

Derin Çekme İşlemi Üzerine Kalıp Geometrisinin Etkisinin Sonlu Elemanlar Analizi

Vedat TAŞDEMİR^{1*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Teknolojileri, Kahramanmaraş, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, sac şekillendirme işlemlerinden biri olan derin çekme işlemini etkileyen önemli parametrelerden dişi kalıp geometrisinin farklı formlarının derin çekilen kap üzerine etkisi sayısal simülasyon analizi ile araştırılmıştır. Malzeme olarak DIN 1.0312 genel yapı çeliği seçilmiştir. Kalıp ağız geometrisi olarak düz, kavisli, elipstik ve 45 derece eğimli olmak üzere 4 geometri belirlenmiştir. Üç boyutlu tasarım için SolidWorks programı kullanılmıştır. Analizler için MSC SIMUFACT analiz programı ile yapılmıştır. Sonuçlar, şekillendirilen kaptaki gerilme ve kalınlık dağılımının düzenli olması açısından geometri seçiminin önemli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Derin çekme, sonlu elemanlar analizi, kalıp ağız geometrisi*

Finite Element Analysis of the Effect of Die Geometry on Deep Drawing Process

ABSTRACT: In this study, one of the most important parameters affecting the deep drawing process, the effect on the deep drawn cup of the die geometry was investigated by numerical simulation analysis. The material was chosen general structural steel DIN 1.0312. The mold geometry was determined as the flat, curved, elipstik and 45 degrees angle. SolidWorks software for 3D modeling and MSC SIMUFACT package program for finite element analyses have been used. The results shown that selection of geometry for stress and thickness distribution of the container is important.

Keywords: *Deep Drawing, Finite Elements Method, Die geometry*

1. GİRİŞ

Derin çekme, zımbanın mekanik hareketi ile sac metale kalıp şeklini veren bir sıkıştırma-germe işlemidir. Bu işlemle iki boyutlu, düzlemsel geometriye sahip iş parçasının çekme kalıbı denilen elemanlar yardımıyla preste çökertilmesi sonucunda belirli derinlik ve profillere sahip üç boyutlu parçalar elde edilir. Çekme yardımıyla elde edilmesi düşünülen kaplar birden fazla operasyon ile de oluşturulabilirler. Birbirini takip eden ve çok sayıda çekme işleminden oluşan bu imalat yöntemi derin çekme yöntemi olarak bilinmektedir [1, 2].

Sacların şekillendirilmesinde endüstride yaygın olarak kullanılan derin çekme yöntemi ile sac metal şekillendirme işleminde, sac malzeme zımbaya sarıldığından ve çekmeyi etkileyen birçok parametre olduğundan bu durum şekillendirme işlemini nispeten karmaşık hale getirmektedir.

Çekme işleminin düzenli olarak yapılabilmesi, çekme işlemini etkileyen parametrelerin doğru ve uygun olarak seçilmesine bağlıdır [3]. Burada önemli olan, malzemenin kalıp içerisine akışının kontrol edilmesidir. Bu kontrol, baskı plakası denilen kalıp elemanının ilkel parça yüzeyine belirli bir kuvvet uygulaması ile sağlanmaktadır. Bu yüzden baskı plakası kuvveti,

malzemenin kalıp içerisine daha düzenli bir şekilde akmasını sağlayan önemli bir parametredir. Baskı kuvvetinin yanı sıra, zımba – matris radyüsleri, zımba kuvveti, çekilecek kabın ilkel parça geometrisi, malzeme anizotropisi, hadde yönü, malzemenin kimyasal bileşimi, mekanik özellikleri, imalat yöntemi, deformasyon hızı, ısıl işlem ve şekillendirme sırasında uygulanan sıcaklık değerleri gibi faktörler derin çekme işlemi üzerinde önemli etkiye sahiptirler [4].

Sac şekillendirmeyi etkileyen tüm bu etkenler hakkında geniş bir bilgiye sahip olmadan yapılan kalıp imalatı sonrasında elde edilen ürünün kalitesinin istenilen düzeyde olmaması kalıbın yeniden dizaynına kadar giden oldukça uzun bir deneme yanılma süreci alır. Maliyeti oldukça yüksek olan bu süreci azaltmak veya tamamen yok etmek için ve optimum üretim koşullarını yakalamak için bilgisayarlar yardımıyla yapılan sayısal simülasyon işlemleri oldukça önemli bir yere sahiptir. FEM analizleri, optimum işlem koşullarını belirlemede, deforma olmuş sac ve malzeme akışındaki geometrik değişimleri belirlemede ve şekillendirme yükünü belirlemede oldukça faydalar sağlamıştır [5, 6]. Sayısal ve deneysel çekme işlemleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde büyük bir oranda benzerlik taşıdığından deneme yanılma metoduna dayanan klasik derin çekme yöntemi yerine sayısal analiz metodunun

kullanılması zaman, maliyet ve malzemeden kazanç sağladığını ortaya koymuştur [7].

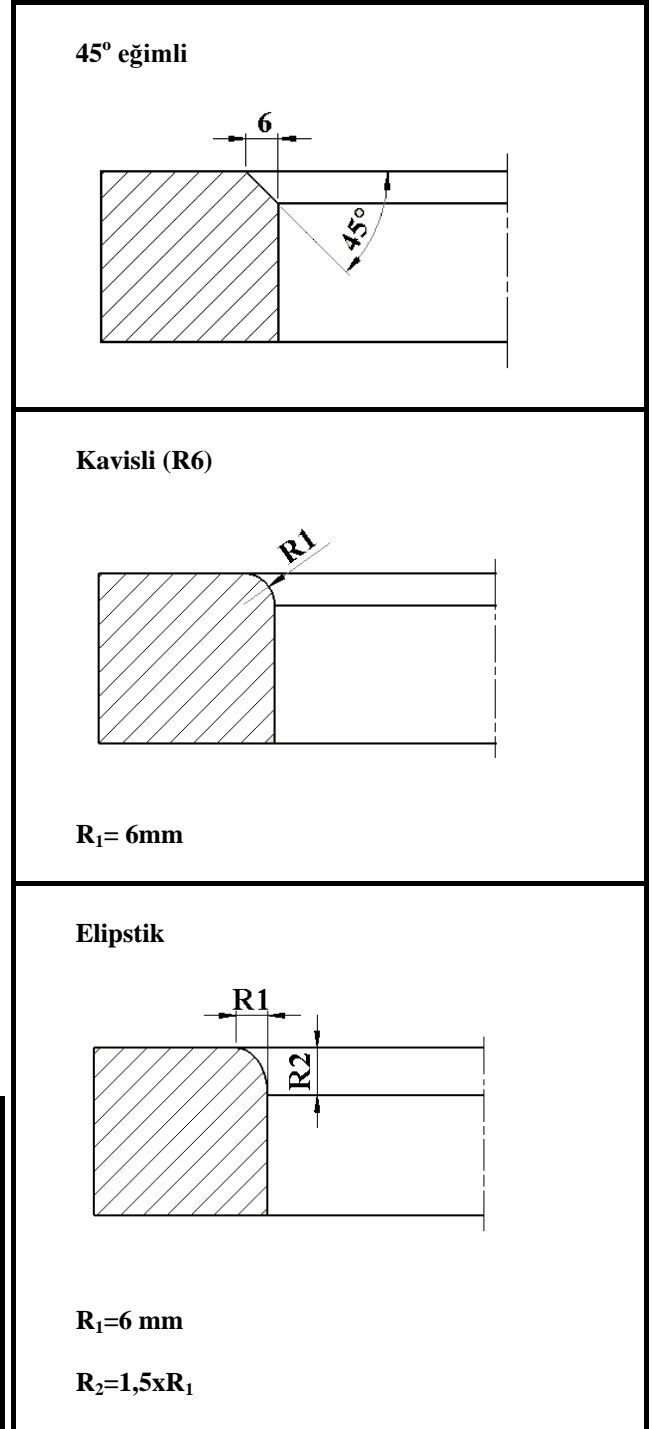
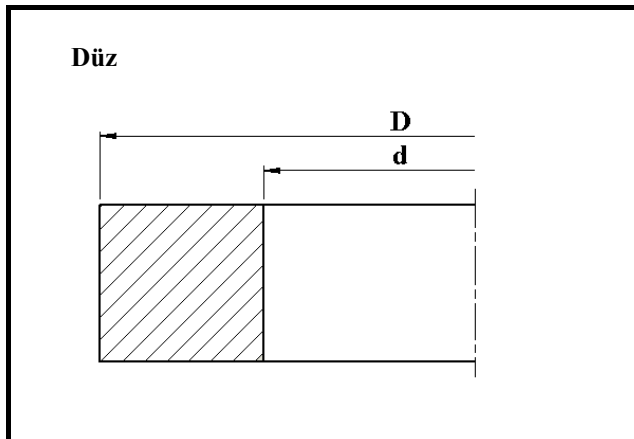
Bu çalışmada, çekme işlemini etkileyen önemli parametrelerden biri olan dışı kalıp ağız geometrisinin çekilen kap şeklindeki parçada oluşan gerilmelere ve cidar kalınlığı değişimine etkisi incelenmiştir.

2. DIŞI KALIP GEOMETRİSİNİN TAYİNİ

Çekilecek kap malzemesinin kalıp içerisine akışını kolaylaştırmak, çekilen kabın yırtılmasını önlemek ve çekme işlemi sonrasında kap cidarlarındaki gerilmelerin düzenli dağılımını sağlamak için zımba ve dışı kalıp ağız formları oldukça önemlidir. Kalıp ağız formunun gereğinden büyük olması baskı plakası kuvvetini küçülteceğinden kap ağızında kırışıklıklara sebep olur. Gereğinden küçük kalıp ağız formları ise daha çekme başlangıcında parçayı kopmaya uğratacaktır. Bu güne kadar yapılan bütün çalışmalar incelendiğinde dışı kalıp ağız formunun genellikle kavis yarı çaplı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, 4 farklı ağız yapısı belirlenmiştir; düz, kavisli, elipstik ve 45 derece eğimli.

Şekil 1’de deneylerde kullanılan çeşitli ağız yapısına sahip kalıplar görülmektedir. Simülasyon işleminde zımba kavis yarıçapı 5 mm olarak sabit tutulmuş ve dışı kalıp ağız formları değiştirilmiştir.

Şekil 1. Deneylerde kullanılan dışı kalıp ağız formları.



3. DERİN ÇEKME İŞLEMİNİN SAYISAL SİMÜLASYONU

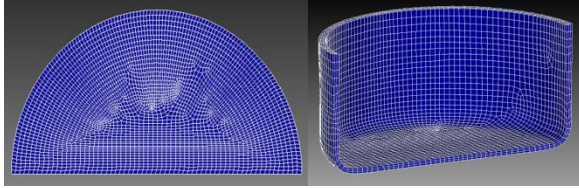
Şekillendirme işleminin sayısal simülasyonu için genellikle kullanılan yöntem sonlu elemanlar metodudur. Sayısal simülasyon, üretim işlemine çeşitli faktörlerin etkisini belirlemede, yüklerin etkisini belirlemede, farklı geometrilerin analizi gibi değerlendirmeleri içerir ve gerçek şartlar altında

çalışacak parçanın nasıl bir davranış sergileyeceğinin tahmini yapılır [8, 9]. Bu deneyde şekillendirme için MSC SIMUFACT yazılımı kullanılmış. Deneyler basit dairesel kesitli bir kap üzerinden yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan Şekil 3'de görülen deney düzeneğinin bütün bileşenlerinin üç boyutlu modelleri SolidWorks paket programında elde edilmiştir. Daha sonra MSC SIMUFACT programına alınmıştır.

Model oluşturmada kalıp, zımba ve baskı plakası rijit elemanlar olarak tanımlanmış, bundan dolayı bir ağ yapısı oluşturulmamıştır(Şekil 3). Sac malzeme asıl deformasyona uğrayan eleman olduğu için eleman kenar uzunluğu 2 mm alınarak Şekil 2'de görüldüğü gibi ağ örülmüştür. Sac malzemesi olarak hem sıcak soğuk hem de sıcak şekillendirmeye uygun 1,85 mm kalınlığında DIN 1.0312 genel yapı çeliği seçilmiştir. Seçilen malzemeye ait mekanik ve termal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Şekil 2. Deneylerde kullanılan sac malzeme ağ yapısı.

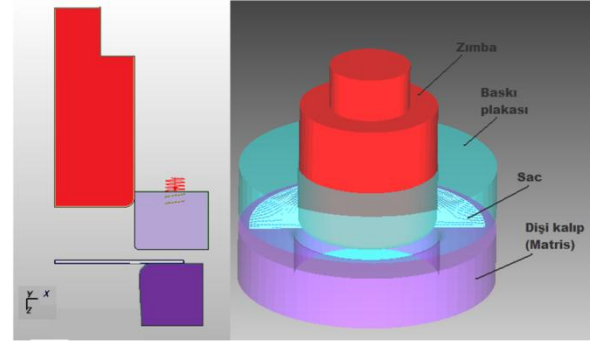


Malzeme modelinin oluşturulmasında sınır koşulları olarak yapılan hesaplamalar neticesinde zımba hızı 4 mm/s ve baskı plakası kuvveti olarak ise 25 kN seçilmiştir. Deneylerde Coulumb sürtünme katsayısı 0,1 alınmıştır. Deneyler, 3D Sheet (Solid Elements) ve izotropik malzeme davranışına göre simule edilmiştir.

Tablo 1. Analizde kullanılan malzeme özellikleri (SIMUFACT).

| | |
|------------------------------------|----------|
| Elastisite Modülü, Pa | 2,16e+11 |
| Poisson Oranı | 0,3 |
| Yoğunluk, kg/m ³ | 7850,00 |
| Termal iletkenlik, Watt/(m*K) | 57 |
| Özgül Isı kapasitesi, Joule/(kg*K) | 365 |

Şekil 3. Çekme işleminde kullanılan deney düzeneği.

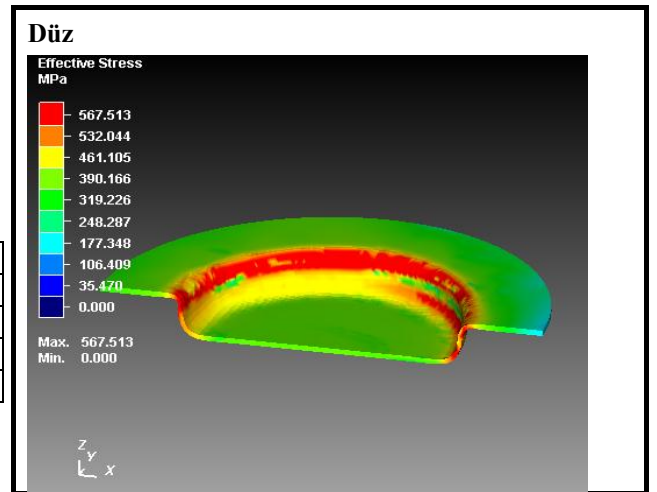


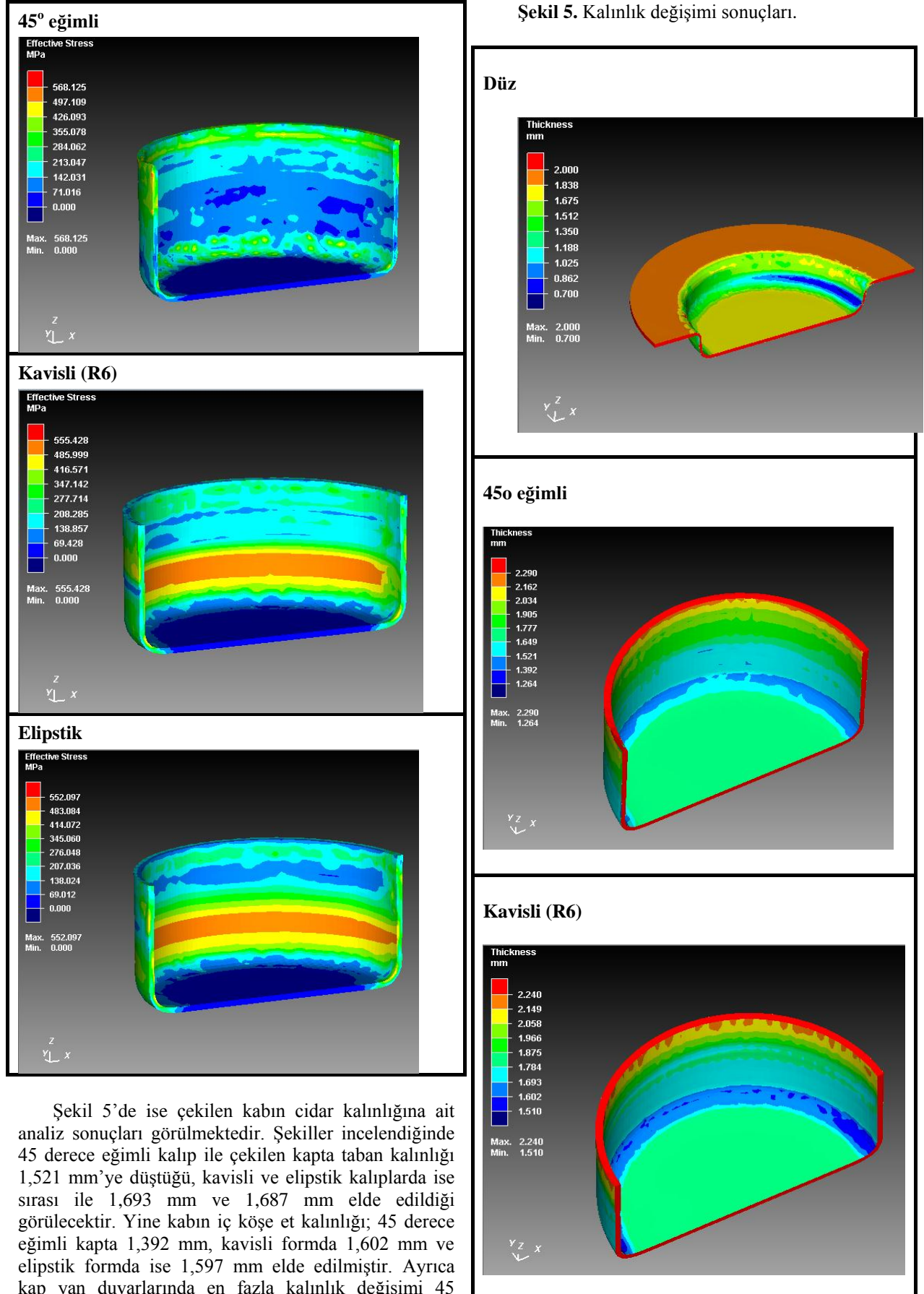
4. SONUÇLAR

Belirlenen kalıp ağız geometrileri, kalıp içerisine malzeme akışını ve buna bağlı olarak gerilme, zımba kuvveti ve cidar kalınlığı dağılımını doğrudan etkilediği görülmüştür. Sonlu elemanlar analizi ile yapılan işlemler ve elde edilen sonuçlar aşağıda adım adım açıklanmıştır.

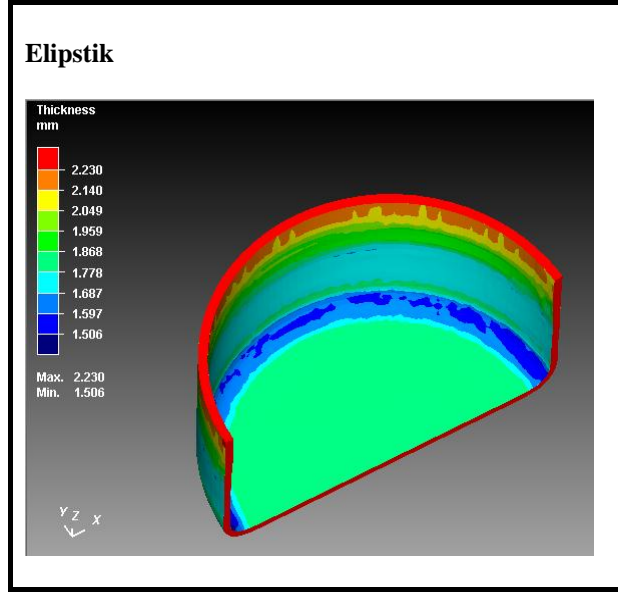
Şekil 4'de gerilme analizi sonuçları görülmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde düz ağız yapısına sahip kalıpla çekme işlemi tamamlanamamış ve yırtılmıştır. Kavimsli ve elipstik forma sahip kalıplardaki sonuçlar benzer çıkmıştır. 45 derece eğimli yapıya sahip kalıpta ise kap cidarlarında gerilme değeri ve düzensizliği artmıştır.

Şekil 4. Gerilme analizinden elde edilen sonuçlar.



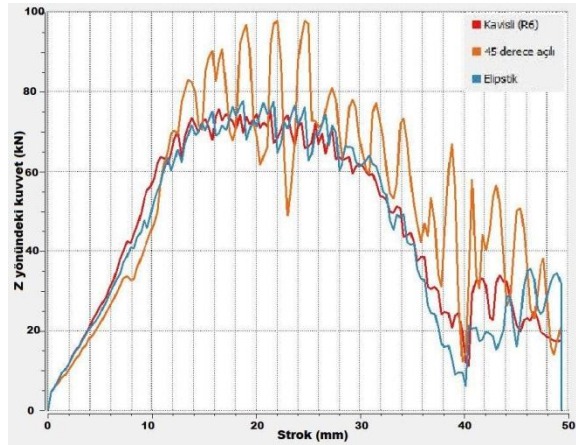


Şekil 5’de ise çekilen kabın cidar kalınlığına ait analiz sonuçları görülmektedir. Şekiller incelendiğinde 45 derece eğimli kalıp ile çekilen kaptaki taban kalınlığı 1,521 mm’ye düştüğü, kavisli ve elipstik kalıplarda ise sırası ile 1,693 mm ve 1,687 mm elde edildiği görülecektir. Yine kabın iç köşe et kalınlığı; 45 derece eğimli kaptaki 1,392 mm, kavisli formda 1,602 mm ve elipstik formda ise 1,597 mm elde edilmiştir. Ayrıca kap yan duvarlarında en fazla kalınlık değişimi 45 derece eğimli kalıpta elde edilmiştir.



Çekme esnasındaki zımba kuvveti sonuçları ise şekil 6'da görülmektedir. Şekilden, 45 derece açığa sahip kalıpla şekillendirmede malzeme akışı düzensiz olduğundan zımba kuvvetinin de düzensiz ve büyük olduğu görülmektedir.

Şekil 6. Zımba kurs mesafesine bağlı zımba kuvveti.



Derin çekme işlemi ile elde edilen kaplarda cidar incelmeleri ve gerilme dağılımının düzgün ve minimum olması arzu edilen ideal bir durumdur. Ancak bunu etkileyen birçok işlem parametresi vardır. Bu çalışmada, dışı kalıp ağız geometrisinin çekme işlemine etkisi araştırılmıştır. Araştırmalar neticesinde düz kalıplarda yırtılmalar olmuştur. Bunun haricinde en fazla incelleme, düzensiz gerilme dağılımı ve zımba kuvveti 45 derece açığa sahip ağız yapısında ve en ideal sonuçlar ise R6 mm yarıçapa sahip ağız yapısında meydana gelmiştir. Sonuçlar, kalıp geometrisi seçiminin malzeme akışı ve buna bağlı olarak incelleme, gerilme dağılımı ve zımba

kuvveti artışında oldukça önemli bir parametre olduğunu göstermiştir.

REFERANSLAR

- [1]. Ethiraj, N., Senthilkumar, V. S., 2010, Experimental Investigation On Warm Deep Drawing Of Stainless Steel Aısı 304, Applied Mechanics And Materials, Vol. 26-28, Pp 436-442.
- [2]. Güneş, A.T., 2002. Pres İşleri Tekniği Cilt 2, Makine Mühendisleri Odası, Ankara.
- [3]. Özek, C., Özbay, V., 2012 ,Açılı Derin Çekme Kalıplarında Küresel Kaplar için Derin Çekme Oranı Sınırının Deneysel ve Sayısal Olarak Araştırılması, International Iron & Steel Symposium, Karabük
- [4]. Ünal, E., 2011, Kare Kesitli Kapların Derin Çekilmesinde Kalıp Geometrisi Ve Radyüsünün Çekme Oranına Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [5]. Gök, A., Sonlu Elemanlar Metodunun Derin Çekme İşlemine Uygulanması ve Gerçek Bir Sanayi Parçası ile Analiz Sonuçlarının Karşılaştırması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6]. P. V. R. Ravindra Reddy, G. Chandra Mohan Reddy, P. Radhakrishna Prasad, 2012, A Review on Finite Element Simulations in Metal Forming, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.2, Issue.4, pp-2326-2330.
- [7]. Gök, A., Demirci, H.İ., Gök, K.,2009, Sonlu Elemanlar Metodunun Gerçek Bir Sanayi Parçası Üzerinde Uygulanması, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye
- [8]. Talić – Čikmiš, A., M. Trako, M., Karivan M., 2010, Finite Element Analysis of Deep Drawing, 14. International Research/Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology TMT 2010, Bosnia And Herzegovina
- [9]. Aljibori, H. S. S., Hamouda, A. M., 2009, Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming Process, European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.33 No.1, pp.57-69.