



## Hassas Kesme İşlemine Malzeme Kalınlığı ve Kalıp Boşluğunun Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi

### Finite Element Simulation of Effect of Material Thickness and Die Clearance on Fine Blanking Process

Vedat TAŞDEMİR

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elbistan Meslek Yüksekokulu, 46300 Kahramanmaraş/Türkiye*

**Başvuru/Received:** 29/12/2017

**Kabul/Accepted:** 05/06/2018

**Son Versiyon/Final Version:** 29/06/2018

#### Öz

Bu çalışmada, sac metal kesme yöntemlerinden biri olan hassas kesme işlemine kalıp boşluğunun ve malzeme kalınlığının etkisi sonlu elemanlar yöntemi(SEY) kullanılarak araştırılmıştır. Analizler, 0,01, 0,025, 0,05 ve 0,1 mm kalıp boşluklarında, 1 ve 2 mm kalınlığında malzeme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen parametrelerin kavislenme genişliği ve yüksekliğine, kırılma bölgesi yüksekliği ve açısına, zımba kuvvetine, kesme bölgesindeki gerilme ve birim şekil değişimine etkisi araştırılmıştır. Analiz sonucundan, kalıp boşluğunun artması ile kavislenme değerinin ve kırılma bölgesi yüksekliği ile açısının arttığı, gerilme dağılımının ise azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca malzeme kalınlığının ise kavislenme değerini etkileyen önemli bir faktör olduğu görülmüştür.

#### Anahtar Kelimeler

“Hassas kesme, kavislenme, kalıp boşluğu, sonlu elemanlar analizi”

#### Abstract

In this study, it was investigated fine blanking, one of the sheet metal cutting methods, the effect of die clearance and material thickness by using finite element method. Analyzes were carried out using material thicknesses of 1 and 2 mm, in die clearance of 0.01, 0.025, 0.05 and 0.1 mm. The effects of the determined parameters on the die roll width and depth, the height and angle of the fracture zone, the punch force, the stress in the cutting zone and the strain were investigated. As a result of the analysis, it was determined that the increase of the die roll, the height and angle of the fracture zone and the decrease of the stress distribution with increase of the die clearance. It was also seen that the material thickness is an important factor affecting the die roll.

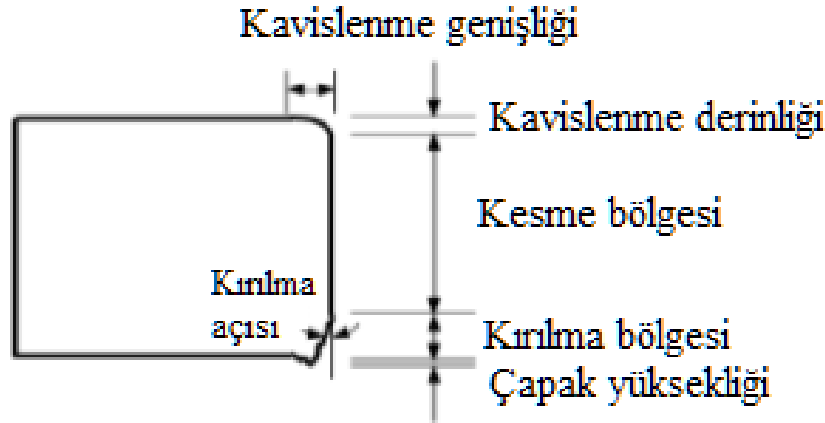
#### Key Words

“Fine blanking, die roll, die clearance, finite element analysis”

## 1.GİRİŞ

Hassas kesme, makine, otomotiv, elektronik ve havacılık başta olmak üzere birçok alanda yaygın kullanılan etkili sac metal kesme işlemlerinden biridir(Liu, Hua, Mao, Feng, 2014). Bu işlemde, sac malzeme hidrolik veya mekanik bir pres kullanılarak kalıp ve zımba yardımıyla kesilir. Bu yöntemle yüksek hassasiyetli ve pürüzsüz ürünler elde edilebilir(Hong, 2011). Geleneksel kesme yöntemiyle üretilen ürünlerin kesme yüzeylerinde genellikle çatlaklar oluşur. Bu yüzden kesilen yüzeyin kalitesi ürün kalitesini etkiler(Liu, Hua, Mao, Feng, 2014). Geleneksel kesme yöntemiyle karşılaştırıldığında hassas kesme yönteminin, yüksek boyut hassasiyeti, temiz kesilmiş yüzey, kayda değer yüksek verimlilik, oldukça küçük kalıp boşluğu hem baskı plakası hem de karşı zımba üzerinde yüksek basınç gibi birçok avantajı vardır(Thipprakmas, 2010, Mao, Zhou, Liu, Hua, 2016). Bu üstün özelliklerinden dolayı hassas kesme üzerine birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir. Thipprakmas(2010), hassas kesme işlemine “V” çentik mekanizmasının pozisyonu ve geometrisinin etkisi üzerine bir araştırma yapmıştır. Mao, Zhou, Liu ve Hua (2016), “V” ve nokta çentik şeklinin hassas kesmeye olan etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Liu, Hua, Mao ve Feng (2014), hassas kesmede şekillendirme kalitesine parça şeklinin etkisinin analizi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Sergejev, Peetsalu, Sivitski, Saarna, ve Adoberg (2011), hassas kesme işlemine PVD yöntemiyle TiCN ve AlCrN kaplanmış zımbaların aşınma ve yüzey hasarları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Küçüktürk (2016), AA5754 malzemenin kesme işlemine kesme boşluğu ve sac kalınlığının zımba batma derinliği, kesme düzlüğü derinliği, çapak yüksekliği ve kesme kuvvetine etkisini araştırmıştır. Kwak, Kim, Bae (2002), hassas kesmede kayma düzlemlerine kalıp boşluğunun etkisinin sonlu elemanlar analizi üzerine bir çalışma yapmıştır. Elyası(2013)’de “V” çentik mekanizmasının kanomu, yüksekliği, açısı ve uç yuvarlatma yarıçapı üzerine bir çalışma yapmış. Özellikle yükseklik, konum ve açının önemli etkisinin olduğunu belirlemiştir. Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde kesme işleminin kalitesini etkileyen, çentik şekli ve konumu, kalıp boşluğu, baskı plakası kuvveti, zımba ve kalıp kenarının gibi birçok parametrenin olduğu görülecektir.

Bu çalışmada, hassas kesme işlemine kalıp boşluğunun ve malzeme kalınlığının etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Şekil 1’de hassas kesme işlemi sonunda oluşan kesme düzlemi görülmektedir.



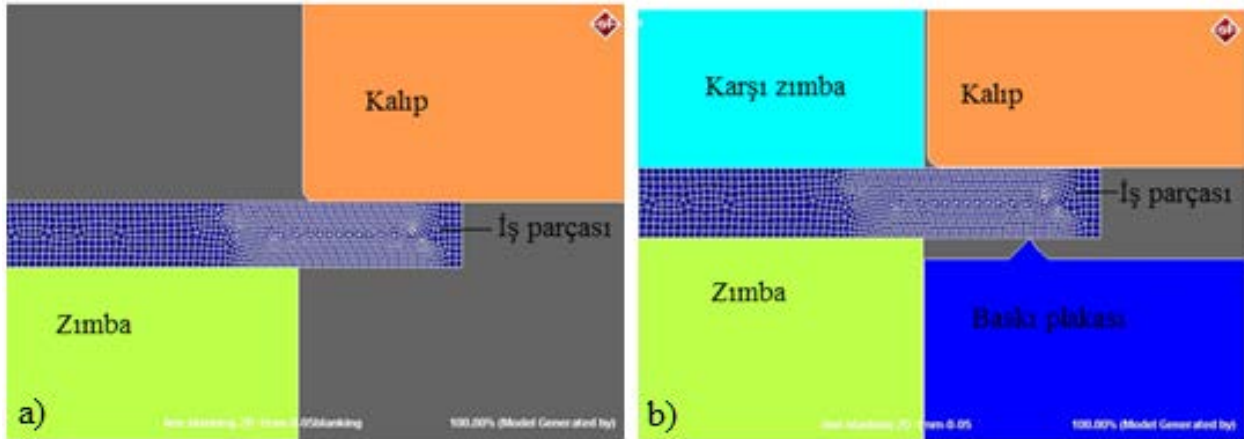
Şekil 1: Hassas kesme sonrası kesme bölgesi geometrisi

## 2. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

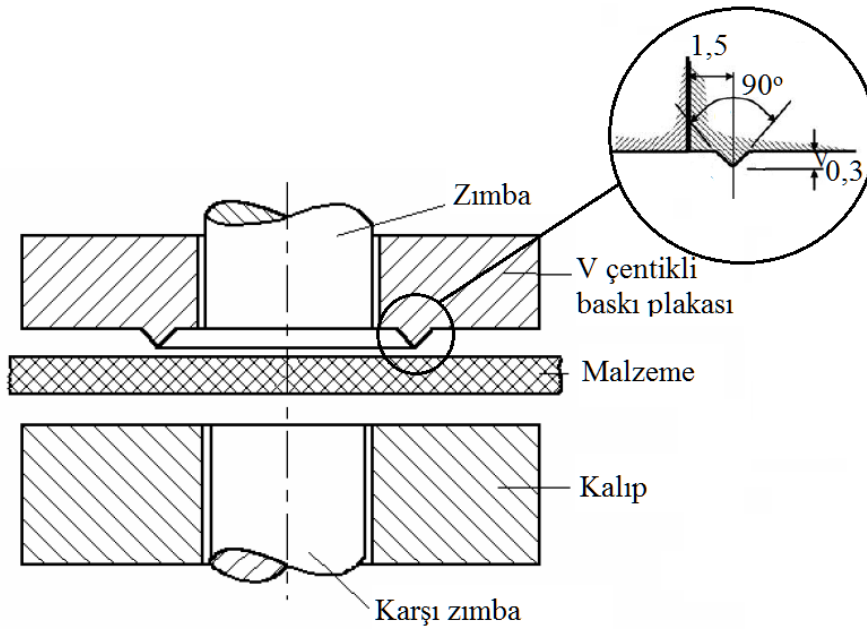
Sonlu elemanlar yöntemi (SEY), günümüzde en uygun deney parametrelerini belirlemek için etkili bir araç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışmada sonlu elemanlar yazılımı olarak Simufact.forming programı kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin özellikleri programın malzeme kütüphanesinden sağlanmıştır. Kalıp, zımba, sac ve baskı plakası üç boyutlu olarak tasarlanmış ancak analizler çözüm kolaylığı sağlamak adına iki boyutlu olarak yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizinde kullanılan parametreler Tablo 1’de, kalıp modelleri ve iş parçası ağ yapısı ise şekil 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Sonlu elemanlar analizinde kullanılan parametreler

Parameter	Value	Unit
Malzeme	S315MC	
Simülasyon modeli	2D eksenel simetrik	
Nesne türü	İş parçası: Elastoplastik	
	Kalıp/Zımba: Rijit	
	Baskı plakası: Rijit	
	Karşı zımba: Rijit	
Eleman boyutu ve tipi	0,1(kaba); Quads(dörtgen)	mm
Baskı plakası kuvveti (Fb)	100	kN
Karşı zımba kuvveti (Fk)	50	kN
Malzeme kalınlığı (t)	1 ve 2	mm
Zımba ve kalıp kenar kavis	rz= 0,0, rk =0,2	mm
Zımba hızı (V)	4	mm/s
Zımba yarıçapı (Rz) (2D)	12.5	mm
Tek taraflı kalıp boşluğu (c)	0,01, 0,025, 0,05, 0,1	mm
Sürtünme katsayısı ( $\mu$ )	0.1	
Çekme dayanımı ( $R_m$ )	390-510	MPa
Akma dayanımı ( $R_e$ )	326	MPa
Paison oranı	0,283	
Yoğunluk	7850,00	kg/mm <sup>3</sup>

**Şekil 2.** Kesme(a) ve hassas kesme(b) analizinde kullanılan kalıp modelleri ve iş parçası ağ yapısı

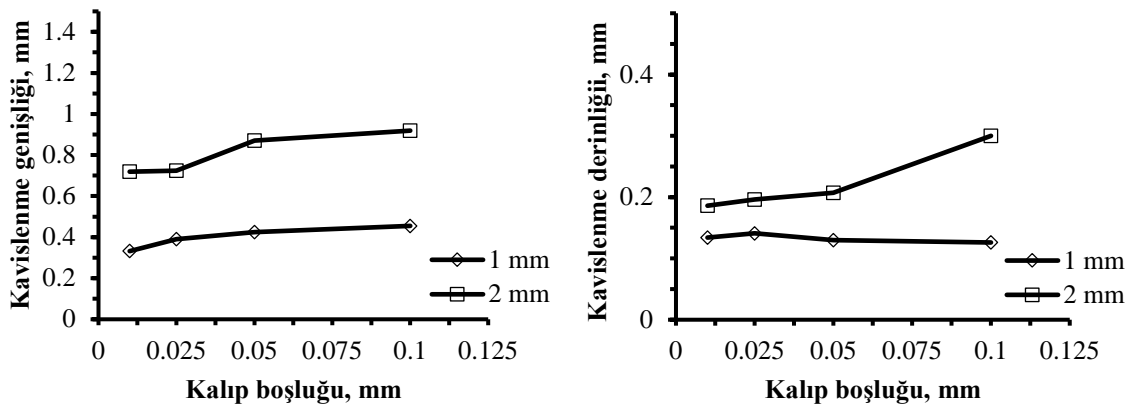
Deneylerde, soğuk şekillendirmeye uygun yüksek akma dayanımına sahip sıcak haddelenmiş S315MC çelik malzeme kullanılmıştır. Kalıp ve zımba arasındaki tek taraflı kalıp boşluğu 0,01, 0,025, 0,05 ve 0,1 mm'dir. Kalıp kenarına 0,2 mm kavis verilmiş ve baskı plakasına "V" çentik açılmıştır. Şekil 3'de hassas kesme kalıp düzeneği ve "V" çentik bölgesinin detayı verilmiştir. Baskı plakası kuvveti 100 kN, karşı zımba kuvveti 50 kN, sürtünme katsayısı 0,1'dir. Zımba hızı 4mm/s sabit tutulmuştur.



Şekil 3. Hassas kesme kalıp düzeneğinin şematik görüntüsü

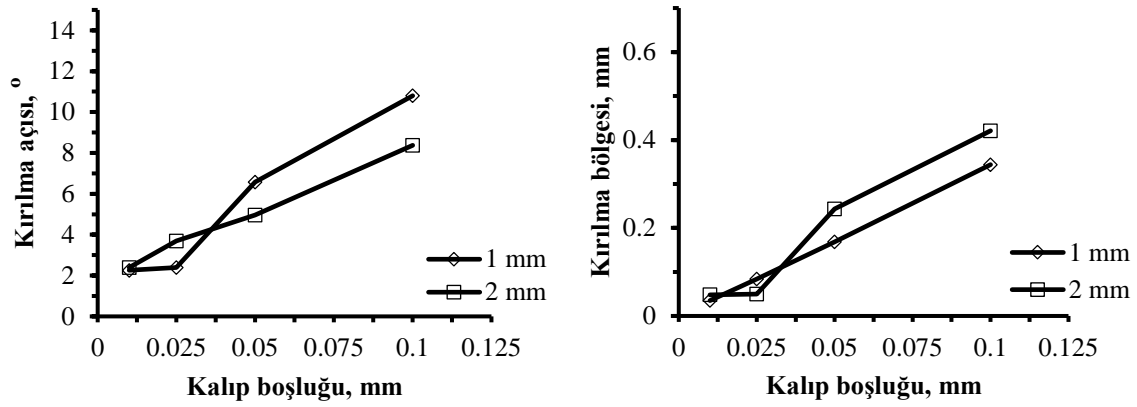
### 3. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Kavislenme kesme sonucu kesilen kenarın yuvarlanması olarak adlandırılabilir. Bu durum istenmeyen bir olaydır ve imalat hatası olarak değerlendirilebilir. Şekil 4'deki grafikler incelendiğinde kavislenme genişliğinin kalıp boşluğu miktarı arttıkça arttığı ancak malzeme kalınlığının artması ile daha da fazlaştığı görülmektedir. Bu durum boşluk daraldıkça daha hassas parçaların üretilebildiğini de göstermektedir. En büyük kavislenme genişliği, 1 mm kalınlığındaki malzemede 0,1 mm kalıp boşluğunda 0,455 mm iken, 2 mm kalınlığındaki malzemede 0,1 mm kalıp boşluğunda 0,919 mm olmuştur. Kesme derinliğinde ise 1 mm kalınlıkta önemli bir değişimin olmadığı malzeme kalınlığı 2 mm'ye çıktığında derinliğin arttığı görülmektedir.



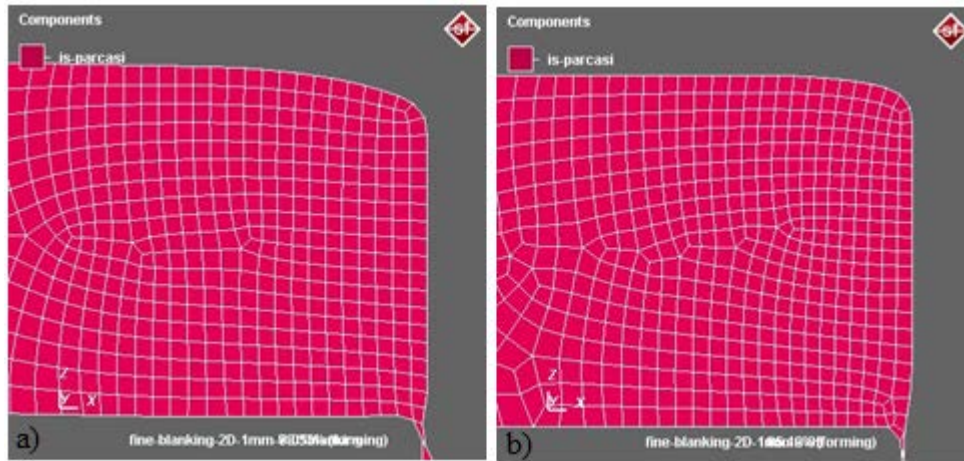
Şekil 4. Kavislenme genişliği ve derinliğinin kalıp boşluğu ile ilişkisi

Şekil 5'de ise kırılma açısı ve kırılma bölgesi yüksekliğinin kalıp boşluğu ile ilişkisi verilmiştir. Buradan da kalıp boşluğu arttıkça hem kırılma açısının hem de kırılma bölgesi yüksekliğinin arttığı açıkça görülmektedir. Kesme boşluğu arttıkça malzemenin kayma bandı genişlemiş ve daha erken kırılma oluşmuştur(Kwak, Kim, Bae, 2002).



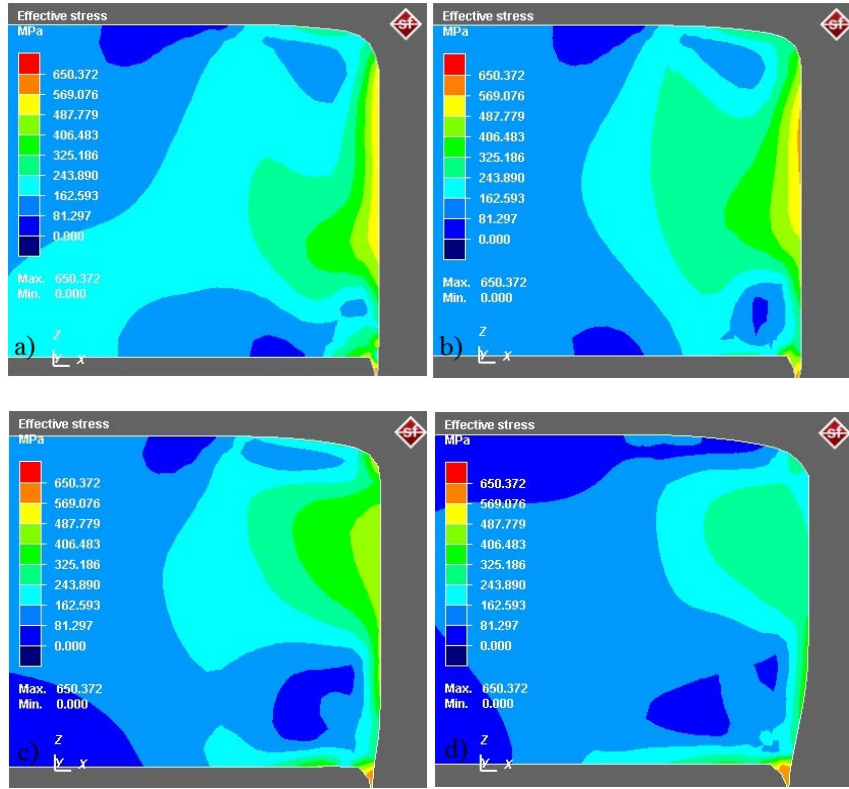
Şekil 5. Kırılma açısı ve kırılma bölgesi yüksekliğinin kalıp boşluğu ile ilişkisi

Hassas kesme analiz sonuçlarının tam olarak anlaşılabilmesi için analizler ayrıca kesme kalıbı ile de yapılmıştır. Şekil 6.a'da kesme kalıbı ile yapılan analiz, şekil 6.b'de ise hassas kesme kalıbı ile yapılan analiz görülmektedir. Burada özellikle en büyük fark malzeme köşesinde kavislenme bölgesinde kendisini göstermiştir. Kavislenme genişliği ve derinliği kesme kalıbı için sırası ile 0,635 mm ve 0,188 mm olarak ölçülürken; hassas kesme kalıbı için 0,424 mm ve 0,130 mm ölçülmüştür. Kavislenme %33 oranında azalmıştır. Ayrıca kesme kalıbı ile üretilen parçada eğilmeler oluşmuş, hassas kesmede ise bu şekil bozukluğu oluşmamıştır. Bu durum boyut hassasiyeti açısından hassas kesme işleminin ne derece önemli olduğunu göstermektedir.



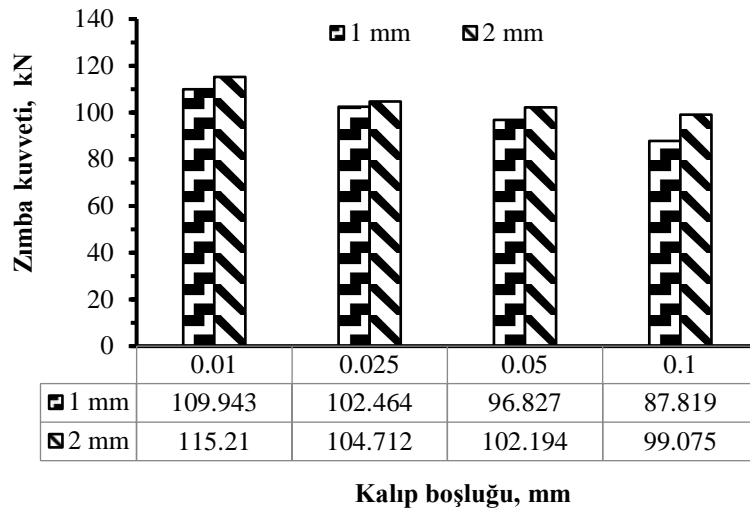
Şekil 6. Kesme kalıbı ve hassas kesme kalıbı ile kesilen bölgenin analiz görüntüsü (t=1 mm, c=0,05 mm)

Şekil 7 incelendiğinde en büyük gerilme değeri, tüm kalıp boşlukları için 650,372 MPa çıkmış ancak kesme kenarı boyunca gerilme dağılımında önemli değişim olmuştur. Kalıp boşluğu arttıkça, kesme kenarı boyunca gerilme değeri azalmıştır. En büyük gerilme, zımba ve kalıp kenarlarına yakın yerlerde maksimum seviyeye çıkmıştır.



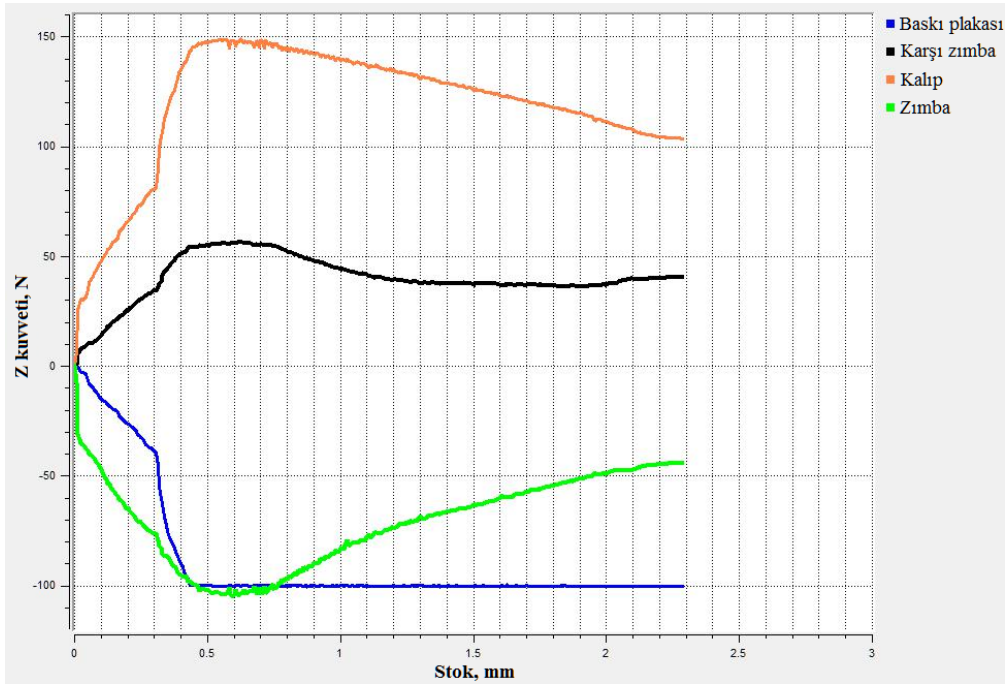
Şekil 7. 1 mm kalınlığındaki malzemenin kesme bölgesinde oluşan gerilme dağılımı a) c=0,01 mm b) c=0,025 mm c) c=0,05 mm d) c=0,1mm

Şekil 8’de kalıp boşluğunun zımba kuvvetine olan etkisi, şekil 9’da ise Z doğrultusunda kalıp elemanları üzerine gelen kuvvetler verilmiştir. Şekil 8’deki incelendiğinde hem 1 mm hem de 2 mm malzeme kalınlığı için kalıp boşluğu arttıkça zımba kuvvetinin düştüğü görülmektedir (Küçükçürk, 2016). En büyük kuvvetin 0,01 mm kalıp boşluğunda çıkmasının nedeninin temas basıncı ve sürtünme gerilmesinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kalıp boşluğu arttıkça kayma kolaylaşmakta, sürtünme gerilmesi ve temas basıncı da düşmekte dolayısı ile kesme kuvveti de azalmaktadır.



Şekil 8. Kalıp boşluğunun zımba kuvvetine etkisi





Şekil 9. Kalıp elemanları üzerine gelen kuvvetler (t=2 mm, c=0,025 mm)

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, hassas kesme işlemine kalıp boşluğunun ve malzeme kalınlığının etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- 1- Kalıp boşluğu arttıkça erken kırılma görülmüştür.
- 2- Kavislenme genişliği ve derinliği, kalıp boşluğu arttıkça artmıştır.
- 3- Kalıp boşluğu arttıkça kesme bölgesi azalmış, kırılma bölgesi artmıştır.
- 4- Malzeme kalınlığı 1 mm'den 2 mm'ye çıkartıldığında kavislenme genişliği ve derinliği de önemli ölçüde artmıştır.
- 5- Kesme bölgesindeki gerilme dağılımı kesme boşluğu arttıkça azalmıştır.
- 6- Kesme kalıbı ile elde edilen numunede eğilme ve kavislenme oluşurken, hassas kesme kalıbı ile elde edilen numunede kavislenme olmuştur. Ayrıca hassas kesme ile elde edilen numunenin boyut hassasiyeti oldukça yüksek çıkmıştır..
- 7- En büyük kesme kuvveti her iki malzeme kalınlığı için de c= 0,01 mm kalıp boşluğunda çıkmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Liu, Y., Hua, L., Mao, H., Feng, W. (2014). "Finite element simulation of effect of part shape on forming quality in fine-blanking process", 11th International Conference on Technology of Plasticity, ICTP 2014, Procedia Engineering 81, 1108 – 1113.
- Hong, W., (2011). "Cam fine blanking technology and die design", Advanced in Control Engineering and Information Science, Procedia Engineering 15,137 – 141.
- Thipprakmas, S. (2010). "Application of Taguchi technique to investigation of geometry and position of V-ring indenter in fine-blanking process", Materials and Design 31, 2496–2500.
- Mao, H., Zhou, F., Liu, Y., Hua, L. (2016). "Numerical and experimental investigation of the discontinuous dotindenter in the fine-blanking process", Journal of Manufacturing Processes 24, 90–99.
- Sergejev, F., Peetsalu, P., Sivitski, A., Saarna, M., Adoberg, E. (2011). "Surface fatigue and wear of PVD coated punches during fine blanking operation", Engineering Failure Analysis 18, 1689–1697.
- Küçüktürk, G., (2016). "AA5754 malzemenin kesme işlemlerinde kesme boşluğunun ürün kalitesine etkilerinin deneysel incelenmesi ve bulanık mantık ile tahmini", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 31, No 2.

Kwak, T.S., Kim, Y.J., Bae, W.B. (2002). "Finite element analysis on the effect of die clearance on shear planes in fine blanking", *Journal of Materials Processing Technology* 130–131, 462–468.

Elyasi, M. (2013). "An Investigation on the Parametric Analysis of V-ring Indenter Mechanism in Fine-blanking Process", *International Journal of Mechanics and Applications*, 3(4): 76-80