

TARTIŞMA

Simülasyon ve deneysel teğet kuvvetler arasındaki fark malzeme modeli çıkartmak için kullanılan gerilme-gerinim değerlerinin test esnasında bekleme süresiyle ÇKH işlemi öncesi ısıtma sürelerinin malzemede farklı mikro yapılar (dane boyutu, dislokasyon yoğunluğu ve benzeri) oluşturduğunu göstermektedir. Bu fark ÇKH işlem sıcaklığının artmasıyla artmaktadır (Şekil 7). Artan alan indirgemesi, teğet kuvvetleri artırırken normal kuvvetleri azaltmaktadır (Şekil 8(a)). İndirgeme oranındaki artış, iş parçasının dönmesini engelleyen moment kuvvetlerini artırarak P_x kuvvetinin artmasına neden olmaktadır. Merkez ve orta bölgedeki sıcaklık artışı (Şekil 9(b)) deformasyon enerjisinin ısıya dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. İlerleyen adımlarda merkez ve orta bölgedeki sıcaklık düşüşü ise ısı iletim ve yayılımından kaynaklanmaktadır. Oluşan ısınma ve soğuma hızları ÇKH işleminin süresiyle direkt ilişkilidir. ÇKH işleminin süresinin azalmasıyla iş parçası daha hızlı ısınmakta ve daha geç soğumaktadır. Analizler iş parçası üzerindeki sıcaklığın işlem sırasında homojen dağılmadığını da göstermiştir.

Daha önce efektif kırılma geriniminin kırılma limit kriteri olarak ÇKH işleminde belirleyici olduğu bildirilmiştir [9]. Esasen kırılma gerinim hızı, sıcaklık ve üç eksenli gerilme parametresinin bir fonksiyonudur. Kesme ve yönlendirme bölgesindeki yüksek üç eksenli gerilme parametresi (Şekil 12 (b)) düşük alan indirgemelerde kırılmaların bu bölgelerde olabileceğini göstermektedir. Deneysel çalışmalar iş parçasının ortasında kesme bölgesinde küçük boşlukların oluşmaya başladığını ve daha sonra genişletme bölgesinde ise bu boşlukların yüksek hidrostatik çekme gerilmeleri altında birleştiğini göstermiştir [9].

Çapraz kama haddeme işlemi sıcaklık, gerinim hızı ve sürtünme gibi parametrelere bağlı geometrik olarak basit ancak işlem özellikleri olarak oldukça karmaşık bir işlemdir. Çalışılan proses parametre aralığında, analizler alan indirgemesinin ve genişletme açısının kalıp kuvvetleri, gerinim ve gerilmeler üzerinde en etkin işlem parametreleri olduğunu göstermiştir. Her iki parametrenin artışı ile kalıp kuvvetleri artmaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmayla ÇKH üzerine detaylı modelleme çalışmaları yapılmıştır. Modellemede kullanılan malzeme özelliklerinin bir kısmı yüksek deformasyon hızlarında ve yüksek sıcaklıklarda belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, AISI 1045 çeliği iş parçalarının ÇKH işlemi üzerindeki şekillendirme açısı, genişletme açısı ve alan indirgemesi parametrelerinin etkileri ısı-mekanik model analiziyle nümerik olarak araştırılmıştır. Yapılan nümerik analizler deneysel olarak ölçülen kalıp kuvvetleri ile doğrulanmıştır. İş parçasının düşük

ve yüksek sıcaklıklarda ÇKH işleminde, sıcaklığın, efektif gerinimin, efektif gerilmenin ve üç eksenli gerilme parametresinin zamanla değişimi ısı-mekanik analizlerle belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Çalışılan proses parametre aralığında, analizler alan indirgemesinin ve genişletme açısının kalıp kuvvetleri, gerinim ve gerilmeler üzerinde en etkin işlem parametreleri olduğunu göstermiştir. Her iki parametrenin artışıyla kalıp kuvvetleri artmaktadır.
- Analizler, üç eksenli gerilme parametresinin kırılma parametresi olarak alındığında ÇKH işlemi esnasında oluşacak ilk çatlakların kesme-yönlendirme bölgesinde iş parçasının orta kesitinin her iki tarafında oluşacağını göstermiştir.

SEMBOLLER

d	Son çap
d_0	İlk çap
DC	Üstsel bozulma katsayısı
FD	Dinamik sürtünme katsayısı
FS	Statik sürtünme katsayısı
S	Kalıp ile iş parçası arasındaki kayma
T	Sıcaklık
T_m	Ergime sıcaklığı
T_r	Referans sıcaklığı
u_t	Kalıbın doğrusal yer değiştirmesi
u_w	İş parçasının doğrusal yer değiştirmesi
V_{rel}	Temas yüzeyi hızı
$\dot{\epsilon}$	Efektif gerinim
$\dot{\epsilon}_0$	Referans gerinim hızı
Δ_A	Yüzde alan indirgemesi
ϵ	Gerinim
μ	Sürtünme katsayısı
σ	Gerilme
σ^*	Üç eksenli gerilme parametresi
σ_h	Ortalama gerilme

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-NAS (Belarus) tarafından 107M628 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

1. **Hu, Z. H., Xu, X. H., Sha, D. Y.** 1985. "Skew Rolling And Cross Wedge Rolling Principles, Processes And Machines," In Metall. Ind. Press Beijing, China.
2. **Fu, X. P., Dean, T. A.** 1993. "Past Developments, Current Applications and Trends In The Cross Wedge Rolling

- Process," International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 33, pp. 367-400.
3. **Pater, Z.** 1997. "Theoretical Method For Estimation Of Mean Pressure On Contact Area Between Rolling Tools And Workpiece In Cross Wedge Rolling Processes," International Journal of Mechanical Sciences, vol. 39, pp. 233-243.
 4. **Dong, Y., Lovell, M., Tagavi, K.** 1998. "Analysis of Interfacial Slip In Cross-wedge Rolling: An Experimentally Verified Finite-element Model," Journal of Materials Processing Technology, vol. 80-81, pp. 273-281.
 5. **Li, Q., Lovell, M.** 2008. "Cross Wedge Rolling Failure Mechanisms And Industrial Application," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 37, pp. 265-278.
 6. **Dong, Y., Tagavi, K. A., Lovell, M. R.** 2000. "Analysis of interfacial slip in cross-wedge rolling: a numerical and phenomenological investigation," Journal of Materials Processing Technology, vol. 97, pp. 44-53,
 7. **Pater, Z., Weroński, W., Kazanecki, J., Gontarz, A.** 1999. "Study of the Process Stability Of Cross Wedge Rolling," Journal of Materials Processing Technology, vol. 92-93, pp. 458-462.
 8. **Pater, Z.** 1998. "A Study of Cross Wedge Rolling Process," Journal of Materials Processing Technology, vol. 80-81, pp. 370-375.
 9. **Li, Q., Lovell, M. R.** 2004. "The Establishment of a Failure Criterion In Cross Wedge Rolling," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 24, pp. 180-189.
 10. **Li, Q., Lovell, M.** 2005. "On the Critical Interfacial Friction of a Two-Roll CWR Process," Journal of Materials Processing Technology, vol. 160, pp. 245-256.
 11. **Deng, Z., Lovell, M. R., Tagavi, K. A.** 2001. "Influence of Material Properties and Forming Velocity on the Interfacial Slip Characteristics Of Cross Wedge Rolling," Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of the Asme, vol. 123, pp. 647-653, Nov.
 12. **Fang, G., Lei, L. P., Zeng, P.** 2002. "Three-dimensional Rigid-plastic Finite Element Simulation For The Two-roll Cross-wedge Rolling Process," Journal of Materials Processing Technology, vol. 129, pp. 245-249.
 13. **Wang, M., Li, X., Du, F., Zheng, Y.** 2005. "A Coupled Thermal-mechanical and Microstructural Simulation Of The Cross Wedge Rolling Process And Experimental Verification," Materials Science and Engineering A, vol. 391, pp. 305-312.
 14. **Zhao, J., Shu, X. D., Hu, Z. H.** 2005. "Study of stress Distribution of Forming Slandering of Automobile Semi-axes With Multi-wedge Rolling by FEM Simulation - art. no. 604247," in ICMIT: Control Systems and Robotics, Pts 1 and 2. vol. 6042, Y. Wei, K. T. Chong, T. Takahashi, S. Liu, Z. Li, Z. Jiang, and C. Chol, Eds. Bellingham: Spie-Int Soc Optical Engineering, pp. 4247-4247.
 15. **Xiong, Y., Sun, S., Li, Y., Zhao, J., Lv, Z., Zhao, D., Zheng, Y., Fu, W.** 2006. "Effect of Warm Cross-wedge Rolling On Microstructure And Mechanical Property Of High Carbon Steel Rods," Materials Science and Engineering: A, vol. 431, pp. 152-157.
 16. **Johnson W., Mamalis, A. G.** 1977. "A survey Of Some Physical Defects Arising In Metal Working Processes," in Proc 17th International MTDR Conference London, U.K., pp. 607-621.
 17. **Bridgman, P. W.** 1952. Studies in Large Plastic Flow and Fracture. Newyork: McGraw-Hill.
 18. **F, in Forging of Carbon and Alloy Steels, Forming and Forging, ASM Materials Handbook, Cilt 14 p. 215.**
 19. **Kıranlı, E.** 2009. Determination of Material Constitutive Equation of A Biomedical Grade Ti6Al4V Alloy For Cross-wedge Rolling, Master of Science, Izmir Institute of Technology.
 20. **L, LS-DYNA** 2007. Keyword User's Manual vol. II: Livermore Software Technology Corporation (LSTC).

DÜZELTİ: Dergimizin Temmuz 2010, 606.sayısının 25.sayfasındaki "Taşıyıcı Halatların Deneysel Gerilme Analizi" başlıklı makaledeki Şekil 3'te yer alan ifadeler hatalı olarak verilmiştir. Doğrusu yandaki gibidir. Düzeltir, özür dileriz.



Şekil 3. Halat Sarım Yönü