméter-optimalizálása, vagy a többfázisú hengerlések köztes lágyítási helyének meghatározása [3].

Javaslatot tettem gyártástervezési, valamint durva- és finomprogramozási algoritmusok felépítésére, amelyek egy általam adaptált optimalizálási modellre épülnek. A modell a lineáris programozás szimplex módszerén alapul.

Alkalmazásával programozási időszakonként meghatározható az a termék összetétel, amely a mindenkori rendelésállományból kiindulva a hideghengermű maximális kapacitás kihasználását vagy maximális nyereségét biztosítja.

III. Tudományos eredmények és felhasználásuk

Kutatásaimat a minőségi elven túl az energia megtakarítási és környezetvédelmi szempontok is motiválták. Napjainkban a termék -és technológiafejlesztéseknek figyelembe kell venniük a környezeti szempontokat is, pl. a ráfordított energia hányad csökkentését. 2007-től a BAT technológia-alkalmazás kötelező vezérelve lesz a fejlesztéseknek.

Kutatásaim első fő területe a technológia-optimalizálás.

Az általam továbbfejlesztett modell és az arra épülő számítógépi program alkalmas az acél széles szalagok alapvető hideghengerlési technológiai paramétereinek optimalizálására.

A szimulációs számítógépi modell lehetővé teszi azt, hogy segítségével az előírt peremfeltételeknek (megengedett maximális hengerlési erő, teljesítmény és nyomaték, hengerlési sebesség-tartomány, a megcsúszási veszélyt elkerülő maximális magasságcsökkenés, szalaghúzó- és fékezőerő korlátai, résszabályozás korlátai, stb.) eleget tevő, a reverzáló hengerlési üzemmód sajátosságait figyelembe vevő (minden következő szűrés az előzőekben „beállt” hődomborodású hengerekkel történik, és a szalag szűrésről-szűrésre haladva felváltva melegszik és hűl), valamint a síkkifekvés feltételeit is betartó hideghengerlési technológiákat alakítsunk ki, amelyekre igazak az alábbi tézisek:

1. Hengerrés-szabályozó automatikával fel nem szerelt hengersorokon olyan szűrástervtervező programot alakítottam ki, amelyben a szűrásonkénti magasságcsökkenések nem változnak az üzemihez képest, de a hengerlési sebesség, a feszítőerők és a közörrült alapdomborítás összetartozó optimális paraméterei szerinti hengerléssel méretpontos és síkfekvő (belső feszültségtől mentes és alakhű) szalag állítható elő [1].

Alakszabályozóval és résszabályozóval felszerelt hengersorokon az eljárás a munkapont olyan megválasztását segíti elő, amely minimális szabályozási beavatkozás mellett maximális kapacitás kihasználást tesz lehetővé [4].

2. *A kiszámított hengerlés technológiai adatok összhangja megalapoz egy nagyfokú objektivitást, amellyel megválaszthatók egy adott termékválaszték esetében alkalmazandó hengersor jellemző gépészeti paraméterei (sebességtartomány, feszítőerő tartomány, maximális hengerlési erő és nyomaték, szükséges motorteljesítmény, hengerrésszabályozó berendezés működési tartománya stb.). Pl.: nagy megrendelt mennyiségű ún. vezér-méreték esetében nagyobb óraterjesítményre képes paraméterekkel rendelkező gépi berendezést kell választani.*

Tehát a technológiai paraméter-optimalizálás megalapozója a beruházások gazdaságosságának [1,2,3,4].

A technológia-optimalizáláson belül külön foglalkoztam a többfázisú hengerléssel, amely kutatás során a köztes lágyítás helyének megválasztását vizsgáltam. Ennek eredményeként az alábbi tézist fogalmaztam meg, amelyet a megalkotott modell kísérleti alkalmazásával igazoltam.

3. *Ha az anyag összes alakváltozása csak köztes hőkezeléssel valósítható meg, akkor ezen hőkezelések helye optimalizálható abból a szempontból, hogy a hengerléshez felhasznált alakváltozási munka/energia igény minimális legyen (2.2 fejezet).*

Kutatásaim másik fő területe a hideghengerműi termelésirányítási rendszerek optimalizációja.

Ezen a területen két irányban végeztem vizsgálatokat.

Az egyik irányt egy olyan egyedi rendszer megtervezése jelentette, amely figyelembe veszi a lapostermékeket gyártó hideghengerműi karakterisztika sajátosságait az előállítás és installálás költségminimalizálására irányulva, míg a másik vizsgálati irány az egyedi rendszer működésének optimalizálási lehetőségeit célozta meg.

Ezen kutatásaim eredményeként az alábbi tézist definiáltam és igazoltam.

4. *Hideghengerműi gyártórendszerek komplex termelésirányítási feladatainak megoldására egy sajátos matematikai modellt állítottam össze, amely beépíthető a hideghengerművek termelésirányítási számítógépes rendszereibe, és alkalmas gyártásprogramozási időszakonként érvényes, olyan optimális termékösszetétel meghatározására, amely az időszak rendelésállományán alapul, megfelel a piaci és a kapacitáskorlátozó feltételeknek oly módon, hogy (a stratégiai céltól függően) maximális nyereséget vagy maximális kapacitáskihasználást biztosít. Ez a modell on-line működési állapot elérését célozza meg, algoritmizálható és alkalmazásának eredményei bemenő paraméterei a legkésőbbi kezdési idők szerinti finomprogramozásnak, amellyel minimalizálható a gyártásközi készletek szintje és maximalizálható a határidő biztonság [2,3,5-14].*

A tudományos eredmények hasznosítási lehetőségei

Az elvégzett kutatás eredményei nagyobb volumenű ráfordítás nélkül lehetővé teszik hengerelt széles acélszalagokat gyártó művek fajlagos gyártási költségeinek csökkentését, különös tekintettel az energia költségekre és a technológiai átfutási idő rövidüléséből származó megtakarításokra.

A hengerlési paraméterek optimális megválasztásával és alkalmazásával lehetővé válik nagyobb óráteljesítmény elérése, illetve jobb minőségű (síkfekvő, méretpontos) termék előállítása, amely nagyobb árbevételt/nyereséget eredményezhet.

Ez az eljárás különösen a gyengébb felszereltségű üzemek versenyhelyzetét javíthatja.

A többfázisú hengerlés köztes lágyítási helyének optimalizálása és gyakorlati alkalmazása az alakváltozási munka/energia megtakarítását eredményezi, amely költségcsökkentéssel jár.

Az általam javasolt szerkezetű és funkciójú komplex termelésirányítási rendszer bevezetése a DWA Hideghengermű Kft.-nél folyamatban van. A rendszer tervező és követő moduljai már üzemszerűen működnek, amelyekről a DWA Kft. ISO 9001-es minőségbiztosítási rendszerét akkreditáló NORSKE VERITAS is elismeréssel nyilatkozott.

Ezen modulok megvásárlása iránt érdeklődés tapasztalható az osztrák tulajdonos VOEST ALPINE AG. részéről is.

Az optimalizáló modell alkalmazása a DWA Kft. szoftverfejlesztési terveiben szerepel.

A termékösszetétel optimalizálásával a piaci céloknak megfelelően megválasztott célfüggvény elégíthető ki, amely – teljesülése esetén – javíthatja a vállalat pozícióit.

A kidolgozott technológia-optimalizációs modellek a Képlékenyalakítás elmélete és a Hengerlés II. c. tantárgyak tananyagának részeként segíthetik az egyetemi képzést, míg a termelésirányítási fejezet a rendszerszemlélet, valamint költség-érzékenység képességét fejlesztő, gyakorlati alkalmazásra példát adó ismeretanyagként kerülhet a Vállalatgazdaságtan c. tantárgy tematikájába.

Kutatásom tudományos eredményei a két diszciplína összekapcsolásának példájaként (esettanulmányok szintjén) épülhetnek be az Innovációs menedzsment, a Termelés menedzsment és az Információs menedzsment c. tárgyak tananyagaiba.

IV. Publikációk az értekezés témaköréből

- [1] Bakos István - Dernei László - Voith Márton: Hidegen hengerelt szélesszalag hengerlési technológiájának interaktív tervezése. GÉPGYÁRTÁS, 2001. dec. 29-36. old.
- [2] Bakos István – Ágoston Zsolt – Varga Zoltán: Veszteségidő tanulmányozás a DWA Hideghengermű Kft. Hengersor üzemében. DUNAFERR Műszaki Gazdasági Közlemények 1998/1.
- [3] Bakos István: Moduláris felépítésű termelésirányítás alkalmazása hideghengerműi gyártórendszerekben. Kohászat 1998/3-4.
- [4] Bakos István – Dernei László – Voith Márton: Gép + technológia + szoftver = optimalizálás. Hidegen hengerelt szélesszalag hengerlési technológiájának interaktív tervezése. Északkelet-Magyarország Gazdaság-Kultúra-Tudomány, 2001/9-10.
- [5] Bakos István: Egy reorganizációs módszer alkalmazása a hideghengerművek termelésirányításában. Északkelet-Magyarország Gazdaság-Kultúra-Tudomány, 1998/9.
- [6] Bakos István: Hideghengerlési technológia veszteségforrásai. Előadás és kiadvány, microCad '99 Konferencia, Miskolc, 1999.
- [7] Bakos István: Hazai vállalkozások feladatai az Európai Unió csatlakozásunkhoz való felkészülésben. Előadás, Vállalkozói fórum, aktuális témák beszállítóknak. Székesfehérvár, 1998.
- [8] Bakos István: A veszteségidő csökkentésének lehetőségei racionalizálással és műszaki fejlesztéssel. „Elméleti és gyakorlati kihívások az ezredforduló gazdaságában” c. konferencia előadása, Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar jubileumi konferenciája, Lillafüred, 1997.
- [9] Bakos István: A DWA Hideghengermű 1200-as hengerállványának veszteségidő tanulmányozása. Szakértői jelentés, Dunaújváros, 1998.
- [10] Bakos István: A DWA Hideghengermű Kft. munkahenger csapágytőke közepes- és nagyjavítási műveletidőinek normázása. Szakértői jelentés, Dunaújváros, 1999. (Társszerző: Ágoston Zsolt).
- [11] Bakos István: A DWA Hideghengermű Kft. működésének komplex átvilágítása, javaslat a termelésirányítási rendszer korszerűsítésére. Szakértői jelentés, Dunaújváros, 1996. (Társszerzők: Baksa Sára, Mélypataki Lászlóné).
- [12] Bakos István: A DUNAFERR vállalatcsoport munkaerő struktúrájának racionalizálása. Szakértői jelentések, Dunaújváros, 1990-95. (Társszerzők: Dr. Susánszky János, Dr. Kocziszký György, Román Józsefné, Baksa Sára, Mélypataki Lászlóné).
- [13] Bakos István: A DWA Hideghengermű Kft. termelésirányítási rendszerének fejlesztése. Rendszerterv és fejlesztési dokumentációk, Dunaújváros, 1997-2001. (Társszerzők: Rada József, Boromisza Dénes, Wolf Ferencné).
- [14] Bakos István: Evaluation and EU regional policy: new questions and new challenges. Regional Studies Association International Conference, Université d'Aix-Marseille III, Aix en Provence, France, 2002. máj. 31. – jún. 1.
Előadás és kiadvány: Application of a Method for Measuring and Developing the Innovation Potential in Hungary. (Társszerző: Dr. Kocziszký György).