

EŞİT KANALLI AÇISAL PRESLEME (EKAP) KALIPLARININ GELİŞTİRİLMESİ VE ALÜMİNYUM MALZEME UYGULANMASI

Ö.Faruk KAHRİMAN
İstanbul Aydın Üniversitesi
omerfkahriman@gmail.com

H. Erol AKATA
İstanbul Aydın Üniversitesi

ÖZ

Kayma gerilmeleri nedeniyle tek pasoda bile çok yüksek plastik şekil değiştirme oranlarının elde edilebildiği metal biçimlendirme yöntemleri, “Aşırı Plastik Deformasyon (APD) Yöntemleri” olarak adlandırılır. Paso sayısı artırılarak toplam şekil değiştirme oranı daha da artırılabilir. Aşırı plastik deformasyon yöntemleri, eşit kanal açısız basma, çevrimsel ekstrüzyon - basma şeklinde sınıflanabilir. Eşit Kanallı Açısız Presleme (EKAP), söz konusu yöntemler arasında en çok bilinen ve uygulanan türünü oluşturmaktadır. Buna karşılık, EKAP kalıplarında bulunan köşe bölgelerinde ortaya çıkan yüksek çentik etkisi nedeniyle bu bölgelerde çatlamlar oluştuğu için, bu tür kalıpların kullanımında sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu konuda parçalı kalıp yaklaşımının kullanımı önemli bir olanak sağlamaktadır.

Sunulan çalışmada, daha önce geliştirilen ve parçalı kalıp tasarımının takip edildiği kalıplar üzerinde, kalıpların kullanımını ve deformasyon koşullarını geliştirmek üzere yeniden tasarlanan ve üretilen EKAP kalıpları ile yürütülen deneysel sürecin aşamaları ilk sonuçları sunulmaktadır. 6063 alüminyum malzemeler kare kesit halinde işlenen prizmatik numunelere 2 kademe aşırı plastik deformasyon uygulanarak kalıpların kullanılabilirliği ve karşılaşılan problemler irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *EKAP, Aşırı Plastik Deformasyon*

DEVELOPMENT OF MOLDS IN EQUAL CHANNEL ANGLE PRESSING AND APPLICATION OF ALUMINUM

ABSTRACT

Plastic deformation methods that can obtain very high plastic deformation ratios even in single pass due to shear stresses are called “Severe Plastic Deformation (SPD) Methods”. The total strain can further be increased by increasing the number of passes. Excessive plastic deformation methods can be classified as equal channel angular compression and cyclic extrusion - compression. Equal Channel Angular Pressing (ECAP), among the related methods, is the most known and mostly applied method. On the other hand, problems are encountered in using the ECAP dies, such as crack occurrence in the die elements due to the high notch effect at the corner regions of the dies. In this respect, using the segmented or multi pieces die approach provides an important opportunity.

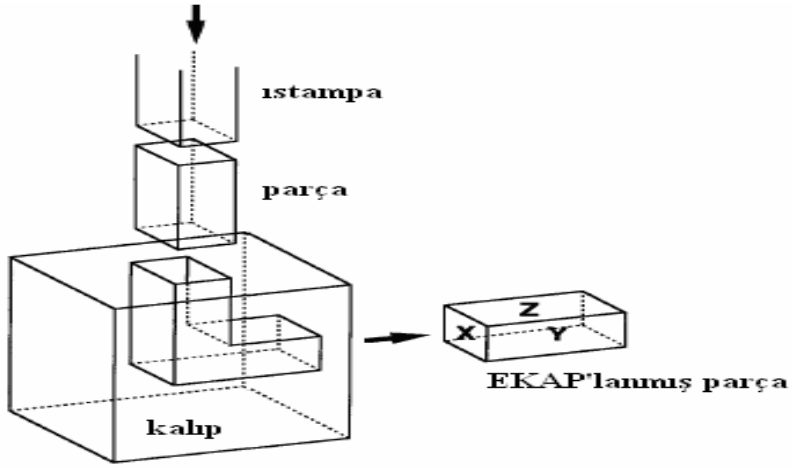
Current study provides the early results of the experimental works carried out with the re-designed and produced multi-pieces ECAP dies in order to increase the effectiveness of the dies. Also discussed are the 6063 aluminum materials that were subjected to plastic deformation in two steps as prismatic samples ECAP’ed in square cross sectioned channel and the usability of the dies as well as the problems encountered.

Keywords: *ECAP, Severe Plastic Deformation*

GİRİŞ

İmalat süreçlerinin başarısını arttırmak üzere yüksek mukavemet ve sünekliği bir arada bulunduran malzemeleri geliştirmek için çaba sarf edilmiştir. Yüksek mukavemet makine parçalarının boyutlarını küçültürken, yüksek süneklik malzemeye kolay işlenebilme ve ani oluşabilecek hasarlardan korunabilme gibi özellikler kazandırmaktadır [1,2]. Her iki özelliği de büyük oranda iyileştirebilmesi nedeniyle Aşırı Plastik Deformasyon (APD) çalışmaları araştırmacıların artan bir hızla ilgisini çekmektedir [3,4,5]. Şekil 1’de yöntemin genel bir açıklaması verilmektedir.

Teknolojinin hızla gelişmesi beraberinde yeni imalat yöntemlerini getirmiştir. Bu yeni imalat yöntemleri ile de sert, hafif ve kolay işlenebilen malzemelerin üretilmesi mümkün olmuştur. Bunların yanı sıra, farklı malzemeler bir araya getirilerek daha üstün özellikteki malzemeler elde edilmiştir.



Şekil 1. Eşit kanal açısal basma yönteminin şematik görünümü [3]

Bu çalışmada, EKAP metodunda işlem rotaları, kanal açıları, presleme hızı ve sıcaklığı işlem parametreleri olarak ayrı ayrı ele alındıktan sonra, ticari saf, 2xxx ve 7xxx serisi alüminyum alaşımlar için gerçekleştirilen uygulama ve analiz sonuçları incelenmiştir[6,7].

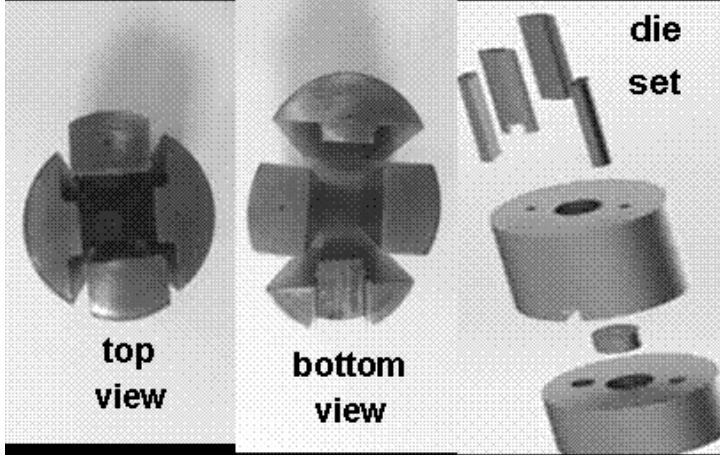
Son yıllarda ultra ince ve /veya nano boyutlu malzemeler üzerinde artan ilgi ile birlikte EKAP üzerinde araştırmalar da giderek artmaktadır. Bilindiği gibi tane boyutundaki azalma malzemelerin mekanik özellikleri ve en önemlisi süperplastik şekil değiştirilebilirliği üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Bunun yanında EKAP kalıplarındaki çatlama ve kırılma riski, kalıpların kullanımını sınırlandırmakta ve buna bağlı olarak farklı kalıp tasarımları geliştirilmektedir. Bu çalışmalarda teknolojik yenilikler uygulanmış, ısıtma işlemleriyle kalıbın iç parçaları sertleştirilmiş, kalıbın ve yüzeylerin sertliği artırılmış ve kalıpların etkinliği yükseltilmiştir. Wert ve arkadaşları ingot Al-Zn-Mg-Cu alaşımını klasik termomekanik ve yeniden kristalleşme işlemleri ile 10 - 20 nanometreye kadar küçültebilmişlerdir.

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi EKAP üzerindeki çalışmalar ve kalıp çeşitleri her geçen gün daha da modernleşip çeşitlenmektedir. Çalışılan kalıplar EKAP'ın pratikliği ve kalıbın daha hızlı daha verimli ve daha kullanışlı olması ile ölçülmektedir.



Şekil 2. EKAP kalıp örneği [8].

Kalıp köşelerindeki çentik etkisinin oluşturduğu çatlama riskini azaltmak ve gidermek üzere parçalı kalıp tasarımının uygulandığı çalışmalarda [9,10] ise kalıpların kullanılabilirliği artırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. “Parçalı Kalıp Tasarımı” yaklaşımının uygulandığı EKAP kalıpları [9].

Şekil 3’te gösterilen çalışmada, çıkış bölgesinde malzeme hareketine karşı oluşturulan direncin azlığı ve kalıpların içinden parçaların çıkartılmasında karşılaşılan zorlukların giderilmesi ve kalıp etkinliğinin artırılması amacıyla yeni bir kalıp tasarımı geliştirilmiştir. Sonraki bölümlerde, söz konusu tasarım, geliştirme çalışmaları ve sonrasında üretilen kalıpların denemesine ait sonuçlar verilecektir.

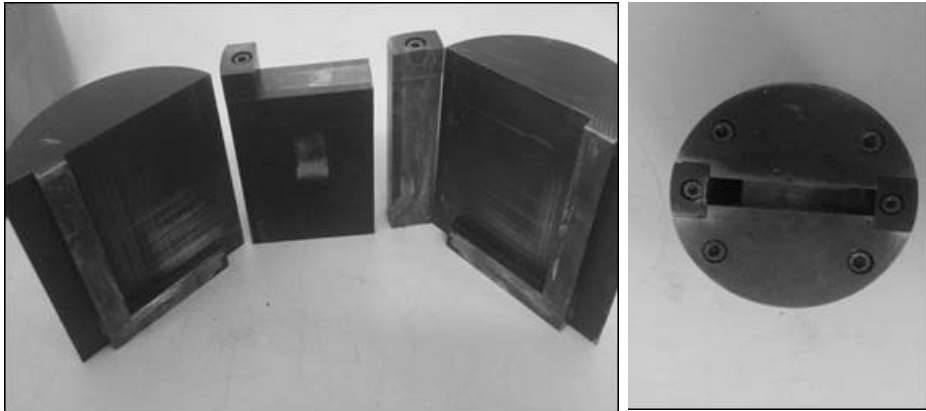
MATERYAL VE METOT

Şekil 3'te gösterilen çalışmada verilen kalıplardaki çıkış kanalının küçük bir kısmı içinde malzeme hareketi engellenmiş, diğer kısımları serbest durumda kalmaktadır. Bu duruma ek olarak çıkış kesitine dönen bitmiş parçanın kalıptan çıkartılması büyük zaman kaybına ve zorluklara yol açar durumdadır. Bu durumu gidermek, kalıpların çevresel olarak sıkıştırılma etkinliğini arttırmak, kalıpların kolay açılmasını ve parçaların kalıplar içinden kolayca çıkartabilmek üzere tasarım üzerinde bazı değişiklikler yapılması gerekiyordu.

KALIP PARÇALARININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

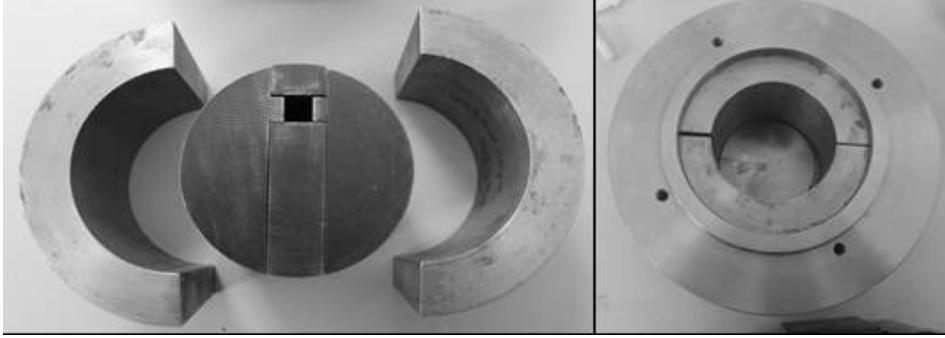
Bu amaçla kalıpta deformasyon bölgesini oluşturan kalıp parçaları “parçalı kalıp tasarımı” yaklaşımına uygun olarak iç içe geçmiş kalıp bölgelerinden meydana gelmektedir. Asıl deformasyonun sağlandığı iç kalıp bölgesi “çekirdek kalıplar” olarak adlandırılmış, 1.2344 sıcak iş çeliği seçilerek sekiz parçadan oluşturulmuş ve ısıl işlem yoluyla 54 HRC sertlik derecesine kadar sertleştirilmiştir. Çekirdek kalıpların ayrı halleri ve birleşmiş halleri Şekil 4 te gösterilmektedir.

Çekirdek kalıplar, 85 mm çapında olup sekiz parçadan oluşmaktadır. Kaba işlemi bittikten sonra civata delikleri ve karşılıklı dişleri çekilmiş, ince ve geri kalan ayrıntıları için yapımına CNC makinelerde devam edilmiştir. Talaşlı işlemleri tamamlanan parçalar tesviyeden sonra ısıl işlem için özel fırına gönderilmiş, sertleştirildikten sonra çarpılmalar ve kaymalardan dolayı taşlamış ve yüzeydeki bozunmalardan arındırılmıştır.



Şekil 4. Çekirdek kalıp parçaları ve birleşmiş hali

Çekirdek kalıpları bir arada tutmak ve birbirlerine bastırabilmek üzere iç kısmı çekirdek kalıplara uyması için silindirik, dış kısmı 5° eğimli olacak şekilde konik işlenen sıkma parçası talaşlı işleme yoluyla işlenerek işleme sonrası iki parçaya kesilerek tamamlanmıştır. Sıkma parçaları ise iç kısmı yine 5° eğimli olarak işlenen silindirik dış kalıbın içine konularak kullanılmıştır (Şekil 5). Açıklandığı şekilde üretilen EKAP kalıbı, konik parçaların ve yüzeylerin kama etkisi nedeniyle işlem sırasında çekirdek parçalarının birbiri üzerine sıkıştırılmasını sağlamıştır. Bu özellik kalıp tasarımının belirgin ve farklı bir yönünü oluşturmaktadır.



Şekil 5. Sıkma parçaları, çekirdek kalıp parçaları ve dış kalıp

Kalıp parçalarının bir araya getirilerek çalışır kalıbın elde edilmesi için kapakların hazırlanması ve montajı sağlanmıştır. Kapaklar kalıbın çekirdek kısmının sabit kalması ve ıstampa basımı sırasında gelecek herhangi bir ters durumda sıkıştırmayı ve kırılmayı engellemek için yapılmıştır.

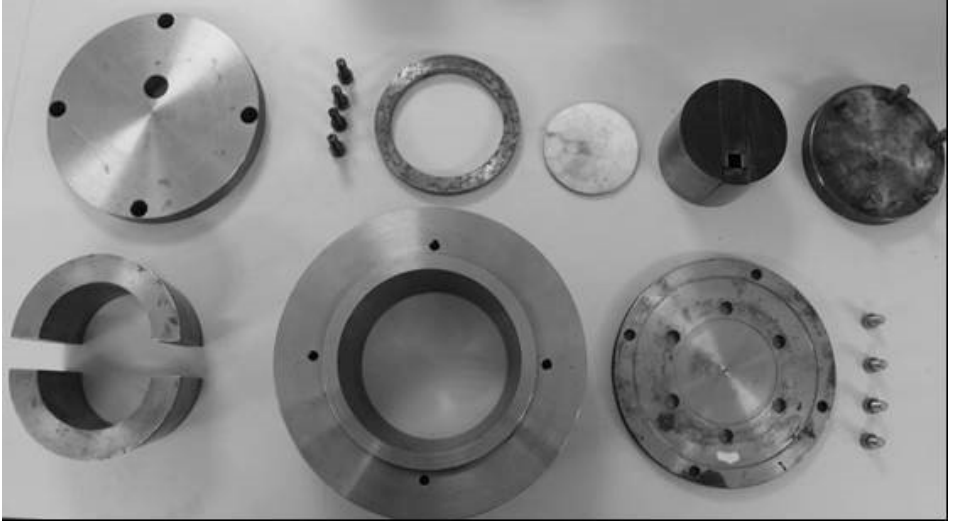
Alt kapakta 8 delik vardır. Kalıbın çözülmesi sırasında çıkartma pimlerinin girmesi ve çekirdek kalıbın çıkmasına yardımcı olması için bulunur ve 4 tane de M8 civatalarla sabitlenmiştir. Üst kapakta ise ıstampanın girmesi için gerekli delik ve 4 tane M8 civata ile sabitlenmiştir. Aynı zamanda bu iki kapak içerdeki çekirdek kalıbın 5° eğimde sıkışmasına yardım etmektedirler.

Çıkartma pimleri dış kalıbın çekirdeği sıkın kısmını, işlem sonrası rahatlatmak ve kalıbı sökmek için kullanılır. Presleme işleminde sıkışan kalıbın konik yüzeyleri arasında aksel bir kuvvet oluşturarak konik yüzeylerin birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır (Şekil 6).

İstampa uzunluğu ilk iş parçasının tamamen kalıptan geçmesini sağlayacak değerde olması temin edilmiştir. İstampa ısıl işlem görmüş ve sert bir parça olduğundan prese zarar vermemesi için destek parça kullanılarak prese zarar vermesi engellenmiştir. Tüm kalıp parçaları şekil 7'de gösterilmektedir. Hazırlanan kalıp düzenlenmesi yumuşak



Şekil 6. Üst kapak ve çıkarma pimleri



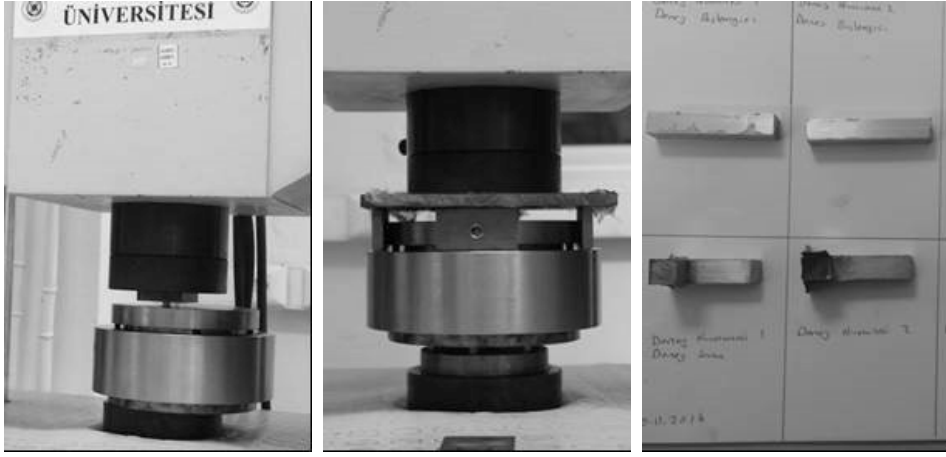
Şekil 7. Deneysel çalışmada kullanılan EKAP kalıp parçaları



Şekil 8. Plaster malzeme ile kalıpların kontrolü

DENEYSEL ÇALIŞMA

Kalıp geometrisinin kontrolünden sonra, kalıpların metal malzemelerin şekillendirilmesinde de kullanılabilirliğini göstermek üzere 6063 kalite alüminyum levhalardan 10x10x55 mm boyutlarında prizmatik deney numuneleri hazırlanmış ve kalıpta basılmıştır. Parçaların basımı sırasında üzerlerine gres yağı sürülerek sürtünme katsayısının düşürülmesi yoluna gidilmiştir. İşlem tamamlandıktan sonra çıkarıcı pimler ve yardımcı plakalar kullanılarak konik parçaların birbirinden uzaklaşması sağlanmış ve kalıplar “çözülmüş” tür. Şekil 9’da kalıpların işlem sırasında, çözülme sırasındaki resimleri ile alüminyum parçaların EKAP öncesi ve sonrası halleri gösterilmektedir.



Şekil 9. Deneysel çalışma aşamaları ve numune örnekleri.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sunulan çalışma EKAP işlemlerinde kullanılan kalıplar konusunda, daha önce elde edilen sonuçlardan hareketle, tasarım değişikliği ve geliştirme yapmak üzere yürütülen bir araştırmanın ön sonuçlarını vermektedir. Kalıplardaki konik sıkma elemanları gerek kalıp boşluğunun şeklini kontrol etmesi ve gerekse de işlem sonrası kalıpların birbirinden ayrılarak numunenin kalıptan alınmasını hızlandırmaktadır. Çekirdek yüzeylerinin birbirine temas bölgelerinin işleme kalitesinin artırılması kalıpların etkinliğini daha da iyileştirecektir.

TEŞEKKÜR

Kalıplar Kahraman Makine San. Tic. ve Ltd. Şirketi, firmasının imalat sırasındaki destekleriyle üretilmiş ve deneysel çalışmalar İstanbul Aydın Üniversitesi Teknoloji merkezi ile İnşaat Mühendisliği Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar adı geçen kuruluşlara teşekkür etmekten onur duyarlar.

KAYNAKLAR

Valiev, R. Z., Langdon, T. G. (2006). *Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement*, *Progress in Materials Science*, 51, 881–981

Furukawa, M., Horita, Z., Langdon T.G., Xu, C. (2003). *Achieving a Superplastic Forming Capability through Severe Plastic Deformation*, 5, 359.

Sanusi, K. O., Makinde, O. D., Oliver, G. J. (2012). *Equal channel angular pressing technique for the formation of ultra-fine grained structures*, *South African Journal of Science*, 108(9/10)

Shun Cai Wang, Marco J. Starink, Nong GaoCheng Xu, T.G. Langdon. (2005). *Grain structure and texture development during ECAP of two heat-treatable Al-based alloys*, *Materials Science* 10 249- 255.

Gholinia, A, Prangnell, P.B., Markushev, M.V. (1999). *The effect of strain path on the development of deformation structures in severely deformed alloys processed by ECEP*, *Acta Materialia*, 48.

Shun Cai Wang, Marco J. Starink, Nong GaoCheng Xu, T.G. Langdon., *Grain structure and texture development during ECAP of two heat-treatable Al-based alloys*, *Materials Science* 10 (2006) 249- 255

Furukawa, M., ., Horita, Z., Langdon, T.G., Nemoto, M . (2001) . *Processing of metals by equal-channel angular pressing*, *Journal of Materials Science*, 36, 2835.

Sahin, M., Balasubramanian, N., Misirli, C., Akata, H. E., Can, Y., Ozel, K. (2012). *On properties at interfaces of friction welded near-nanostructured Al 5083 alloys*, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume: 61, Issue: 9-12, Pages: 935-943

Konuk, O., Akata, H.E. (2013). *A Study On The Application Of The Ecap To Surface Plating*. *International Journal Of Electronics, Mechanical And Mechatronics Engineering (IJEMME)*, 3(4), 625-630.

Akata, H. E. (2012). *Application of Separated Die Design to Production of Ecap Dies*, *Advanced Materials Research*, Vol. 445, pp.120-124.