

# NAGYTELJESÍTMÉNYŰ HENGERÍTŐGÉP ERŐ- ÉS TELJESÍTMÉNYVISZONYAINAK SZÁMÍTÓGÉPES VIZSGÁLATA

## COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE POWER CONDITIONS OF A ROLLING-BENDING MACHINE WITH HIGH POWER

*Dr. Szilágyi Attila\*, Hegedűs György\*\*, Kiss Dániel\*\*\**

### ABSTRACT

*This article concerns the power and loading conditions of a large rolling-bending machine with high power. This condition is analyzed with the application of a special-purpose software, where the plastic deformation model of the rolling-bending process is applied. The software computes the loadings emerge during the process, and, on the basis of these results, gives a rough estimation on the possible response of the rolling-bending process. This information might be useful either for the technician or for the operator of the machine in order to know the capabilities of the equipment when a new product is entered into the manufacturing.*

### 1. BEVEZETÉS

A Miskolci Egyetem Szerszámgépek Tanszéke 2012 nyarán egy K+F feladat keretében végezte el egy nagy teljesítményű és méretű, három hengeres hengerítő berendezés statikus merevségének vizsgálatát. A vizsgálatok eredményeként javaslatot tettünk a hengerítő berendezés vázszerkezetének merevítésére, valamint meghatároztuk a merevített konstrukció hengerítési folyamattal szembeni teherbírását. Ehhez megvizsgáltuk a hengerítés folyamatát, annak teljesítményszükségletét, valamint erőjátékát. Ezek ismeretében készítettünk továbbá egy számítógépes programot, melynek segítségével a gyártástechnológus, esetleg a berendezés kezelője gyors és hozzáférhető információkat kaphat a pillanatnyi hengerítési folyamat kimeneteléről. Jelen cikk ezt a számítógépes programot mutatja be röviden.

\* PhD, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke

\*\* Egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke

\*\*\* PhD-hallgató, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke

### 2. A HENGERÍTŐ BERENDEZÉS

A vizsgált berendezést az 1. ábra mutatja. A hengerítést két hajtott (alul), és egy szabadon futó henger (felül) végzi.



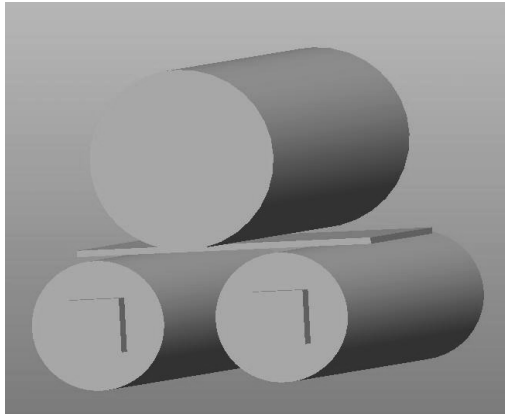
1. ábra. A nagyteljesítményű hengerítő berendezés hengerítés közben

Az alábbi ábrán a hengerek elrendezése figyelhető meg részletesebben (2. ábra).



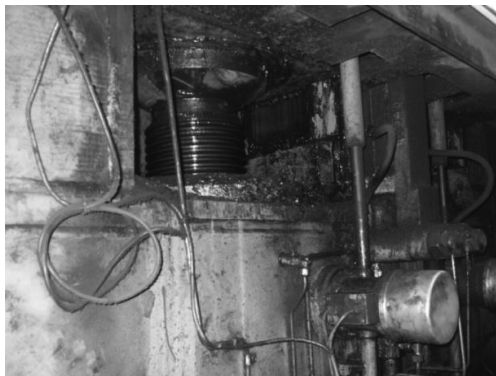
2. ábra. A hajtott és szabadon futó hengerek

Alul helyezkedik el a hajtott hengerpár, felül pedig a nagyobb átmérőjű szabadon futó henger. A hengerítés kezdetén a hengerek és a hengerítésre szánt lemez helyzetét az alábbi ábra mutatja (3. ábra).



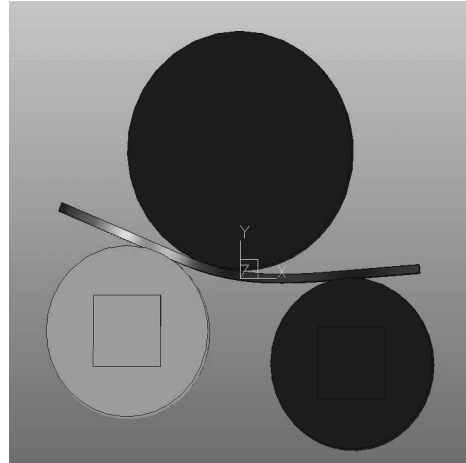
3. ábra. A hengerítés kiindulási helyzete

Ezt a helyzetet a hajtott hengerek megfelelő függőleges pozícióba történő mozgatásával érik el, és a lemez a szabadon futó hengerhez szorítják. A hengerek függőleges irányú mozgatását egy mozgatóorsó végzi (4. ábra).



4. ábra. A hajtott hengerek függőleges helyzetét biztosító mozgató orsó

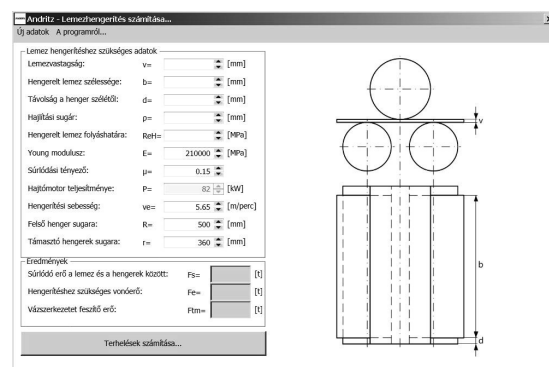
Ezután a baloldali hengert megfelelő útszakaszon felfelé elmozdítva végzik a lemezvég „betörését” (5. ábra). A betörést követően előálló ún. betörési rádiuszt sablonnal ellenőrzik. Megjegyezzük, hogy a lemezvég betörése több lépésben történik. Minden egyes betörési lépést egy hengerítési folyamat követ. Erre nem a berendezés teljesítménye miatt, hanem a pontos hengerítési rádiusz elérése miatt van szükség.



5. ábra. A lemezvég betörése

### 3. A SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM

A számítógépes programot MAPLE 12 [2] és Visual Basic környezetben fejlesztettük. Az teljesítmény- és terhelési viszonyok feltárásához szükséges geometriai méreteket és technológiai adatokat a megbízó cég adta át műszaki dokumentáció formájában. Ezek alapján megalkottunk egy olyan szoftvert, amely a technológusnak, és egyúttal a berendezés kezelőjének hozzávetőleges információt szolgáltat az éppen aktuális hengerítési folyamat legvalószínűbb kimeneteléről. A szoftver inputként az alábbi ábrán (6. ábra) látható. A hengerítéssel, illetve a hengerítendő lemez anyagtulajdonságaival, méret jellemzőivel kapcsolatos adatokat igényli (a sematikus ábrán  $v$  a lemezvastagság,  $b$  a lemez szélessége,  $d$  pedig a lemeznek és a hengerek lenyitható oldali szélétől való távolsága).



6. ábra. A számítógépes program bemenő adatai

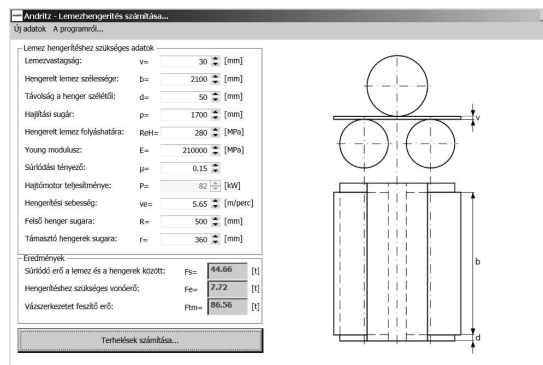
Más adatok –  $E$  a hengerítésben résztvevő, valamint a vázszerkezetet alkotó acélalapanyagok rugalmassági modulusza,  $\mu$  a lemez és a hengerek között ébredő súrlódási erő együtthatója,  $P$  a hajtómotorok össztel-

jesítménye,  $v_e$  a hengerítés során a lemez sebessége, valamint a hengerítést végző hengerek sugarai – rögzített értékkel vannak figyelembe véve. Emellett a következő feltételeket vettünk figyelembe:

- A lemez betörését követően kialakuló hajlítási rádiusz kisebb legyen egy – a hengerítés adataiból előre meghatározható –  $\rho_{\max}$  rádiusznál, amelynél a lemez, kilépve a rugalmas hajlítás tartományából – maradandó alakváltozást szenvedjen.
- A hengerítendő lemez, és a hengerek közötti nyugalmi súrlódási együttható  $\mu_0 = 0,15$ .
- [1] alapján feltételeztük, hogy a betört lemezszakasz közelítőleg körív mentén hajlik.

Ez utóbbi feltételezés alapján – [1]-re hivatkozva – számítható az adott rádiusra történő hengerítés nyomatékszüksége, így pedig meghatározható a hengerítés erőjátéka, a hengerítendő lemez áthúzásához szükséges vonóerő, és a berendezést a törőlapokon keresztül közel vízszintesen terhelő erő hozzávetőleges nagysága. Ezt követően a rendelkezésre álló gépkönyv alapján meghatározzuk a hajtott hengerek által maximálisan kifejtendő kerületi erőt. Ennek során feltételezzük, hogy a hajtásláncban szereplő csigahajtás határfoka – önzáró hajtásról lévén szó – az 50 %-ot nem haladja meg. A hajtáslánc további – fogaskerékes hajtómű, csapágyazások – veszteségét összességében 90 %-os határfokkal vesszük figyelembe. Az előzőek során meghatározott – a hengerítendő lemez áthúzásához szükséges – vonóerőt vetjük össze a hajtott hengerekre ható erőkből számítható súrlódási erővel – amely a lemez áthengerítését végzi –, valamint a hajtott hengerpár által közösen maximálisan kifejtendő kerületi erővel. Ezen adatok alapján a szoftver informálja a felhasználót a hengerítési folyamat során fellépő lényeges terhelési adatokról valamint a hengerítés legvalószínűbb kimenetéről. A futás eredményeként az alábbi értékek jelennek meg (7. ábra):

- $F_s$  a lemez és a hajtott hengerek között fellépő súrlódási erő értéke tonnában. Ez az erő végzi a lemez áthengerítését;
- $F_e$  az adott hengerítési rádiusz hengerítéséhez szükséges vonóerő (tonnában), amely az  $F_s$  értékénél kisebb kell legyen, hogy a hengerítés megtörténjen;
- $F_{im}$  a hengerítés folyamata során a vázszerkezetet a törőlapon keresztül, vízszintesen terhelő erő, szintén tonnában. Ennek az értéke – hogy a vázszerkezet túlterhelését elkerüljük – a projekt más részében meghatározott határterhelés alatt kell, hogy legyen.



7. ábra. A számított erő és terhelési értékek

Az előzőekben említett – relációk formájában történő – összevetések eredményeként adódnak az alábbi ábrán (8. ábra) összefoglalt, a hengerítés kimenetelére vonatkozó lehetőségek, melyek az előző ábrán (7. ábra) bemutatott számértékek mellett jelennek meg.

<i>A hengerítés egy lépésben elvégezhető.</i>
<i>A lemez áthengerítése egy lépésben nem végezhető el, mert kicsi az áthúzáshoz szükséges súrlódási erő, és a hajtott hengerek megcsúsznak!</i>
<i>A lemez áthengerítése egy lépésben nem végezhető el, mert a gép lefullad!</i>
<i>A lemez áthengerítése egy lépésben nem végezhető el, mert a vázszerkezet túlterhelődik!</i>

8. ábra. A hengerítési folyamat lehetséges kimenetelei

A szoftver segítségével eldönthető, hogy az adott hengerítés – elméletileg – egy lépésben elvégezhető e. Ennek ismerete a biztonságosan elvégezhető hengerítés irányába hat, ugyanis a gyakorlatban történő hengerítés általában – mértellenőrzések miatt – több fokozatban zajlik, ami miatt a hengerítés során fellépő terhelések kisebbek, mint amelyek egy lépésben történő hengerítés során fellépnének. A cégnél jelenleg gyártásban lévő hengerített gyártmányok ismeretében, minden egyes gyártmány esetére elvégeztük a számításokat. Azon gyártmányoknál, amelyek elméletileg egy lépésben – ezáltal a gyakorlatban több lépésben biztonságosan – hengeríthetők megállapítottuk, hogy ezen gyártmányok hengerítésekor adódó terhelő erő – ha összevetjük az eredeti konstrukció teherbírásával – mindig kisebb, mint az eredeti konstrukció teherbírása.

Azon gyártmányok esetében, ahol a hengerítés egy lépésben nem végezhető el, meghatároztuk azt a minimális fokozatszámot, amely mellett a hengerítés elvégezhető anélkül, hogy a hajtott henger lefulladna, megcsúszna, esetleg a vázszerkezet túlterhelődne. Ezekhez is meghatároztuk a vázszerkezetet terhelő erőt, amely tulajdonképpen az egy lépésben történő áthengerítés során elméletileg fellépne. Mivel ezek

áthengerítése gyakorlatilag eleve több lépésben történhet, így ilyenkor a terhelő erők is jóval kisebbek, mint a táblázatban megadott értékek, de nagy valószínűséggel meghaladják azt a határterhelést, amely az eredeti vázszerkezet képlékeny alakváltozását idézi elő. Ezért ezek a gyártmányok már csak a felújított, merevített vázszerkezetű berendezésen hengeríthetők

Hangsúlyozzuk, hogy az igen nagyméretű és lemezvastagságú termékcsalád hengerítése során fellépő terhelések szempontjából már nem a merevített mellső állványzat a kritikus teherviselő egység, hanem a hajtáslánc további elemei: a tengelykapcsolók, a hajtóművek és a villanymotor.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben röviden bemutattunk egy számítógépes programot, amely három hengeres, nagyteljesítményű hengerítő berendezés teljesítmény- és erőviszonyait számítja ki, majd a számított eredmények alapján utal egy hengerítési folyamat lehetséges kimenetelére, tájékoztatva ezzel a gépgyártás-technológust, esetleg a gépkezelőt a hengerítés során előállható problémákról.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

This research was carried out as part of the TAMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project with support by the European Union, co-financed by the European Social Fund.

#### IRODALOM

- [1] GELEJI, S.: Fémek képlékeny alakításának elmélete. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.
- [2] MERIAM, J., L., KRAIGE, L., G.: Solving Dynamics Problems in Maple.