FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1998. március 20-21.

A meleghengerről legfontosabb paraméterének, az alakítási szilárdság meghatározása

Benedek Szabolcs

The determination of the main parameter of the hot-rolling, the deformation strength.

The paper contains a possible way for the measuring of the forming strength, and it explains the main problems of the procedure. The two most interesting inaccuracy follows from the lack of precision of the measure equipment (picture 1 shows the inaccuracy because of the plastometer-disk and picture 2 shows inaccuracy because of the induction-way-signal). It is written in the paper how can we correct these problems, after the measure.

Lately some words about the calculate of the forming strength from the results of the experiences.

A hengerléssel előállított kész- és félkész termékek egyik jellemző mérőszáma az alakítási szilárdság, ennek meghatározása így döntő fontosságú. A tanulmány hazai szélesszalag-hengersorról kikerülő melegen hengerelt lemezek alakítási szilárdságának egy lehetséges meghatározását mutatja be.

Napjainkban rohamléptekkel fejlődő, nagyteljesítményű számítógépek, illetve az újabb és újabb korszerű mérés technikai berendezések segítségével lehetőségünk van korábban csak nehezen követhető folyamatok pontos mérésére, a nagy mennyiségű mérési eredmény gyors és pontos kiértékelésére, az eredmények szemléletes megjelenítésére.

Az alakítástechnológia legfontosabb paramétere az alakítási szilárdság (k_f), amely alatt az egytengelyű feszültségállapothoz tartozó folyáshatárt értjük.

A mérőberendezés

Az alakítási szilárdság mérésére ideálisan használható a plasztométernek nevezett berendezés. A plasztométer legfontosabb tulajdonsága, hogy állandó alakváltozási sebességet biztosít, hátránya viszont, hogy a berendezés felépítéséből következően számos hibalehetőség adódik, amelyek a mérés eredményét hamisíthatják meg. A talán legelterjedtebb, tárcsás kivitelű plasztométer, amelynél egy logaritmikus spirálgörbe szerint kialakított állandó szögsebességgel forgó vezértárcsa mozgatja a nyomószerszámot.

Az alakváltozási sebesség állandósága egyszerűen kifejezhető: $\frac{v}{h_i} = \text{const.} = \varepsilon$, ahol h_i a próbatest

magassága, v pedig az alakváltozás sebessége. Melegzőmitő kísérletekben $\dot{\varphi}$ 0.01 és 500 s⁻¹ között 6-8 %-os pontossággal beállítható. A plasztométer-tárcsa pontatlan megmunkálása, esetleges, egyenetlen kopása jelentős zavarok forrása lehet (1. ábra).

A zavarjelek (a görbe hullámvölgyei és kiemelkedései) annak ellenére, hogy periodikusak, illetve minden egyes mérés alkalmával előfordulnak, mégis nehezen, vagy egyáltalán nem távolíthatók el a jelsorozatokból, annak nem lineáris jellege miatt.

1. ábra (a plasztométer-tárcsa hibájából eredő mérési pontatlanság)

Hibaforrás lehet még az elmozdulás mérésére szolgáló indukciós útjeladó. Az indukciós útjeladó berendezés tulajdonképpen nem más, mint egy hosszú, vékony cső, ami a tekercseket és az ebben elmozduló és a gerjesztést végző lágyvas magot, egy hosszú, vékony rudat foglalja magában. Az indukciós útjeladó kialakításánál fogva elképzelhető, hogy túl nagy sebességű elmozdulás esetén meghajlik, megakad, ha beállítása nem pontosan függőleges, vagy deformált, stb. (2. ábra).

Az indukciós útjeladó hibájából, hibás működéséből származó mérési pontatlanság, annak ellenére, hogy általában nem periodikus, könnyen kiküszöbölhető, mivel az útjel-görbe közel lineáris, ezáltal valamilyen szűrési feltétellel, utólag hatása megszüntethető.

2. ábra (az indukciós útjeladó okozta mérési pontatlanság)

A fő hibákról

Az előbbieken részletezett kétféle hibatípus közül az első, a plasztométer-tárcsa hibájából adódó mérési pontatlanság a jelentősebb. A mérési eredmények kiértékelésének első lépéseként az erőmérő által szolgáltatott digitálisan mintavételezett jelsorból (100-150 db értékes jel) egy erő [t] - mérési eredmények [db] diagramot készítünk (1. ábra), amin láthatóvá válnak a jelleget torzító hibák, amelyek a valós jelekhez adódva, annak eredeti értékét többszörösére növelhetik, illetve csökkenthetik. Ezen pluszjelek előjelének, nagyságának meghatározása, majd a jelsorról való eltávolítása rendkívül körülményes, hosszadalmas eljárás, ami nagyszámú kísérletet tartalmazó kísérlet-sorozat esetén (200-300, vagy még több mérés) gyakorlatilag lehetetlen a kézi hibajavítás lassúsága, nehezen automatizálható volta miatt. Ha mégis automatizáljuk, akkor anélkül, hogy a többi értékes jel ne sérüljön (jellemzően a jelsor eleje, vége) és ez által a mérési eredményünk az esetleges további torzulások miatt értéktelenné váljon. Eltávolításuk, mint már említettem nehéz. Nehéz annak ellenére, hogy a képződő zavarjelek periodikusak; viszont soha nem tudhatjuk, pontosan hol és milyen mértékben hatnak, mivel a plasztométer-tárcsa, soha nem ugyanabból az állásból indul és az erőgörbe sem írható le valamilyen függvénnyel egykönnyen.

Az útjeladó hibájából, hibás működéséből adódó zavarok (2. ábra), az útjel, $s = h_0 \varepsilon t - \frac{\varepsilon}{2} t^2$ parabolikus volta miatt valamilyen szűrőfeltétellel viszonylag könnyen megszüntethető (3. ábra).

Ilyen szűrőfeltétel lehet egy egyszerű átlagolás is, ahol a megelőző két érték matematikai átlagát képezve kapjuk a következő értéket, természetesen az első sort nullának véve. Az így előálló jelsor az eredetitől, értékét tekintve nem különbözik jelentős mértékben, az eltérés elhanyagolható.

3. ábra (az útjel szűrés után)

Mindezekből levonható az a következtetés, hogy az ilyen típusú, azaz az alakítási szilárdság meghatározására irányuló plasztométeres meleg ütő, illetve "gyorsnyomó" vizsgálatok megkezdése előtt körültekintő vizsgálatokra van szükség a mérő- és kísérleti berendezéseket illetően annak érdekében, hogy elkerüljük a használhatatlan mérési sorozatok kialakulását. Ilyen körültekintő vizsgálatot például próbamérésekkel lehet megvalósítani. Végezetül pedig a hibák feltárásával és kijavításával tehetjük pontosabbá mérési eredményeinket.

A mérési eredmények kiértékelése

Abban az esetben, ha a kísérleteinket kellő körültekintéssel végeztük, a mérési eredményeink nem vagy csak nagyon kis, elhanyagolható mértékű hibát fognak tartalmazni. A kialakuló erő – út diagram egyenletes felfutású lesz (4. ábra).

A kapott diagramokból ezek után a szokásos módon kaphatjuk meg az alakítási szilárdság értékeket, azaz a “párhuzamos szelők” módszerével (4. ábra). A szelők azért szükségesek, mert a teljes rendszernek van egy rá jellemző rugalmassági modulusa

4. ábra (út - erő diagram)

és ezt (ennek hatását) küszöbölhetjük ki a párhuzamos egyenesekkel, és így csak a próbatest maradó alakváltozását mérjük, tehát az erő (F [N]) és keresztmetszet (A [m²]) arány $\frac{F}{A}$, valójában az alakítási szilárdság értéket adja meg. A tiszta egytengelyű feszültség állapot az egyenletes nyúlás tartományában lép fel, illetve a nagy sebességű ütő-próba esetén megfelelő kenőanyag használata mellett. Mivel a σ_x és a $\sigma_y = 0$ ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ feszültségtenzorok) és a folyási feltételbe behelyettesítve adódik, hogy

$$k_f = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2]} \quad (1.)$$

$$\sigma_x = 0; \sigma_y = 0; \sigma_z$$

$$k_f = \sqrt{\frac{1}{2}[(0 - 0)^2 + (0 - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - 0)^2]} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \sigma_z^2} = \sigma_z \quad (2.)$$

$$k_f = \sigma_z = \frac{F}{A} \quad (3.)$$

Ezért az alakítási szilárdságot a tényleges alakváltozás függvényében számítjuk ki: $\varphi = \ln \frac{h_0}{h_i}$