Kolozsvár, 1998. március 20-21.

Az anyagjellemzők hatása a redukált cső alakjára

Klementis Ottó, Gál Gaszton

Abstract

In this paper the numerical and experimental method for determination of final form of extruded tube will be described. The effect of variation of material parameters will be studied using the Pam-Stamp simulation package. The results make possible the tool optimisation for given tube shapes.

Bevezetés

Az alakítási gyakorlatban igény van arra, hogy egy csőszerű előgyártmány egyik, vagy mindkét végét adott szakaszon meghatározott méretűre kell csökkenteni. Ezt az alakítási feladatot csőredukálási művelettel lehet elvégezni, amelynek az a lényege, hogy a csövet nyomóerővel kúpos bemenetű alakítószerszámba sajtolják a kívánt hosszra, majd kitolják az alakítószerszámból. Számos tudományos munka foglalkozik a csőredukáláshoz szükséges erő és teljesítmény meghatározásával. Ezen munkák az alakított cső képlékeny tartományához tartozó anyagrészre felírt differenciál-egyenletrendszer alkalmas egyszerűsítések figyelembe vételével való megoldására épülnek. Általában zártalakú közelítő összefüggéseket vezetnek le eredményül, amelyek segítségével meghatározható az alakítás erő- és munkaszükséglete, ellenőrizhető a redukálás elvégezhetősége, meghatározható az a határ-méretviszony, amelynél éppen nem zömöl meg a cső az alakító kúp előtt. Az egyenletrendszer megoldhatósága érdekében gyakran durva közelítéseket használnak. Figyelmen kívül hagyják azt a tényt, hogy az alakításkor a cső falvastagsága változik, vagy figyelembe veszik ugyan a csőfal vastagodását, viszont a

1. ábra. A redukált cső elméleti és gyakorlati alakja

cső falvastagság változását lineárisnak tekintik. Általában eltekintenek attól, hogy a cső az alakító kúp előtt is és utána is alakváltozik. Az eddigi munkák nem foglalkoznak a cső alakítás utáni méret-pontosságával, az alakítószerszám és a redukált csőrész méreteinek kapcsolatával. Jelen munka az anyag keményedési jellemzői és a csőredukálás során alakított csőrész méretei közötti összefüggés meghatározását tűzte ki célul.

A probléma megfogalmazása

A csőredukálásra vonatkozó szakirodalomban található összefüggéseket elemezve megállapítható, hogy ezek a képletek azért sem adhatnak lehetőséget a redukálás utáni csőméretek kellő pontosságú meghatározására, mert a redukáláskor az alakított csőrész tényleges alakja és mérete a 1. ábra szerint jelentősen eltér az elméletileg várható alaktól. A cső kis mértékben megzömül az alakítómatrixa előtt, a redukált rész külső átmérője kisebb, a vége pedig nagyobb lesz az alakítómatrixa üregének méretétől, a falvastagsága nagyobb a kiinduló falvastagságnál. Ezekből következik egyrészt, hogy a matricát nagyobb méretűre kell készíteni az előírt névleges átmérőnél, másrészt hogy a redukált cső kitolásakor is alakítást kell végezni, ezért jelentős nagyságú erőt igényel a darab kidobása.

Alakításkor a redukált csőrész tényleges méretei számos tényező együttes hatásának eredményeként alakulnak ki. Ezek közül a legfontosabbak a következők: a cső alakítás előtti és utáni külső átmérőinek viszonya, az alakítandó cső átmérőjének és falvastagságának viszonya, a cső anyagának jellemzői, az alakítómatrixa átmérője és kialakítása, és a matricában a redukáláskor kialakuló tényleges súrlódási viszonyok. A csőredukálási technológia megtervezéséhez mindenképpen szükség van ezen tényezők szerepének ismeretére. A technológiai adatokat alakítási kísérletekből is meg lehet határozni, azonban ez nagyon költséges. Ezért a csőredukálási paraméterek hatásának vizsgálatát végelelemes analízisre épülő számítógépes szimulációval végeztük.

A redukálás szimulációs vizsgálatához 14°-os félkúpszögű kúpos szerszámot használtunk. A csőelőgyártmány külső átmérőjét $\phi 33.7$ mm-re, a falvastagságot 6 mm-re vettük fel. A csőredukálási folyamat PAM-STAMP végelelemes programrendszerrel való szimulációjához a kezdeti hálózást olyan módon kell megválasztani, hogy az lehetővé tegye a végelelemháló későbbi adaptív finomítását. Az automatikus áthálózás akkor következik be, ha a számított alakváltozási intenzitás valamelyik elemben meghalad egy adott értéket, vagy a szomszédos felületelemek normálisai által bezárt szög nagyobb 70°-nál. Az alakítandó anyag alakítási szilárdságnak leírására a Nádai-féle összefüggést alkalmaztuk, amelynek általános alakja $k_f = C_0(\varphi + \varphi_0)^n$, ahol k_f az alakítási szilárdság, C_0 és n anyagállandók, φ_0 az előgyártmány előzetes alakításának mértéke, φ a csőredukálásakor bevitt alakítási intenzitás. A redukálás szimulációjakor az alakítómatrixa és a cső között Coulomb-féle súrlódás tételeztünk fel, a súrlódási tényezőt 0,12-re választottuk. Az szimulációkat az 1. táblázatban feltüntetett anyagjellemzőkkel végeztük el.

1. táblázat. A különböző anyagokkal számolt geometriai jellemzők

Anyagjellemzők			A számolt jellemző adatok			
C_0	φ_0	n	abs min	up points	abs max	tűrésmező
125	0.0084	0.24	0.477	1	0.043	0.418
625	0.0084	0.24	0.427	2	0.252	0.255
975	0.0084	0.24	0.411	2	0.346	0.207
625	0.1	0.24	0.389	2	0.315	0.232
625	0.06	0.24	0.404	2	0.296	0.240
625	0.0084	0.14	0.530	2	0.230	0.371
625	0.0084	0.44	0.648	1	0.073	0.423

A számítási eredmények ellenőrzésére az előzők szerinti szerszám- és cső méretek felhasználásával alakítási kísérleteket végeztünk XC32 anyagminőségű ($C=0.32\%$) acélcsővel, amelynek folyási görbáját Watts-Ford módszerrel határoztuk meg. A szimulációs számítási és a kísérleti eredmények eltérése nem haladta meg a 15%-ot. Ez a hiba azzal magyarázható, hogy a súrlódási viszonyok számításokban figyelembe vehető módja eltért a gyakorlati alakításnál fellépő súrlódástól, valamint az, hogy a PAM-STAMP programrendszert lemezalakítási feladatok megoldására fejlesztették ki, ezért a viszonylag

vastag falú cső redukálásának analízisakor hibák adódhatnak.

A szimulációknál figyelemmel kísértük a külső felület egy meridián metszetét, ezen vizsgáltuk a jellemző pontok koordinátáinak változását az alakítás folyamán. Tekintettel arra, hogy az alakítószerszám sebessége a folyamat során állandó, diagramból meghatározható a cső külső alakja minden alakítási fázisban. A diagramok alakja egy konkrét

2. ábra. Radiális helykoordináta-idő diagramok

esetben a 2. ábrán látható. A végeleemes programrendszerrel előállított nagy mennyiségű adathalmazt egy erre a célra készített grafikus programmal dolgoztuk fel. A vizsgálat a következők jellemző adatokra terjedt ki: a matrica átmérőjétől való legkisebb (abs min), illetve a legnagyobb (abs max) eltérés, a kidobás utáni tűrésmező, valamint azon pontok száma (up points), amelyek a redukáló matrica kalibráló részénél nagyobb átmérőjűek. A különböző anyagok esetén számolt jellemző adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

A 3.-5. ábrákon grafikusán ábrázoltuk a redukált csőrész méreteinek elérését a szerszám méretétől a

3. ábra. A C_0 anyagállandó hatása

4. ábra. Az n keményedési kitevő hatása

cső anyagának jellemzőit leíró C_0 , n anyagállandók és a φ_0 előzetes alakítási mérték függvényében. Amint a diagramokból kitűnik, ezen paraméterek jelentősen befolyásolják a végső alak alakítás utáni méreteit.

Az alakítás számítógépes szimulációjának eredményeit szemléltető 2. ábrán látható, hogy a csőredukálás folyamat kezdeti szakaszán az alakított csőrész méretei folyamatosan változnak a cső hossza mentén. A redukálási folyamat későbbi szakaszán az alakított csőrész átmérője a matrica kalibráló átmérőjénél kisebb méreten stabilizálódik. A bejelölt méreteltérések (abs max, abs min, tolerance) erre az állapotra vonatkoznak. Az előzőkből következik, hogy a csöveket rövid szakaszon nem lehet pontos méretűre redukálni. Ugyanis ekkor az alakított csőszakasz nem hengeres

5. ábra. Az előzetes alakítás hatása

Összefoglalás

Az anyagjellemzők vonatkozásában paraméter-vizsgálatot végeztünk a PAM-STAMP végeselemes programrendszer felhasználásával. A kiinduló cső méreteit, a redukáló szerszám geometriáját és a súrlódási tényező értékét változtatlanul hagyva, vizsgáltuk az anyagjellemzők hatását az alakított csőrész méreteire. A számítási eredmények azt mutatják, hogy az anyagparaméterek jelentős hatással vannak a munkadarab végső alakjára. A kiszámított eredmények alapján lehetőség nyílik más paraméterű munkadarab esetén a redukált végső alak becslésére interpolálás útján. A csőredukálás szimulálásának ezt módszerét kellően nagy számú, célszerűen felvett kiinduló paraméterre alkalmazva olyan adatbázis nyerhető, amely a redukálásnál szerepet játszó valamennyi tényezőt: anyagparamétereken kívül, az előgyártmány méreteit, a súrlódási tényezőt és az aktív elemek geometriáját is figyelembe veszi. Egy ilyen adatbázis alapján megbízhatóan lehet meghatározni a redukált csőrész végső alakját.

Irodalomjegyzék

- [1] Rowe, G. W.: Principles of Industrial Metalworking Processes, E. Arnold Publisher, London, 1977.
- [2] Storozhev, M. V. - Popov, E. A.: Theory of Metal Forming, Nauka i Technika, Moscow, 1976.
- [3] Ebertshäuser, H.: Untersuchungen über das Einziehen (Verjüngen) von Hohlkörpern, Blech Rohre Profile, 1980, 27, N. 1. p. 6-12., N. 2. p. 86-93.

Dr. Gál Gaszton egyetemi adjunktus
 Klementis Ottó doktorandus
 Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék
 H3515 Miskolc Egyetemváros, +46-365111-1845, fax:+46-363929