SAC METAL MALZEMELERİN KALIPTA KESİLEBİLME ÖZELLİKLERİNE KESME BOŞLUĞUNUN ETKİSİ

Erkan KAHRAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2006
ANKARA

SAC METAL MALZEMELERİN KALIPTA KESİLEBİLME ÖZELLİKLERİNE KESME BOŞLUĞUNUN ETKİSİ

Erkan KAHRAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2006
ANKARA

Erkan KAHRAMAN tarafından hazırlanan SAC METAL MALZEMELERİN KALIPTA KESİLEBİLME ÖZELLİKLERİNE KESME BOŞLUĞUNUN ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Zafer TEKİNER
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Muammer NALBANT

Üye : Doç. Dr. Zafer TEKİNER

Üye : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Üye : Prof. Dr. Ahmet ÖZDEMİR

Üye : Doç. Dr. Yusuf ÖZÇATALBAŞ

Tarih : 28/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Erkan KAHRAMAN

SAC METAL MALZEMELERİN KALIPTA KESİLEBİLME ÖZELLİKLERİNE KESME BOŞLUĞUNUN ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Erkan KAHRAMAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2006

ÖZET

Kalıpta kesme işlemi sırasında, matris ile zımba arasına verilen kesme boşluğunun rolü büyüktür. Seçilen kesme boşluğu kalıp ömrünü, kesicinin ömrünü, kesme kuvvetini ve sac metal parçanın kalitesini etkilemektedir. Bu çalışmada farklı kesme boşluklarının kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, çapak miktarı ve yuvarlanma üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneyde 2, 3 ve 4 mm kalınlıklarında alüminyum sac malzeme, paslanmaz sac malzeme ve dkp sac malzeme kullanılmıştır. Kesme işlemi 18x22 mm boyutlarındaki zımba ile yapılmıştır. On bir farklı kesme boşluğu (0.06, 0.09, 0.10, 0.12, 0.14, 0.15, 0.20, 0.21, 0.28, 0.30, ve 0.40 mm) için kesme verileri her malzeme ve kalınlık için ayrı ayrı elde edilmiştir. Kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, çapak miktarı ve yuvarlanma değeri kesme boşluğuyla birebir ilişkilidir. Sonuçlar, kesme boşluğunun değerinin sac malzemesinin kalınlığına ve özelliğine göre değiştiğini göstermiştir.

Bilim Kodu : **708.3.028**
Anahtar Kelimeler : **Kesme kalıpları, çapaklanma, kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, kesme boşluğu**
Sayfa Adedi : **161**
Tez Yöneticisi : **Doç. Dr. Zafer TEKİNER**

THE EFFECT OF CLEARANCE ON THE SHEAT METAL OF CUTTING PROPERTIES AT CUTTING DIES

(M.Sc. Thesis)

Erkan KAHRAMAN

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 2006

ABSTRACT

The clearance between the punch and the die plays an important role in the cutting process. The selection of the clearance will influence the life of the die or punch, the cutting force, and the dimensional precision. In this study, an experimental study was carried out to examine the effect of different clearances on smooth-sheared depth, burr height, fracture depth and roll over depth. Aluminium sheet metal, stainless steel sheet metal and DKP sheet metal with 2, 3, and 4 mm thicknesses were used in the experiments. These experiments were carried out in cutting dies to 18x22 mm dimensional. Eleven different clearances (0.06, 0.09, 0.10, 0.12, 0.14, 0.15, 0.20, 0.21, 0.28, 0.30, and 0.40 mm) were used for every material and thickness. The results of the experiment show that burr, smooth-sheared, fracture depth, roll over depth, material and thickness is strongly related to the clearance value. Especially, the results of the experiment show that the ideal clearance value changes the sheet metal thickness and properties.

Science Code : 708.3.028
Key Words : Cutting dies, burr, smooth-sheared, fracture, clearance
Page Number : 161
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Zafer TEKİNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Danışmanın Sn. Doç. Dr. Zafer TEKİNER' e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Öğr. Grv. Sn. Latif KARA' ya, göstermiş oldukları anlayış ve yardımlarından dolayı Arçelik Bulaşık Makinası Fabrikasından değerli yöneticilerim Sn. Atilla UZ, Sn. Abdurrahman ŞAHİN ve Sn. Tolga AKIN' a, kalıp konusundaki deneyim ve tecrübelerini benden esirgemeyen Sn. Ertuğrul KÖSE' ye, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşım Sn. Fatih BAŞARAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....iv

ABSTRACT.....v

TEŞEKKÜR.....vi

İÇİNDEKİLER.....vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....xi

RESİMLERİN LİSTESİ.....xvii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....2

3. SAC METAL MALZEMELERDE KESME İŞLEMİ.....9

3.1. Kalıplarda Kesme Olayı ve Adımları.....9

3.1.1. Plastik deformasyon (Kalıcı şekil değiştirme).....9

3.1.2 Batma.....10

3.1.3 Kopma.....11

3.2. Kesme İşleminde Oluşan Gerilmeler.....11

4. KESME BOŞLUĞU.....13

4.1. Kesme Boşluğunun Dişiye Verilmesi.....14

4.2. Kesme Boşluğunun Erkeğe Verilmesi.....15

4.3. Kesme Boşluğunun Belirlenmesinde Göz Önüne Alınması Gereken Faktörler.....16

4.4. Kesme Boşluğunun Tespiti.....17

4.4.1. Ampirikformüller yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....17

Sayfa

4.4.2. Diyagramlar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....20

4.4.3. Hazır tablolar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....23

4.4.4. Sonlu elemanlar yöntemi kullanarak kesme boşluğunun belirlenmesi.....23

4.5. Kesme Çapağı.....23

4.6. Açısal Boşluk.....23

4.7. Kesme Düzlüğü.....25

4.8. Kesme Kuvveti.....25

4.9. Kesme İşi.....26

5. MATERYAL VE METOD.....27

5.1. Deneyde Kullanılan Sac Malzemeler ve Özellikleri.....27

5.2. Deneyde Kullanılan Kesme Boşluklarının Hesaplanması.....28

5.2.1. Ampirik formüller yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....28

5.2.2. Diyagramlar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....29

5.2.3. Hazır tablolar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi.....29

5.3. Hesaplanan Kesme Boşluklarının Deney Kalıbına Uygulanması.....30

5.4. Deney Kalıbı için Gerekli Olan Hesaplar.....31

5.5. Deneyde Kullanılan Kalıp Elemanları ve Malzemesi.....33

5.6. Deneyde Kullanılan Kalıbının Tasarımı ve İmalatı.....35

5.7. Deneyin Uygulanışı.....39

6. DENEY SONUÇLARI.....41

6.1. Alüminyum Sac Malzeme Numuneleri.....41

Sayfa

6.2. Paslanmaz Sac Malzeme Numuneleri.....80

6.3. Dkp Sac Malzeme Numuneleri.....118

7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....157

8. KAYNAKLAR.....159

ÖZGEÇMİŞ.....161

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Emniyetli çalışabilmek için kesme gerilmesi değerleri.....19

Çizelge 4.2. Bazı malzemelerin kesme dayanımları.....19

Çizelge 4.3. Bazı çelikler için sıcak kesme dayanımları kg/mm².....20

Çizelge 4.4. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu tablosu.....24

Çizelge 4.5. Kesme işi için (x) faktörü.....26

Çizelge 5.1. Alüminyum sac malzemesinin özellikleri.....27

Çizelge 5.2. Dkp sac malzemesinin özellikleri.....27

Çizelge 5.3. Paslanmaz sac malzemesinin özellikleri.....27

Çizelge 5.4. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri.....34

Çizelge 5.5. 1.1040 takım çeliğinin özellikleri.....35

Çizelge 5.6. Deney kalıbının elemanları.....37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı.....19

Şekil 3.2. Kesme kalıplarında batma olayı.....10

Şekil 3.3. Kesme kalıplarında kopma olayı.....11

Şekil 3.4. Malzemede oluşan gerilimlerin yönü.....11

Şekil 3.5. Kesme işleminde oluşan gerilimlerin dağılımı.....12

Şekil 4.1. Kesme boşluğunun ve zımbanın gösterilmesi.....14

Şekil 4.2. Kesme boşluğunun dişiye verilmesi.....15

Şekil 4.3. Kesme boşluğunun erkeğe verilmesi.....16

Şekil 4.4. Malzeme kalınlıklarına göre gruplandırılmış malzemeler için tek taraflı kesme boşluğu.....20

Şekil 4.5. Bir kesme kalıbında tek taraflı kesme boşluğuna göre kalıplanabilecek en büyük ve en küçük sac malzeme kalınlıkları.....22

Şekil 4.6 Tek taraflı kesme boşluğunun verilmesi.....24

Şekil 4.7. Dişi kalıba verilen kesme düzlüğü yüksekliği ve açısal boşluk.....25

Şekil 5.1. Deney kalıbı görüntüsü 1.....37

Şekil 5.2. Deney numunesin görüntüsü ve ölçüm yüzeyleri.....40

Şekil 6.1. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....41

Şekil 6.2. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....42

Şekil 6.3. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....43

Şekil 6.4. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....43

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.5. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....44

Şekil 6.6. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi.....52

Şekil 6.7. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....53

Şekil 6.8. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....54

Şekil 6.9. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....54

Şekil 6.10. 3mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....55

Şekil 6.11. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....55

Şekil 6.12. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi.....63

Şekil 6.13. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....64

Şekil 6.14. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....64

Şekil 6.15. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....65

Şekil 6.16. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....66

Şekil 6.17. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....66

Şekil 6.18. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi.....74

Şekil 6.19. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....75

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.20. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....76

Şekil 6.21. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....77

Şekil 6.22. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....78

Şekil 6.23. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarının karşılaştırmalı dağılımı.....79

Şekil 6.24. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....80

Şekil 6.25. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....81

Şekil 6.26. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....81

Şekil 6.27. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....82

Şekil 6.28. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi.....90

Şekil 6.29. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....92

Şekil 6.30. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....92

Şekil 6.31. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....93

Şekil 6.32. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....94

Şekil 6.33. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi....101

Şekil 6.34. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....103

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.35. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....104

Şekil 6.36. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....104

Şekil 6.37. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....105

Şekil 6.38. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi....113

Şekil 6.39. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....114

Şekil 6.40. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....115

Şekil 6.41. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....116

Şekil 6.42. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....117

Şekil 6.43. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....118

Şekil 6.44. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....119

Şekil 6.45. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....119

Şekil 6.46. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....120

Şekil 6.47. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....120

Şekil 6.48. 2 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi....128

Şekil 6.49. 3mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....130

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.50. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....130

Şekil 6.51. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....131

Şekil 6.52. 3mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....132

Şekil 6.53. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....132

Şekil 6.54. 3 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi....140

Şekil 6.55. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....142

Şekil 6.56. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....142

Şekil 6.57. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....143

Şekil 6.58. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....143

Şekil 6.59. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.....144

Şekil 6.60. 4 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi....152

Şekil 6.61. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....153

Şekil 6.62. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.....154

Şekil 6.63. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....154

Şekil 6.64. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı.....155

Şekil **Sayfa**

Şekil 6.65. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre
çapak miktarının karşılaştırmalı dağılımı.....156

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 5.1. Kalıp üretiminde kullanılan makine görüntüleri.....36

Resim 5.2. Deney kalıbı görüntüsü 2.....38

Resim 5.3. Ölçümlerin yapıldığı NIKON V-11A marka profil projector ölçüm cihazı.....39

Resim 6.1. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....45

Resim 6.2. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....46

Resim 6.3. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....46

Resim 6.4. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....47

Resim 6.5. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....48

Resim 6.6. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....48

Resim 6.7. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....49

Resim 6.8. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....49

Resim 6.9. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....50

Resim 6.10. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....50

Resim 6.11. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....51

Resim 6.12. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....56

Resim **Sayfa**

Resim 6.13. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....57

Resim 6.14. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....57

Resim 6.15. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....58

Resim 6.16. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....58

Resim 6.17. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....59

Resim 6.18. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....60

Resim 6.19. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....60

Resim 6.20. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....61

Resim 6.21. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....61

Resim 6.22. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....62

Resim 6.23. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....67

Resim 6.24. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....67

Resim 6.25. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....68

Resim 6.26. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....69

Resim 6.27. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....69

Resim **Sayfa**

Resim 6.28. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....70

Resim 6.29. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....71

Resim 6.30. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....71

Resim 6.31. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....72

Resim 6.32. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....73

Resim 6.33. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm alüminyum sac numune görüntüsü.....73

Resim 6.34. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....83

Resim 6.35. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....83

Resim 6.36. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....84

Resim 6.37. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....85

Resim 6.38. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....85

Resim 6.39. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....86

Resim 6.40. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....87

Resim 6.41. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....87

Resim 6.42. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....88

Resim **Sayfa**

Resim 6.43. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....89

Resim 6.44. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....89

Resim 6.45. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....94

Resim 6.46. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....95

Resim 6.47. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....96

Resim 6.48. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....96

Resim 6.49. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....97

Resim 6.50. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....97

Resim 6.51. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....98

Resim 6.52. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....99

Resim 6.53. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....99

Resim 6.54. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....100

Resim 6.55. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....100

Resim 6.56. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....105

Resim 6.57. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....106

Resim **Sayfa**

Resim 6.58. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....107

Resim 6.59. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....107

Resim 6.60. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....108

Resim 6.61. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....109

Resim 6.62. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....109

Resim 6.63. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....110

Resim 6.64. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....111

Resim 6.65. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....111

Resim 6.66. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü.....112

Resim 6.67. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....121

Resim 6.68. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....121

Resim 6.69. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....122

Resim 6.70. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....123

Resim 6.71. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....123

Resim 6.72. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....124

Resim **Sayfa**

Resim 6.73. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....124

Resim 6.74. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....125

Resim 6.75. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....126

Resim 6.76. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....126

Resim 6.77. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
2 mm dkp sac numune görüntüsü.....127

Resim 6.78. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....133

Resim 6.79. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....133

Resim 6.80. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....134

Resim 6.81. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....135

Resim 6.82. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....135

Resim 6.83. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....136

Resim 6.84. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....136

Resim 6.85. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....137

Resim 6.86. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....138

Resim 6.87. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....138

Resim **Sayfa**

Resim 6.88. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
3 mm dkp sac numune görüntüsü.....139

Resim 9.89. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....144

Resim 6.90. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....145

Resim 6.91. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....146

Resim 6.92. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....146

Resim 6.93. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....147

Resim 6.94. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....148

Resim 6.95. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....148

Resim 6.96. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....149

Resim 6.97. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....150

Resim 6.98. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....150

Resim 6.99. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş,
4 mm dkp sac numune görüntüsü.....151

1. GİRİŞ

Endüstriyel ürünlere bakıldığında, sac metal malzemelerden üretilen ürünlerin günlük hayatın içinde yer alan her alanda kullanıldığı görülmektedir. Otomotiv endüstrisi başta olmak üzere beyaz eşya ve mutfak eşyaları üretim sektörü çok çeşitli uygulamaları barındırmaktadır. Örneğin bilgisayar donanımı, tamamen plastik malzemelerden üretilmiş gibi görülse de, iç (kasa) aksamının sac metal malzemelerden oluştuğu bilinmektedir. Aynı şekilde mutfak eşyalarından çatal bıçaktan otomotiv sektörüne çoğu ürünlerde sac metalden imal edildiği görülebilmektedir.

Bu kadar geniş bir kullanım alanı olan bu malzemenin üretim kriterleri olacaktır. Kullanılan ürünlerin kalitesi her şeyden önce malzemenin ve üretim yönteminin kalitesine bağlıdır. Kalitenin düşük olması bozuk ve hurdaların artmasına dolayısıyla maliyetin artmasına, ömrünün kısa olmasına, bakım ve masrafların yüksek olmasına sebep olur.

Üretimde amaç kaliteli ürünü, hızlı, kullanışlı ve ucuz biçimde elde edip tüketiciye sunmaktır. Bu amaçla kullanımı ve kullanım miktarı çok olan ürünler hızlı, seri ve özdeş olması amacıyla sac metal kalıplarında üretilmektedir. Kesme kalıplarında üretim sac malzeme özelliğine ve sac kalınlığına bağlı olarak çeşitli hesaplamaları içerir. Buradaki en önemli süreç kesme işleminin gerçekleşmesi için gerekli olan kesme boşluğunun belirlenmesidir.

Bu deneysel çalışmada kesme kalıplarında kullanılan kesme boşluğunun sac malzeme cinsine, sac malzeme kalınlığına ve kesmede kullanılan kesicinin ölçüsüne bağlı olarak en ideal kesme boşluğunun bulunması amaçlanmıştır.

Bu araştırma sonuçları kesme kalıbı üretiminde ürün kalitesine göre, kesme boşluğunun belirlenmesine katkıda bulunacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çevrede bulunan ve hayatımızın çoğu yerinde kullanılan sac malzemelerin kalitesinin büyük bir bölümünü üretilmiş olduğu kesme kalıbında kullanılan kesme boşluğunu hassasiyetine bağlıdır. Bu nedenle bu konu üzerinde bir çok araştırmalar yapılmıştır. Bu konuda yapılan araştırmalardan bazıları şöyledir.

Ridha Hambli, Alain Potiron ve Abdessamad Kobi, 2003 yılında *"Application of Design of Experiment Technique for Metal Blanking Processes Optimization"* isimli araştırmalarında; kesici uçlara nitrasyon (koruyucu kaplama) yaparak, kesme boşluğunun, kesici uçun aşınmasını, sac kalınlığının kalıplama kuvveti üzerindeki etkileri üzerine çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda, optimum bir kesme boşluğunun olmadığını, kesme boşluğunun %5 ile %10 arasında alınmasının kalıpçıların deneyimlerine bağlı olduğunu savunmuştur [1].

Z.H. Chen, L.C. Chan, T.C. Lee ve C.Y. Tang, 2003 yılında *"An Investigation on the Formation and Propagation of Shear Band in Fine-Blanking Process"* isimli çalışmalarında; mevcut bulgulara dayanarak hassas kesme kalıplarında kesme hattının oluşması ve kesme sırasında oluşan izleri incelemişlerdir. Deney numunelerini, optik mikroskop ve SEM görüntülerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak, yüksek derecede uzun dar alt tanecikler kesme hattı yönünde uzamışlardır. Hem beyaz asit ile oyulmuş desen izi hem de kesme hattındaki yüzey mikro sertlik dağılımı, hassas kesme işleminin geniş deformasyon ve yüksek derecede ısı gerektirdiğini işaret etmektedir. Her ne kadar zorlanma kesme hattında ciddi boyutlarda ise de, özellikle zımba ve zımba uçunun kenarlarına bitişik olan kısımda, hiçbir çatlama gözlemlenmemiştir. Özel olarak tasarlanmış hassas kesme kalıplarında baskı plakası ile yapılmış yüksek hidrostatik basıncın, kesilmiş yüzeylerdeki kesme bölgelerinde kırılma ve çatlamaları engellediği gözlemlenmiştir [2].

Y. Kasuga , T. Machida ve N. Kato, 2003 yılında *"Effect of Conditions on Press Cutting of a Square Pipe"* isimli çalışmalarında; kare şeklindeki bir borunun presle kesilmesinde, zımbanın en üst düzeydeki açısı, parça kalınlığı, kenar uzunluğu,

kesitin biçiminin bozulması, borunun malzemesi ve kesim uçunun eksene doğru çökmesi gibi, kesme parametrelerinin etkilerini araştırılmışlardır. Buna ek olarak kesme kuvveti de ölçülmüştür. Çeşitli zımba ucu açılarının malzeme üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Sonuç olarak; kesme kuvvetinin hesaplanmasında, açılı bir zımba ile sac kesmedeki, kesme kuvvetinin hesaplanmasındaki model kullanılmıştır. Tahmin edilen formül aynı zamanda kare biçimindeki boruları kesmede de elverişli bulunmuştur [3].

S.Y. Luo, 1997 yılında *"Effect of the Geometry and the Surface Treatment of Punching Tools on the Tool Life and Wear Conditions in the Piercing of Thick Steel Plate"* isimli çalışmasında; kalın çelik plakalarda, farklı çaplarda delme işlemini araştırmıştır. Konveks kesme açıları, konveks uzunluklar ve yüzey işlemleri kullanarak kalıplarda kesme işlemi sırasında zımba aşınmasını incelemiştir. Kesme işlemi sırasında zımbalarda ki aşınmanın, genellikle kenar aşınması, yüzey aşınması ve çatlamalar şeklinde olduğunu bulmuştur [4].

L.C. Chan, T.C. Lee, B.J. Wu ve W.M. Cheung, 1998 yılında *"Experimental Study on the Shearing Behaviour of Fine-Blanking Versus Bar Cropping"* isimli çalışmalarında; hassas kesme ve çubuk kesim işlemlerinin kesme durumlarına ilişkin bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmalarında, bir kalıp seti tasarlayarak, her tipte metal kesme işlemi deneyleri yapmak için üretime geçilmesinden bahsedilmektedir. Kesme durumu ve etkileri araştırmak amacıyla, kesme işlemi sırasında, en başta gelen bazı parametreleri incelemek için, belli teçhizatlar kullanmışlardır. Yüzey biçimi, sertlik dağılımı,vs. Bundan başka, kesme yüzey temizliği ve kırılma kısımları gibi diğer parametreleri incelemek üzere makro inceleme de yapılmıştır. Deneyler sonucunda toplanan bütün sayısal veriler. Organ ve Mellor tarafından önerilen "Merit Rakamları" olarak bilinen bir ölçüm sistemine dayalıdır [5].

Ridha Hambli, 2001 yılında *" Blanking Tool Wear Modeling Using the Finite Element Method"* isimli çalışmasında; rakamsal işlemin metal şekillendirilmesindeki tasarımın ana amaçlarından birisi yeterli derecede kalıp tasarımını geliştirmek, kalıp ömrünü arttırmak, parça kalitesini artırmak, daha sade hale getirmek ve üretim

maliyetini azaltırken yöntem parametresini tesis etmektir. Aynı zamanda sac metal kesme-delme işlemlerinde, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak zımbanın aşınma durumunu önceden kestirmeyi amaçlamıştır. Aşınmayı tahmin etme modeli, zımba aşınmasının normal kuvvet ile bazı malzeme parametre fonksiyonunun zımba aşınmasına denk düştüğü kesin bir eleman kodunda uygulanmış bulunmaktadır. Aşınma modeli, çatlama başlangıcını ve yüzeyde yayılmasını izah etmek amacıyla kullanılmıştır. Zımba aşınmasının zımba profilinde dağılımı elde edilerek endüstriyel gözlemlerle karşılaştırılır. Bundan başka, çapak oluşumunda zımba aşınmasının etkisi araştırılmak için rakamsal bir araştırma da gerçekleştirilmiştir [6].

Jochen Breitling, Bernd Preiffer, Taylan Altan ve Klaus Siegert, 1997 yılında *"Process Control in Blanking"* isimli çalışmalarında; dört farklı kesme boşluğu ve dört farklı zımbanın aşınma durumları deneysel olarak incelemişlerdir. Buradaki amaç kesme geometrisi, kesme kuvveti, sac malzeme kalınlığı, takım aşınması ve kesme boşluğu arasındaki etkinin değerlendirilmesidir. Sonuçlara göre optimum kesme boşluğu değeri sac kalınlığının %5 ya da %10 değerlerine uyarlandığı zaman kopma bölgesi derinli zımba kuvveti mevcut matematiksel modeller ile uyum içinde olduğu görülmüştür. [7].

T.C. Lee, L.C. Chan ve P.F. Zheng, 1997 yılında *"Application of the Finite-Element Deformation Method in the Fine Blanking Process"* isimli çalışmalarında; hassas kesme işleminin katı-plastik sonlu eleman metoduyla teorik analizi sunulmaktadır. Hassas kesme işleminin karakterine göre, teorik analize uygun bir matematik model kurulmuştur. Modelin sonuçlarından Gerilim-Uzama değerlerinin dar aralıklı bölge diğer bölgelere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Deformasyon dar aralıklı bölgede yoğunlaşmıştır. Bu da pratik uygulama ve hassas kesme prosesinin karakteriyle uygunluk göstermektedir. Ek olarak stress ve strain değerleri zımba ve kalıp kenarlarında çok ciddi şekilde değişmekte özellikle strain (uzama) bu bölgede en fazladır. Bunun sebebi operasyon sırasında malzeme en fazla bu bölgede deforme olmaktadır. Ayrıca işlem devam ettikçe strain (uzama) devamlı olarak artmaktadır. Zımba daha derine ilerledikçe deformasyon mertebesi de artmaktadır. Analiz

sonuçları, Katı Plastik sonlu eleman metodunun hassas kesme işlemlerinde kullanışlı ve pratik bir araç olduğu sonucuna varılmıştır [8].

S.Y. Luo, 1997 yılında *"Studies on the Wear Conditions and the Sheared Edges in Punching"* isimli çalışmasında; farklı konveks kesme açılarına sahip zımbalarla, kalın AISI 52100 çelik plakada yapılan delme işleminde zımbanın kenarlarındaki aşınma koşullarını araştırmıştır. Kesme kenarlarının karakteristik davranışı da incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, konveks ikili kesme açısı 12.5° olan zımba kullanıldığında zımba üstündeki aşınmanın kenar yan aşınma olduğu göstermiştir. Bu yapışma aşınması, yorulma aşınması, ve zımpara aşınmasının birleşiminin sonucudur. Zımba ömrü azalır. 20° Konveks ikili kesme açılı zımba daha yuvarlak kesme kenarıyla baskın olarak yüz aşınması görülür. Diğerine göre daha uzun zımba ömrü elde edilir. Bununla beraber plastik deformasyon, delikte kaçıklık ve çapak miktarı biraz daha fazladır. Sertleşen yüzeydeki sertlik 12.5 ve 20° kesme açılı zımbalar için parçanın ilk durumunun 2 katıdır ve delik sayısı arttıkça bu katmanın derinliği 0.17-0.35 kat artar. Kesme sırasında 2 yumuşak kesik ve 2 sert çatlama oluşur. Delik sayısı arttıkça birincil sert çatlak büyür ikincil yumuşak kesik kısalır veya sınır durumda yok olur. [9].

Hambli, R., Potiron, A., 2000 yılında *Finite element modeling of sheet-metal blanking operations with experimental verification isimli çalışmalarında; d*elme kesme kalıplarında malzemeye göre kesme işleminin simülasyonunun doğrulanması için bir sonlu elemanlar yöntemi geliştirilmiş ve matematiksel bir model önerilmiştir. Batma, çatlama ve kopma bölgesi elastik-plastik deformasyon konularını incelemişlerdir. Çalışmada kesilen geometrinin değişik işlem parametreleri ve zımbanın kesme kuvveti değerlendirilerek bir hesaplama algoritması abaküs programı kullanılarak geliştirilmiştir. Sonuç olarak deneysel metotla sonlu elemanlar yöntemi simülasyonu aynı sonucu verdiği bulunmuştur [10].

Hambli, R., 2001 yılında *Finite element model fracture prediction during sheet-metal blanking processes isimli çalışmasında; s*onlu elemanlar yöntemi ile deneysel sonuçların bir karşılaştırılması yaparak sonlu elemanlar modeli geliştirmiştir. Kopma

açısı dikkate alınarak kopma miktarı üzerene tahminler yapmıştır. Yapılan tahminler deneysel yöntemlerle karşılaştırmış, sonuçların birbirine yakın olduğu ortaya çıkmıştır [11].

Hambli, R., Guerin, F., 2002 yılında *Application of a neural network for optimum clearance prediction in sheet metal blanking processes isimli çalışmlarında;* optimum kesme boşluğunun buluna bilmesi için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Batma, düzlük miktarı ve kopma miktarı dikkate alınarak sonlu elemanlar ve yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin etme modeli geliştirilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapay sinir ağları yöntemi sonuçları karşılaştırıldığı zaman birbiri ile uyum içinde olduğu görülmüştür [12].

Vaz, Jr., M., Bressan, D., J., 2002 yılında *A computational approach to blanking processes* isimli çalışmalarında; sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak genel bir nümerik simülasyon yapmışlardır. Delme kesme işlemi malzeme karakteristiğini içine alacak biçimde yaygınlaştırmış, deneysel çalışmalarda kesme işleminin üç aşamada oluştuğu görülmüştür. Temas bölgesi plastik deformasyon ve kopma bu bölgelerde birinci ve ikinci bölge öncelikli olarak kesme boşluğundan etkilenmektedir. Üçüncü bölge malzemenin çeşitliliğine göre değişmektedir. Çalışmada deformasyonun fazla olduğu birinci ve ikinci bölge sonlu elemanlar yöntemi ile tahmin edilerek deneysel çalışma ile karşılaştırılmıştır [13].

Fang, G., Zeng, P., Lou,L., 2002 yılında, *Finite element simulation of the effect of clearance on the forming quality in the blanking process* isimli çalışmalarında; kesme boşluğu değeri, malzeme ve malzeme kalınlığına göre sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Bu çalışmada ki sonuçlar bir önceki deneysel çalışma sonuçlar ile uyum içinde olduğu görülmüştür [14].

Maitia, S., K., Ambekara, A., A., Singhb, U., P., Datea, P., P., Narasimhanc, K., 2000 yılında *Assessment of influence of some process parameters on sheet metal blanking* isimli çalışmalarında; sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak 0,1 ile 1 mm kalınlığındaki orta karbonlu sac metal malzemelerin elastik-plastik analizini

yapmışlardır. Delme çapını 1-4 mm arasında almışlardır. Çalışma kesme boşluğu, sürtünme, sac kalınlığı, zımba ve delik ölçüsünün etkilerini değerlendirmek için yapılmıştır. Ayrıca zımba üzerindeki kuvvet ve gerilim dağılımı da elde edilmiştir. Sonuç olarak kesme boşluğunun azaltılması kesme kuvvetini artırır. Kesme kuvvetini artırmak aynı zamanda sürtünme katsayını artırmıştır. Bu sonuçlar daha büyük çaplar içinde aynı sonucu vermiştir. Bu etkiler çift ve tek taraflı kesme ile benzerlik taşımaktadır [15].

Samuel, M., 1998 yılında *FEM simulations and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process isimli çalışmasında; m*arc-2D programı kullanılarak yapılan sonlu elemanlar yöntemi ile deneysel sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Sert malzemeleri öncelikli olarak plastik gerilimleri Von Mises gerilimleri ve vickers sertlikleri kesme bölgesi için bulunmuş, birkaç delme kesme simülasyonu ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Malzemenin özellikleri takım geometrisi ve kesme boşluğu dikkate alınarak gerçekleştirilen simülasyon sonucu ile deneysel sonuçların uyum içinde olduğu görülmüş, üstelik simülasyon sonuçlarından kuvvet strok eğrisi ile deneysel sonuçlardan elde edilen kuvvet strok eğrisi karşılaştırılmış ve aralarında %14 farklılık olduğu görülmüştür [16].

Tekiner, Z., Nalbant, M., Gürün, H., 2005 yılında *An experimental study for the e.ect of diferent clearances on burr, smooth-sheared and blanking force on aluminium sheet metal* isimli çalışmalarında; farklı kesme boşluklarının kesme düzlüğü, çapak miktarı, kesme kuvveti üzerine etkilerini incelemişlerdir. 0,8,-1-1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemeler deneylerde kullanılmış. Deneyler 6, 8, 10, 12 mm çapındaki delme kalıplarında altı değişik kesme boşluğu için yapılmıştır. Kesme boşluğu, kesme düzlüğü, çapak miktarı ve kesme kuvveti ile birebir ilişkili olduğu deney sonuçlarının önceki teorik ve deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğu bulunmuştur [17].

Yukarıda görüldüğü gibi sac malzeme üretimi ve ürün kalitesi açısından kesme boşluğunun önemi oldukça büyüktür. Literatür araştırmalarına bakıldığında bu konu üzerine yapılan araştırmalar genelde teorik olarak yapılmıştır. Bu çalışmada yukarıda

anlatılan araştırmalardan farklı olarak, kesme kalıplarında kesme boşluğuna, malzeme cinsine ve malzeme kalınlığına bağlı olarak kesme-kopma yüzeyinin, çapaklanmanın ve yuvarlanmanın değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Malzeme cinsine ve kalınlığına göre ideal kesme boşluğu bulunmuştur.

3. SAC METAL MALZEMELERDE KESME İŞLEMİ

Levha veya şerit halindeki saclardan istenilen profil ve ölçüdeki parçaları talaş kaldırmadan elde etme işlemine kesme adı verilmektedir. Kesme işlemleri; makaslarla kesme, dairesel bıçaklı makaslarla kesme ve kalıpla kesme olmak üzere üç gruba ayrılır [18].

a) Makasla kesme; makas tezgahları sabit-hareketli bıçak, baskı düzeni ve yeteri kadar hareket elemanlarından oluşur bıçaklar arasına konan malzemeye hareketli bıçaklar vasıtasıyla belli bir kesme kuvveti uygulanarak yapılan kesme işlemine makasla kesme denir [18].

b) Dairesel bıçaklı makaslarla kesme; çoğunlukla profilli parçaların kesilmesinde uzun rulo halindeki sacların belirli ölçülerde dilimlenmelerinde dairesel bıçaklı makaslar kullanılmaktadır. Kesilecek profilin durumuna göre bıçaklar çeşitli konumlarda yapılmaktadır [18].

c) Kalıpla kesme; zımba ve dişi kalıptan oluşan düzenekle yapılan kesme işlemine kalıpla kesme denir. Yapılan kesme işlemi makasla kesmeye benzemektedir. Kalıpla kesme de bıçak yerine zımba ve dişi kalıp kullanılmaktadır.

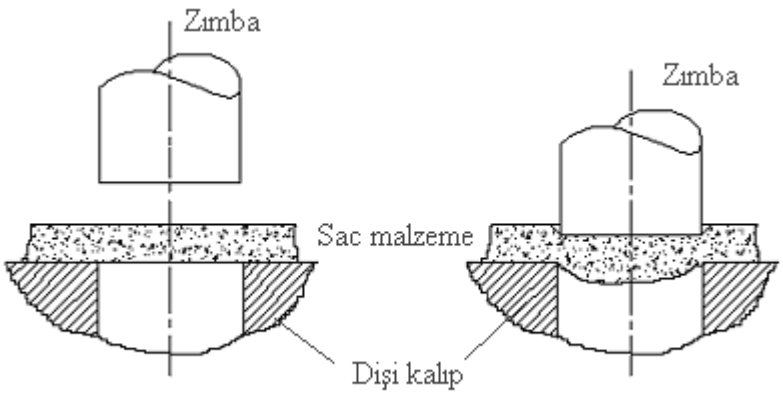
3.1. Kalıplarda Kesme Olayı ve Adımları

Kesme olayı; kesme kalıplarında zımba ile matris (dişi kalıpi) arasında kalan malzemeye kuvvet uygulanması sonucunda meydana gelen kalıcı şekil değiştirme olarak düşünülebilir. Kalıplarda kesme üretilecek olan parçanın boyutsal ölçülerine ve şekline bağlıdır. Kalıplarda kesme üç aşamada gerçekleşmektedir [19].

3.1.1. Plastik deformasyon (Kalıcı şekil değiştirme)

Plastik deformasyon; zımba kesilecek malzemeye temas eder. Bu etki malzemenin esneklik sınırını aşarsa plastik (kalıcı) şekil değişimi olur. Eğer zımbanın etkisi

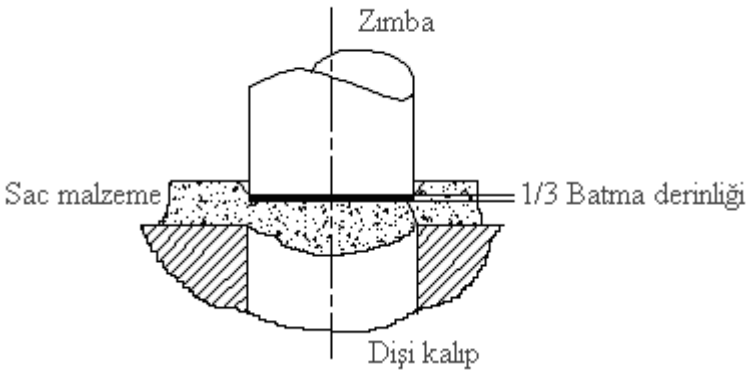
malzemenin elastik sınırı içerisinde kalır ise şekil değişimi gerçekleşmez. Zımbanın etkisi devam eder ve elastik sınırı aşar ise, malzemede plastik deformasyon oluşur. Kesme bu safhaya plastik deformasyon veya kesme başlangıcı denir. Kesme sıranda meydana gelen plastik deformasyon Şekil 3.1' de gösterilmektedir [19].



Şekil 3.1. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı [19].

3.1.2 Batma

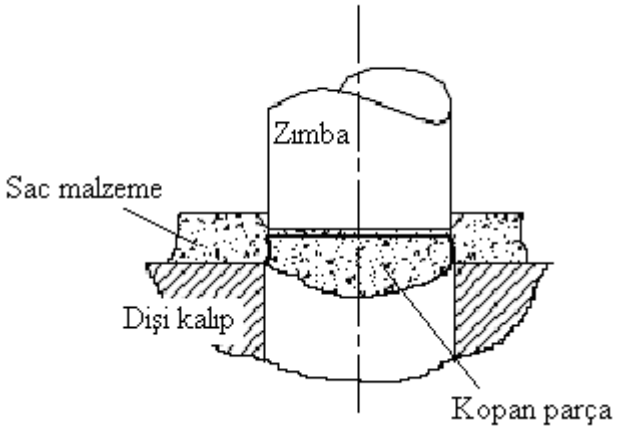
Zımba kesilen malzeme kalınlığının 1/3'ü kadar şerit malzemeye batar ve kesilen parçanın matrise aynı oranda girmesi sağlandığında kısa bir parlak kesilme şeridi oluşur. Parlak kesilme şeridinin kalınlığı malzemeye göre değişmekle beraber sac kalınlığının 1/3'ü kadardır. Şekil 3.2' de batma olayının nasıl gerçekleştiği gösterilmektedir [19].



Şekil 3.2. Kesme kalıplarında batma olayı [19].

3.1.3 Kopma

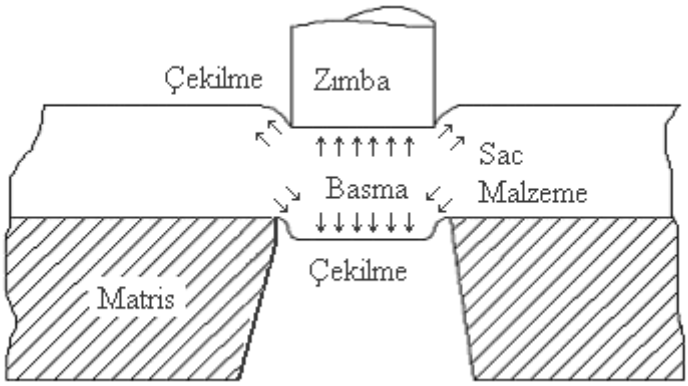
Batma safhası sonrasında zımbanın baskı kuvveti devam eder ise, zımbanın ve matrisin(dişi kalıp) biçimine göre, parça şerit malzemeden ayrılır. Bu adımda pürüzlü konik bir kopma yüzeyi oluşur ve kesme işlemi tamamlanır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kesme kalıplarında kopma olayı [19].

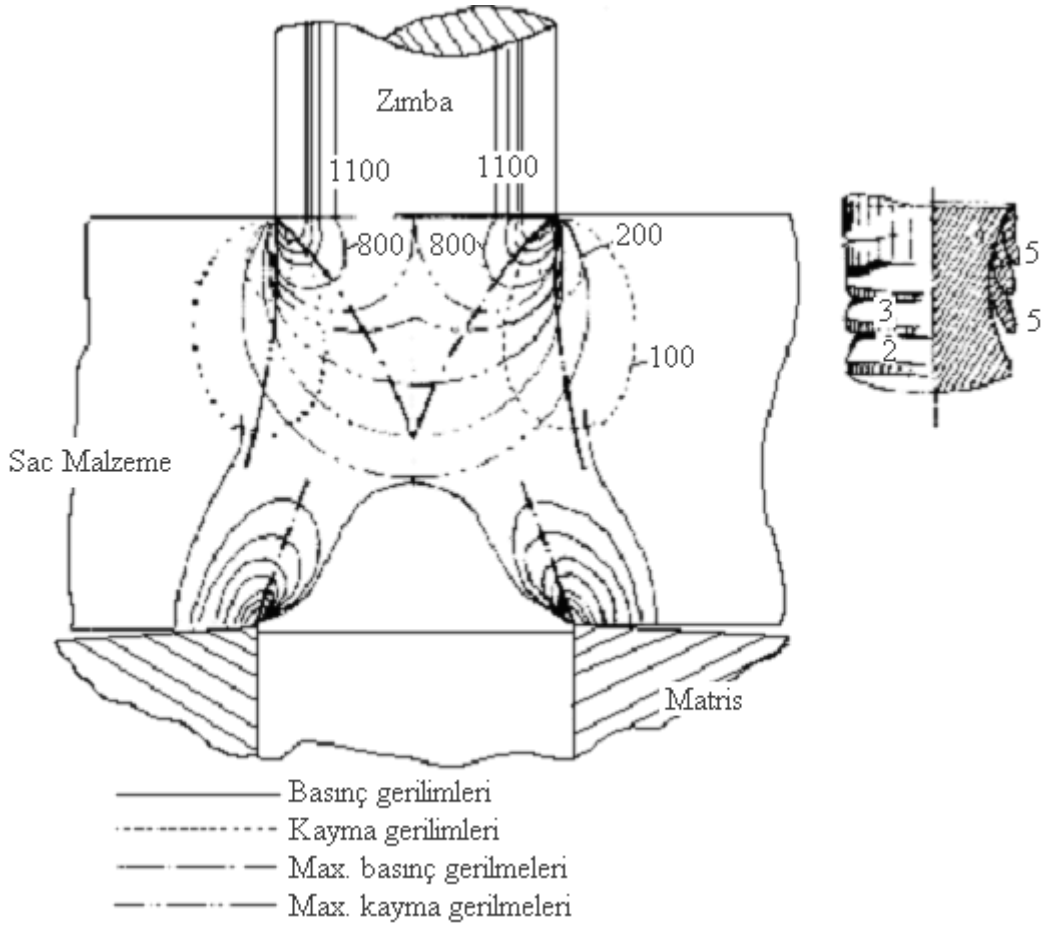
3.2. Kesme İşleminde Oluşan Gerilmeler

Kesme sırasında sac malzeme çekme ve basma gerilimlerine maruz kalmaktadır. Sac malzemenin maruz kaldığı kuvvetlerin yönü Şekil 3.4' de gösterilmektedir [20].



Şekil 3.4. Malzemede oluşan gerilimlerin yönü [20].

Kesilen malzemede oluşan gerilmeler, kalıplama (kesme) kuvvetinin tayini için önem taşımaktadır. Kesme sırasında kalıplanan malzemenin dişi kalıp deliğine temas eden alt yüzeyinde basma, zımba çevresine temas eden üst yüzeyinde ise, hem kesme hem de basma gerilimleri meydana gelmektedir. Bu gerilimlerin dağılımı Şekil 3.5'de gösterilmektedir [20].



Şekil 3.5. Kesme işleminde oluşan gerilimlerin dağılımı.

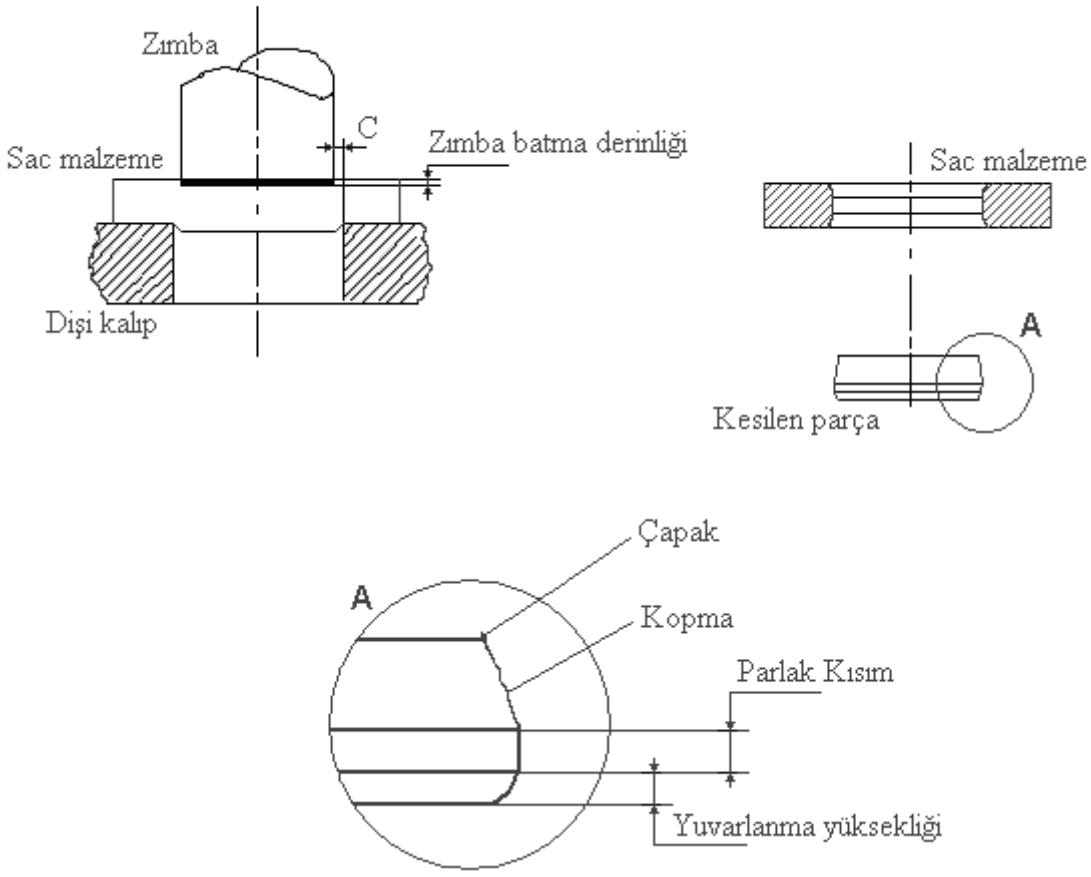
4. KESME BOŞLUĞU

Kesme boşluğu (kalıp boşluğu); kesme kalıplarında kalıbın kesici elemanları (dişi kalıp-zımba) arasında ölçülen tek taraflı boşluk mesafesidir. Kesme kenarları arasındaki kesme boşluğunun amacı, kesme kenarlarında meydana gelen kırılmaların birbirlerini karşılamasını ve kesme kenarlarına temiz bir görünüş elde edilmesini sağlamaktır [20].

Kesme boşluğu, kesme ağızları boyunca her tarafta eşit olursa, kesim esnasında meydana gelen kuvvetler dengede kalmış olur. Eğer kuvvetler dengeli bir şekilde uygulanmaz ise kalıp ömrü kısalır ve iş istenilen hassasiyette olmaz.

Kesme boşluğu ;

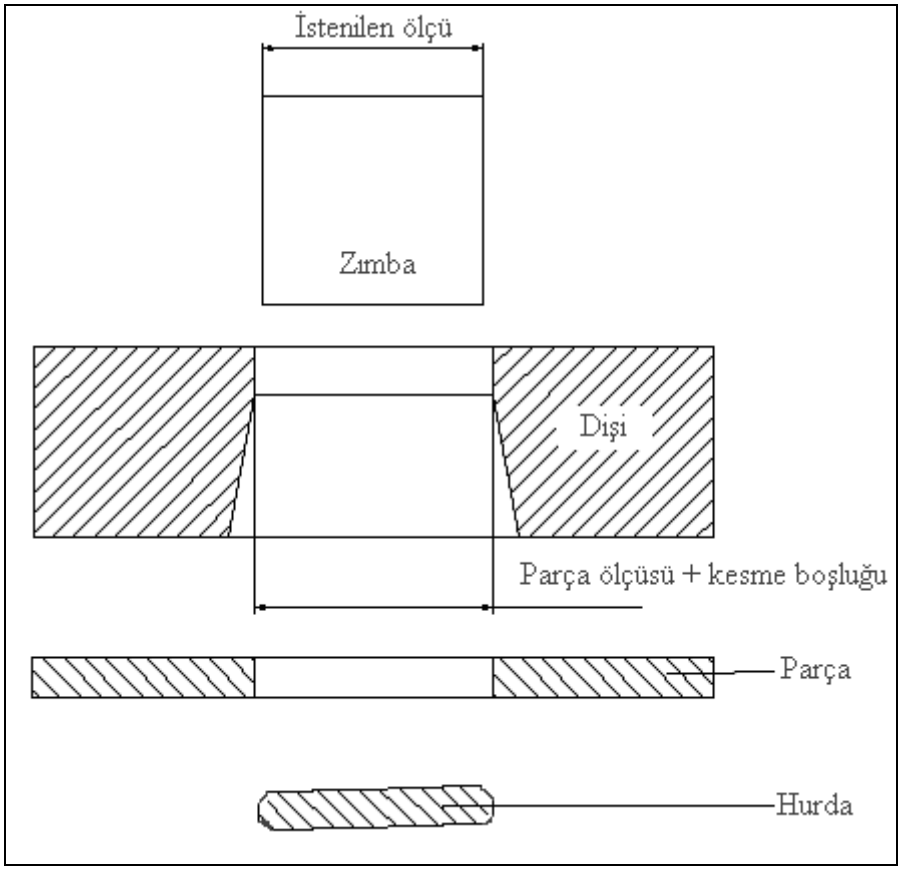
- şerit malzemenin cinsine ve kimyasal bileşimine,
- şerit malzemenin kalınlığına,
- zımbanın geometrisine ve ölçüsüne,
- kalıbın hassasiyetine bağlı olarak belirlenerek istenilen kesme boşluğu elde edilmelidir [22].



Şekil 4.1. Kesme boşluğunun ve zımbanın gösterilmesi [20].

4.1. Kesme Boşluğunun Kalıba Verilmesi

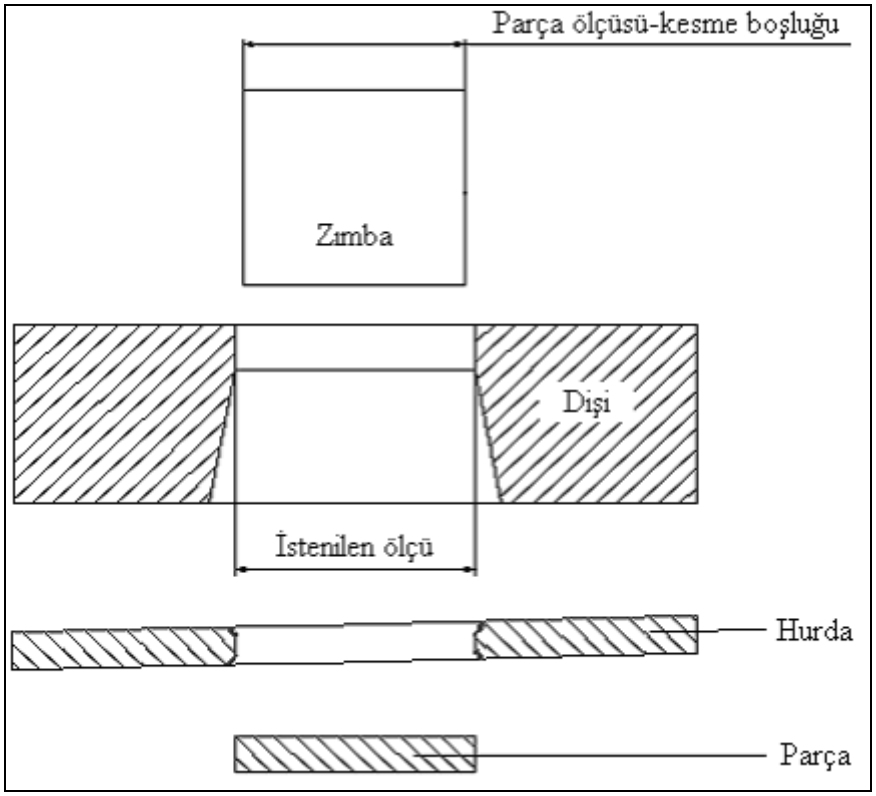
Eğer malzeme üzerinde belirli çaplarda delikler açılacaksa, kesme boşluğunu dişi kalıba vermemiz gerekir, yani dişi kalıp, esas ölçüden kesme boşluğu kadar büyük yapılır. Burada esas kesmeyi zımba yapar, dolayısı ile parçanın ölçüsünü zımbanın ölçüsü belirler (Şekil 4.2) [21].



Şekil 4.2. Kesme boşluğunun dişi kalıba verilmesi.

4.2. Kesme Boşluğunun Zımbaya Verilmesi

Eğer malzemeden belirli ölçülerde parçalar üretilecek ise kesme boşluğu zımbaya verilir, yani zımba kesme boşluğu kadar küçük yapılır. Burada esas kesmeyi dişi kalıp yapar, dolayısı ile dişi kalıbın ölçüsü parçanın ölçüsünü belirler (Şekil 4.3) [21].



Şekil 4.3. Kesme boşluğunun erkeğe verilmesi.

4.3. Kesme Boşluğunun Belirlenmesinde Göz Önüne Alınması Gereken Faktörler

Yıllardır sac metal kalıpçılığında elde edilen deneyimlerden çıkartılmış olan kesme boşluğunun tespiti ile ilgili kriterler aşağıda sıralanmıştır [21].

- Çoğunlukla temiz kesme yüzeyinin gerekmediği genel kesme uygulamalarında normal kesme boşluğu kullanılmaktadır.
- Temiz ve parlak kesilme yüzeyleri için kesme boşluğu küçük seçilmektedir. Küçük kesme boşluğunda, zımbalar normalinden daha büyük zorlanmalara ve tabi olarak aşınmalara maruz kalmaktadır.
- Kalın parçaların kalıplanmasında kesilen yüzeyin pürüzlü olması kullanıma engel değil ise imkanlar ölçüsünde büyük kesme boşluğu tercih edilmektedir. Büyük kesme boşluğu kesmeyi rahatlatmasına karşın parçada çapak oluşumuna ve ölçü büyümesine yol açmaktadır.

- Kalın parçalardan kesilecek küçük parçaların kesme yüzeylerinin parlak ve temiz olması gerektiğinde, küçük kesme boşluğu ve kavislendirilmiş kesici kenarlar kullanılmaktadır.
- Yumuşak alüminyum malzemelerden yapılacak kesmelerde yırtılmalar pek görülmeyeceğinden küçük kesme boşluğu kullanılmaktadır.
- Parça kalınlığına oranla küçük çaplı delme işlerinde, büyük kesme boşluğu seçilmektedir.
- Hızlı çalışan preslerde (200 kurs/dakika) takım dayanımı açısından büyük kesme boşluğu tercih edilmektedir.
- Hassas kalıplarda kesme boşluğu ilk önce en az tutulmakta, denemelerden sonra gerekirse arttırılmaktadır.
- İnce kesitli zımbalarda, zorlanmayı azaltmak için biraz daha büyük kesme boşluğu verilebilmektedir.
- Yuvarlak kesitli zımbalarda daha az kesme boşluğu verilebilmektedir.

4.4. Kesme Boşluğunun Tespiti

Şerit malzemenin kalitesi ve yapısına, şerit malzemenin kalınlığına, zımbanın boyutuna, şekline ve kalıbın hassasiyetine bağlı olarak belirlenmesi gereken kesme boşluğu üç değişik şekilde belirlenebilmektedir.

4.4.1. Ampirik formüller yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi

Gohre tarafından yapılan araştırma ve incelemeler sonunda işletme ve çalışma şartları dikkate alınarak, malzemelerin kesilme gerilimlerine göre, deneysel çalışmalara dayalı elde edilen aşağıdaki yöntemle kesme boşluğu (tek taraflı) değerleri hesaplanabilmektedir [20].

1) 3 mm' ye kadar olan sac malzemeler için[18]

C= a.T. $\sqrt{\partial B}$

C: Tek taraflı kalıp boşluğu (mm):

∂B : Kesme (kayma) gerilmesi (N/mm²)

a: Katsayı

T: Sac kalınlığı (mm)

2) 3 mm' den daha kalın olan sac malzemeler için [18]

C= (1,5.a.T-0,015). $\sqrt{\partial B}$

C: Tek taraflı kalıp boşluğu (mm):

∂B : Kesme (kayma) gerilmesi (N/mm²)

a: Katsayı

T: Sac kalınlığı (mm)

Eşitliklerde kullanılan a katsayısı 0,005 ila 0,035 arasında seçilebilir, a' nın 0,005 değeri temiz bir kesme yüzeyine 0,035 kadar olan daha büyük değerleri de düşük kesme kuvveti ve iş gereksinimine karşılık alınabilir. Kesmeden beklenen şartlara göre bu katsayı için bir değer tercihi yapılabilir. Kesme yüzeyinin fazla önemli olmadığı durumlarda düşük kesme kuvveti ve iş gereksinimi için a katsayısı 0,03-0,04 alınabilir. a' nın 0,005 alınması halinde kesme kuvvetinde yalnız 0,05 kadar bir artış olmasına karşılık kesme işinde %70'e kadar varan azımsanmayacak bir artış görülmektedir. Sert metalden yapılacak kesme kalıpları için a değeri 0,015 ila 0,018 arasında seçilebilir.

Formüller yardımı ile kesme boşluğunun bulunmasında kullanılması gereken tablolar Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Emniyetli çalışabilmek için kesme gerilmesi değerleri [21].

Delik zımbası çapı	Kesme gerilmesi N/mm²
d>2S	0,8.Gb
d= (1,6…..2)S	Gb
d= (1…..1,6)S	1,5.Gb
d= (0,7…..0,9)S	2.Gb

Çizelge 4.2. Bazı malzemelerin kesme dayanımları [21].

Malzemeler	Kesme gerilmesi N/mm²	
	Sert değil	Sert
Çelik % 0,1 karbonlu	260	320
Çelik % 0,2 karbonlu	320	400
Çelik % 0,3 karbonlu	360	480
Çelik % 0,4 karbonlu	450	550
Çelik % 0,6 karbonlu	550	720
Çelik % 0,8 karbonlu	700	900
Çelik % 1 karbonlu	800	1050
Paslanmaz Çelik	500	550
Silisyumlu Çelik	450	550
Çekme Sacı	330	400
Pirinç	220-300	350-400
Bakır	180-220	260-300
Çinko	120	200
Alüminyum	70-90	110-160
Alüminyum Alaşımları	100-240	150-400
Çelik Çatak-Kaşık İçin	410	500
Yatak Bronzu	330-400	400-600

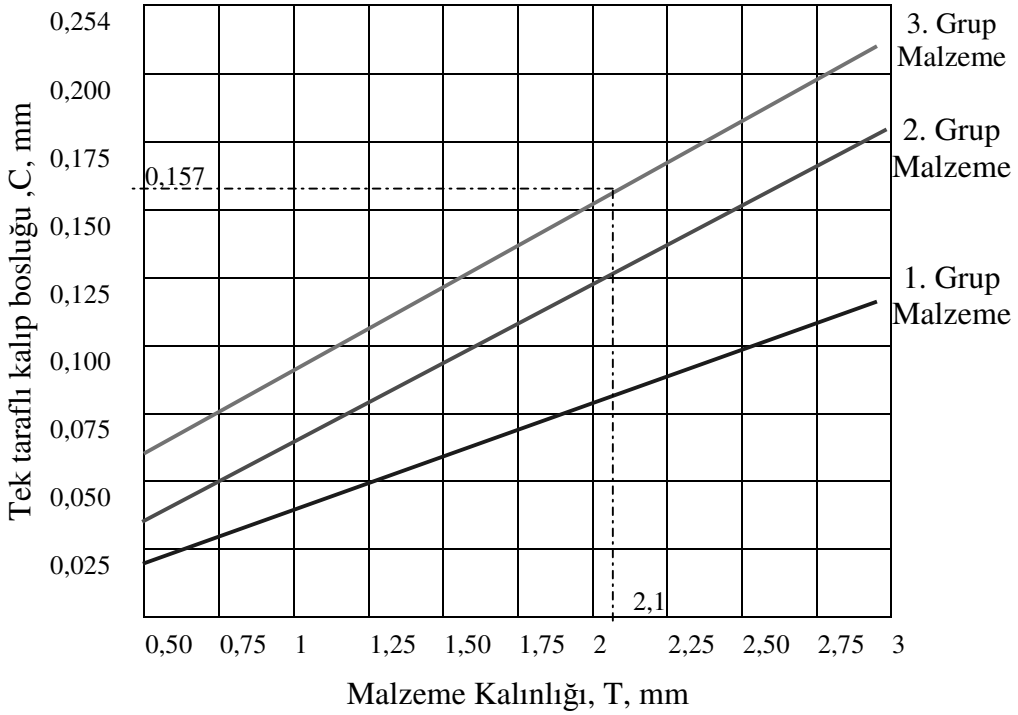
Kalıplarda kalın sacların kesilme işlemi malzemeye ön ısıtma yapılarak gerçekleştirilir. Bunun için gerekli olan ısı, malzeme ve kesme dayanım değerleri Çizelge 4.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Bazı çelikler için sıcak kesme dayanımları N/mm² [21].

Çelik Tipi	900°C	800°C	700°C	600°C
St34 , C10 , C15	30	60	110	200
St38 , St42b , C25	60	90	130	240
St50-2 , C35	70	90	160	340
St60-2 , C45	70	90	190	360

4.4.2. Diyagramlar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi

Geniş bir malzeme yelpazesi kullanılarak yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen diyagram (Çizelge 4.2) ile kesme boşluğu değerleri elde edilmekle beraber farklı bir yaklaşımla malzemelerin sertliklerine göre gruplandırıldığı diyagramlardan faydalanılarak da kesme boşluğu yaklaşık olarak tayın edilebilmektedir.



Şekil 4.4. Malzeme kalınlıklarına göre gruplandırılmış malzemeler için tek taraflı kesme boşluğu [21].

1. Grup malzemeler : Alüminyum ve alaşımları

Ortalama sertlik= 23-85 BSD

C= 0,045 . T

Kesme boşluğu sac kalınlığının 0,045 oranında alınmaktadır.

2. Grup malzemeler : Pirinç, Bakır ve orta sertlikteki malzemeler

Ortalama sertlik= 65-130 BSD

Orta sert ve sert alüminyum alaşımları, pirinç soğuk çekilmiş yumuşak çelik, yumuşak paslanmaz çelik v.b.

C=0,06 . T

Kesme boşluğu sac kalınlığının 0,06 oranında alınmaktadır.

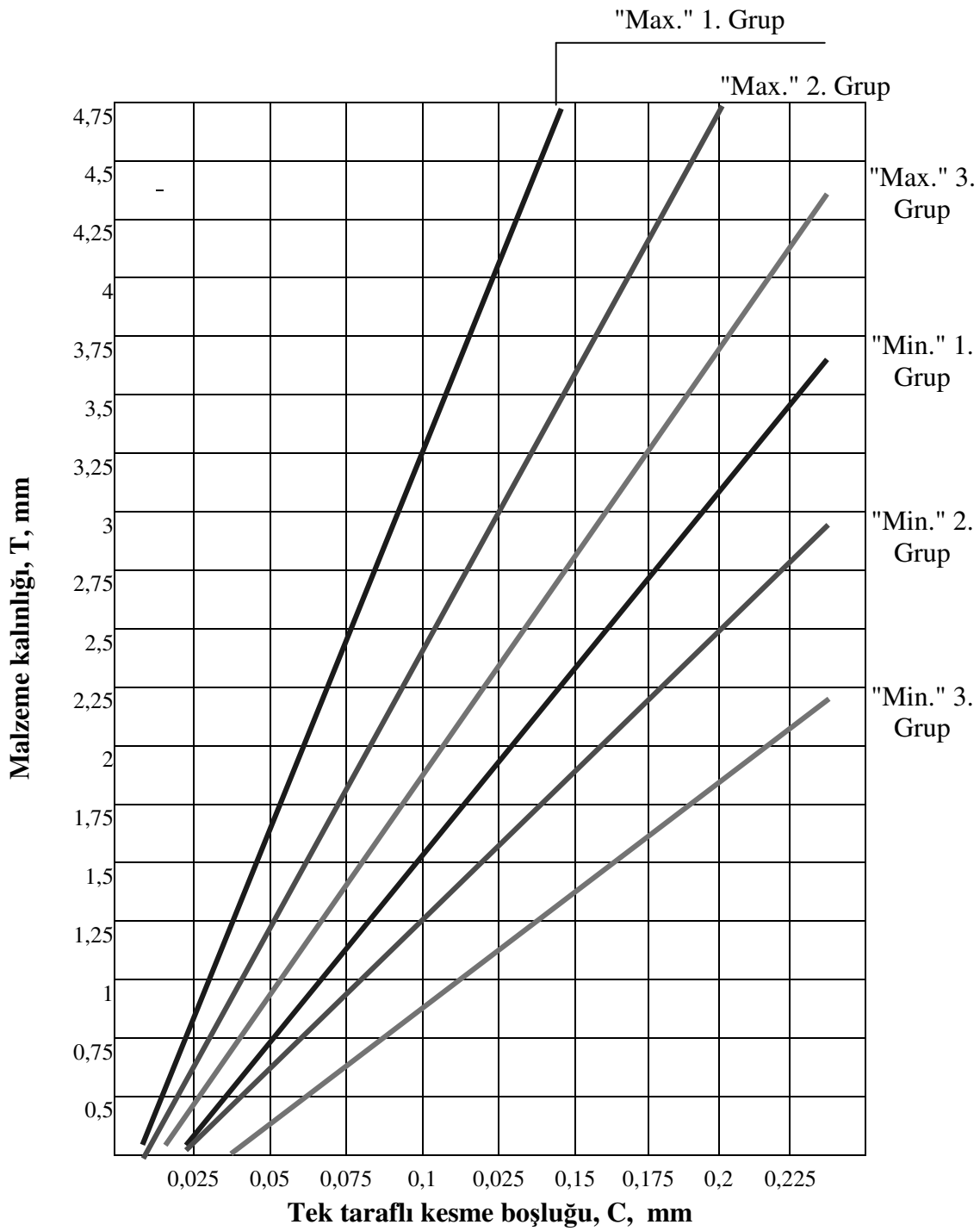
3. Grup malzemeler : Sert çelik, Paslanmaz çelik v.b.

Ortalama sertlik= 130 BSD yukarı

Yarı sert soğuk çekilmiş çelik, yarı sert / sert paslanmaz çelik v.b.

C=0,075 . T

Kesme boşluğu sac kalınlığının 0,075'i kadar alınmaktadır.



Şekil 4.5. Bir kesme kalıbında tek taraflı kesme boşluğuna göre kalıplanabilecek en büyük ve en küçük sac malzeme kalınlıkları [21]. “Min”-Maksimum boşlukla minimum malzeme kalınlığı, “Max”-Minimum boşlukla maksimum malzeme kalınlığı.

4.4.3. Hazır tablolar yardımı ile kesme boşluğunun belirlenmesi

Malzeme kalınlığına ve malzemenin çekme dayanımın değerleri Çizelge 4.4'de belirtilen değerlerle çakıştırılarak kalıp için ideal kesme boşluğu bulunur.

4.4.4. Sonlu elemanlar yöntemi kullanarak kesme boşluğunun belirlenmesi

Literatür araştırmasında da belirtildiği gibi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak kesme boşluğunun tahmini yapılabilmektedir.

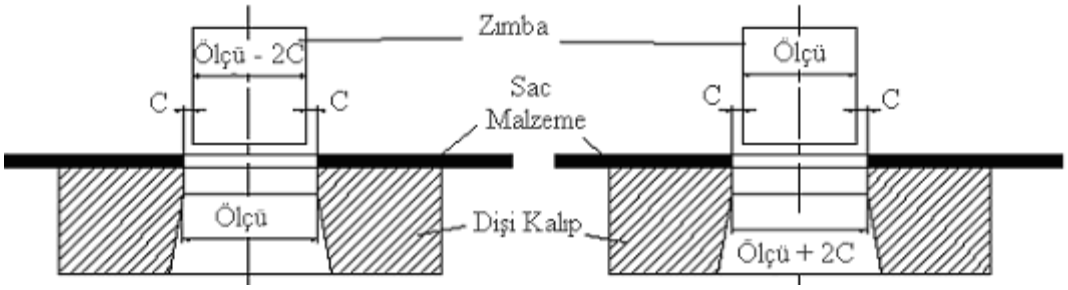
4.5. Kesme Çapağı

Kesme boşluğu uygun değerde alınarak zımba ve dişi kalıbın, kesme ağızları iyi bilenirse kesme işlemi sonunda çapak oluşumunun meydana gelmemesi gerekmektedir. Ama gerek pres tezgahının ve kalıbının durumu, gerekse bir takım kuvvetlerin etkisiyle kesilen veya delinen parçalarda çok azda olsa çapağın mevcut olacağı kabul edilmektedir. Normal çalışmaya başlayan bir kalıpta, bir süre sonra çapağın normalinden çok olması kalıbın bilenmesini gerektiğini göstermektedir. Kesilen bir parçanın çapağı, daima zımbaya yönelik olmaktadır. Zımba ile açılmış olan bir deliğin çapağı ise, daima dişi kalıbın boşluğuna yönelik oluşmaktadır [20].

4.6. Açısal Boşluk

Delme ve kesme kalıplarında, kesme düzlüğü bitiminden itibaren Şekil 4.7'de gösterildiği gibi bir miktar açısal boşluk verilir. Açısal boşluk, delme sonucu şerit malzemeden ayrılan artık parçanın veya kesilen parçanın kalıp deliğinden kolayca düşmesini sağlar. Ayrıca kalıplanan parçaların kalıp deliği içerisinde kalarak dişi kalıbın çatlamasını ve pres kuvvetinin artmasını önler [23].

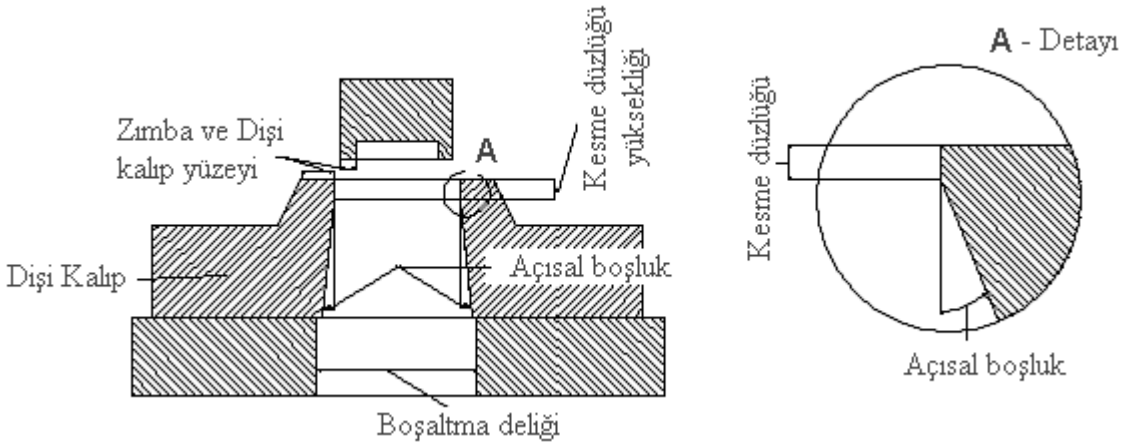
Tek taraflı açısal boşluk genellikle 0,25° ve 0,75° arasında tavsiye edilmektedir. Kesme düzlüğünden itibaren tek taraflı maksimum açısal boşluk $\alpha = 2°$ olarak tavsiye edilir [23].



Şekil 4.6. Tek taraflı kesme boşluğunun verilmesi [23].

Çizelge 4.4. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu tablosu [23].

Sac Kalınlığı T mm	**Malzeme çekme dayanımları N/mm²**										
	50-100	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**400**	**450**	**500**	**600**	**700**
	Tek taraflı kesme boşluğu, C, mm										
0,25	0,008	0,010	0,011	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,021
0,5	0,016	0,019	0,022	0,025	0,027	0,030	0,030	0,034	0,035	0,039	0,042
0,75	0,024	0,029	0,034	0,038	0,014	0,044	0,047	0,050	0,058	0,058	0,063
1	0,032	0,039	0,045	0,050	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,078	0,084
1,25	0,040	0,048	0,056	0,063	0,069	0,074	0,079	0,084	0,088	0,097	0,105
1,5	0,047	0,058	0,067	0,075	0,082	0,089	0,091	0,099	0,106	0,116	0,126
1,75	0,055	0,068	0,078	0,088	0,096	0,104	0,111	0,117	0,124	0,136	0,147
2	0,063	0,077	0,089	0,100	0,110	0,118	0,126	0,134	0,141	0,155	0,167
2,25	0,071	0,087	0,100	0,113	0,123	0,133	0,142	0,151	0,159	0,174	0,188
2,5	0,079	0,097	0,112	0,125	0,137	0,148	0,158	0,168	0,177	0,194	0,210
2,75	0,087	0,107	0,123	0,138	0,151	0,163	0,174	0,185	0,195	0,213	0,230
3	0,095	0,106	0,124	0,150	0,164	0,178	0,190	0,201	0,212	0,232	0,250
3,5	0,127	0,155	0,179	0,200	0,219	0,237	0,253	0,268	0,283	0,310	0,335
4	0,158	0,194	0,224	0,250	0,274	0,296	0,316	0,336	0,354	0,388	0,420
4,5	0,190	0,232	0,268	0,300	0,329	0,355	0,379	0,400	0,424	0,465	0,500
5	0,220	0,270	0,313	0,350	0,384	0,415	0,442	0,470	0,495	0,543	0,586
6	0,285	0,350	0,400	0,450	0,493	0,533	0,569	0,605	0,636	0,698	0,750
7	0,348	0,425	0,490	0,550	0,603	0,651	0,695	0,738	0,778	0,950	0,920
8	0,410	0,500	0,580	0,650	0,710	0,780	0,820	0,920	1,008	1,050	1,100
10	0,540	0,658	0,760	0,850	0,970	1,008	1,075	1,140	1,202	1,318	1,423
12	0,665	0,812	0,940	1,050	1,150	1,243	1,327	1,410	1,485	1,625	1,750
15	0,853	0,990	1,200	1,350	1,480	1,600	1,710	1,812	1,910	2,090	2,260
18	1,040	1,276	1,175	1,650	1,810	1,954	1,086	2,213	2,334	2,556	2,763
22	1,300	1,580	0,830	2,050	2,250	2,425	2,590	2,750	2,900	3,180	3,430
25	1,485	1,820	2,100	2,350	2,580	2,780	2,970	3,150	3,325	3,640	3,890



Şekil 4.7. Dişi kalıba verilen kesme düzlüğü yüksekliği ve açısal boşluk [23].

4.7. Kesme Düzlüğü

Delme ve kesme kalıplarında, dişi kalıp yüzeyi ile açısal boşluğun başlangıcı arasındaki düz banda (Şekil 4.7), kesme düzlüğü yüksekliği denir.

Genellikle 3 mm kalınlığa kadar olan parçaların kalıplanmasında kullanılan dişi kalıbın kesme düzlüğü yüksekliği 3 mm alınır. Kalınlığı 3 mm den fazla olan parçaların kalıplanmasında, dişi kalıp kesme düzlüğü yüksekliği sac kalınlığına eşit alınır [23].

4.8. Kesme Kuvveti

Üretilmesi istenen parça için gerekli pres tezgahını seçebilmek ve kalıbın bazı kısımlarının ebatlarını tayin etmek gayesiyle kesme kuvvetinin hesaplanması gerekir. Kesme kuvveti: Parçanın kesilmesi için gereken kuvvete denir [21].

Kesme kuvveti şunlara bağlıdır [21].

1. Kesilecek malzemenin cinsine,
2. Kesilecek malzemenin toplam uzunluğuna,
3. Kesilecek malzemenin kalınlığına,

P=U.S. $\sqrt{\partial B}$

P: Kesme kuvveti	N
U:Kesilecek kenarların uzunluğu	mm
S:Sac kalınlığı	mm
∂B :Kesilecek malzemenin kesme dayanımı	N/mm²

4.9. Kesme İşi

A= x.P.S

A: Kesme işi	joule
P: Kesme kuvveti	N
S: Sac kalınlığı	mm
x: Katsayı	(Çizelge 4.7)

Çizelge 4.5. Kesme işi için (x) faktörü [21].

Malzemeler	Malzeme Kalınlıkları mm			
	< 1	1…….2	2…….4	> 4
Sert olmayan çelik ∂B 250-350 N/mm²	0,7-0,64	0,64-0,6	0,6-0,5	0,45-0,35
Yarı sert çelik ∂B 350-500 N/mm²	0,6-0,55	0,55-0,5	0,5-0,42	0,40-0,33
Sert çelik ∂B 500-700 N/mm²	0,45-0,42	0,42-038	0,38-0,34	0,34-0,20
Al ve Cu	0,75-0,7	0,7-0,64	0,64-0,55	0,50-0,45

5. MATERYAL VE METOD

Deneyde kullanılan sac malzemeler, sac malzeme özellikleri, deneyin yapılış aşamaları ve deney sonucunda elde edilen veriler aşağıda belirtilmiştir.

5.1. Deneyde Kullanılan Sac Malzemeler ve Özellikleri

Deneyde birinci grup yumuşak malzeme grubundan alüminyum, ikinci grup orta sertlikteki malzeme grubundan dkp sac ve üçüncü grup sert malzeme grubundan paslanmaz sac seçilmiştir. Sac kalınlıkları 2, 3 ve 4 mm dir. Deneyde kullanılan sacların malzemelerin genel özellikleri Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Alüminyum sac malzemesinin özellikleri.

Fe	Cu	Si	Mn	Zn	Cr	Mg	Ni	Ti
0,3	0,100	0,3-0,7	0,200	0,100	0,050	0,4-0,9	-	0,100
Çekme Mukavemeti			Akma Mukavemeti			% uzama		Sertlik
130 N/mm²			70 N/mm²			---		49 HB

Çizelge 5.2. Dkp sac malzemesinin özellikleri.

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mg	Al	Co	N
0,05	0,150	0,010	0,011	0,009	0,038	0,018	0,001	0,048	0,002	0,006
Çekme Mukavemeti				Akma Mukavemeti			% uzama		Sertlik	
331 N/mm²				226 N/mm²			35		104 HB	

Çizelge 5.3. Paslanmaz sac malzemesinin özellikleri.

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	Co	N
0,043	1,350	0,370	0,006	0,042	18,250	8,100	0,260	0,150	0,210	0,074
Çekme Mukavemeti			Akma Mukavemeti			% uzama			Sertlik	
735,5 N/mm²			636,5 N/mm²			38			151 HB	

5.2. Deneyde Kullanılan Kesme Boşluklarının Hesaplanması

Kesme boşlukları genellikle üç yöntemle hesaplanır. Bunlar ampirik formüller yardımıyla, diyagramlar yardımıyla ve tablolar yardımıyla hesaplanır. Deneyde kullanılan malzemelerin özelliklerine göre bu üç yöntemle yapılan hesaplamaların sonucunda bulunan kesme boşlukları aşağıda verilmiştir.

5.2.1 Ampirik formüller yardımı ile kesme boşluğunun hesaplanması

4.4.1'de belirtilen formüller kullanılarak seçilen malzemeler için aşağıda belirtilen tek taraflı kesme boşlukları bulunmuştur. "a" katsayı değeri 0,020 olarak alınmıştır.

Alüminyum malzemeler için hesaplanan kesme boşlukları;

2 mm sac kalınlığı ; 0,126 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,189 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,378 mm

Paslanmaz malzemeler için hesaplanan kesme boşlukları;

2 mm sac kalınlığı ; 0,282 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,424 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,845 mm

Dkp malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,219 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,328 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,654 mm

5.2.2. Diyagramlar yardımı ile kesme boşluğunun hesaplanması

Çizelge 4.4' de gösterilen grafik kullanılarak, denklemlerin yardımı ile seçilen malzemeler için aşağıda belirtilen tek taraflı kesme boşluğu değerleri bulunmuştur.

Alüminyum malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,090 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,135 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,180 mm

Paslanmaz malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,149 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,224 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,299 mm

Dkp malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,119 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,178 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,238 mm

5.2.3. Hazır tablolar yardımı ile kesme boşluğunun hesaplanması

Çizelge 4.6'da belirtilen tablo kullanılarak, seçilen malzemeler için aşağıda belirtilen tek taraflı kesme boşluğu değerleri bulunmuştur.

Alüminyum malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,063 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,095 mm

4 mm sac kalınlığı ; 0,158 mm

Paslanmaz malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,141 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,212 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,354 mm

Dkp malzemeler için hesaplanan *kesme boşlukları;*

2 mm sac kalınlığı ; 0,110 mm
3 mm sac kalınlığı ; 0,164 mm
4 mm sac kalınlığı ; 0,274 mm

5.3. Hesaplanan Kesme Boşluklarının Deney Kalıbına Uygulanması

Yukarıda üç farklı yöntem ile hesaplanan kesme boşluğu değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu ve literatür araştırmasına bakıldığında, kesme boşluğunun sac kalınlığının % 5-10 oranları olarak alındığı görülmektedir. Bu yüzden deneyde kullanılacak kesme boşluğu aralığı üç farklı yöntem ile hesaplama sonunda ortaya çıkan kesme boşluklarını kapsayacak şekilde malzeme kalınlıklarının %3, %5, %7 ve %10'u alınarak aşağıda belirtilen kesme boşluğu aralıkları belirlenmiştir.

Kesme boşluğu = Sac kalınlığı (mm) . %X

1. Kesme boşluğu değeri C= 0,06 mm
2. Kesme boşluğu değeri C= 0,09 mm
3. Kesme boşluğu değeri C= 0,10 mm
4. Kesme boşluğu değeri C= 0,12 mm
5. Kesme boşluğu değeri C= 0,14 mm
6. Kesme boşluğu değeri C= 0,15 mm
7. Kesme boşluğu değeri C= 0,20 mm

8. Kesme boşluğu değeri C= 0,21 mm
9. Kesme boşluğu değeri C= 0,28 mm
10. Kesme boşluğu değeri C= 0,30 mm
11. Kesme boşluğu değeri C= 0,40 mm

Belirlenen bu aralıklar arasından malzeme cinsine ve kalınlığına göre ideal kesme boşluğu belirlenmiştir.

5.4. Deney Kalıbı için Gerekli Olan Hesaplar

a) Kesme kuvvetinin hesaplanması

$P=U.S.\partial B$

U= 18 + 18
U= 36 mm

Malzemelerin ∂B değeri Çizelge 4.2'den alınmıştır.

Alüminyum malzemeler için kesme kuvveti hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 7200 N
3 mm sac kalınlığı için ; 10800 N
4 mm sac kalınlığı için ; 14400 N

Paslanmaz malzemeler için kesme kuvveti hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 36000 N
3 mm sac kalınlığı için ; 54000 N
4 mm sac kalınlığı için ; 72000 N

Dkp malzemeler için kesme kuvveti hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 21600 N
3 mm sac kalınlığı için ; 32400 N
4 mm sac kalınlığı için ; 43200 N

b) Kesme işinin hesaplanması

A= x.P.S

Hesaplama için gerekli olan “x” değeri Çizelge 4.5’den alınmıştır.

Alüminyum malzemeler için kesme işi hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 864 joule
3 mm sac kalınlığı için ; 1944 joule
4 mm sac kalınlığı için ; 3456 joule

Paslanmaz malzemeler için kesme işi hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 3312 joule
3 mm sac kalınlığı için ; 7452 joule
4 mm sac kalınlığı için ; 13248 joule

Dkp malzemeler için kesme işi hesabı;

2 mm sac kalınlığı için ; 2376 joule
3 mm sac kalınlığı için ; 5346 joule
4 mm sac kalınlığı için ; 9504 joule

c) Baskı plakası kuvvetinin hesaplanması

Genellikle baskı plakası kuvveti kalıplama kuvvetinin %20'si kadar alınır.

Ps = P . %20 Ps = 72000 . %20 = 14400 N

Hesaplama sonucu çıkan değer sonucuna göre kalıpta kullanılacak olan yaylar belirlenmiştir.

d-) Pres kuvvetinin hesaplanması

Pres kuvveti, hesaplanan kesme kuvvetinin pres emniyet katsayısı ile çarpılmasıyla bulunmaktadır. Pres emniyet katsayısı 1,5 – 4 olarak alınır.

Kesme kuvvetlerinden 4 mm paslanmaz sac için gerekli olan kesme kuvveti diğer kesme kuvvetlerinden büyük olmasından dolayı pres kuvvetini hesaplamak için 4 mm paslanmaz sac için gerekli olan 72000 N kesme kuvveti alınmıştır.

Pres kuvveti; 72000 . 1,5 = 108000 N 72000 . 4,0 = 288000 N

Deney için yukarıda belirtilen pres kuvveti hesaplarının sonucuna göre, 30 tonluk hidromekanik bir pres seçilmiştir.

5.5. Deneyde Kullanılan Kalıp Elemanları ve Malzemesi

Hesaplamaların sonucuna göre deney kalıbında kullanılacak olan plakaların özellikleri, plaka boyutları belirlenmiştir. Matris, baskı plakası, zımba destek parçası ve zımbalar kalıp içerisinde çalışan parçalar olduğundan, kuvvete maruz kalacaktır. Bu plakalar aşınmaya, darbeye karşı dirençli, sertleştirme işleminin uygulanabildiği 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılmıştır. Kullanılacak diğer plakalar ise 1.1040 takım iş çeliğinden yapılmıştır. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5' de kullanılan çeliklerin özellikleri tablo halinde verilmiştir.

Çeliklerin dışında kullanılan bağlantı cıvataları, pimler ve baskı yayları standart kalıp elemanlarından kullanılmıştır.

Çizelge 5.4. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin özellikleri.

<table>
<tr><td>Diğer Standartlar</td><td colspan="3">AISI: D2, BS: BD1</td><td colspan="2">DIN Malzeme No</td><td colspan="2">1,2379</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kimyasal Bileşimi</td><td colspan="3">C Cr Mo V</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">1,55 12,00 0,70 1,00</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>Çeliğin Özellikleri</td><td colspan="7">Ledeburitik yapılı %12 Cr' lu bir soğuk iş çeliğidir. Yüksek aşınma dayanımı, yüksek tokluk özellikleri vardır. Kesme ve ezme için uygundur.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Fiziksel Özellikleri</td><td rowspan="2">Isıl Genleşme</td><td>10m</td><td>20-100</td><td>20-200</td><td>20-300</td><td>20-400</td></tr>
<tr><td>mK</td><td>10,5</td><td>11,5</td><td>11,9</td><td>12,2</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Isıl İletkenlik</td><td rowspan="2">W/(mK)</td><td>20</td><td>350</td><td>700°C</td></tr>
<tr><td>16,7</td><td>20,5</td><td>24,2</td></tr>
<tr><td>Uygulamaları</td><td colspan="7">Cıvata ovalama makara ve yanaklarında, soğuk şekillendirme kalıplarında, madeni eşya imalatındaki takımlarda, sac kalınlığı 6mm'ye kadar olan hassas kesme kalıplarında, boru makaralarında, soğuk zımbalarda, dairesel makas ağızlarında, derin çekme kalıplarında, baskı plakalarında, yüksek aşınma dayanımı gereken plastik kalıplarında kullanılır.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Isıl İşlem</td><td colspan="2">Yumuşatma tavlaması °C</td><td colspan="2">Soğutma</td><td colspan="2">Sertlik HB</td></tr>
<tr><td colspan="2">830-860</td><td colspan="2">Fırında</td><td colspan="2">max. 250</td></tr>
<tr><td colspan="2">Serleştirme °C</td><td colspan="2">Soğutma ortamı</td><td colspan="2">Sertleştirme sonrası sertlik (HRC)</td></tr>
<tr><td colspan="2">1000-1050</td><td colspan="2">Hava, yağ veya sıcak banyo 500-550 °C</td><td colspan="2">63</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Meneviş</td><td>°C</td><td colspan="6">100 200 300 400 500 525 550 600</td></tr>
<tr><td>HRC</td><td colspan="6">61 60 58 59 62 62 57 50</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Özel İşlem (Yüzey kaplama veya erozyon işlemi uygulanacak takımlar için)</td><td colspan="2">Serleştirme °C</td><td colspan="2">Soğutma ortamı</td><td colspan="2">Sertleştirme sonrası sertlik (HRC)</td></tr>
<tr><td colspan="2">1050-1080-</td><td colspan="2">Hava, yağ veya sıcak banyo 500-550 °C</td><td colspan="2">61</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Meneviş (3defa)</td><td>°C</td><td colspan="6">100 200 300 400 500 525 550 600</td></tr>
<tr><td>HRC</td><td colspan="6">61 60 58 59 62 62 57 50</td></tr>
</table>

Çizelge 5.5. 1.1040 takım çeliğinin özellikleri.

Diğer Standartlarda	DIN: C35, ST: 60		DIN Malzeme No		1,1040
Kimyasal Bileşimi	C	Mn	Si	P	S
	0,35	0,60	0,20	0,05	0,05
Çeliğin Özellikleri	Karbonlu makine yapıl çeliği, renk beyazdır.				
Uygulamalar	Makine ve kalıp yapımında, dingil, cer kancası, mil v.b. makine parçası yapımında kullanılır.				
Isıl İşlem	Yumuşatma tavlaması ℃		Soğutma		Dayanımı (N/mm²)
	650-670		Fırında		600-700

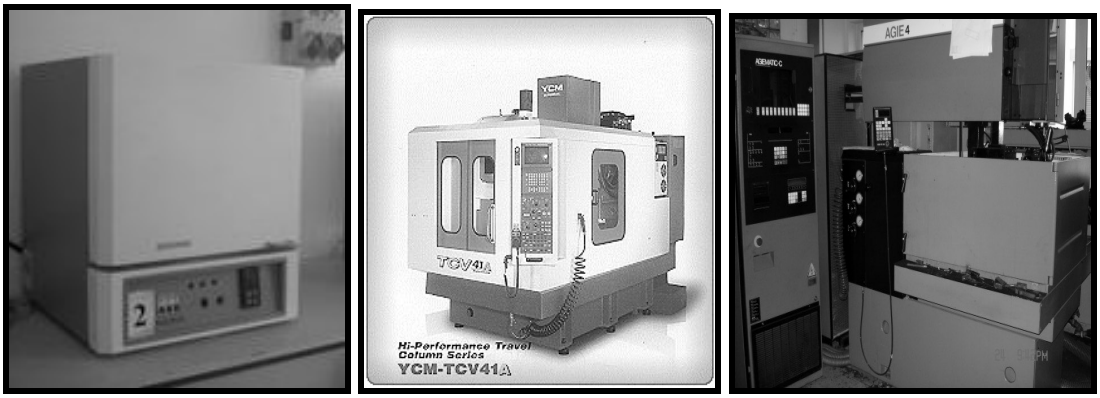
5.6. Deneyde Kullanılan Kalıbının Tasarımı ve İmalatı

Deney numunelerinin hassas olması deney sonucunu etkileyeceğinden, kalıplama sırasında meydana gelebilecek sapmaları minimize etmek için kalıp sütunlu olarak yapılmıştır. Merkezleme için bilyalı sütunlar kullanılmıştır. Sac kalınlıklarının 2, 3 ve 4 mm olarak değişmesinden ve literatür araştırmasında kalıplarda kullanılan baskı plakalarının kesme bölgelerinde kırılma ve çatlamaları engellediğinin literatürde belirtilmesi üzerine ("*An Investigation on the Formation and Propagation of Shear Band in Fine-Blanking Process" çalışmasında*) hassas bir kesme yapabilmek için yaylı baskı plakası kullanılmıştır. Kesme zımbalarının değişken olmasından dolayı kolay değiştirilebilmesi için zımbalar, zımba plakasına pim yardımı ile montaj edilmiş ve kesme işlemi sırasında zımba hareketini, vuruntuları engellemek amacıyla sertleştirilmiş zımba destek parçası kullanılmıştır. Zımbaların modüler olmasından dolayı kalıbın eksen kaçıklığını engellemek için üst plaka ile bağlantısında merkezleme pimi kullanılmıştır. Şerit malzemenin kalıp içerisinde ilerlemesi sabit pimler arasında yapılmıştır.

Belirtilen kriterler doğrultusunda kalıbın tasarlanmasının ardından kalıp imalatına geçilmiştir. Kalıp çeliklerinin kaba talaşları üniversal freze tezgahında işlenerek, yatay taşlama tezgahında taşlanmıştır. Parçaların kaba işlemlerinin tamamlanmasının ardından bağlantı delikleri, kılavuz delikleri ve tel erezyon ön delikleri Süpermax

marka üç eksenli CNC tezgahında yapılmıştır. CNC işlemlerin bitmesi ile matris, baskı plakası, zımba destek parçası ve kesici zımbalara Protherm marka serleştirme fırınında 63 HRC sertlik verilmiştir.

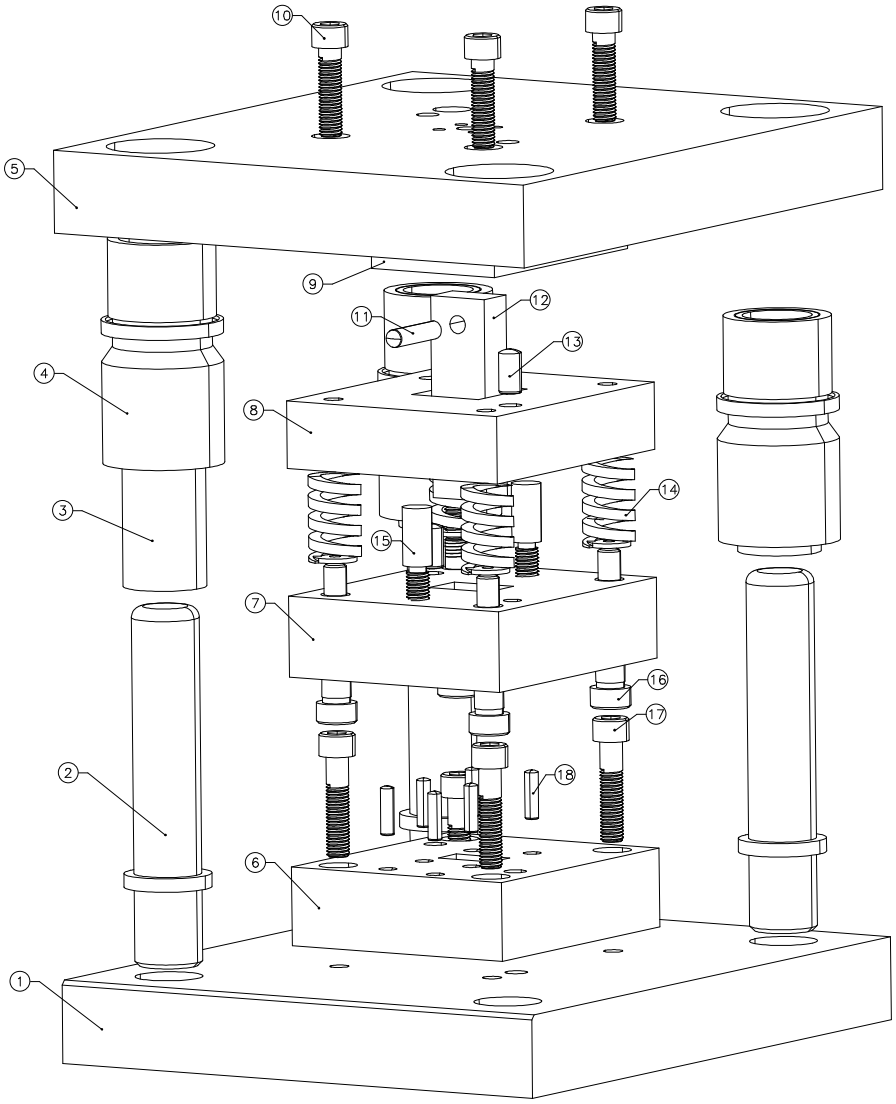
Sertleştirme işleminin ardından Agie marka tel erozyon tezgahında baskı plakası ve matris plakasının kesim işlemleri yapılmıştır.



(a) (b) (c)

Resim 5.1. Kalıp üretiminde kullanılan makine görüntüleri
a) Protherm marka ısıl işlem fırını b) Süpermax marka CNC tezgahı
c) Agie marka tel erezyon tezgahı.

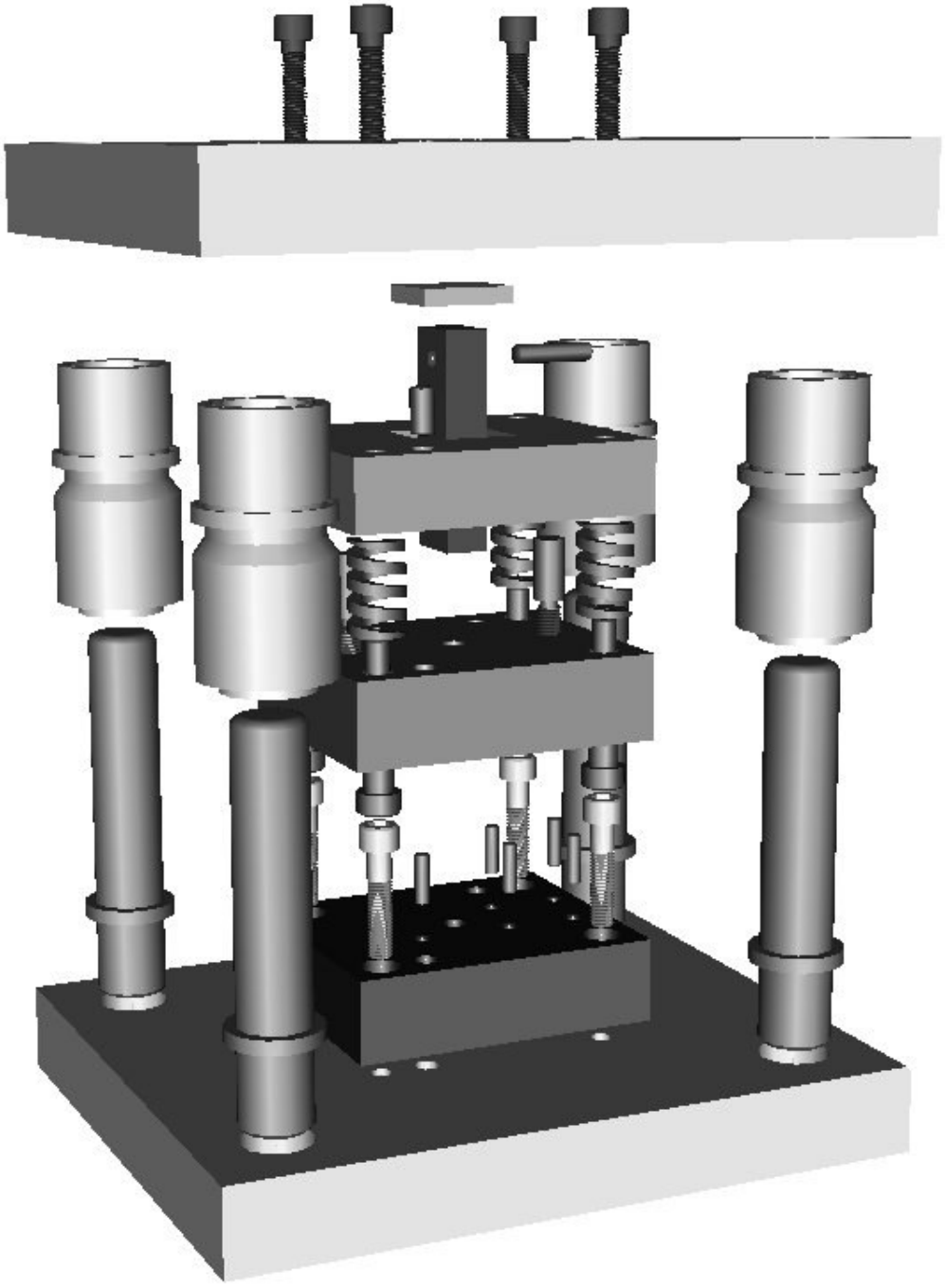
Freze, CNC ve tel erezyon işlemlerinin bitmesinin ardından son taşlama işlemi yapılmıştır. Montaja hazır hale gelen parçalar gerekli bağlantı elemanları kullanılarak Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de belirtilen deney kalıbı hazırlanmıştır.



Şekil 5.1. Deney kalıbı görüntüsü 1.

Çizelge 5.6. Deney kalıbının elemanları.

1	Alt bağlantı plakası	7	Baskı plakası	13	Plaka merkezleme pimi
2	Bağlantı sütunu	8	Zımba tutucu plaka	14	Baskı yayı
3	Burç bilyası	9	Zımba destek plakası	15	Baskı stoperi
4	Bağlantı burçu	10	Bağlantı cıvatası	16	Yay bağlantı cıvatası
5	Üst bağlantı plakası	11	Zımba sabitleme pimi	17	Bağlantı cıvatası
6	Matris	12	Zımba	18	Sac kanal pimleri



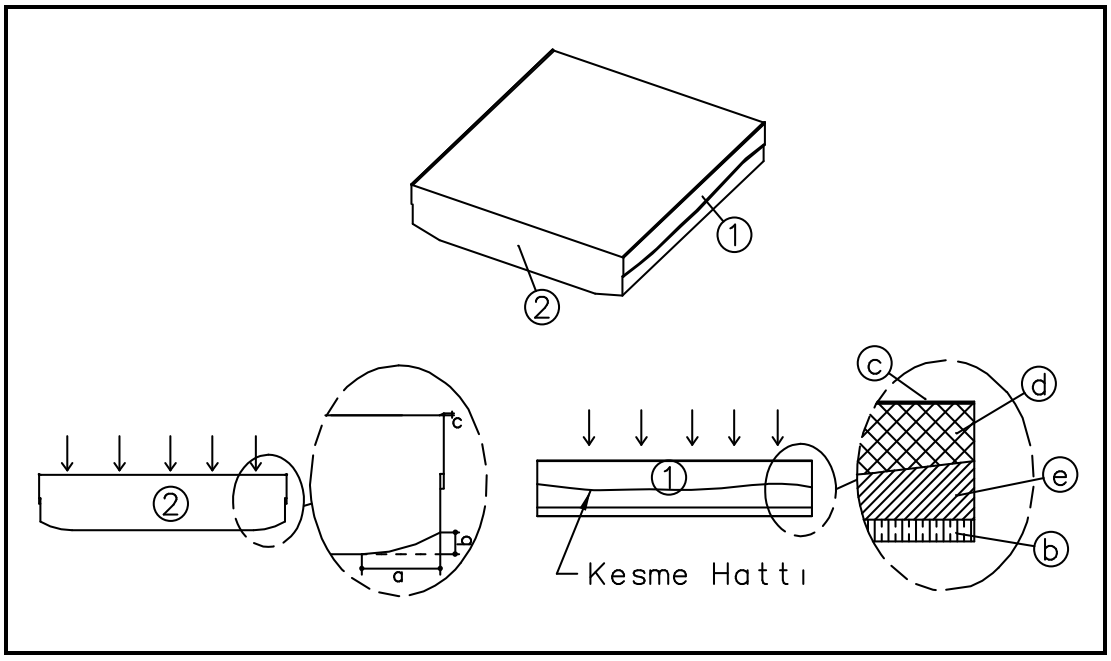
Resim 5.2. Deney kalıbı görüntüsü 2.

5.7. Deneyin Uygulanışı

Deneyde, literatür araştırmalarında belirtilen kesme zımbalarından farklı olarak yuvarlak zımba yerine dörtgen zımba kullanılmıştır. Kesme yüzeylerinin, kopma yüzeylerinin, çapak ve yuvarlanmaların daha rahat görülebilmesi, ölçümlerin daha rahat aynı zamanda doğru alınması amacıyla dörtgen zımbalar seçilmiştir. Deney için gerekli olan sayıda eşit ölçüde işlenmiş ve sertleştirilmiş zımbalar, kesme yapacak olan karşılıklı iki kenarı belirtilen kesme boşluklarına göre işlenmiştir. İşlemlerin tamamlanmasının ardından en büyük kesme boşluğundan başlayarak sadece zımbalar değiştirilmek kaydıyla üç farklı malzeme, üç farklı sac kalınlığında, on bir adet kesme boşluğu kullanılarak 99 farklı kombinasyonun her birinden üçer numune alınarak 297 deney numunesi elde edilmiştir. Elde edilen numunelerde çapak ve yuvarlanmanın doğru ölçülebilmesi için kesme işleminin gerçekleşmediği yüzeyler zımpara ile parlatılmıştır. Bu işlemin ardından ölçüm için hazır olan tüm numuneler kesme boşluğu, malzeme cinsi ve sac kalınlığı belirtilmek kaydıyla ayrı ayrı poşetlenmiştir. Deney numunelerinin tamamlanmasının ardından, NIKON V-12A marka profil projector ölçüm cihazında kesme yüzeyi (Şekil 5.3'de "e" yüzeyi), kopma yüzeyi (Şekil 5.3'de "d" yüzeyi), çapak (Şekil 5.3'de "c" ölçüsü), yuvarlanma X (Şekil 5.3'de "a" ölçüsü) ve yuvarlanma Y (Şekil 5.3'de "b" ölçüsü) değerleri ölçülmüştür.

Resim 5.3. Ölçümlerin yapıldığı NIKON V-12A marka profil projector ölçüm cihazı

Kesme ve kopma yüzeyinin solundan, ortasından ve sağından olmak üzere bir yüzeyden toplam 6 ölçü, çapak ve yuvarlanma yüzeyinden çapak için 2 ölçü, yuvarlanma için X, Y değeri olmak üzere bir yüzeyden 4 ölçü alınmıştır. Bir numunenin tüm yüzeyleri kontrol edildiği için bir numuneden toplam 24 ölçü alınmıştır. Buna bağlı olarak deney sonunda toplam 7128 ölçü alınmıştır. Ölçümlerin tamamlanmasının ardından Microsoft Excel programı yardımı ile elde edilen değerlerin grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan grafiklerde aşırı sapma gösteren değerler tekrar ölçülmüştür. Bu işlemin ardından malzeme cinsine ve kalınlıklarına göre ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Ortaya çıkan değerler doğrultusunda kesme boşluğuna göre, kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, çapak miktarı, yuvarlanma X ve Y değer grafikleri oluşturulmuştur. Bu işlemlerin ardından bilgisayar mikroskobunda 8 kat büyütme kullanılarak parçalarda oluşan çapak, yuvarlanma, kesme ve kopma düzlüklerinin fotoğrafları çekilerek yapılan işlemler görsel olarak da kaydedilmiştir. Mikroskopta yapılan inceleme sırasında mikroskop ayarları tüm parçalar için sabit alınmıştır.



Şekil 5.3. Deney numunesin görüntüsü ve ölçüm yüzeyleri.

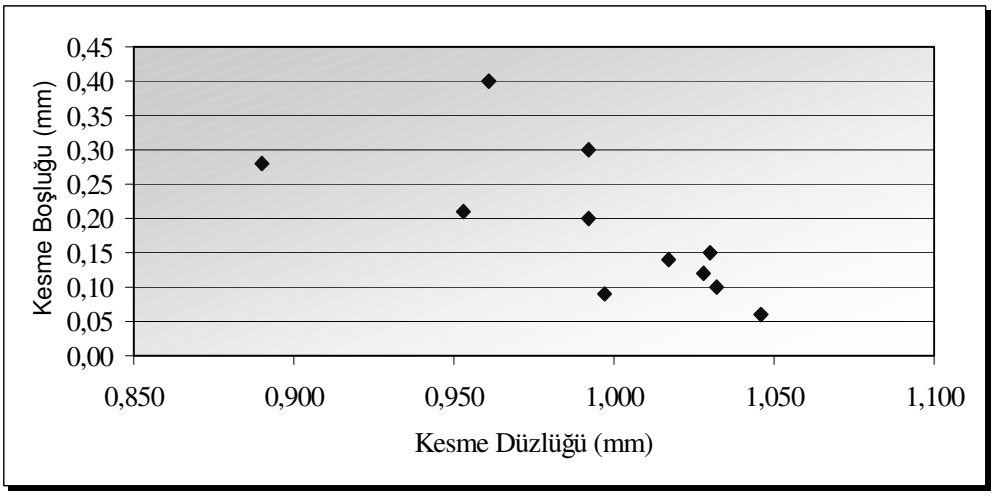
6. DENEY SONUÇLARI

Deney sonucunda elde edilen numunelerle, yapılan ölçümlerin ortalamaları aşağıda malzeme türüne göre sırayla verilmiştir.

6.1. Alüminyum Sac Malzeme Numuneleri

Alüminyum malzemesi için onbir (11) değişik kesme boşluğu uygulanmıştır. 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki sac malzemelerinin her biri için üçer adet numune alınarak toplam 99 adet numune alınmıştır. Alınan her numunenin çapak, yuvarlanma, kesme düzlüğü ve kopma düzlüğü değerleri ölçülerek bir kalınlık için 792 adet, alüminyum malzemeler için toplam 2376 ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalamaları tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

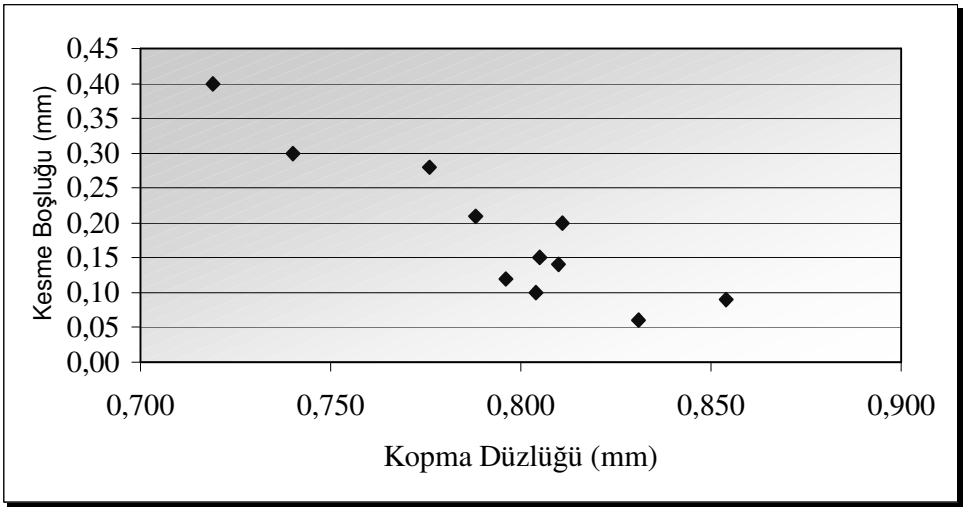
- *2 mm kalınlığındaki alüminyum sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



Şekil 6.1. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

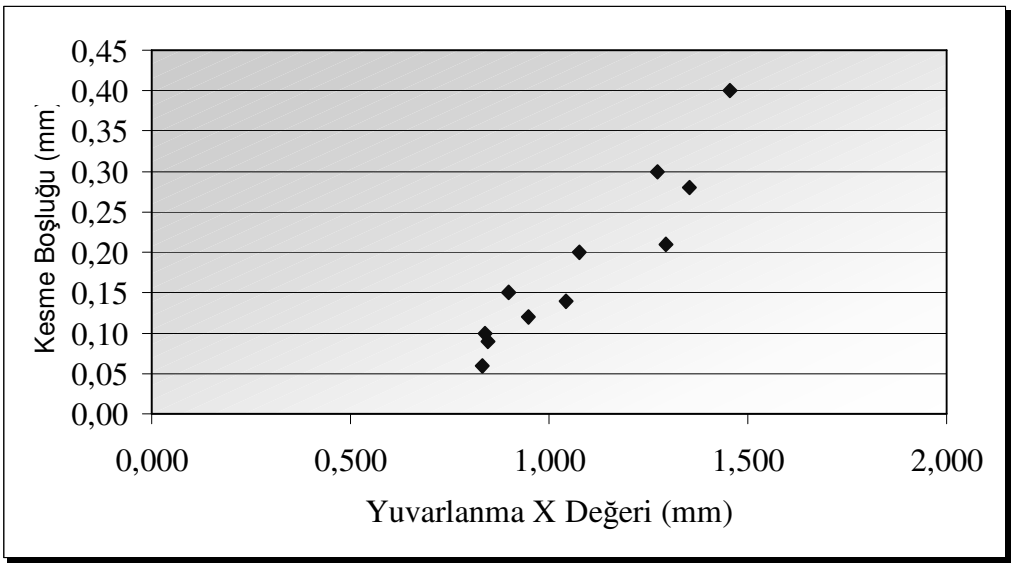
Literatür incelendiğinde kesme düzlüğünün kesme boşluğu ile ters orantılı olması gerekmektedir. Yukarıda ki grafik incelendiğinde 0,30 ve 0,40 mm kesme boşluğu değerlerinin bu kurala uymadığı görülmektedir. Bu nedenle bu numuneler tekrar

alınarak kontrol edildiğinde sonuçların aynı olduğu görülmüştür. Parça incelendiğinde kesme ve kopma hattının net olarak ayrılmadığı ve kesmeden kopmaya yavaş yavaş geçiş olmasından dolayı kesme düzlüğünün artığı görülmüştür.



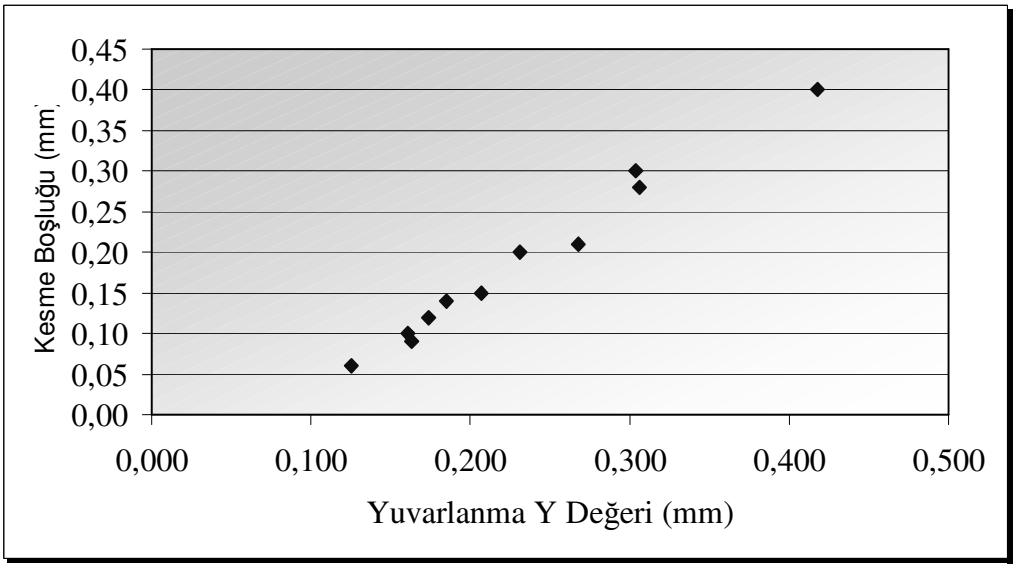
Şekil 6.2. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.2' de verilen grafik incelendiğinde kesme boşluğu artıkça kopma düzlüğünün azaldığı görülmektedir. Normalde kesme boşluğu artıkça kesme düzlüğünün azalacağı kopma düzlüğünün artacağı düşünülmektedir. Şekil 6.4' de Y yönündeki yuvarlanma grafiği incelendiğinde kesme boşluğunun artmasından dolayı yuvarlanmanın artığı, buna bağlı olarak yuvarlanmanın artmasından kesme ve kopma düzlüğünün geç başladığı görülmektedir.



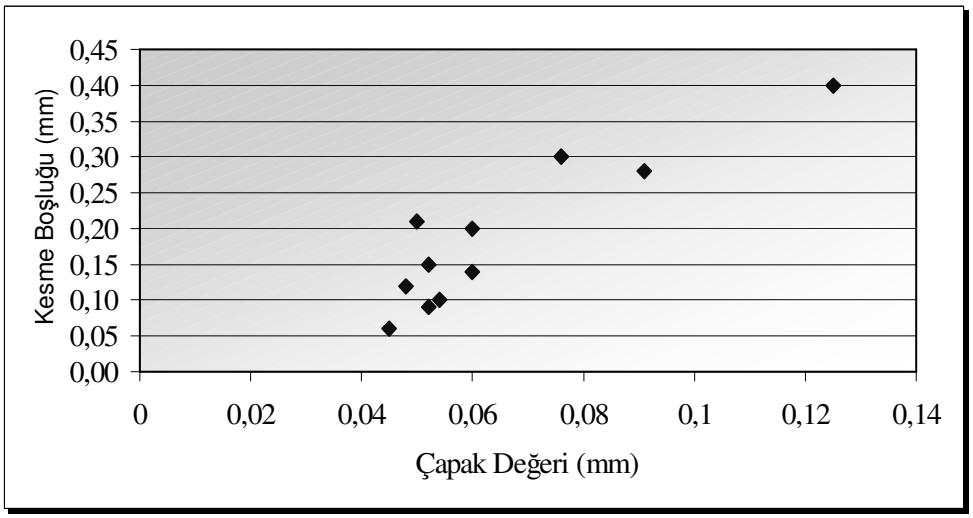
Şekil 6.3. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı

Kesme boşluğunun artmasından dolayı parçada kesme işlemi gerçekleşmeden önce bükülmeler gerçekleşmektedir. Bu bükülmeler parçanın X yönünde yuvarlanma değerini etkilemektedir. Şekil 6.3' deki grafik incelendiğinde kesme boşluğu 0,10 mm' den sonra X yönünde yuvarlanma değerinin artmaya başladığı görülmektedir.



Şekil 6.4. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı

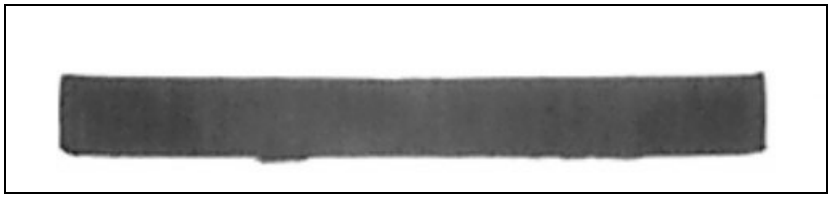
Şekil 6,4 ‘deki grafikten de anlaşılacağı gibi Y yönündeki yuvarlanmanın kesme boşluğu ile doğru orantılı olarak artığı görülmektedir.



Şekil 6.5. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı

Kesme boşluğunun artması ile çapak miktarının artacağı bilinmektedir. Şekil 6.5’ deki grafikte ise çapak miktarı belli bir değere kadar yaklaşık aynı giderken 0,21 mm kesme boşluğundan sonra çapak miktarının birden arttığı görülmektedir. Resim 6.8 ve Resim 6.11 aralığında verilen fotoğraflar incelendiğinde, çapak miktarının birden artmasının sebebinin kesme boşluğunun artışı ile çapağın çıkıntı şeklinde oluşmasından kaynaklandığı görülmektedir.

2 mm kalınlığında alüminyum sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraflar aşağıda verilmiştir.

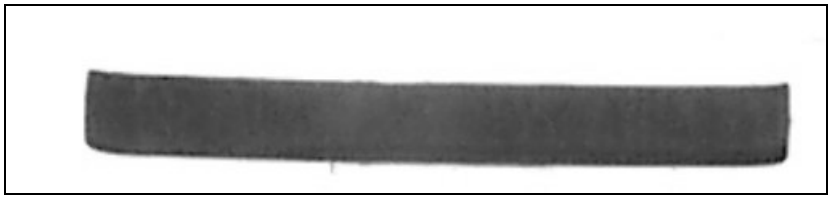


(a)

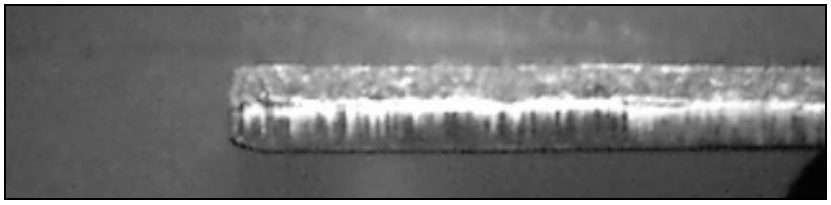
(b)

Resim 6.1. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac, numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda kesme boşluğunun çok dar olmasından dolayı parçalarda tamamen kesme olabilmektedir. Bazı numunelerde kesme yüzeyinde parça parça kopmalar görülmektedir. Parça parça kopmaların olmasının sebebi kesme işleminin zımbaya sıvanarak gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Parçalar ve yukarıda verilen resim incelendiğinde sağ tarafta yuvarlanmanın olması, sol tarafta yuvarlanma olmamasından kesmenin bir yüzeyde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Çapak ise sıvanmadan dolayı sıyrılma şeklinde oluşmuştur.



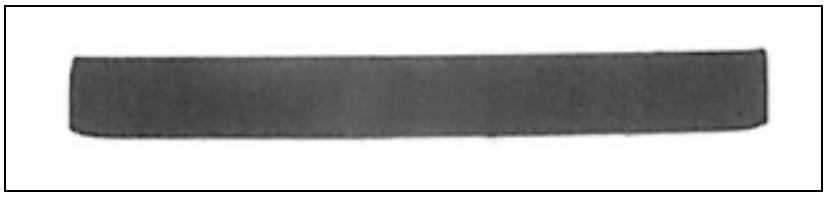
(a)



(b)

Resim 6.2. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda 0,06 mm kesme boşluğuna göre kesme-kopma hattı belirgindir. Kesme işlemi dalgalı bir biçimde gerçekleşmiştir. Kopma yüzeyinde parça parça kesmelerin gerçekleştiği yukarıdaki resimde görülmektedir. Kesme işlemi 0,06 mm kesme boşluğuna göre iki yüzeyde de eşit gerçekleşmiştir.



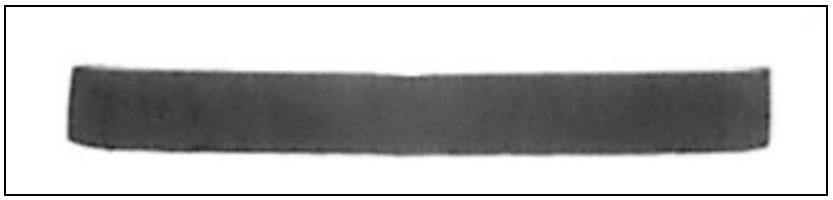
(a)

Resim 6.3. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü

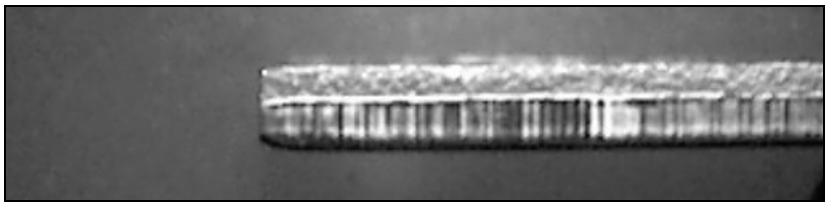
(b)

Resim 6.3. (Devam) 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü

0,10 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeyleri 0,06 ve 0,09 mm kesme boşluğuna göre daha nettir. Oluşan kesme hattı düz, fakat bazı numunelerin az dalgalı olduğu görülmektedir. Azda olsa kopma yüzeyinde küçük küçük kesme izleri oluşmuştur.



(a)



(b)

Resim 6.4. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

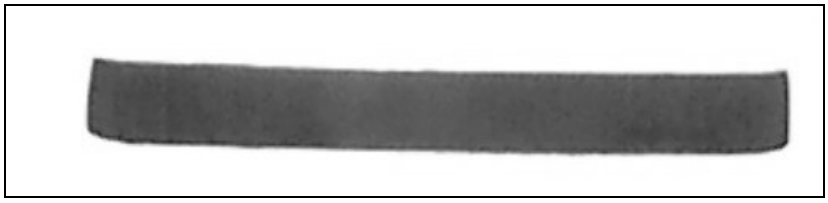
0,12 mm kesme boşluğu numuneleri, 0,10 mm kesme boşluğu numune resimleri ve ölçümleri ile karşılaştırıldığında kesme-kopma yüzeylerinin ve kesme hattının benzer olduğu görülmektedir. Fakat yuvarlanma ve çapaklanmada farklılıklar görülmektedir.

(a)

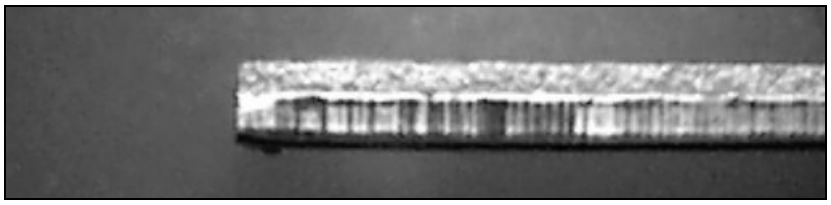
(b)

Resim 6.5. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeylerinin birbirinden net olarak ayrıldığı ve çapaklanmanın arttığı görülmektedir.



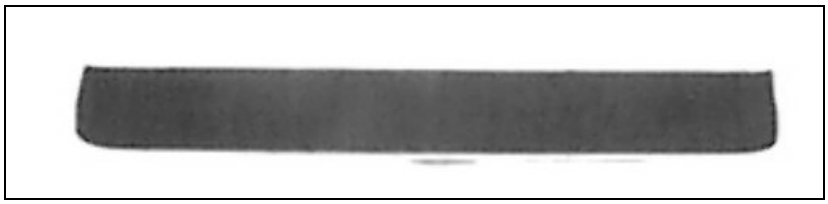
(a)



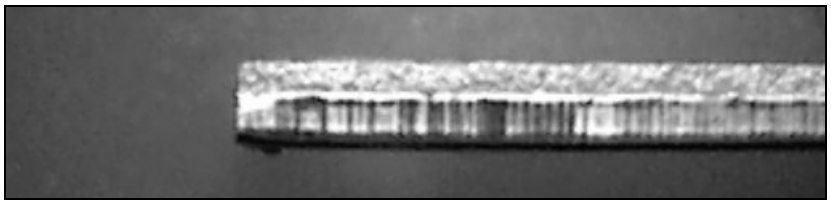
(b)

Resim 6.6. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeyleri belirgin ve düz bir kesme hattının oluştuğu, bazı parçaların kopma yüzeylerinde küçük parçalar halinde kesme izleri oluştuğu görülmektedir.

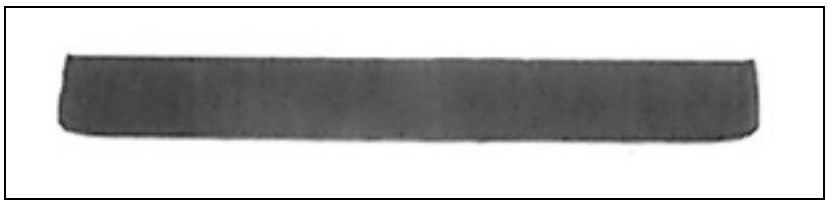


(a)

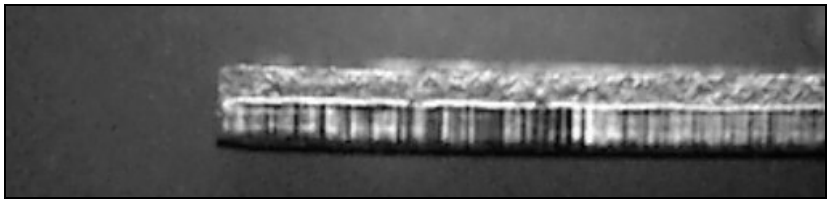


(b)

Resim 6.7. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.



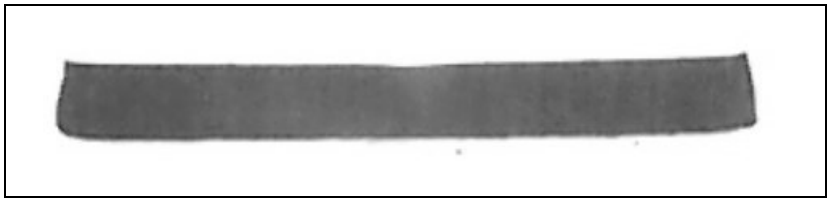
(a)



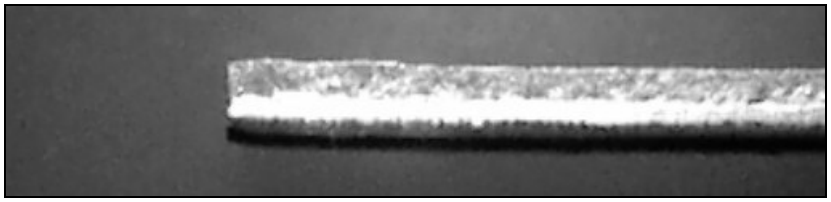
(b)

Resim 6.8. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğu, 0,20 mm kesme boşluğu değerine yakın olması nedeniyle benzer özellikler gösterdiği, yuvarlanma miktarının artığı görülmektedir.



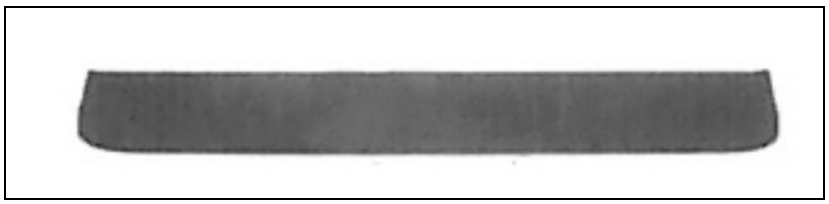
(a)



(b)

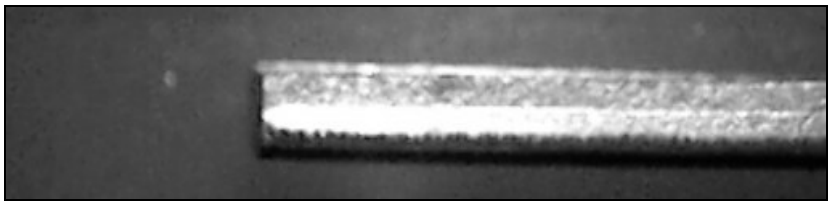
Resim 6.9. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda diğer numunelere oranla kesme işleminden kopmaya geçiş yavaş olduğu görülmektedir. Çapaklar çıkıntı şeklinde oluşmaya başlamıştır.



(a)

Resim 6.10. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü

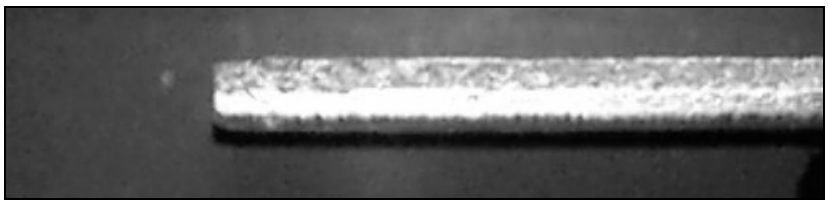


(b)

Resim 6.10. (Devam) 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğundaki numuneler de kesme boşluğu değeri bir önceki kesme boşluğu değerine yakın olmasından dolayı kesme izlerinin benzer olduğu görülmektedir.

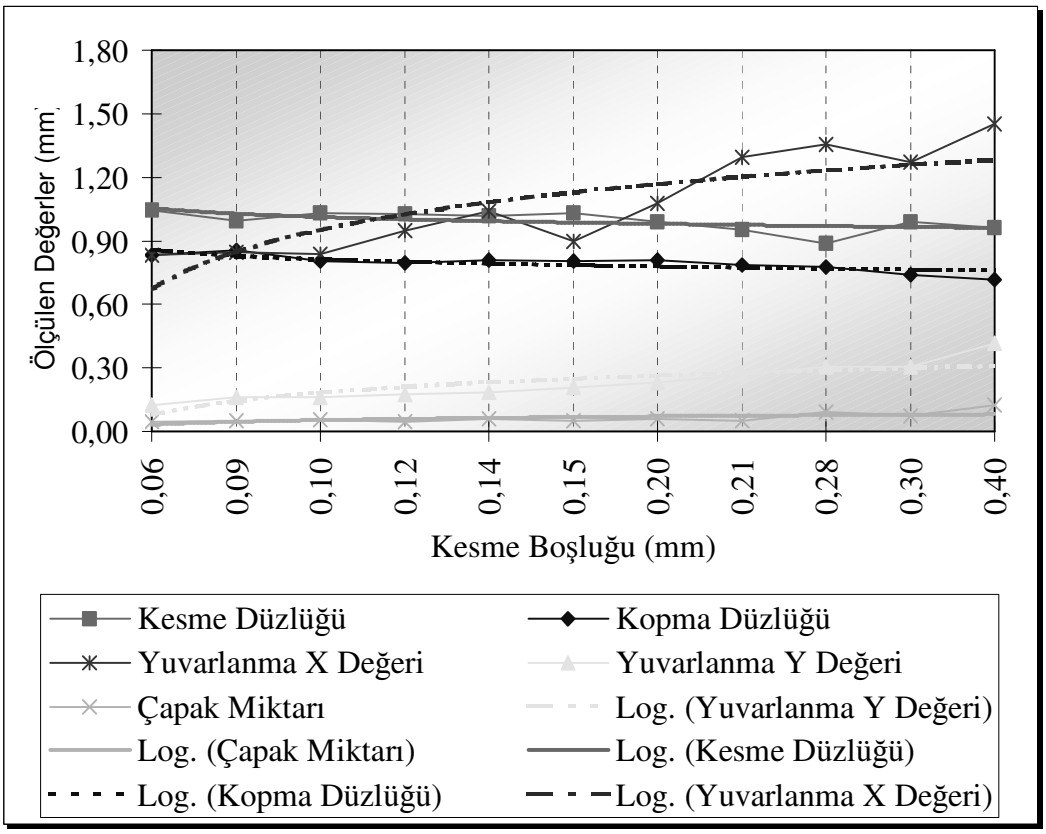
(a)



(b)

Resim 6.11. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş 2 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda kesme işleminden kopmaya geçiş yavaş yavaş olmuştur. Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi kesme boşluğunun fazla olmasından dolayı parçanın uç kısımlarında kıvrılmalar oluşmuştur. Bu da çapak miktarının ve yuvarlanma Y değerinin artmasına neden olmuştur.

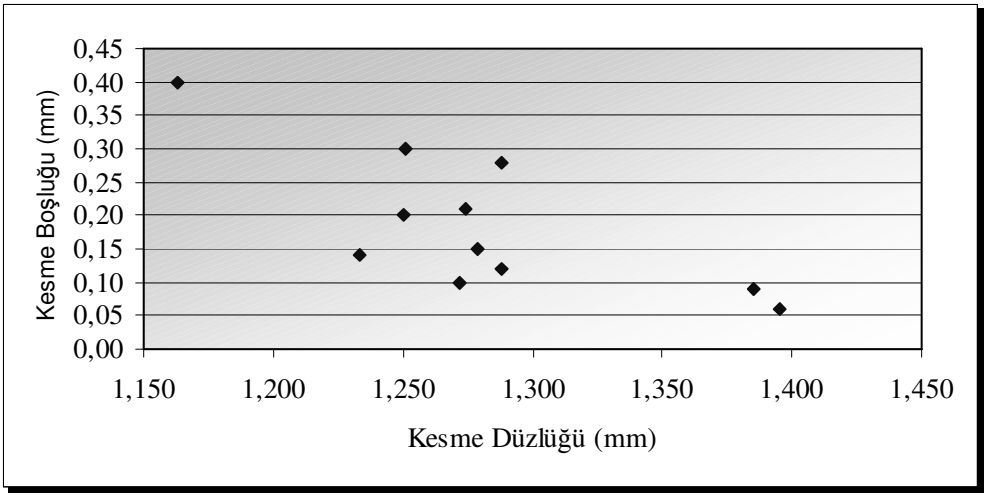


Şekil 6.6. 2 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi.

2 mm alüminyum sac numunelerinin incelenmesi sonrasında elde edilen ölçüm ortalamaları ve resimler değerlendirildiğinde kesme yüzeyi temiz parça istenilmesi durumunda 0,06 mm kesme boşluğu değeri alınabilir. Bu değer seçildiğinde kesme işleminin sıvanma şeklinde gerçekleşeceğinden sürtünmenin artacağı buna bağlı olarak pres kuvvetinin ve sıvanarak kesme gerçekleşeceğinden aşınmanın artacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer istenilen numunede kesme düzlüğü ve ölçü tamlığı hassas değil ise 0,20 mm ve 0,21 mm kesme boşlukları seçilebilir. Bu kesme boşluğu seçimi kesme kuvvetini ve zımba aşınmasını azaltacak yönde fayda sağlayacaktır.

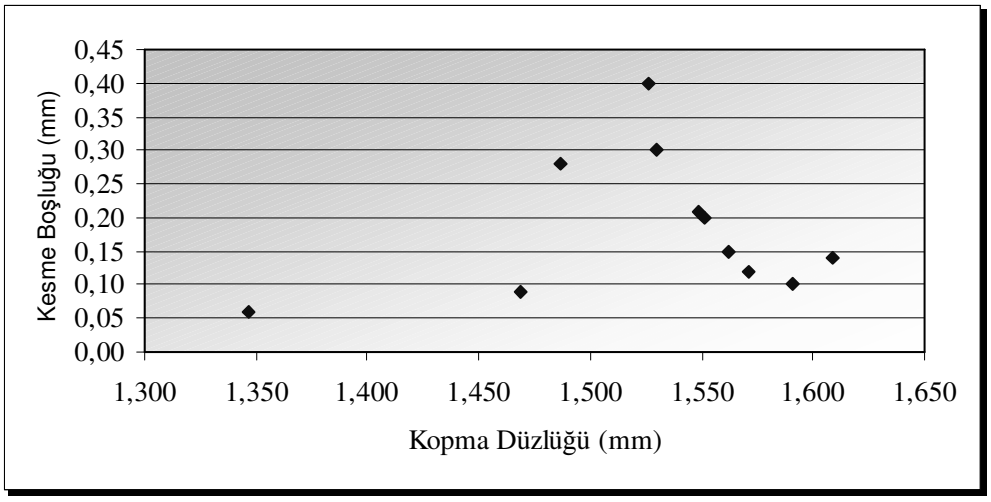
Parça düzlemselliği, yuvarlanma miktarı ve kesme düzlüğü göz önüne alınarak 2 mm sac kalınlığında alüminyum için 0,10 mm kesme boşluğunun alınmasının uygun olacağı görülmektedir.

- *3 mm kalınlığındaki alüminyum sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



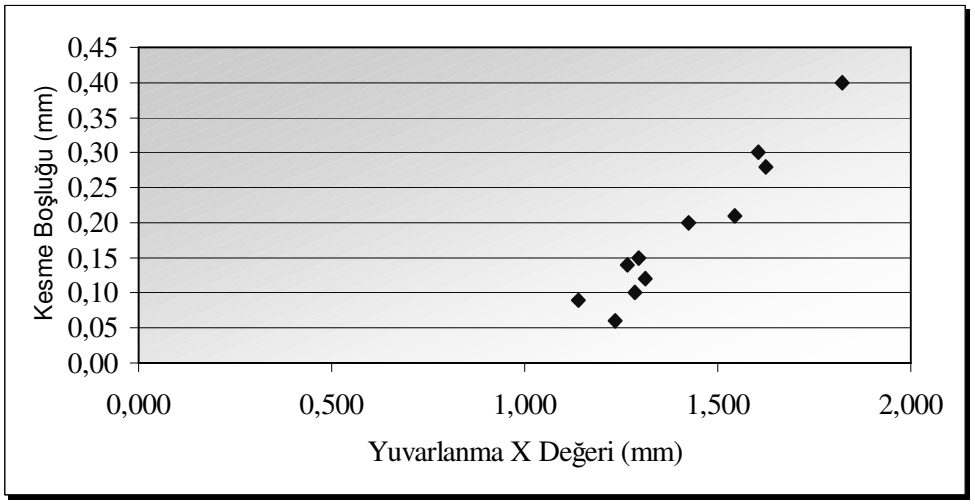
Şekil 6.7. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.

Şekil 6.7' deki grafik incelendiğinde maksimum kesmenin 0,06 ve 0,09 mm kesme boşluklarında olduğu, kesme işleminin minimum kesme boşluğunda maksimum, maksimum kesme boşluğunda minimum olduğu görülmektedir. 2 mm alüminyum verileri ile karşılaştırıldığında 3 mm alüminyumda ilk ve son kesme boşlukları dışındaki kesme boşluklarında kesme düzlüğünün yüzdelik değerlerde birbirine yakın olduğu görülmektedir.



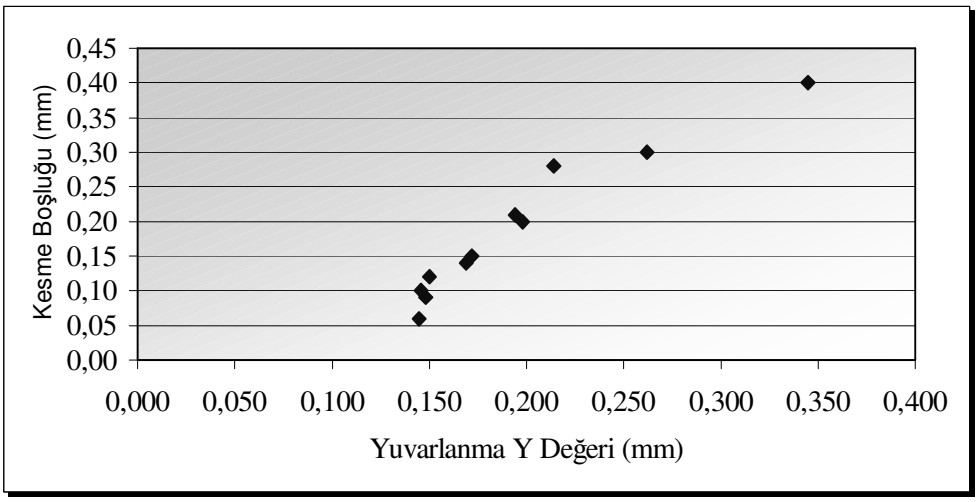
Şekil 6.8. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.

Şekil 6.7' deki kesme düzlüğü grafiğine paralel olarak kesme düzlüğünün maksimum olduğu kesme boşluklarında kopma düzlüğünün minimum olduğu Şekil 6.8' de görülmektedir.



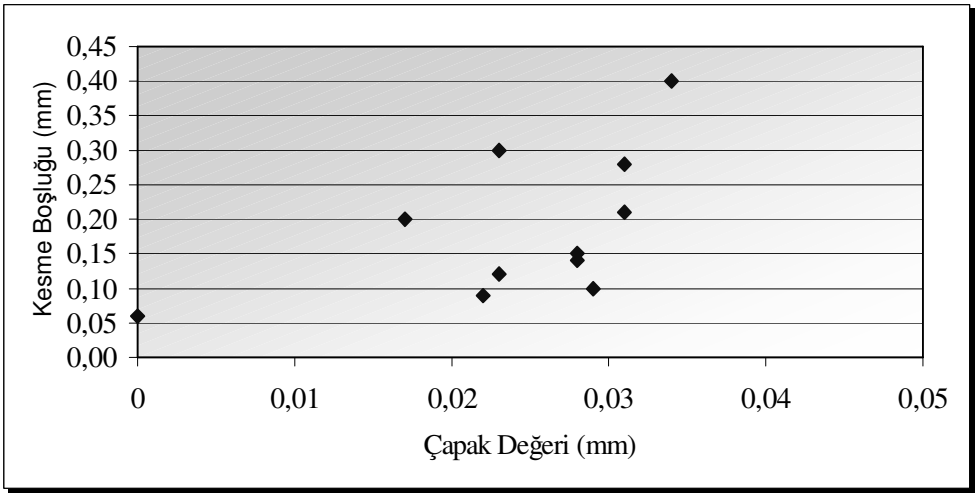
Şekil 6.9. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.

Şekil 6.9'da kesme boşluğunun artması ile X yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının artığı ve bu artışın 2 mm alüminyum malzeme ile nerdeyse paralel olduğu görülmektedir.



Şekil 6.10. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.

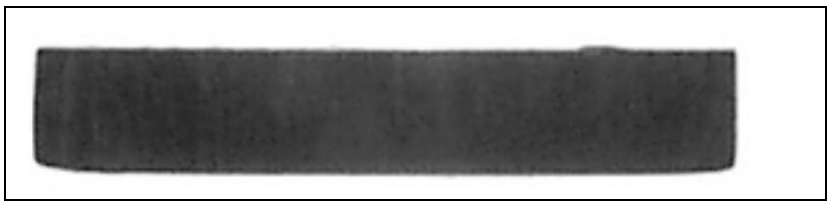
Şekil 6.10' da Y yönünde meydana gelen yuvarlanma, X yönünde meydan gelen yuvarlanmaya paralel olarak, kesme boşluğunun artması ile artığı ve 2 mm alüminyum malzemeye göre, son kesme boşluklarında daha az yuvarlanma olduğu görülse de yuvarlanma grafiğinin paralel olduğu görülmektedir.



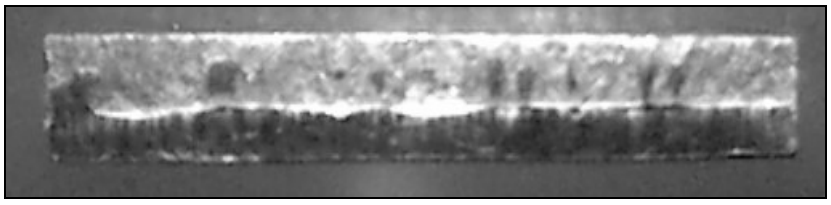
Şekil 6.11. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.

Şekil 6.11’ de minimum kesme boşluğunda çapak oluşmadığı, kesme boşluğunun artışına göre çapak miktarının artığı ve 2 mm alüminyum çapak grafiğine göre daha dağınık bir çapak oluşumu meydana geldiği görülmektedir.

3 mm kalınlığında alüminyum sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



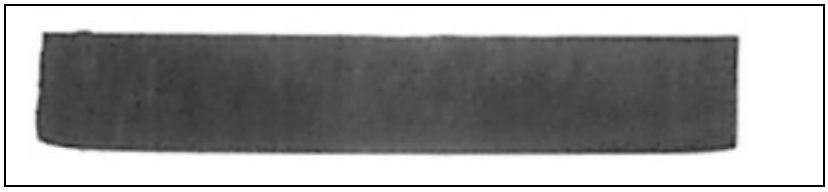
(a)



(b)

Resim 6.12. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda kesme boşluğunun düşük olmasından dolayı parçada kesme yüzeyi çoğunluktadır. Bazı parçaların yüzeyinde tamamen kesme oluşmuştur. 2 mm alüminyumda 0,06 mm kesme boşluğunda görünen tek taraflı kesmenin artması burada da görülmüştür. Ayrıca parçada çapak oluşumu gözlenmemiştir.

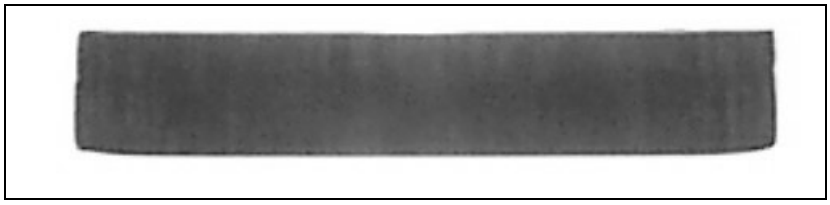


(a)

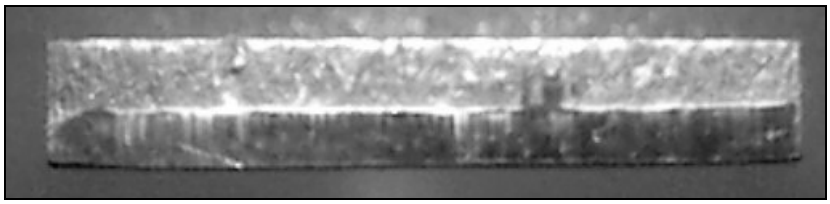
(b)

Resim 6.13. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda kesme işlemi 0,06 mm kesme boşluğuna göre tamamen gerçekleşmemiştir. Resimden de anlaşıldığı gibi oluşan kesme hattı dalgalı ve kopma yüzeyinde kesmeler oluşmuştur.



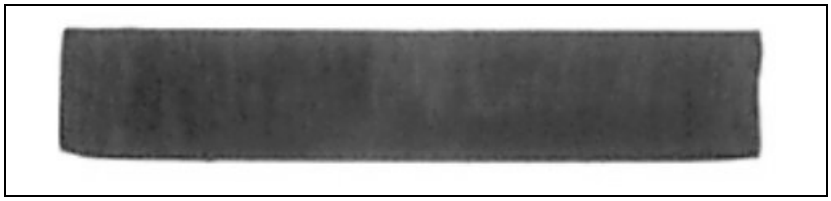
(a)



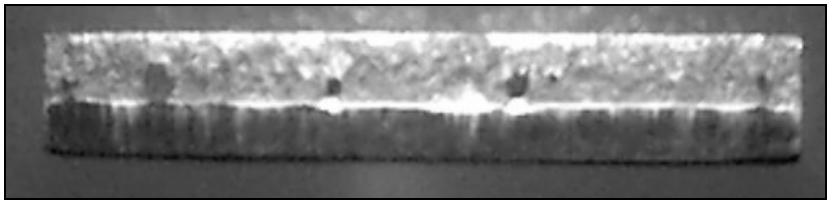
(b)

Resim 6.14. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı 0,09 mm kesme boşluğuna göre az dalgalı ve kopma yüzeyinde oluşan kesme izleri daha az miktardadır.



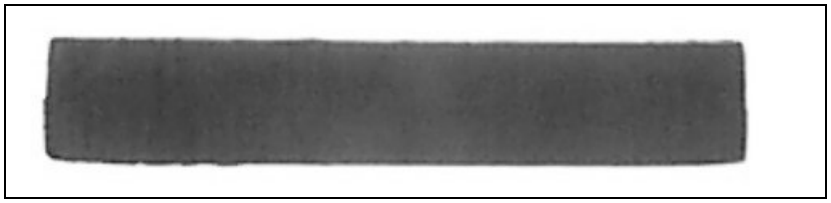
(a)



(b)

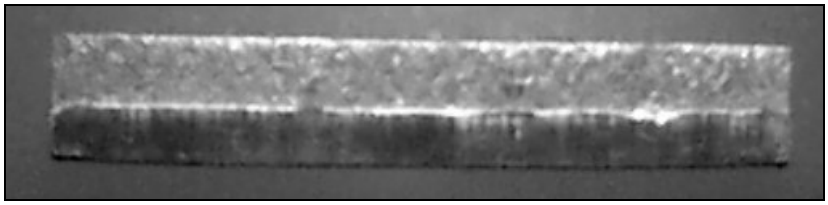
Resim 6.15. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda 0,10 mm kesme boşluğuna oranla daha belirgin bir kesme-kopma yüzeyi oluşmuş ve kesme hattındaki dalgalanma azdır. Kopma yüzeyinde resimde görüldüğü gibi parça parça kesme izleri oluşmuştur.



(a)

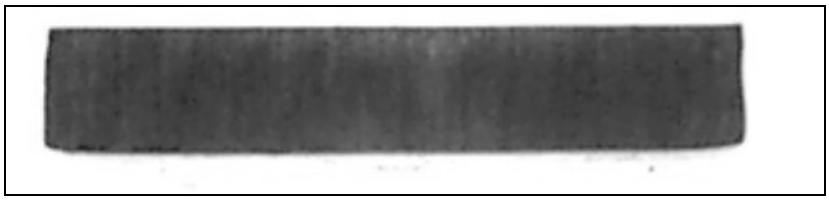
Resim 6.16. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü



(b)

Resim 6.16. (Devam) 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı düz fakat kesme yüzeyinden kopma yüzeyine doğru küçük çıkıntılar oluşmuştur. Kesme yüzeyinin temiz olduğu, kopma yüzeyinde küçük küçük kesme izlerinin olduğu görülmektedir.

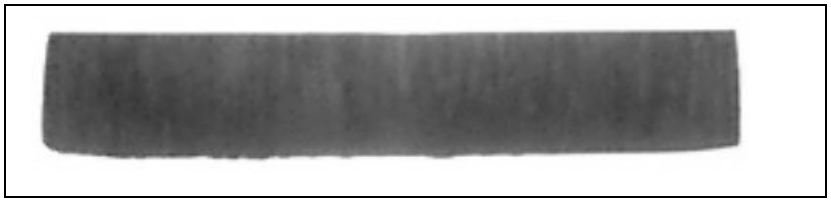


(a)

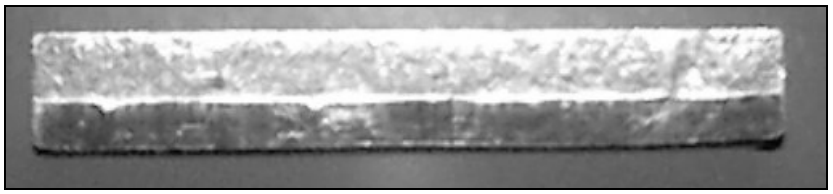
(b)

Resim 6.17. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeyin ve yuvarlanmanın 0,14 mm kesme boşluğuna yakın olduğu görülmektedir. Kesme düzlüğünün 0,14 mm kesme boşluğuna göre az olmasına rağmen kesme çizgilerinin az olması ideal kesme boşluğunun olduğunu göstermektedir.



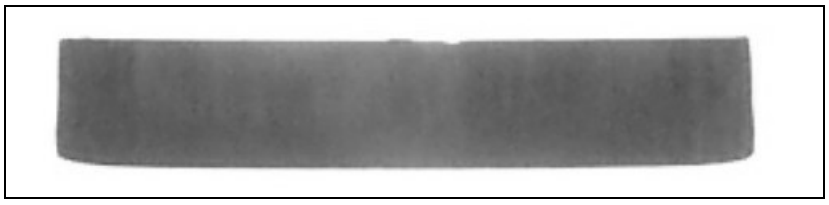
(a)



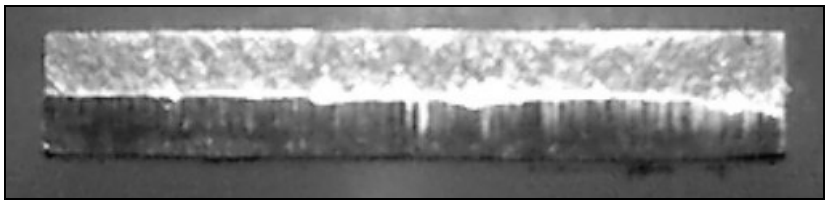
(b)

Resim 6.18. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda, yukarıda ki resimden de anlaşılacağı gibi oluşan kesme hattı diğer numunelere oranla düz, kesme ve kopma yüzeyleri temizdir. Bu kesme boşluğunda kesme düzlüğü azalmıştır.



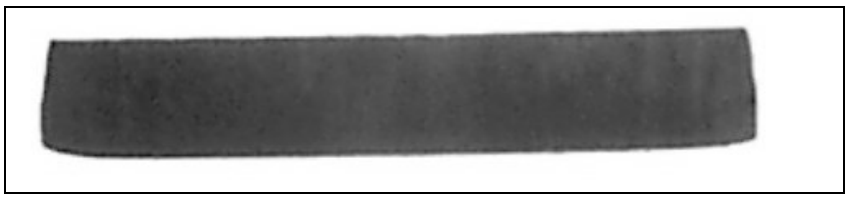
(a)



(b)

Resim 6.19. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeyin ve yuvarlanmanın 0,20 mm kesme boşluğuna yakın olduğu görülmektedir. Bir önceki numuneye göre kesme düzlüğünde çizgiler oluşmuş ve kesme düzlüğü azalırken kesme çizgisi düzlüğünü kaybetmiş dalgalı bir yapı oluşmuştur.

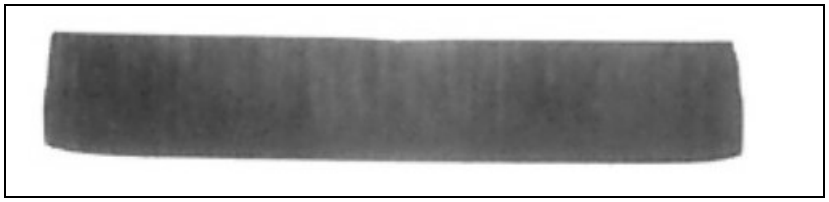


(a)

(b)

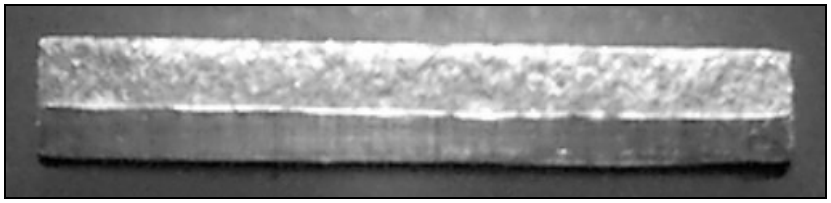
Resim 6.20. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattın düz olduğu ve kesme boşluğunun artmasından dolayı parçaların düzlemselliğinin bozulduğu görülmektedir. Düzlemselliğin bozulması yuvarlanmanın X ve Y yönünde meydana gelen ölçü artışından da anlaşılmaktadır.



(a)

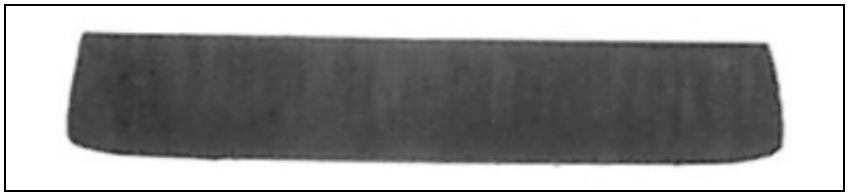
Resim 6.21. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü



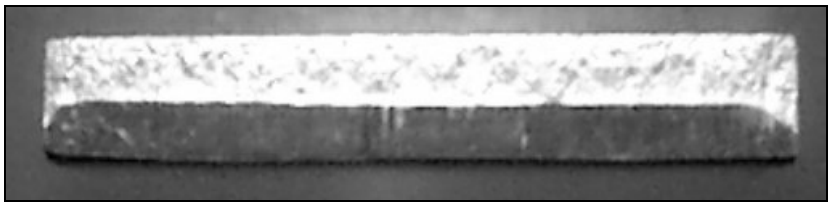
(b)

Resim 6.21. (Devam) 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda kesme-kopma yüzeyin ve yuvarlanmanın 0,28 mm kesme boşluğuna yakın olduğu, numunelerdeki düzlemselliğin daha da bozulduğu görülmüştür.



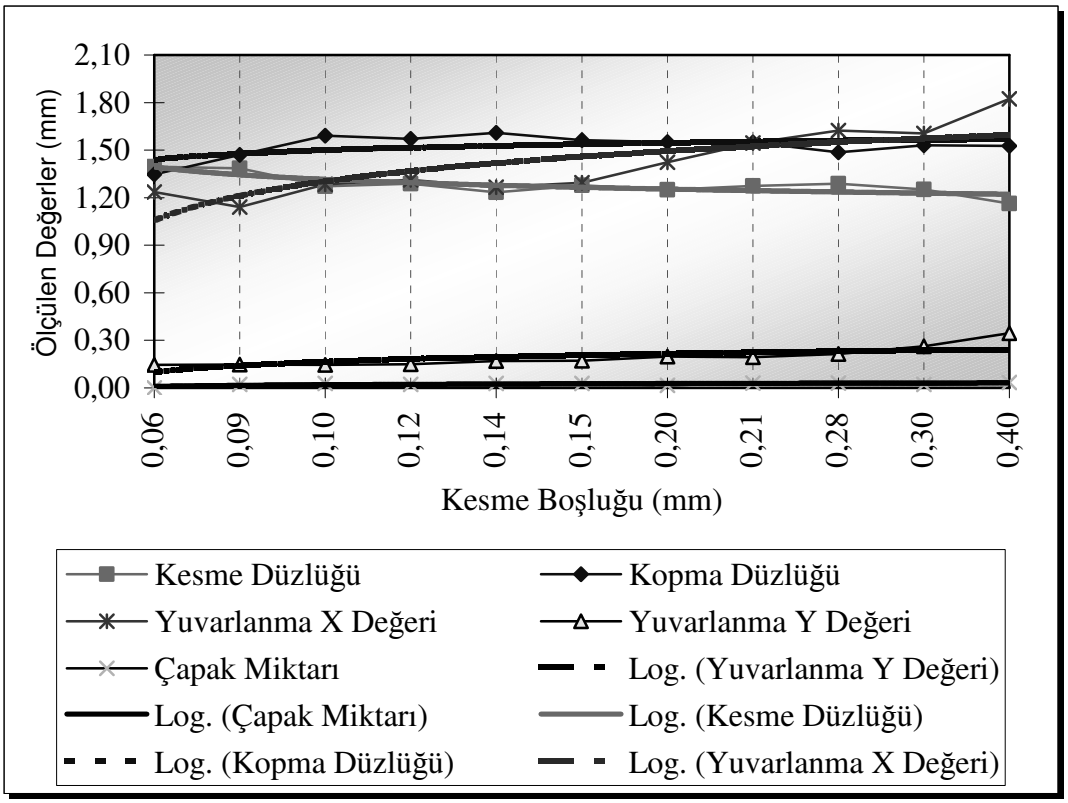
(a)



(b)

Resim 6.22. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda, 0,30 mm kesme boşluğuna göre kesme miktarının azaldığı, kopma ve yuvarlanma miktarının artığı, yuvarlanma miktarının artması ile birlikte parça düzlemselliğinin bozulduğu, parça düzlemselliğin bozulmasına bağlı olarak kesme çizgisinin yuvarlama yönünde oluştuğu ve çapak miktarının arttığı görülmektedir.

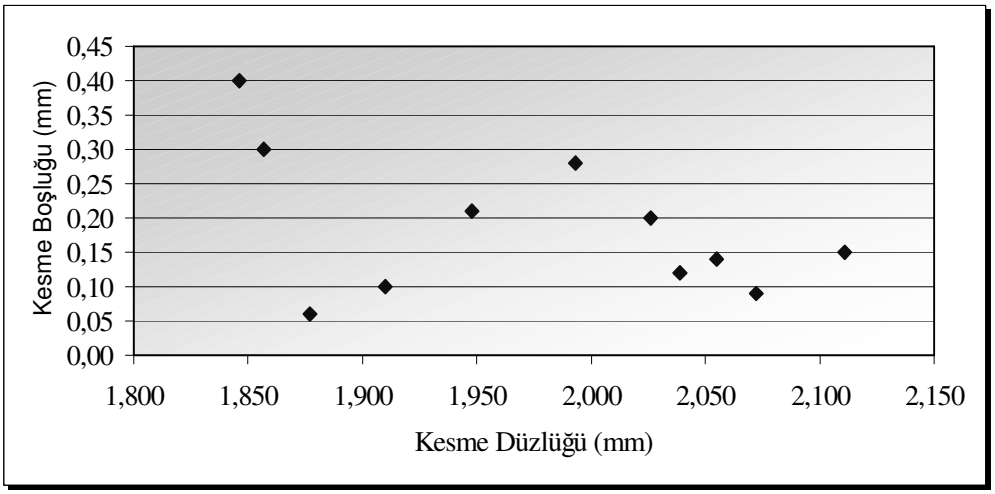


Şekil 6.12. 3 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

3 mm alüminyum sac numunelerinin incelenmesi sonrasında elde edilen ölçüm ortalamaları ve resimler değerlendirildiğinde kesme yüzeyinin fazla olması istenilir ise 0,06 ve 0,09 mm kesme boşluğu alınabilir. Bu derece düşük kesme boşluğunda 2 mm alüminyumda olduğu gibi kesme işlemi sıvanma şeklinde gerçekleşerek kesme kuvvetinin artmasına, zımba aşınmasına ve kalıp ömrünün azalmasına sebep olacaktır. Eğer düzlemsellik hassas değil ise kesme boşluğu değeri 0,20-0,21 ve 0,28 mm seçilebilir. Bu şekilde bir seçim kesme kuvvetinin azalmasını, kalıbın daha seri çalışmasını ve zımbanın daha geç aşınmasını sağlayacaktır.

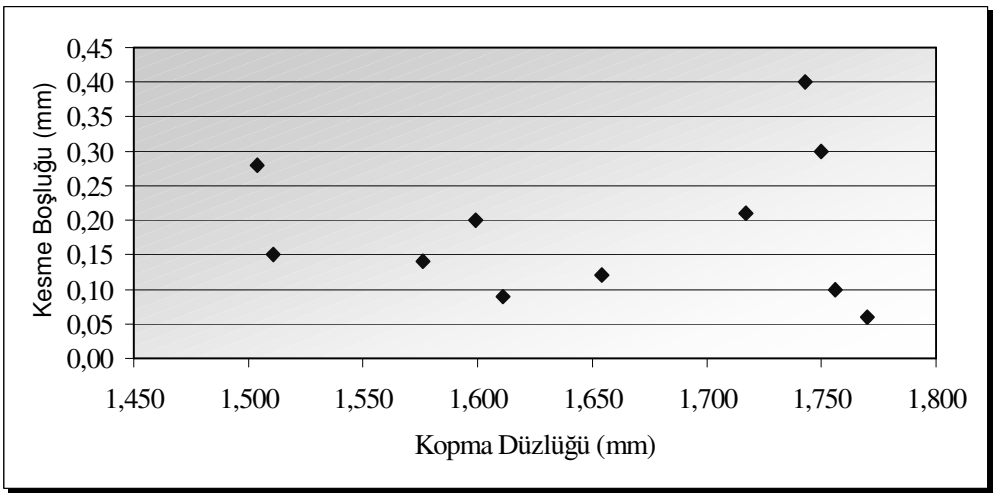
Parça düzlemselliği, yuvarlanma miktarı ve kesme düzlüğü açısından elde edilen verilere bakıldığında 0,15 mm kesme boşluğunun 3 mm alüminyum için uygun olacağı görülmektedir.

- *4 mm kalınlığındaki alüminyum sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



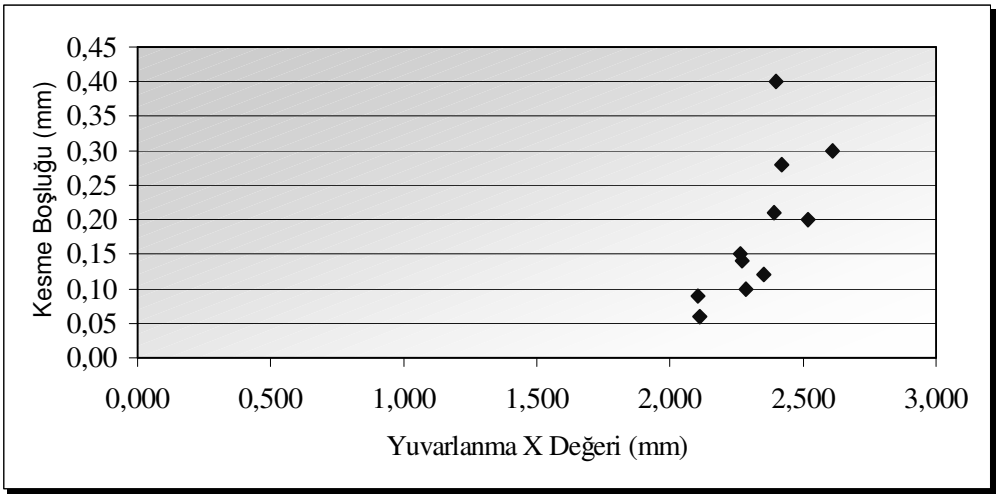
Şekil 6.13. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.

Şekil 6.13 'deki grafik incelendiğinde kesme düzlüğünün kesme boşluğuna göre sürekli olarak değişkenlik gösterdiği, sac malzemenin kalınlığı artığı için kesme boşluğunun artması gerektiğinden düşük kesme boşluklarında kararlı bir kesme olmadığı gözlenmiştir.



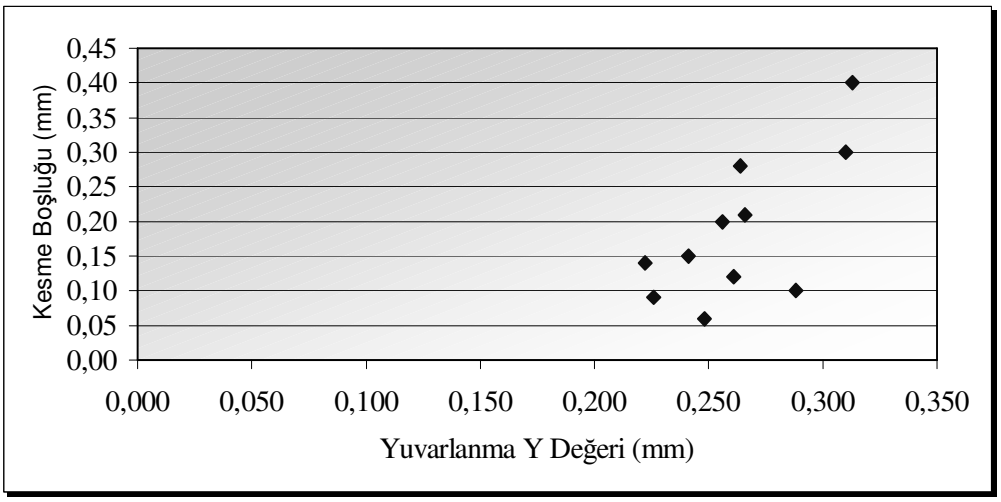
Şekil 6.14. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.

Şekil 6.14' deki kopma düzlüğü grafik değerinin bir önceki kesme düzlüğü grafik değeri ile örtüştüğü görülmektedir. Bu değerlerin doğruluğunu kontrol etmek için baskı ve ölçümler tekrarlanmıştır. Ölçümler bir önceki sonuç ile benzer çıkmıştır. Kopma değerlerinin dağınık çıkmasının sebebi; 2 ve 3 mm numunelerde oluşmayan 4 mm numunelerde karşılaştığımız kesme işleminin dişi kalıp ve zımba tarafından gerçekleşmesi ile oluşan çift taraflı kesmeden kaynaklanmıştır. Çift taraflı oluşan kesme yüzeyleri resimlerde verilmiştir.



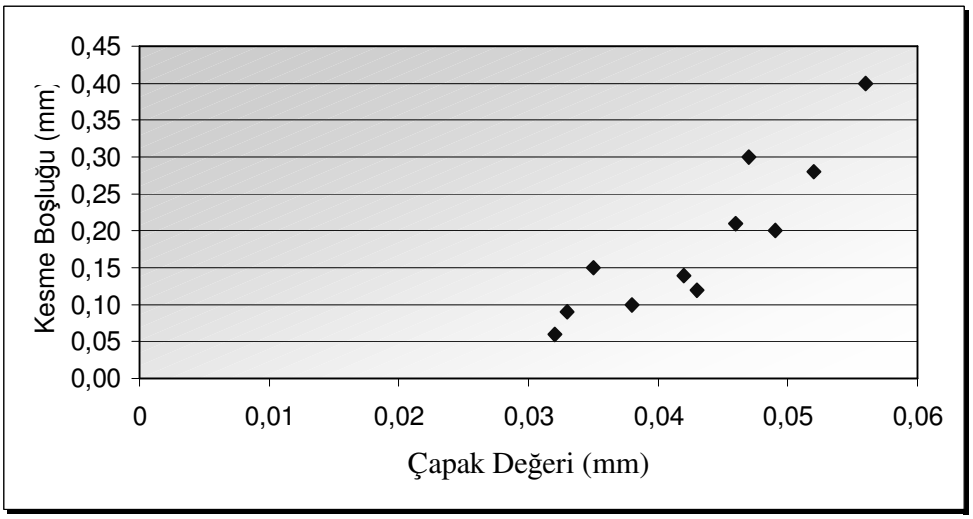
Şekil 6.15. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.

2 ve 3 mm kalınlığındaki alüminyum numunelerine göre yuvarlanma X değerlerinin birbirine yakın olduğu ve kesme boşluğunun artışına göre daha dik bir eğri çizdiği Şekil 6.15' de görülmektedir.



Şekil 6.16. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.

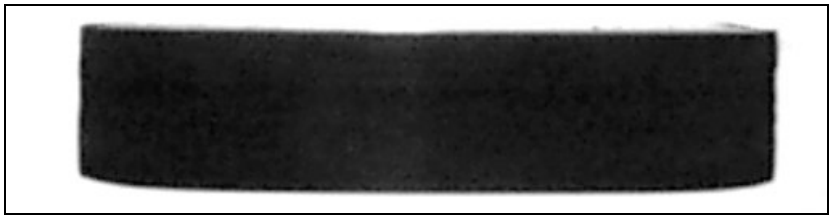
Şekil 6.16' da yuvarlanmanın Y değerinde 2 ve 3 mm kalınlığında ki numunelere göre birbirine yakın değerler çıktığı görülmektedir.



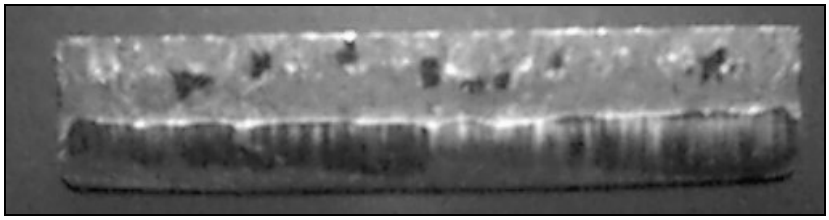
Şekil 6.17. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı.

Şekil 6.17' de kesme boşluğunun artışıyla doğru orantılı olarak, çapak miktarının artığı görülmektedir.

4 mm kalınlığında alüminyum sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



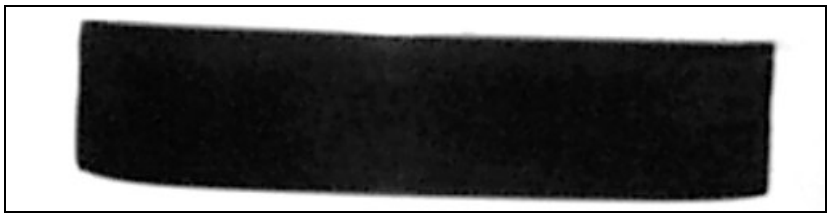
(a)



(b)

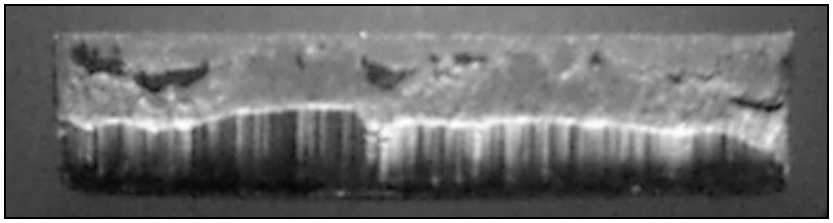
Resim 6.23. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda yukarıda ki resimden de anlaşılacağı gibi dalgalı bir kesme hattı oluşmuştur. Kopma yüzeyinde kesmeler meydana gelmiştir. Bazı numunelerde ise yüzeyde tamamen kesme oluşmuş ve yüzeyde parça parça kopmalar meydana gelmiştir.



(a)

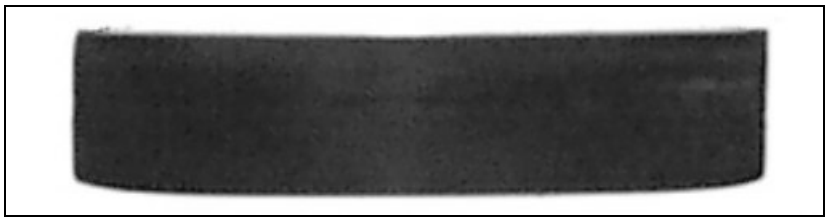
Resim 6.24. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü



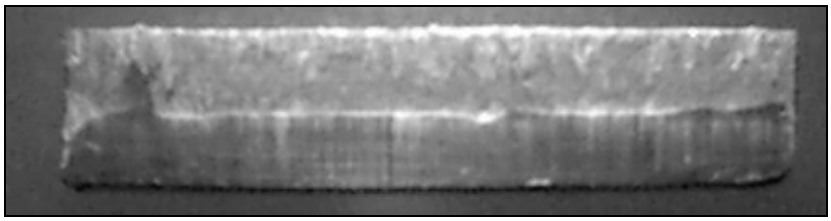
(b)

Resim 6.24. (Devam) 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda kesme hattı 0,06 mm kesme boşluğuna göre daha fazla dalgalıdır. Parçada çift kademeli bir kesme oluşmuştur. Bazı numunelerde kopma yüzeyinde parça parça kesmeler oluşmuştur.



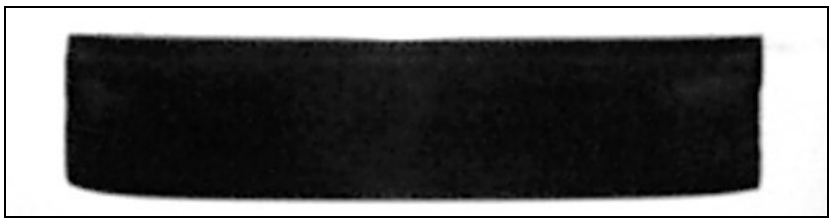
(a)



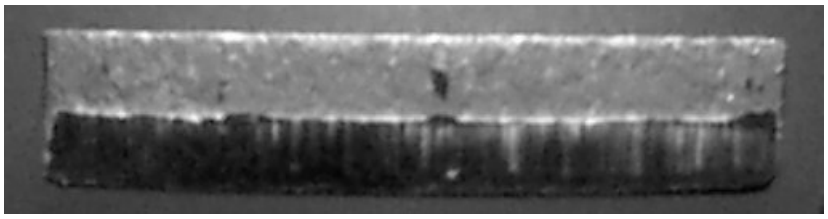
(b)

Resim 6.25. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda kesme işlemi 0,09 mm kesme boşluğunda olduğu gibi çift taraflı gerçekleşmiştir. Bazı numunelerde ise bölgesel olarak kesme işlemi, kopma yüzeyine doğru sıyrılarak oluşmuştur.



(a)



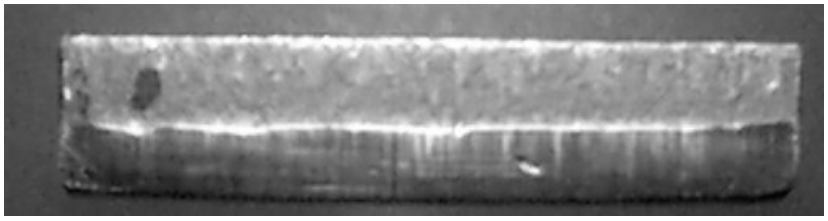
(b)

Resim 6.26. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda 0,10 mm kesme boşluğuna oranla daha düz bir kesme hattı oluşmuştur. Yukarıda resimde de görüldüğü gibi kopma yüzeyinde parça parça kesmeler oluşmuştur.

(a)

Resim 6.27. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü

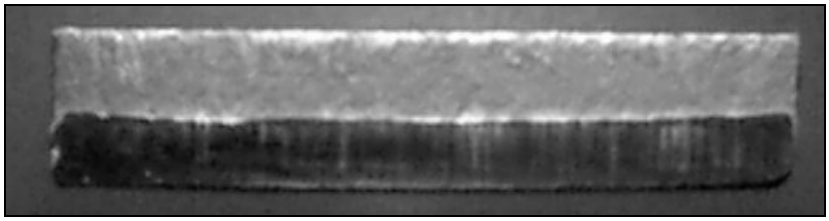


(b)

Resim 6.27. (Devam) 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda kesme hattı düz, bazı yerlerde girinti ve çıkıntılar vardır. Kopma yüzeyinde parça parça kesmeler meydana gelmiştir.

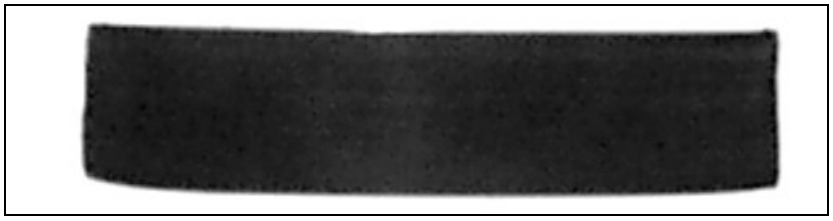
(a)



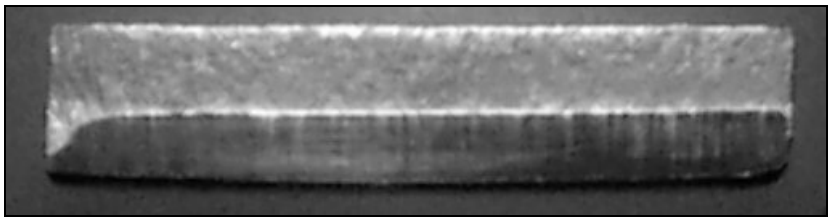
(b)

Resim 6.28. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğu, 0,14 mm kesme boşluğu değerine yakın olması nedeniyle benzer özellikler gösterdiği, kopma yüzeyinde kesme izlerinin olmadığı görülmektedir.



(a)



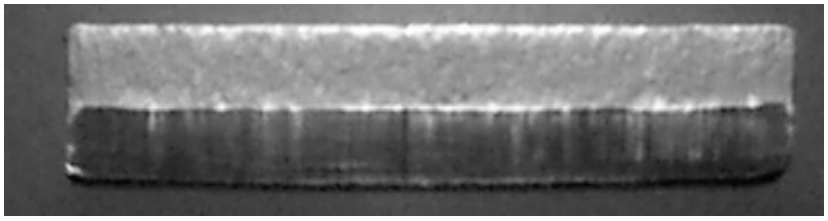
(b)

Resim 6.29. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda düz bir kesme hattı oluşmuştur. Bazı numunelerde çok az miktarda çift taraflı kesmeler oluşmuştur. Kopma yüzeyi diğer kesme boşluklarına oranla homojendir.

(a)

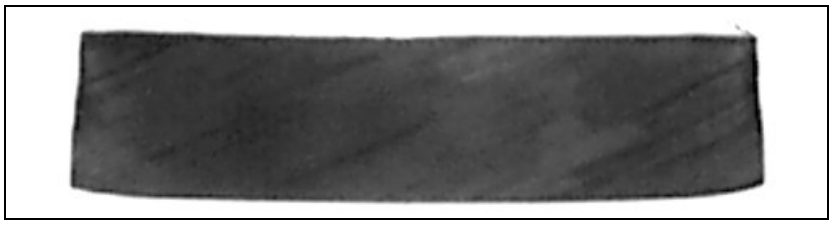
Resim 6.30. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü



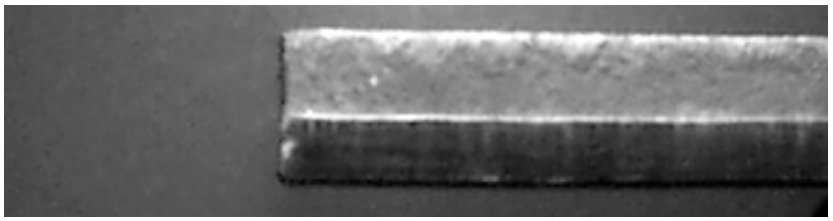
(b)

Resim 6.30. (Devam) 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğu, 0,20 mm kesme boşluğu değerine yakın olması nedeniyle benzer özellikler gösterdiği görülmektedir.



(a)

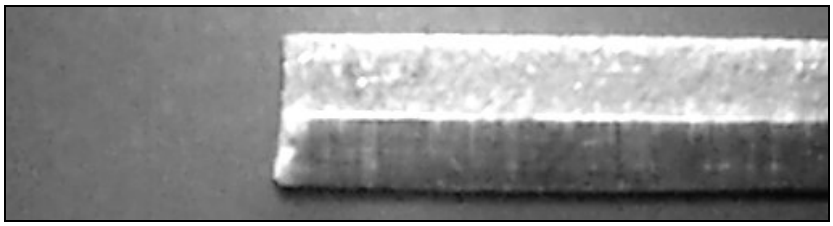


(b)

Resim 6.31. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda düz bir kesme hattı oluşmasına rağmen uçlarda ve bazı bölgelerde kopma yüzeyinin, kesme yüzeyine doğru indiği görülmektedir.

(a)



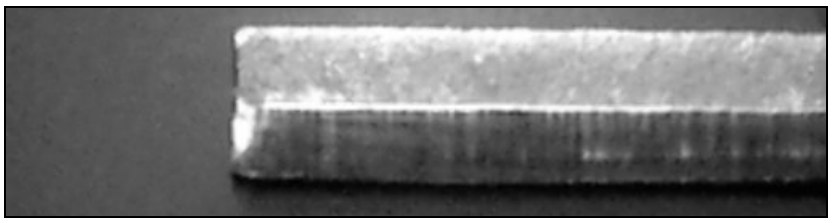
(b)

Resim 6.32. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğu, 0,28 mm kesme boşluğu değerine yakın olması nedeniyle benzer özellikler gösterdiği, kesme düzlüğünün azaldığı, yuvarlanma miktarının artığı görülmektedir.

(a)

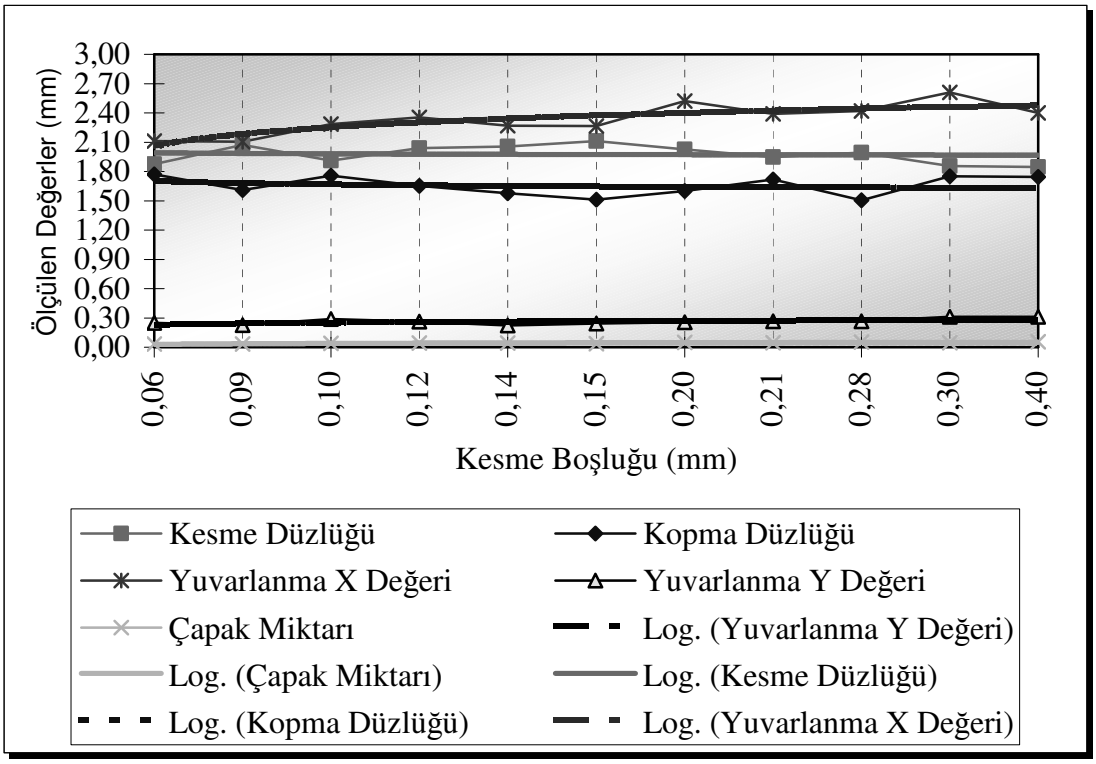
Resim 6.33. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü



(b)

Resim 6.33. (Devam) 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm alüminyum sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda kesme-kopma düzlüğünün 0,30 mm kesme boşluğu değerine yakın olduğu görülmektedir.



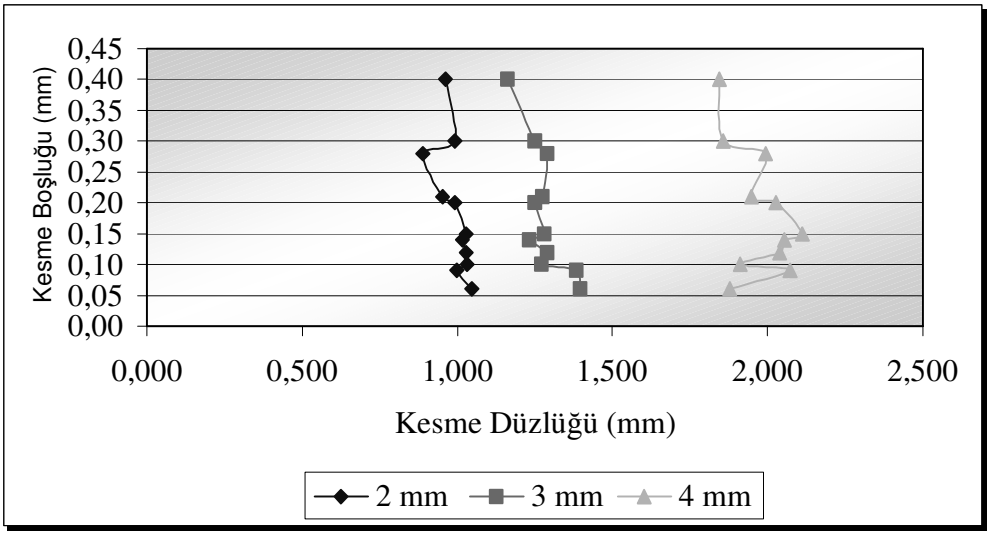
Şekil 6.18. 4 mm alüminyum sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

4 mm alüminyum sac numunelerinin incelenmesi sonrasında elde edilen ölçüm ortalamaları ve görüntüler değerlendirildiğinde 4 mm alüminyum için kesme boşluğunun 0,15 mm kesme boşluğuna kadar kesme boşluklarının az olması

nedeniyle kesme düzlüğünün kararsız bir yapı izlediği, kesme düzlüğüne bağlı olarak yuvarlanma Y değerinin de kararsız olduğu ve çift taraflı kesme işleminin gerçekleşmesinden dolayı kopma düzlüğü değerlerinin dağınık olduğu görülmektedir. Düzlemselliğin önemli olduğu durumlarda minimum kesme boşluğu kullanılabilir. Minimum kesme boşluğunda kesme işlemi sıvanma şeklinde olacağından pres kuvveti, zımba aşınmasının artacağı unutulmamalıdır.

0,20 ve 0,21 mm kesme boşluğu deneylerinden elde edilen numuneler incelendiğinde parça düzlemselliği, yuvarlanma miktarı ve kesme düzlüğü açısından 0,20 mm ve 0,21 mm kesme boşluğunun 4 mm alüminyum için uygun bir kesme boşluğu olduğu görülmektedir.

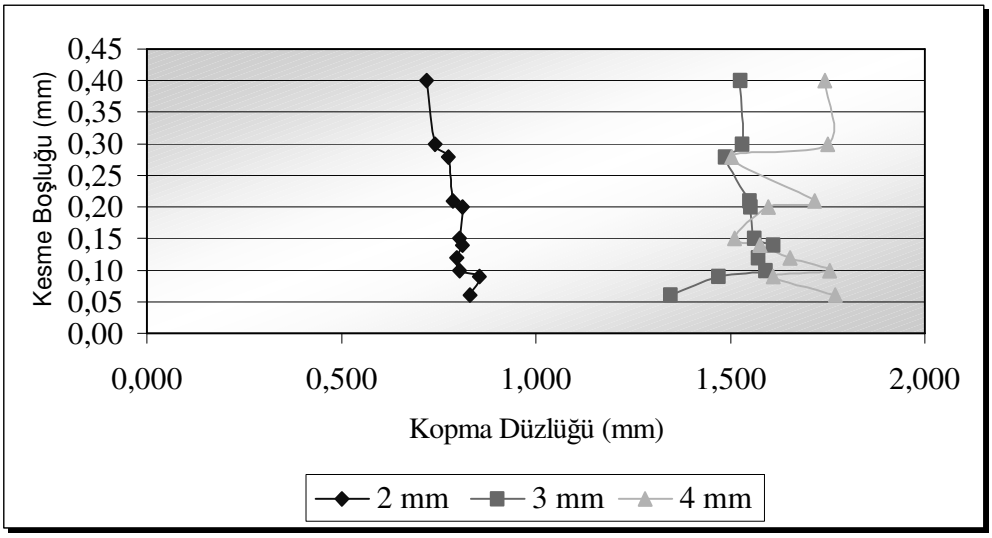
Alüminyum malzemesi için elde edilen kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak değerleri karşılaştırmalı olarak aşağıda tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 6.19. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.

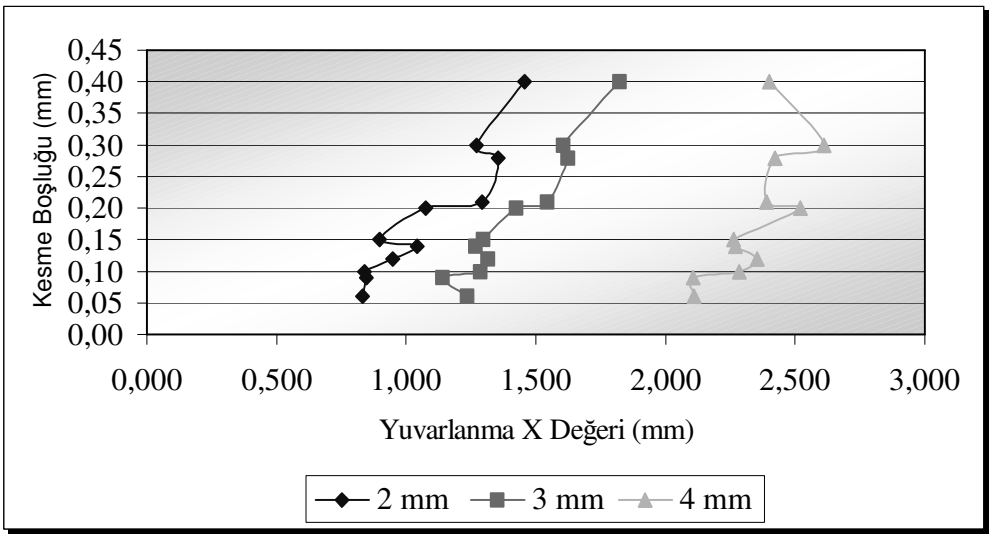
Şekil 6.19' da üç kalınlık için kesme düzlüğü ortalama değerler ve grafik incelendiğinde kesme boşluğuna göre kesme düzlüğü değerlerindeki değişmenin birbirleri ile paralel gittiği, 4 mm alüminyum malzemede çift taraflı kesme

gerçekleşmesinden dolayı diğer iki numunelere oranla dağınık bir eğri oluşturduğu, ayrıca her üç numunede de kesme boşluğunun artışı ile kesme düzlüğünün azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.20. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı.

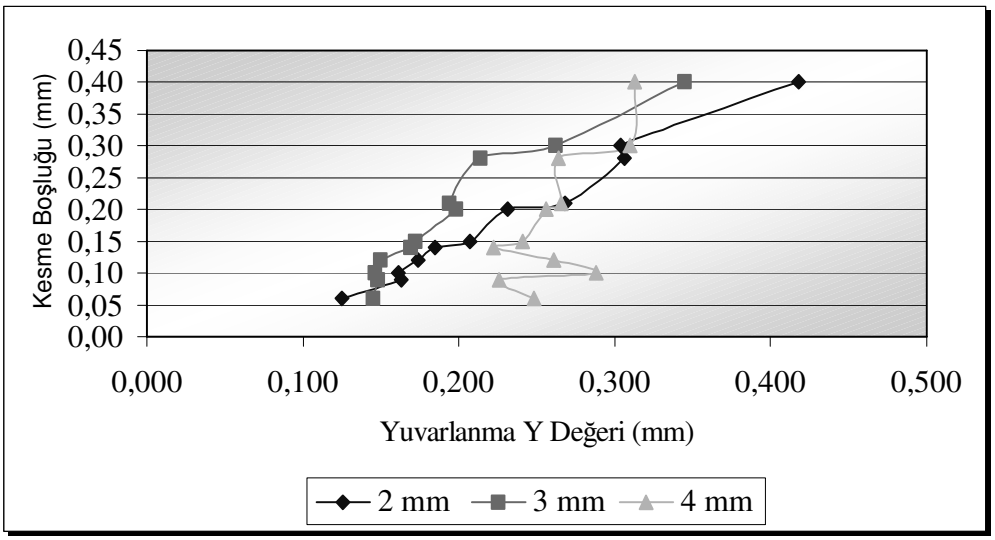
Şekil 6.19' da kesme düzlüğü grafiğinde de görüldüğü gibi Şekil 6.20' deki 2 mm ve 3 mm malzemelerde kopma düzlüğü birbirine göre paralel bir yol izlerken, 4 mm alüminyum malzemede oluşan çift taraflı kesmeden dolayı kopma düzlüğünün dalgalı bir eğri oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 6.21. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı.

Şekil 6.21' de 2 mm ve 3 mm alüminyum malzemelerin yuvarlanma X değeri eğrisinin birbirine göre paralel ve kesme boşluğu artışına göre artış gösteren bir eğri oluşturduğu görülürken, 4 mm alüminyum numunelerinin kesme boşluğuna göre dağınık ve diğer iki numuneye göre daha dik bir eğri oluşturduğu görülmektedir.

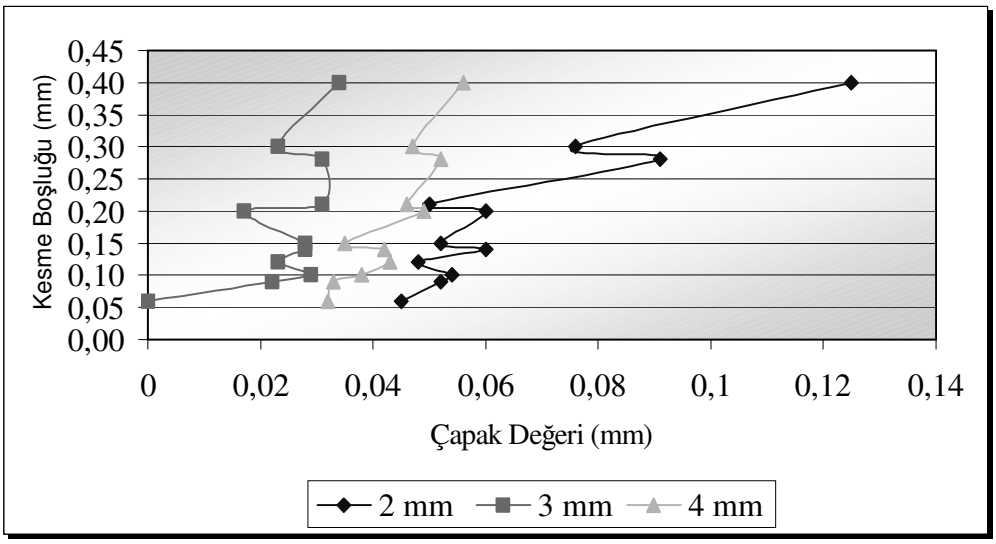
Kesme sonrası yuvarlanma X değerinin artması malzemenin düzlemselliğini etkilediği numune fotoğraflarında görülmektedir. Kesilen malzeme boyutunun küçülmesi durumunda yuvarlanma X değerinin etkisi daha da artacak ve önemli hale gelecektir. Aynı kesme boşluğunda malzeme boyutunun küçülmesi ile birlikte düzlemsellik daha da azalacaktır. Bu nedenle düzlemsellik istenilen malzemelerde kesme boşluğu belirlenirken kesilecek kısmın boyutu da dikkate alınmalıdır.



Şekil 6.22. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı

Şekil 6.22' de 2 mm ve 3 mm alüminyum sac malzemelerin yuvarlanma Y değeri eğrisinin birbirine göre paralel ve kesme boşluğu artışına göre, artış gösteren bir eğri oluşturduğu görülürken, 4 mm alüminyum numunelerinin de ise bu ölçülerin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir.

Y yönünde meydana gelen yuvarlanma ile birlikte parça düzlemselliği bozulmaktadır. Parça düzlemselliğinde X yönünde meydana gelen yuvarlanma değeri kadar Y meydana gelen yuvarlanma değeri de önemlidir. Parça boyutuna göre yuvarlanma Y ölçüsünün önemi artmaktadır. Grafiklere ve verilere bakıldığında kesme yüzeyinin artması yuvarlanma Y değerini azaltacaktır. Kesme yüzeyinin fazla olduğu kesme boşluklarının minimum kesme boşlukları olduğu görülmektedir. Minimum kesme boşluğunda kesmenin olmadığı, kesme işleminin sıvanarak gerçekleştiği, kesme kuvvetinin ve aşınmanın artacağı unutulmamalıdır.



Şekil 6.23. Alüminyum sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarının karşılaştırmalı dağılımı

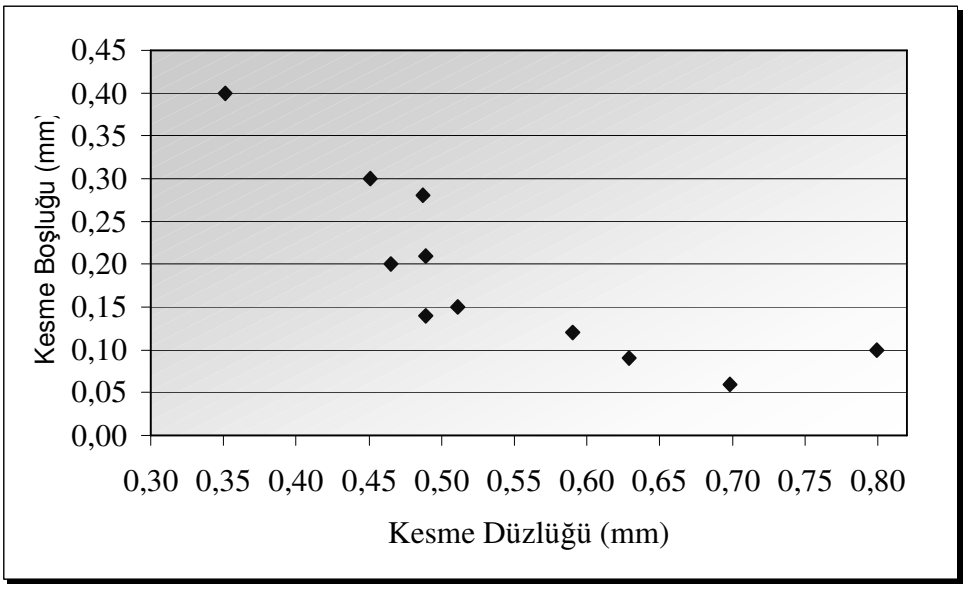
Şekil 6.23' de her üç malzemede de çapak miktarının, kesme boşluğu artışına doğru orantılı olarak artığı, bu artışın 2 mm sac kalınlığında daha fazla olduğu görülmektedir. 2 mm sac kalınlığında son kesme boşluklarında çapak miktarının artışı kesme boşluğunun fazla olmasından dolayı malzemenin uç kısımlarında oluşan çıkıntılardan kaynaklanmaktadır.

Çapak miktarının az olduğu kesme boşluklarının minimum kesme boşlukları olduğu ölçüm değerlerinde görülmektedir. Bu da daha önceden belirtildiği gibi kesme kuvvetini, aşınma miktarını artıracaktır. Bu nedenle düzlemsellik bakımından uygun olan numunelerde oluşan çapak miktarı kabul edilmelidir. Eğer sıfır çapaksız numune isteniliyor ise kalıp sonrası çapakların ikinci bir işlem ile (tıraşlama kalıpları veya kalıpta ezme işlemi) alınması gerekmektedir.

6.2. Paslanmaz Sac Malzeme Numuneleri

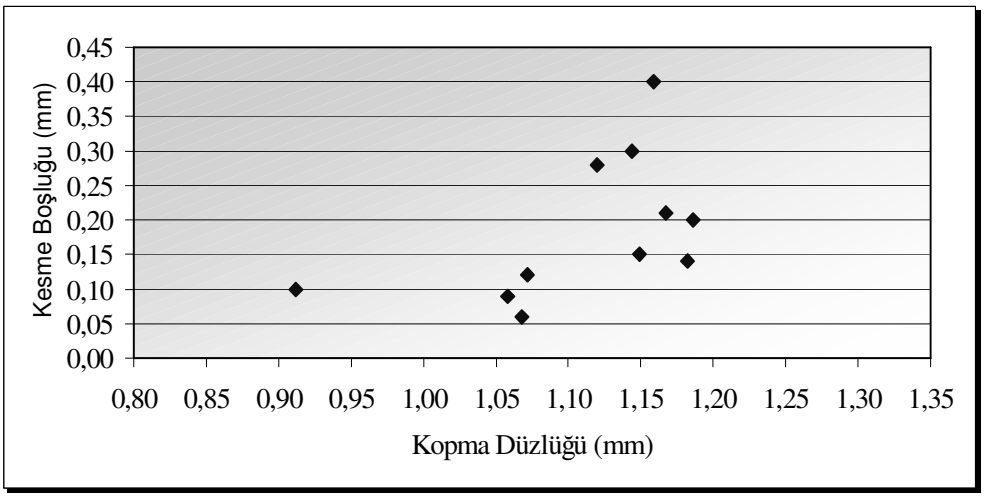
Paslanmaz malzemesi için onbir (11) değişik kesme boşluğu uygulanmıştır. 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki sac malzemelerinin her biri için üçer adet numune alınarak toplam 99 adet numune alınmıştır. Alınan her numunenin çapak, yuvarlanma, kesme düzlüğü ve kopma düzlüğü değerleri ölçülerek bir kalınlık için 792 adet, paslanmaz malzemeler için toplam 2376 ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalamaları tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

- *2 mm kalınlığındaki paslanmaz sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



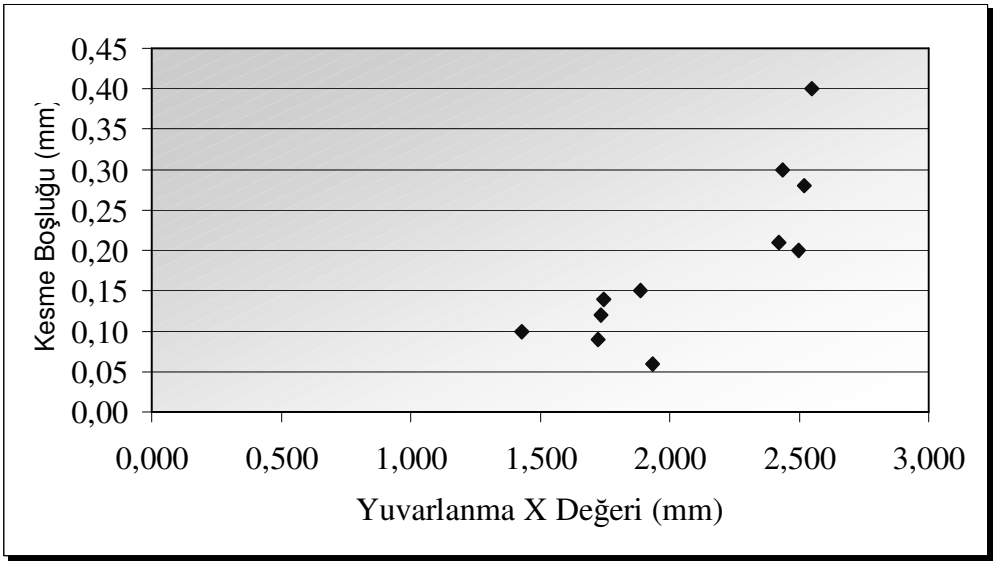
Şekil 6.24. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

2 mm paslanmaz sac numuneler için Şekil 6.24' de verilen kesme boşluğuna göre kesme düzlüğü grafiği incelendiğinde kesme düzlüğünün kesme boşluğu artışına ters orantılı olarak azaldığı görülürken, 0,10 mm kesme boşluğu numunesinde, kesme düzlüğü miktarının artığı görülmektedir. Bu değişkenliği doğrulamak için 0,10 mm kesme boşluğu için numuneler ve ölçümler tekrar yapıldığında ölçüm değerlerinin birbirine yakın çıktığı görülmüştür.



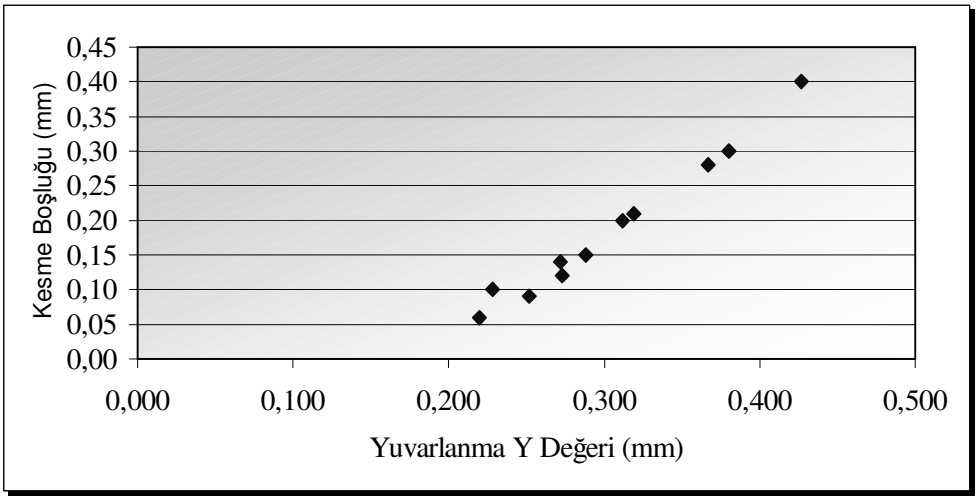
Şekil 6.25. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.25'de verilen kopma düzlüğü grafiği incelendiğinde, kesme boşluğu ile doğru orantılı olarak kopma düzlüğünün artığı, 0,10 mm kesme boşluğunda kesme düzlüğü grafiğinde görünen ölçü farklılığına bağlı olarak kopma miktarının azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.26. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

Şekil 6.26' da kesme boşluğuna bağlı olarak kesme esnasında X yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının dağınık bir yol izlediği, kesme boşluğunun artışı ile artarken, 0,10 mm kesme boşluğu civarında bu değerin azaldığı görülmektedir

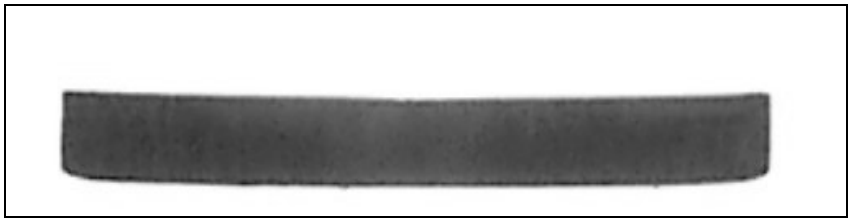


Şekil 6.27. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

Şekil 6.27' de Y yönünde kesme boşluğu artışına bağlı olarak yuvarlanma miktarının artığı görülmektedir.

2 mm paslanmaz sac numunelerinde, daha önce incelenen alüminyum numunelerinden farklı olarak kesme sonrasında numunelerde çapak olmadığı görülmüştür.

2 mm kalınlığında paslanmaz sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.



(a)

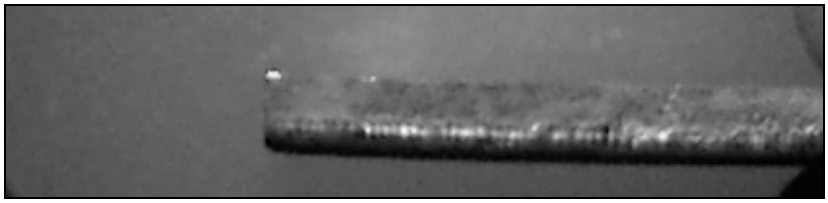
(b)

Resim 6.34. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda kesme ve kopma olayının gerçekleşmesinden dolayı oluşan renk farkı net olarak belli olmuyor. Bu nedenle kesme hattı net olarak belli değil,bazı numunelerde tamamen kopma gerçekleşmiş gibi görünüyor.

(a)

Resim 6.35. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü

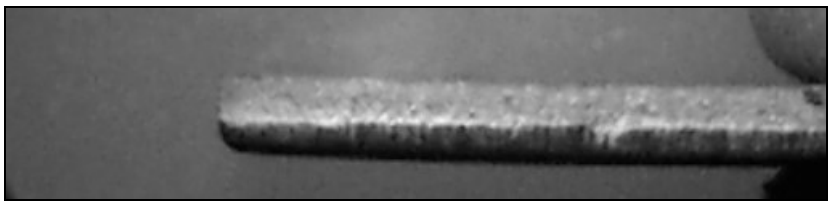


(b)

Resim 6.35. (Devam) 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda, 0,06 mm kesme boşluğuna oranla kesme-kopma sonrasında oluşan renk farkı biraz daha belirgin, dalgalı bir kesme hattı görülmektedir.

(a)

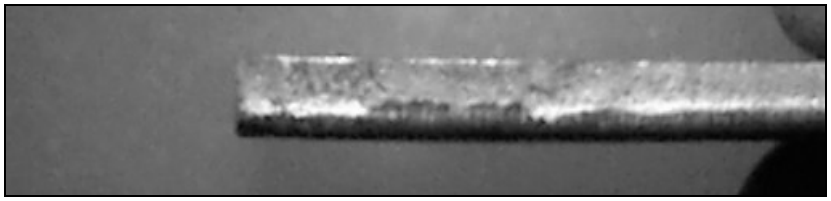


(b)

Resim 6.36. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda değişken bir kesme hattı oluşmuştur. Bazı numunelerde yüzey tamamen kesme gerçekleşmiş gibi görülmektedir. Tamamen kesme gerçekleşen yüzeylerde adacıklar şeklinde kopmalar görülmektedir.

(a)



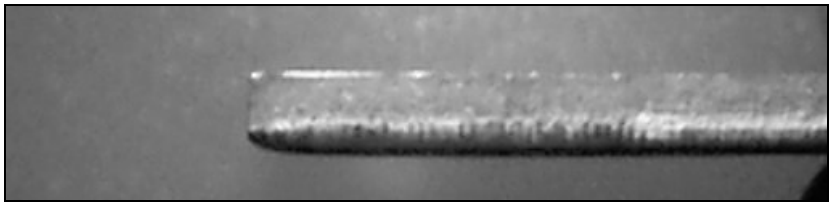
(b)

Resim 6.37. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda kesme sırasında girintili bir kesme hattı oluştuğu görülmektedir. Bazı numunelerde ise kopma ve kesme yüzeyleri birbiri içerisine girmiş gibi, 0,10 mm kesme boşluğundaki numunenin görüntüsüne benzer olarak kesme yüzeyinde küçük adacıklar ve çizgiler şeklinde siyahlıklar görülmektedir.

(a)

Resim 6.38. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü

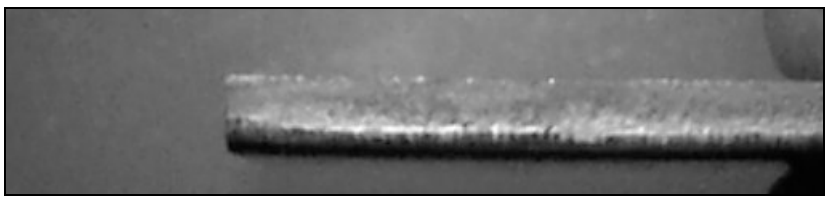


(b)

Resim 6.38. (Devam) 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı dalgalı, yüzeyde kopma olayı daha çok gerçekleşmiş gibi görünüyor. Bazı numunelerde ise kademeli bir kesme hattı oluşmuştur.

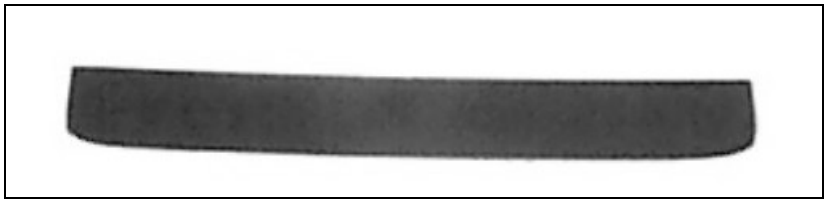
(a)



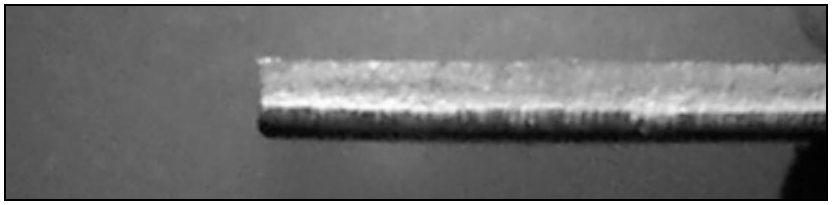
(b)

Resim 6.39. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda önceki numunelere oranla kesme ve kopma yüzeyinin net olduğu, kesme hattının kademeli ve bazı numunelerde kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru sıvanmalar olduğu görülmektedir.



(a)



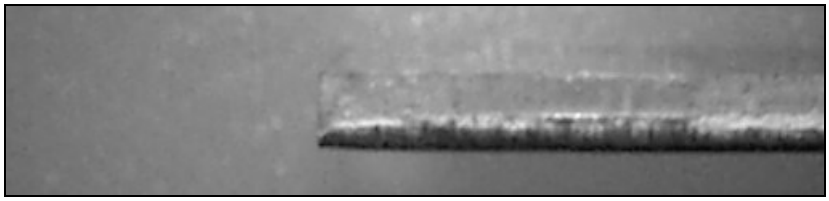
(b)

Resim 6.40. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı nettir. Bazı numunelerde ise kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru ince çıkıntılar oluşmuştur. Bu oluşan ince çıkıntılar 0,15 mm kesme boşluğuna oranla daha azdır. Şekil 6.40' da verilen çapak ve yuvarlanma görüntüsünden de anlaşılacağı gibi 0,20 mm kesme boşluğuna kadar normal seyreden yuvarlanma X değerinin artığı görülmektedir. Bu artışı ölçüm sonuçları ve grafiklerde doğrulamaktadır. Bu artış parça düzlemselliğinin bozulmasına neden olmaktadır.

(a)

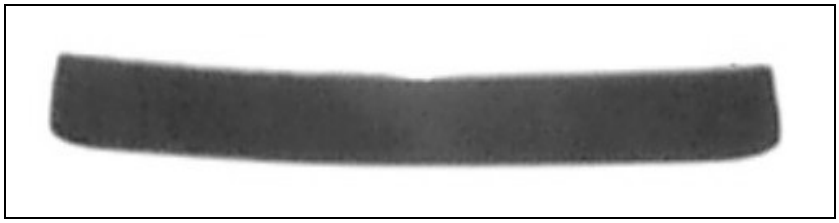
Resim 6.41. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



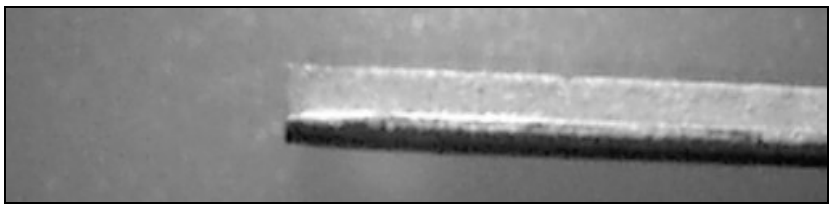
(b)

Resim 6.41. (Devam) 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı 0,20 mm kesme boşluğundan elde edilen numuneye oranla az dalgalıdır. Kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru ince çıkıntılar devam etmektedir. 0,20 mm kesme boşluğunda görünmeye başlayan düzlemselliğin bozulması 0,21 mm kesme boşluğunda da devam etmektedir.



(a)

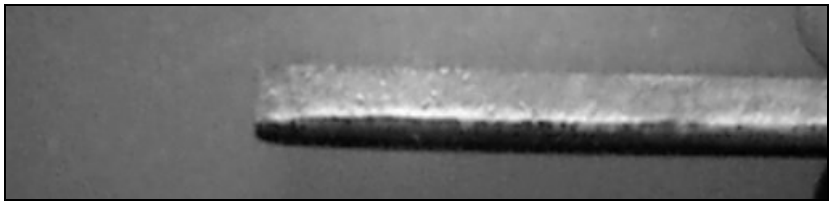


(b)

Resim 6.42. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda düz bir kesme hattı oluşmuştur. Bazı numunelerde ise oluşan kesme hattı dalgalıdır. X yönünde yuvarlanma miktarında ki artış devam ederken Y yönünde ki yuvarlanma değerinin de artığı görülmektedir.

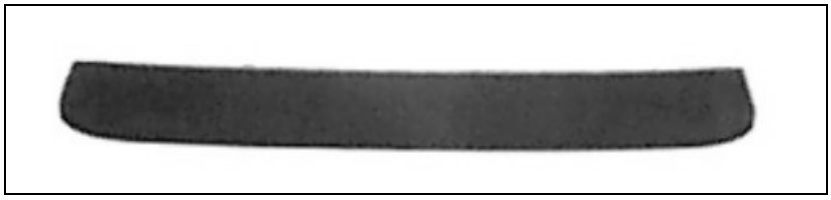
(a)



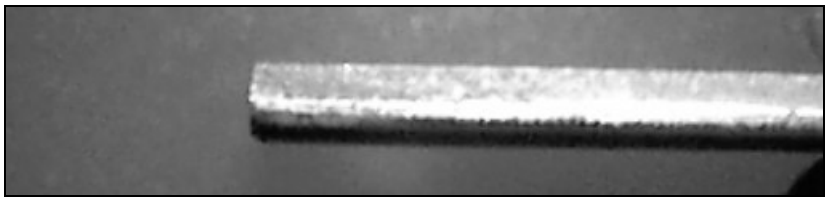
(b)

Resim 6.43. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı olduğu, kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru sıvanmalar oluştuğu görülmektedir.



(a)

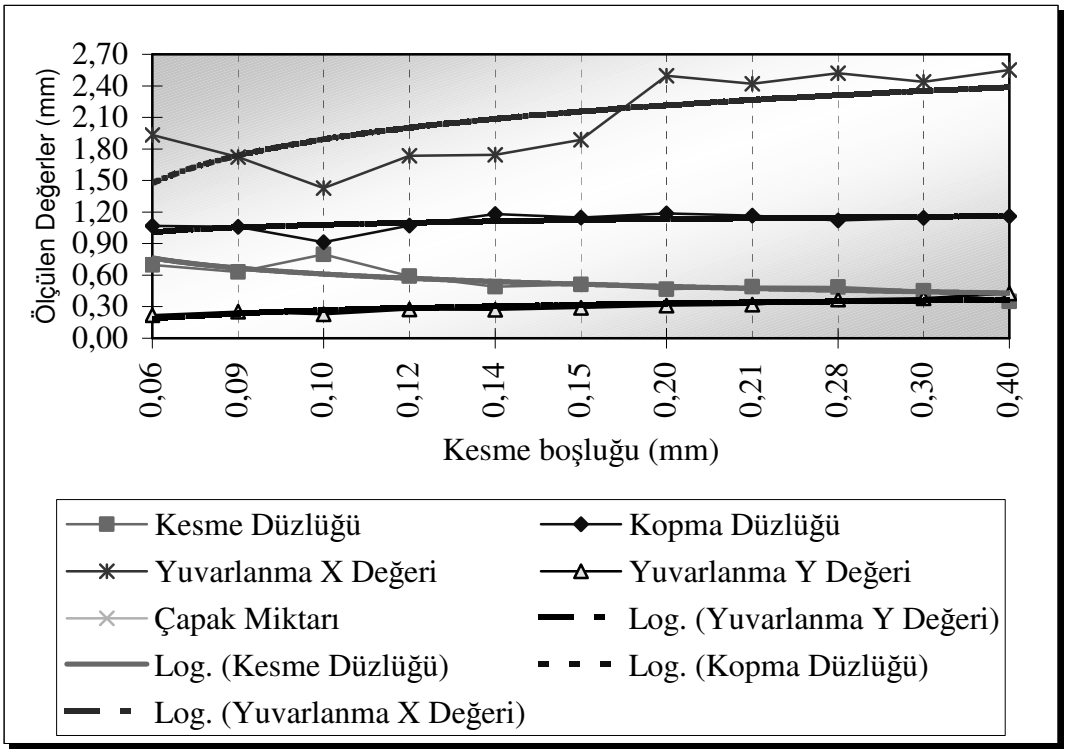


(b)

Resim 6.44. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru sıvanmalar oluştuğu ve net bir kesme hattı oluşmadığı görülmektedir.

2 mm paslanmaz sac numunelerin ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.28. 2 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

Elde edilen numune ölçüm sonuçları, görüntüleri ve grafikler incelendiğinde; kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak kesme düzlüğünün azaldığı, kopma düzlüğünün kesme düzlüğü azalmasına paralel olarak artığı görülmektedir. Yine kesme boşluğunun artışıyla, meydana gelen yuvarlanmanın da artığı görülmektedir. Yuvarlanma X değerindeki logaritmik artışın, Y yönündeki yuvarlanmaya göre daha fazla artış sergilediği yukarıda Şekil 6.28' de verilen logaritmik dağılım grafiğinde görülmektedir. Yuvarlanma Y değerinin artışına göre kesme düzlüğünün azaldığı, grafiklerin nerdeyse birbirinin simetrisi olduğu görülmektedir.Aynı zamanda numunelerde baskı sonrasında çapak oluşmadığı görülmüştür. Çapak oluşmaması

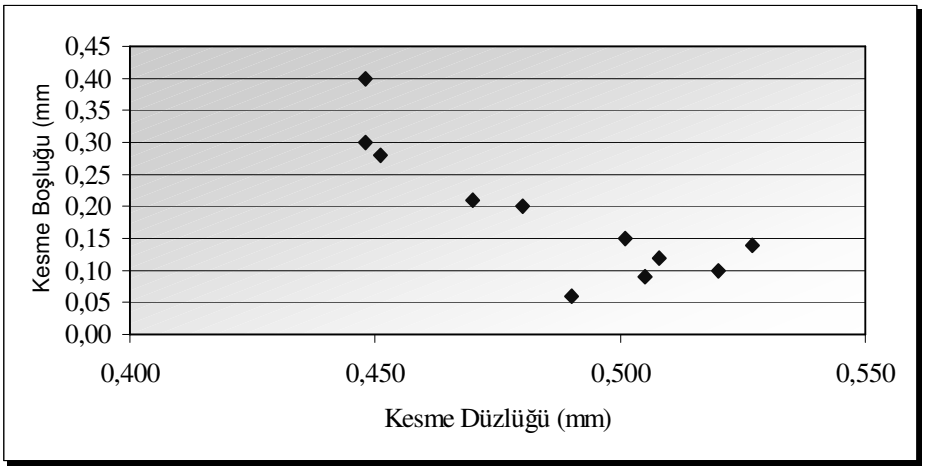
diğer iki malzemeye oranla paslanmaz malzemesinin sert olmasından kaynaklanmaktadır.

0,10 mm kesme boşluğu ile elde edilen numunelerin çapak ve yuvarlanma görüntüleri incelendiğinde, parçanın düzlemselliğinin diğer kesme boşlukları ile elde edilen numunelere oranla daha düzgün olduğu görülmektedir. Düzlemselliğin diğer numunelere göre daha iyi olduğunu ölçüm sonuçları ve grafiklerde doğrulamaktadır. 0,10 mm kesme boşluğu değerine yakın olan 0,06 - 0,09 ve 0,12 mm kesme boşluğu numunelerinin çapak ve yuvarlanma görüntüleri karşılaştırıldığında düzlemselliğinin birbirine yakın olduğu fakat 0,10 mm kesme boşluğu ile elde edilen numunenin daha doğrusal ve ölçülerinin diğerlerine göre daha uygun olduğu görülmektedir. Bu nedenle 2 mm paslanmaz sac için 0,10 mm kesme boşluğun kullanılması uygun olacaktır. Baskı sırasında gözlemlerime dayanarak ve elde edilen numunelerin kesme yüzeyleri incelendiğinde 0,10 mm kesme boşluğunun altında, kesme işlemin tam olarak gerçekleşmeyeceği ve sıvanmaların olacağından sürtünmenin artmasına bağlı olarak kesme kuvvetinin artmasına ve kalıp ömrünün azalmasına neden olacaktır.

Grafikler ve veri tabloları incelendiğinde 2 mm alüminyum deneylerine oranla 2 mm paslanmaz sac numunelerinin 0,15 mm kesme boşluğuna kadar normal bir artış gösteren X ve Y yuvarlanma değerlerinin, 0,15 mm kesme boşluğundan sonra birden artığı ve malzeme düzlemselliğinin bozulduğu görülmektedir. Alüminyum malzemeye göre daha fazla düzlemselliğinin bozulması malzeme yapısının daha sert ve kırılgan olmasından kaynaklanmaktadır.

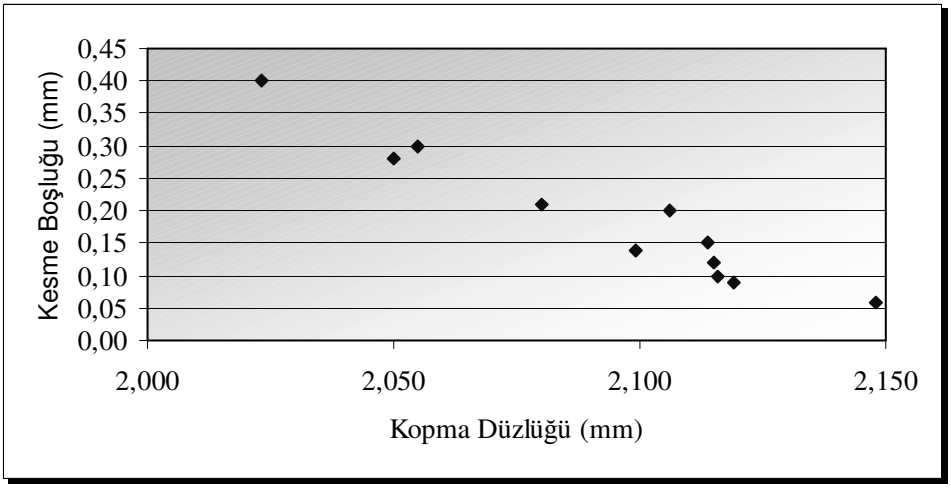
Eğer üretim hassas değil ve kalıbın seri-hızlı bir şekilde çalışması istenir ise kesme boşluğu değeri 0,20 mm kesme boşluğuna kadar seçilebilir. 2 mm paslanmaz sac için kesme boşluğunun 0,20 mm den fazla seçilmesi grafik ve sonuçlarında gösterdiği gibi parça düzlemselliği açısından uygun olmayacaktır.

- *3 mm kalınlığındaki paslanmaz sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



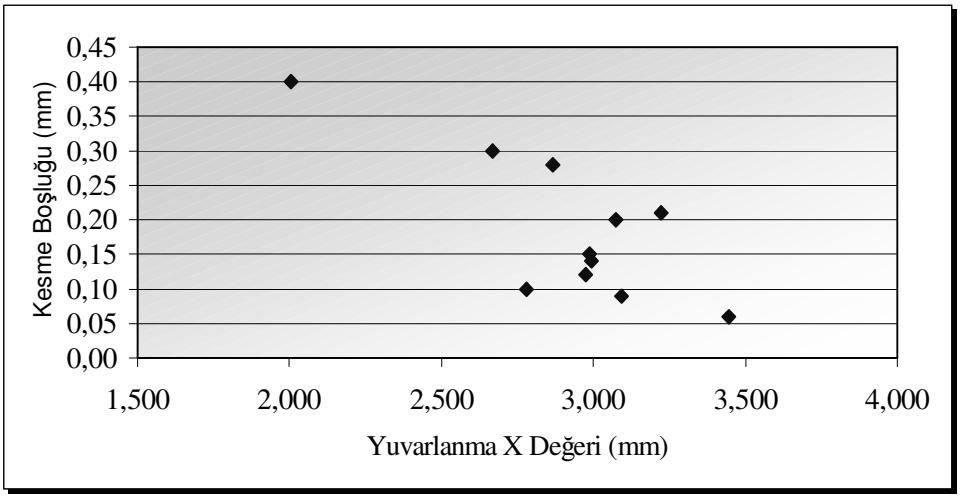
Şekil 6.29. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Sac kalınlığın artması ile birlikte kesme boşluğunun artması gerektiğinden düşük kesme boşluklarında kesmenin kararsız olduğu görülmektedir. Şekil 6.29' da verilen grafikte de 0,15 mm kesme boşluğuna kadar kesme düzlüğünün değişken olduğu 0,15 mm kesme boşluğundan sonra kesme boşluğu artışına göre artış gösterdiği görülmektedir.



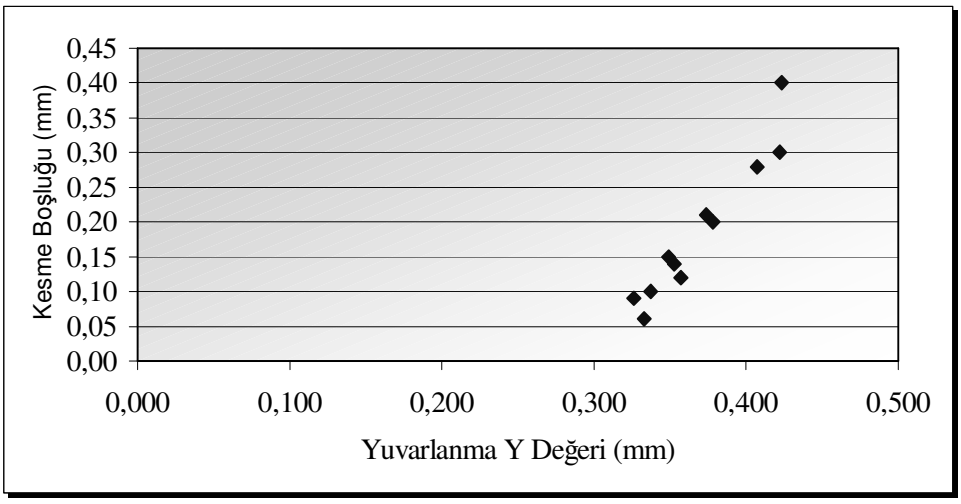
Şekil 6.30. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

3 mm paslanmaz sac deneyi sonrasında elde edilen verilere dayanarak Şekil 6.30'da verilen kesme boşluğuna göre kopma düzlüğü grafiğinde kopma düzlüğünün kesme boşluğu artışına bağlı olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.31. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

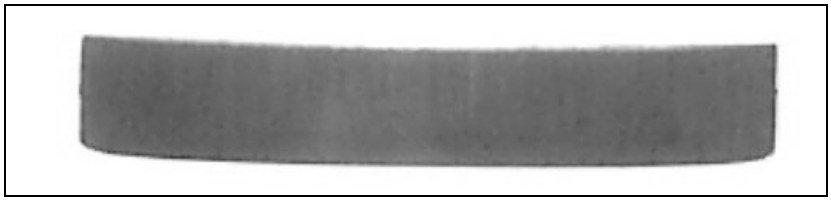
X yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının, 0,10 mm kesme boşluğuna kadar azaldığı daha sonra 0,21 mm kesme boşluğuna doğru artığı sonra da tekrar azalmaya devam ettiği Şekil 6.31'de verilen kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değeri grafiğinde görülmektedir.



Şekil 6.32. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

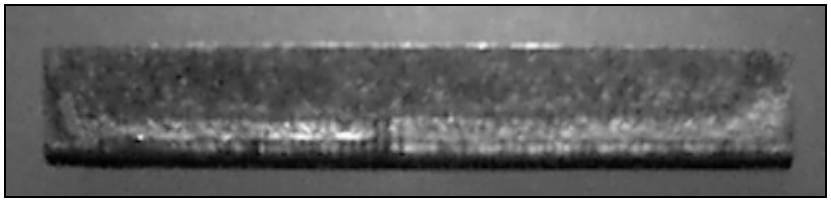
3 mm paslanmaz sac numuneler için Şekil 6.32' de verilen kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı grafiğinde kesme düzlüğünde meydan gelen kararsızlığa ve artışa bağlı olarak 0,15 mm kesme boşluğuna kadar yuvarlanma Y değerinin dalgalı bir değer izlediği, 0,15 mm kesme boşluğundan sonra artış gösterdiği, 0,30 ve 0,40 mm kesme boşluklarında yuvarlanma Y değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir.

3 mm kalınlığında paslanmaz sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.



(a)

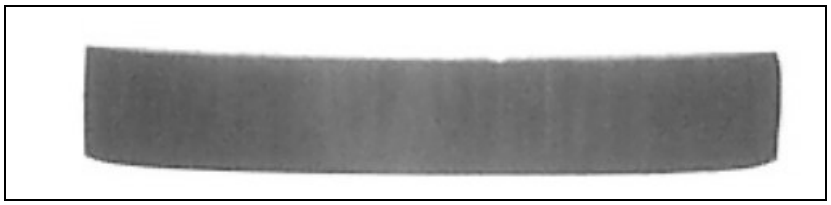
Resim 6.45. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



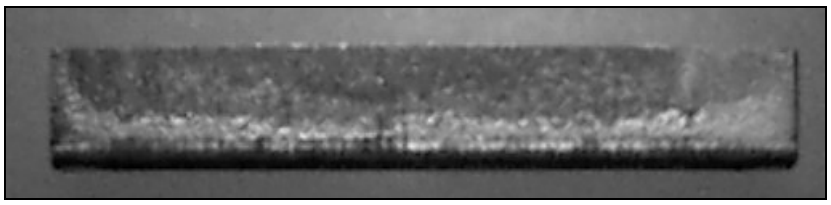
(b)

Resim 6.45. (Devam) 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda kesme ve kopma yüzeylerinin renkleri birbirine çok yakın bu nedenle kesme hattı net olarak belli olmuyor.



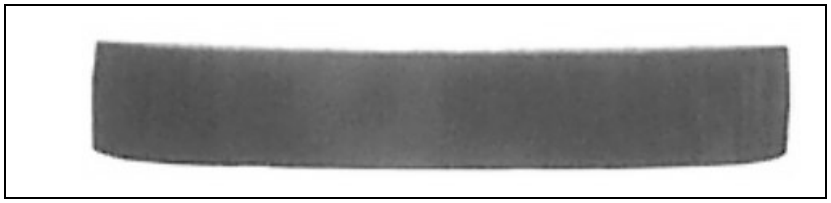
(a)



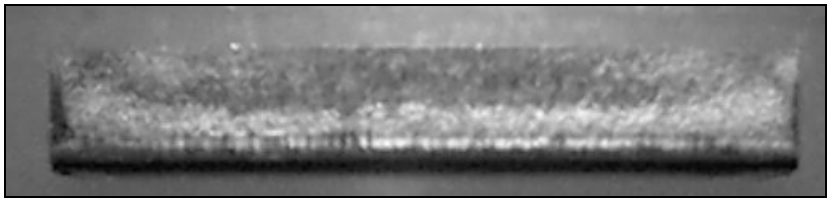
(b)

Resim 6.46. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda 0,06 mm kesme boşluğunda olduğu gibi kopma ve kesme yüzeylerinin renkleri net olarak belli olmadığından dolayı kesme hattı net görünmüyor.



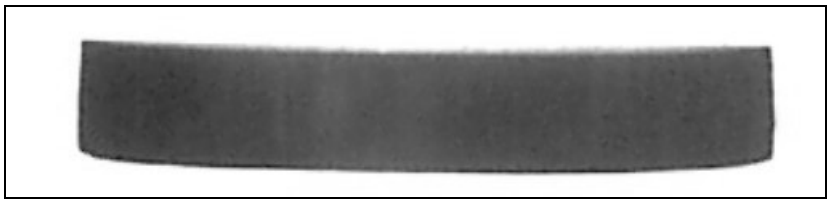
(a)



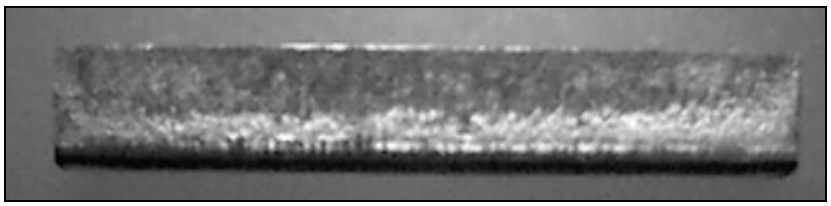
(b)

Resim 6.47. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğu, 0,09 mm kesme boşluğu değerine yakın olması nedeniyle benzer özellikler gösterdiği, kesme düzlüğünün biraz daha belirgin olduğu görülmektedir.



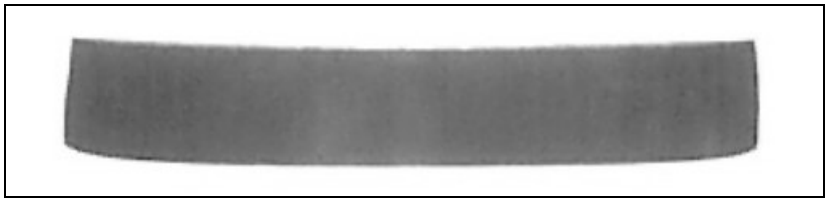
(a)



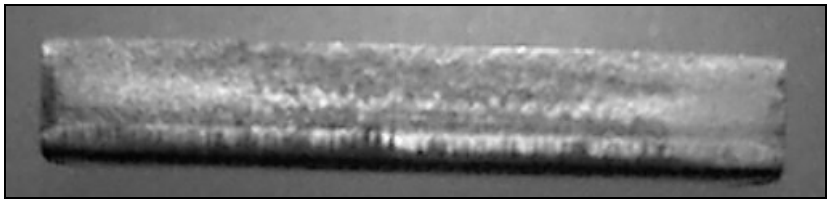
(b)

Resim 6.48. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda kesme hattı çok net olmadığı, yüzeylerin görüldüğü kadarıyla kesme yüzeyinde kopma yüzeyine benzer izler görülmektedir.



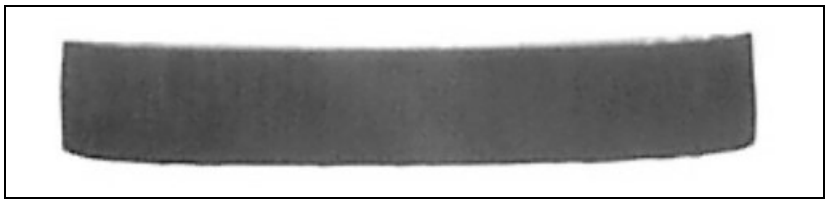
(a)



(b)

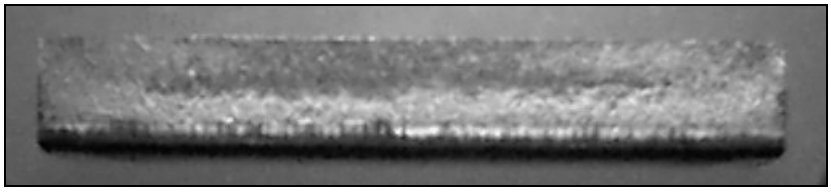
Resim 6.49. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda kesme hattı net değil, kesme ve kopma yüzeyleri birbirine girmiş gibi görünmektedir.



(a)

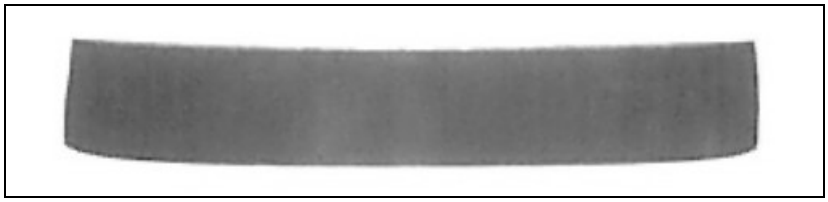
Resim 6.50. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



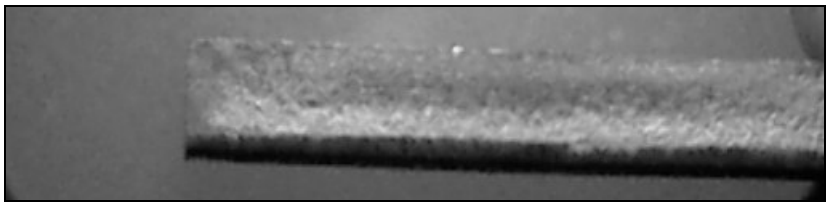
(b)

Resim 6.50. (Devam) 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda numune görüntüleri 0,14 mm kesme boşluğu ile elde edilen numune görüntülerine benzerdir. Kesme yüzeyindeki çizgilerin daha az olduğu görülmektedir.



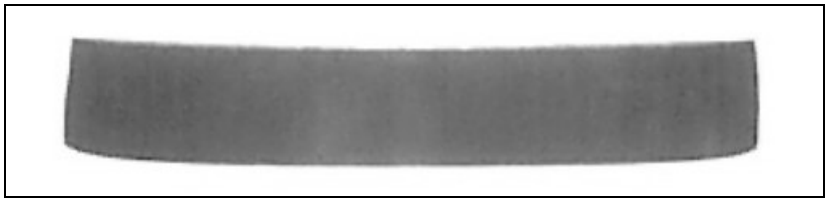
(a)



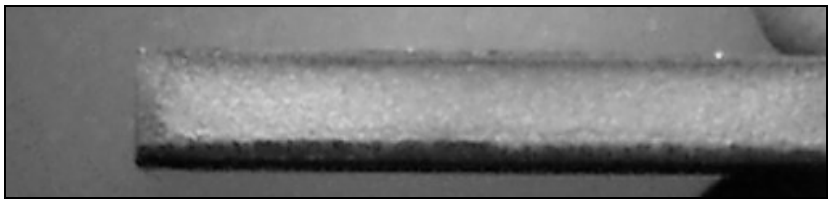
(b)

Resim 6.51. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda oluşan kopma ve kesme yüzeylerinin renkleri birbirine yakın olmasından dolayı kesme hattı net olarak görülmemektedir. Bazı parçalarda ise kesme yüzeyinde siyahlanmalar oluşmuştur.



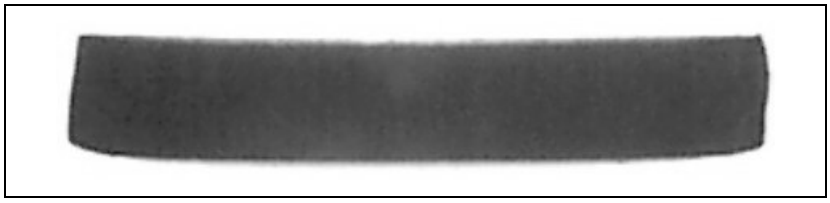
(a)



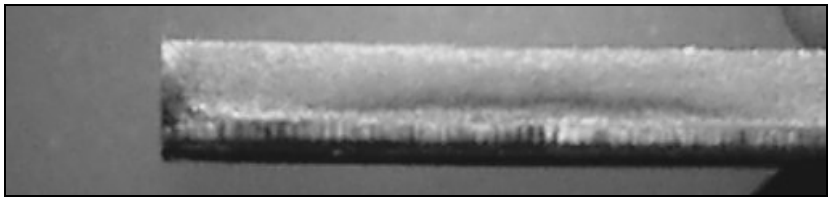
(b)

Resim 6.52. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda 0,20 mm kesme boşluğundan elde edilen numunelerde ki gibi kesme ve kopma yüzeyleri net olarak birbirinden ayrılmıyor. Kesme hattı X yönündeki yuvarlanmadan dolayı dalgalıdır.



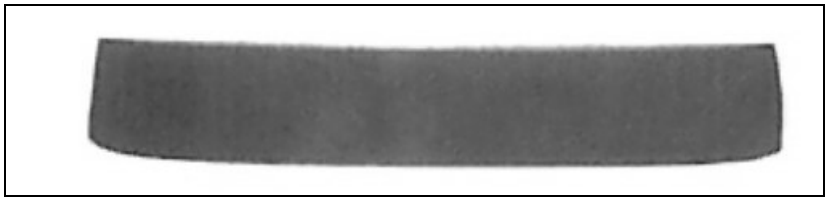
(a)



(b)

Resim 6.53. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda temiz olmayan oval bir kesme hattının oluştuğu görülmektedir.

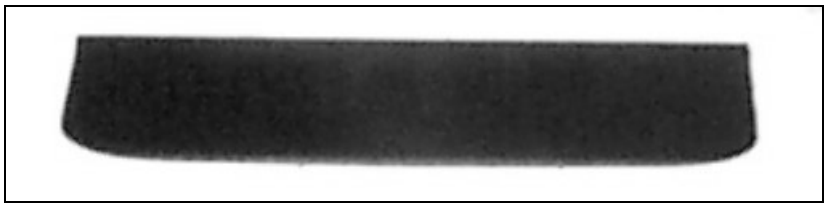


(a)

(b)

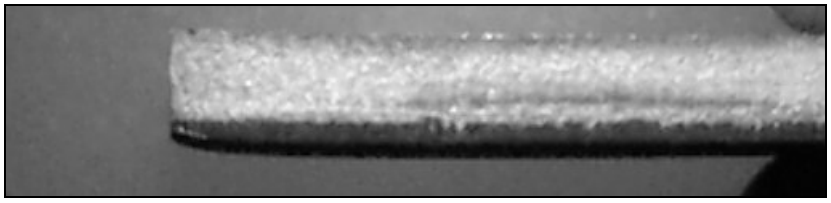
Resim 6.54. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda kopma yüzeyinden kesme yüzeyine doğru sıvanmalar oluştuğu görülmektedir.



(a)

Resim 6.55. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü

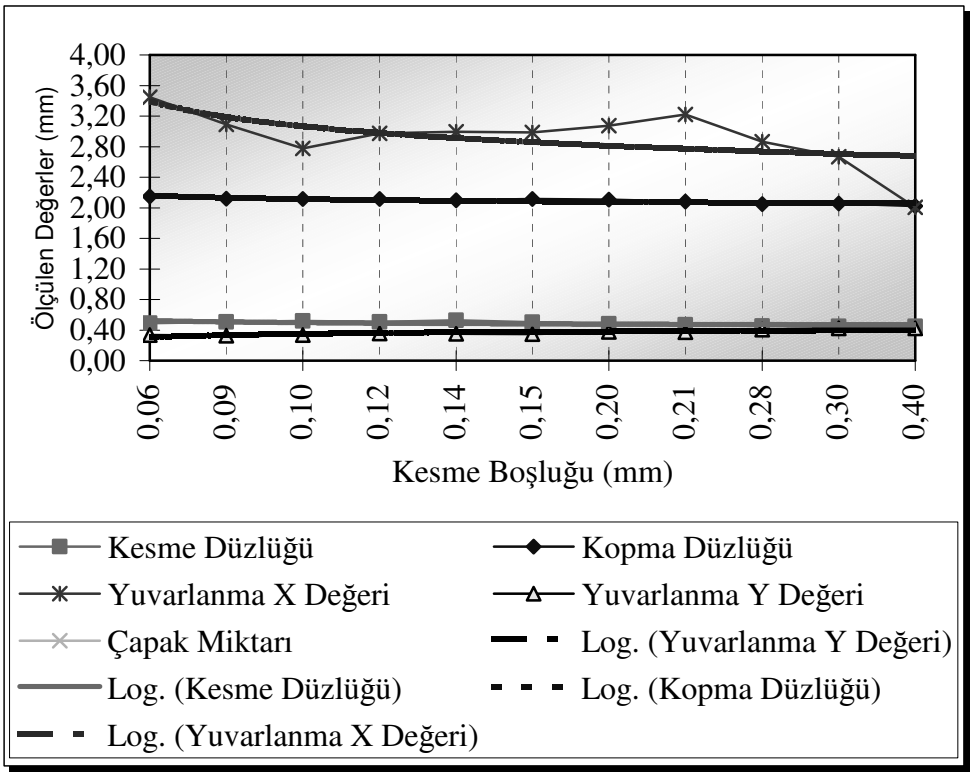


(b)

Resim 6.55. (Devam) 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda kesme hattı net oluşmamıştır. Kesme yüzeyinden kopma yüzeyine yavaş yavaş bir geçiş olmuştur. Parça düzlemsellik bakımından diğer numunelere oranla daha düzdür.

3 mm paslanmaz sac ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.33. 3 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

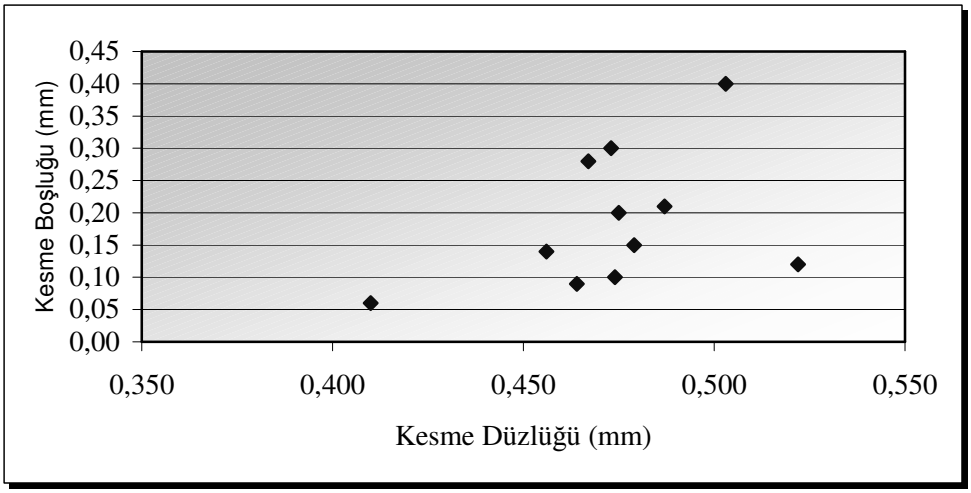
3 mm paslanmaz sac malzeme numunesi ölçüm sonuçları, görüntüleri ve grafikler incelendiğinde; kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak kesme düzlüğünün 2 mm paslanmaz numunelerinden farklı olarak yataya (x eksenine) yakın paralellikte bir azalma gösterirken kopma düzlüğünün de 2 mm paslanmaz numune kopma düzlüğü grafiğinin tersine azaldığı görülmektedir. Kesme boşluğunun artışına bağlı olarak Y yönünde meydana gelen yuvarlanmanın artığı, X yönünde meydana gelen yuvarlanmanın ise azaldığı görülmektedir. 2 mm paslanmaz numunedeki gibi numunelerde malzeme yapısından dolayı baskı sonrasında çapak oluşmadığı görülmüştür.

Kesme ve kopma düzlüğü grafiklerine bakıldığında 0,09-0,10 ve 0,15 mm kesme boşluklarında, kesme boşluklarının düşük olmasından dolayı değerlerin birbirine yakın seyrettiği, 0,15 mm kesme boşluğundan sonra kesme ve kopma yüzey ölçülerinin azalmaya başladığı görülmektedir. Yuvarlanma değerleri incelendiğinde ise yine bu kesme boşluklarında X ve Y değerlerinin minimum olduğunu görmekteyiz.

2 mm paslanmaz malzemeye oranla, 3 mm paslanmaz malzemede Y yönünde meydana gelen yuvarlanma artış farkının az olmasından dolayı 3 mm paslanmaz numunesinde kesme boşluğunun artışına göre yuvarlanma artışını 2 mm paslanmaz malzeme numunelerinden elde edilen görüntüler kadar net görülmemektedir.

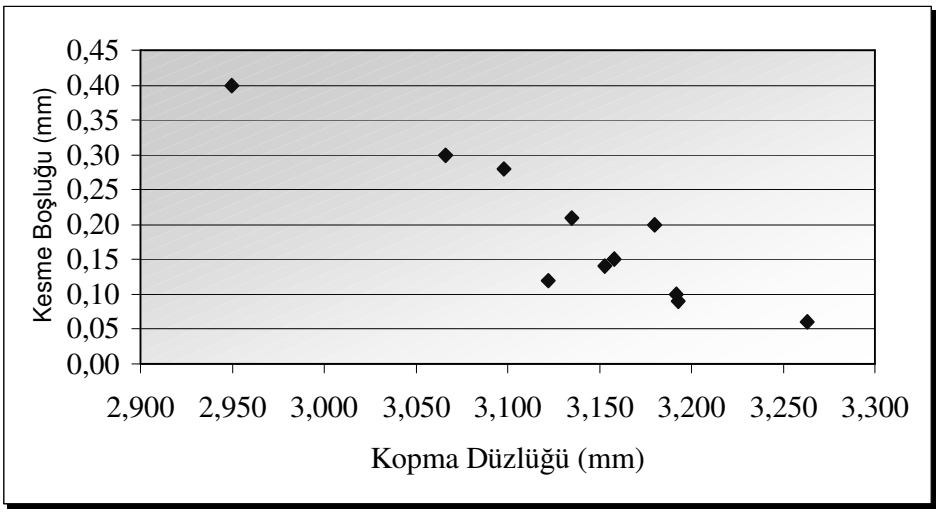
Numune görüntülerinden parça düzlemselliği bakımından 0,40 mm kesme boşluğunun uygun kesme boşluğu olduğu görülmektedir.

- *4 mm kalınlığındaki paslanmaz sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



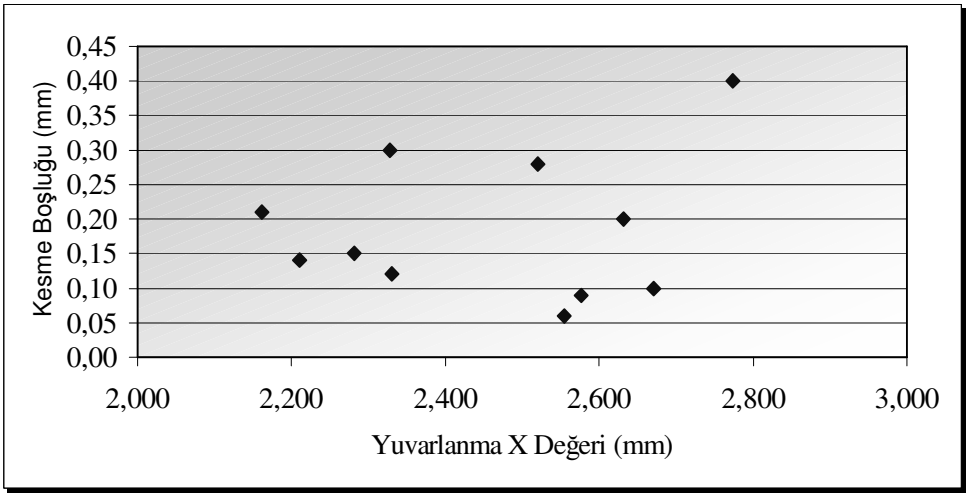
Şekil 6.34. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.34' deki grafik incelendiğinde kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün diğer sac kalınlıklarındaki gibi kesme düzlüğünün düşmesi beklenirken burada tam tersi olmuştur. Kesme boşluğunun artışı ile birlikte dik bir eğri çizerek kesme düzlüğünde artış göstermiştir. Bu durumda numuneler tekrar alınıp ölçümler tekrarlanmıştır. Değerlerin bir önceki sonuçlara yakın olduğu görülmüş, böylelikle grafiğin doğruluğu teyit edilmiştir. Grafiğin bu şekilde çıkması malzeme yapısının sert olmasından dolayı düşük kesme boşluklarında kesme işlemi gerçekleşmeden kopmaya geçmesidir. Ayrıca grafikte kesme boşluğunun düşük olmasından dolayı 0,21 mm kesme boşluğuna kadar kesme düzlüğü değerinin dağınık bir yol izlediği görülmektedir.



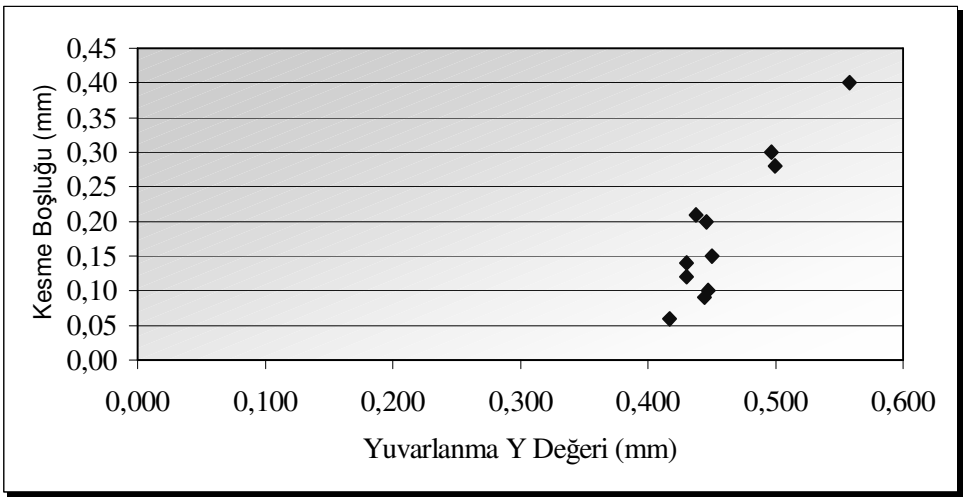
Şekil 6.35. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

4 mm paslanmaz deneyleri sonucunda elde edilen verilerin ile oluşturulan Şekil 6.35' deki kesme boşluğuna göre kopma düzlüğü grafiği incelendiğinde 3 mm paslanmaz kopma grafiğine benzer değişiklikler gösterdiği, 0,21 mm kesme boşluğuna kadar kararsız davrandığı 0,21 mm kesme boşluğundan sonra azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.36. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

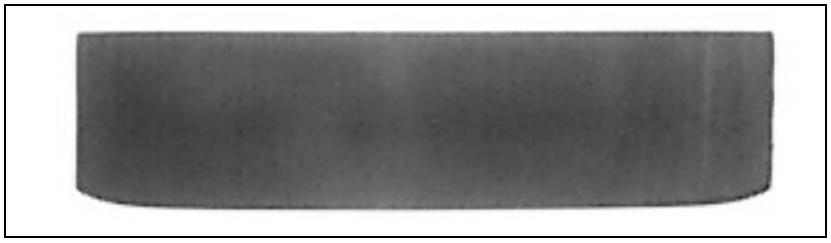
Şekil 6.36'da X yönünde meydan gelen yuvarlanma değerinin dağınık olduğu, kesme boşluğu artışına göre dik bir eğri çizerek artığı görülmektedir.



Şekil 6.37. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

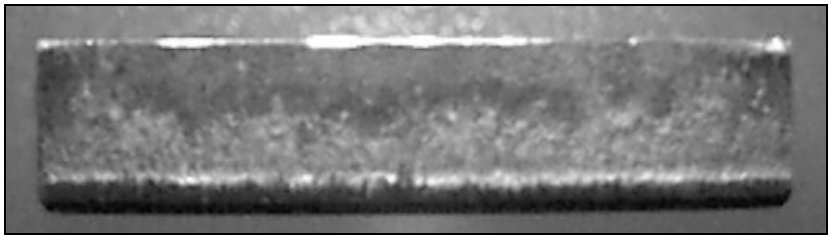
Şekil 6.37' de diğer numunelerde de görüldüğü gibi kesme boşluğu artışı ile doğru orantılı olarak Y yönündeki yuvarlanma değerinin artığı görülmektedir. Bu artışın 0,21 mm kesme boşluğuna kadar dik bir eğri şeklinde 0,21 mm kesme boşluğundan sonra artışın fazlalaştığı görülmektedir. Bu farklılık kesme düzlüğündeki kararsızlıktan kaynaklanmaktadır.

4 mm kalınlığında paslanmaz sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.



(a)

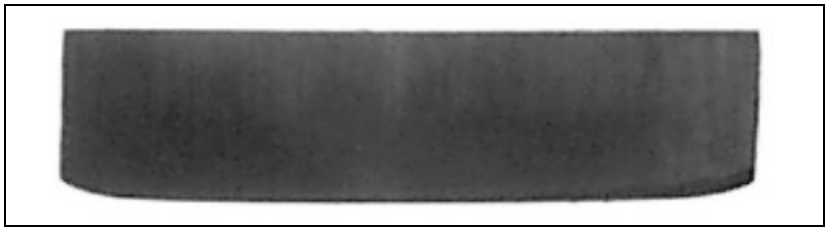
Resim 6.56. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



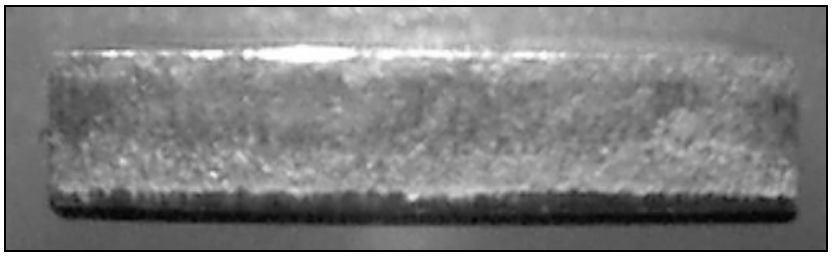
(b)

Resim 6.56. (Devam) 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda ince ve dalgalı bir kesme hattı oluşmuş, bazı parçaların kopma yüzeyinde sıvanma şeklinde kesme izleri görünmektedir.



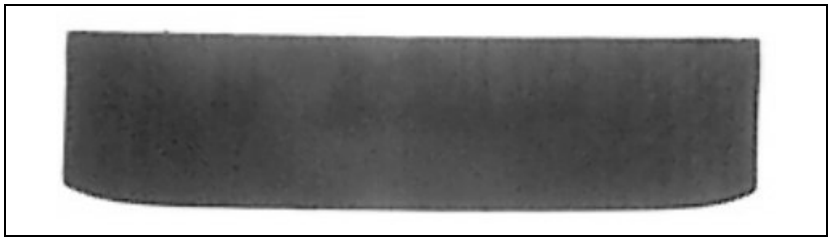
(a)



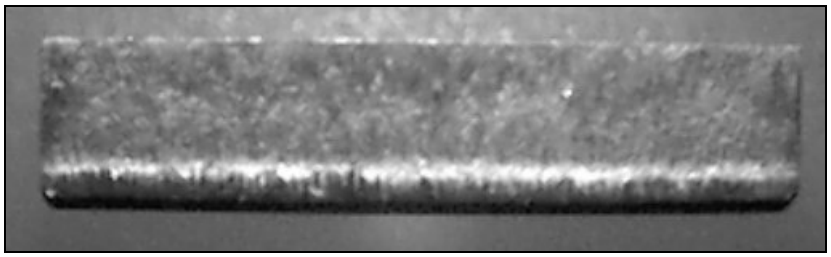
(b)

Resim 6.57. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda 0,06 mm kesme boşluğunda elde edilen numunede gözlemlenen bulguların benzerleri bulunmakla birlikte kesme düzlüğünün artmıştır.



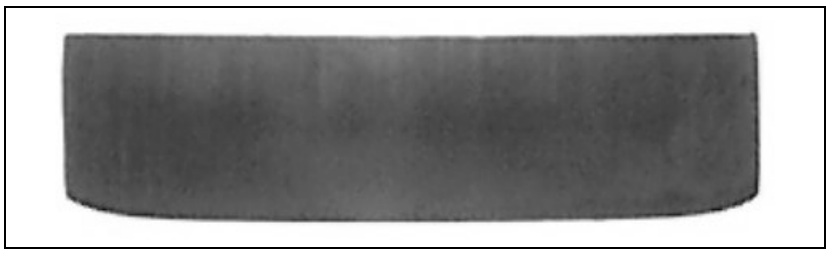
(a)



(b)

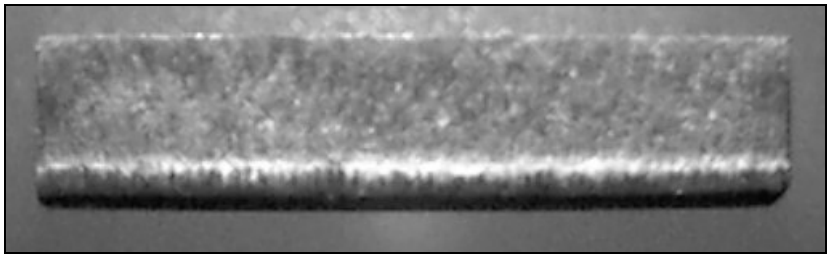
Resim 6.58. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda dalgalı bir kesme hattı oluşurken, kesme yüzeyi kopma yüzeyine sıyrılmış gibi görünmektedir.



(a)

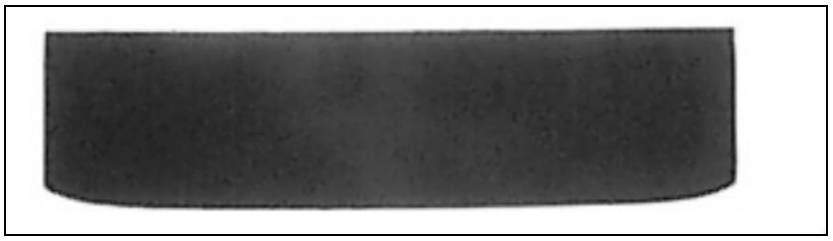
Resim 6.59. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



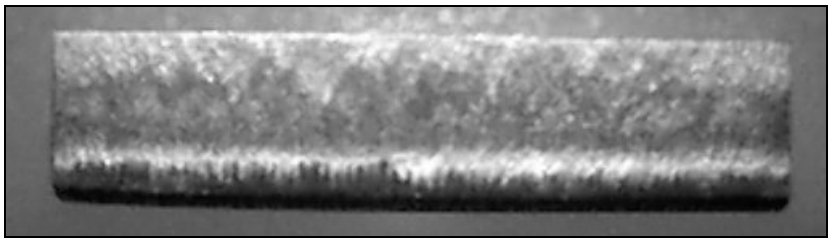
(b)

Resim 6.59. (Devam) 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda diğer numunelerde ki gibi dalgalı bir kesme hattı oluştuğu, kopma yüzeyinin diğer numunelere oranla temiz olduğu görülmektedir.



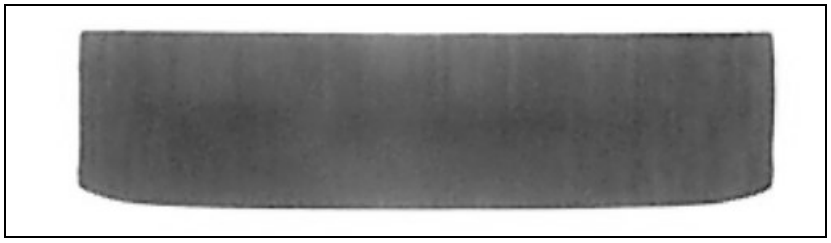
(a)



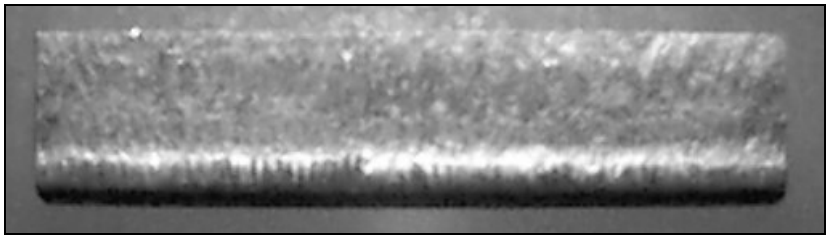
(b)

Resim 6.60. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattında ince dalgalanmalar olmasına rağmen önceki numunelere oranla daha düz bir kesme hattı oluşmuş ve oluşan yüzeylerde izler görünmemektedir.



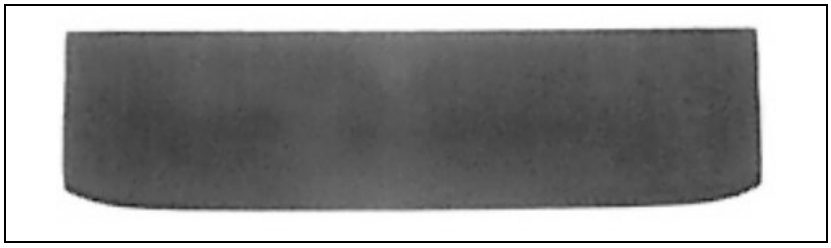
(a)



(b)

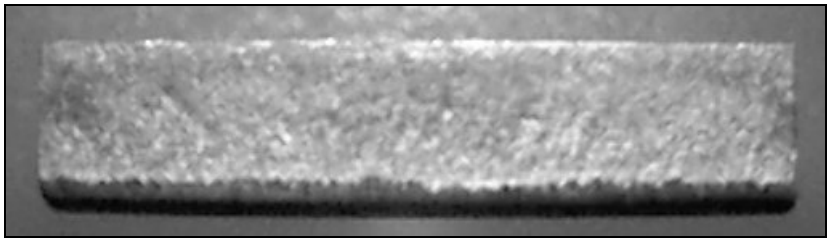
Resim 6.61. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda 0,14 mm kesme boşluğu denemesinde elde edilen numunelerdeki bulgularla benzerlik taşıdığı ve kesme yüzeyindeki çizgilerin azaldığı görülmektedir.



(a)

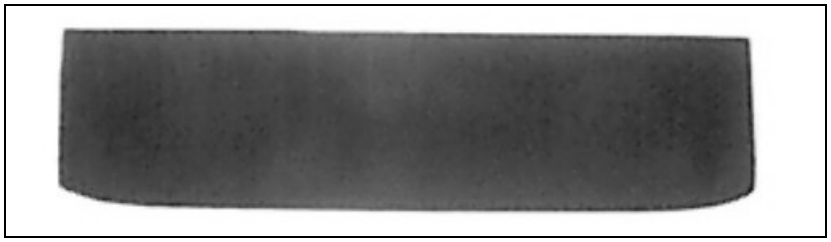
Resim 6.62. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



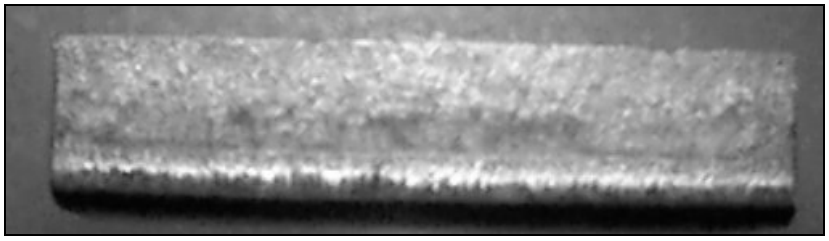
(b)

Resim 6.62. (Devam) 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğu ile elde edilen numunelerin bazılarında kesme hattı düz iken bazılarında ince dalgalanma ve kesme yüzeyinde çizgiler görülmektedir. Oluşan kopma yüzeyinde izler görülmemektedir.



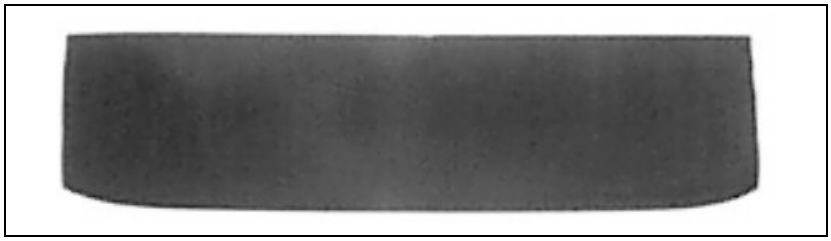
(a)



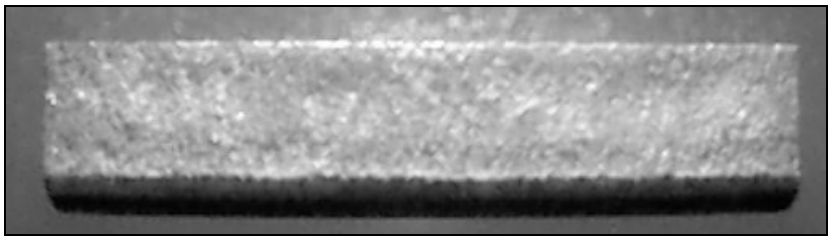
(b)

Resim 6.63. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda 0,20 mm kesme boşluğuna oranla biraz daha dalgalı bir kesme hattı oluşmuştur.



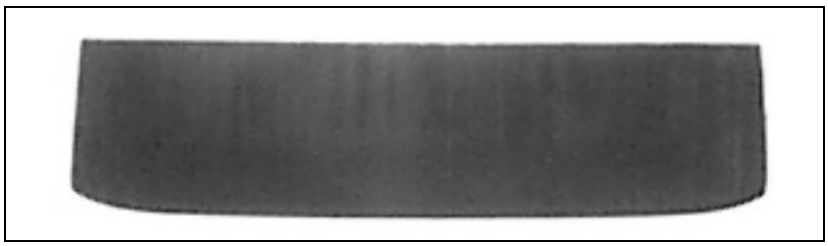
(a)



(b)

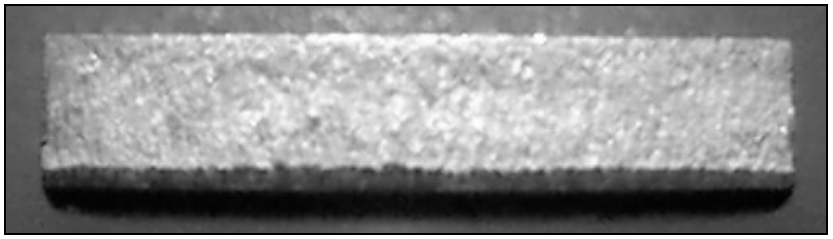
Resim 6.64. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda kesme hattı düz oluşmuş ve kopma yüzeyinde kesme işleminden kaynaklı izler görülmektedir.



(a)

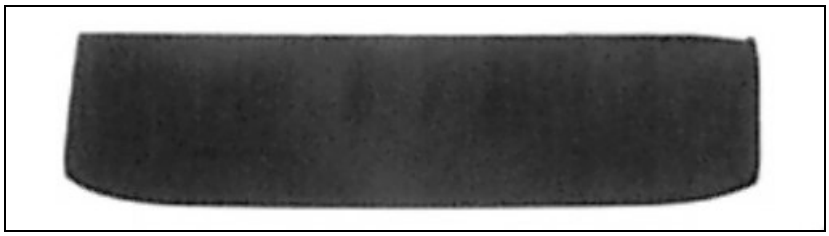
Resim 6.65. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü



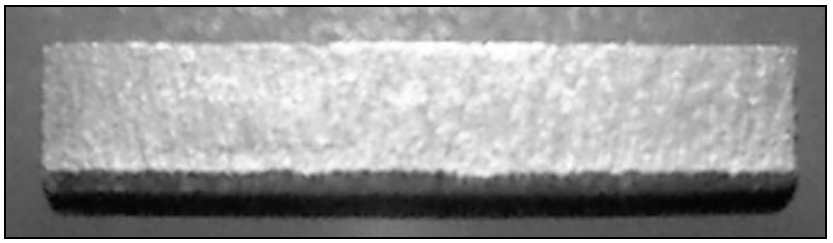
(b)

Resim 6.65. (Devam) 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğu ile elde edilen bazı numunelerde kesme hattı düz, bazı numunelerde ise kesme hattı az dalgalı olarak oluşmuştur. Kopma yüzeyi 0,28 mm kesme boşluğu numunesi kopma yüzeyine benzemektedir.



(a)

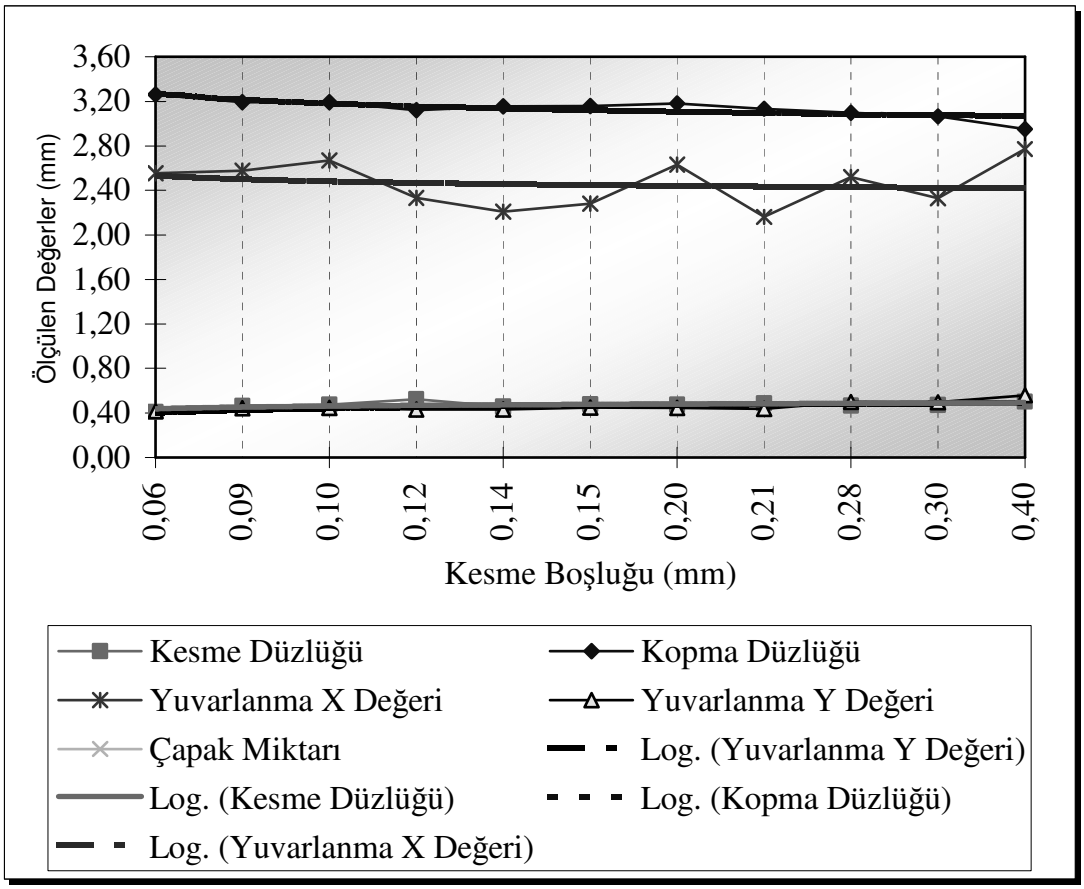


(b)

Resim 6.66. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm paslanmaz sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda 0,30 mm kesme boşluğu denemesi sonrası elde edilen numunelerde gözlemlenen değerlere yakın sonuçlar görülmektedir.

4 mm paslanmaz sac numune ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



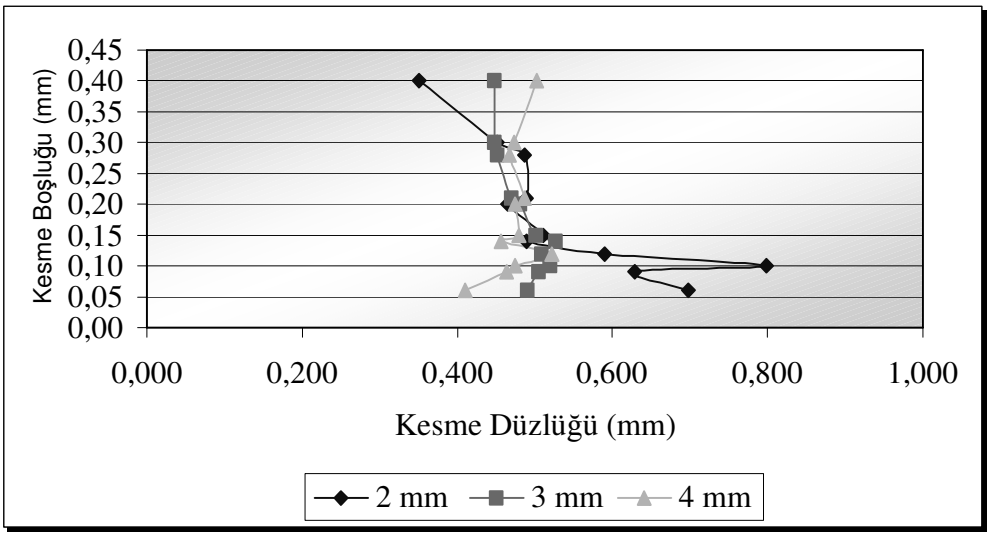
Şekil 6.38. 4 mm paslanmaz sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

Elde edilen paslanmaz sac numune ölçüm sonuçları, görüntüleri ve grafikler incelendiğinde; kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak kesme düzlüğünün artış gösterdiğini, kopma düzlüğünde ise azalma olduğu görülmektedir. X yönünde meydana gelen yuvarlananın logaritmik eğrisine bakıldığında yatayla paralel bir yol izlediği, Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının ise kesme boşluğu artışı ile artığı görülmektedir. 2 ve 3 mm paslanmaz numunelerde baskı sonrası çapak oluşumu görülmediği gibi 4 mm paslanmaz numunelerinde de çapak görülmüştür.

Diğer paslanmaz numunelerine oranla kesme boşluğu artışına bağlı olarak kesme düzlüğünün artığı görülmektedir. Bu artış malzeme yapısının sert olmasından ve

kesme boşluğunun dar olmasından dolayı kesme yapamadan pres baskısından dolayı kopmanın gerçekleştiğini göstermektedir. Numune görüntüleri incelendiğinde diğer alüminyum ve paslanmaz numunelerden farklı olarak kesme boşluğuna bağlı Y yönünde meydana gelen yuvarlanma atışı sırasında parçanın düzlemselliğinin bozulmadığı yuvarlanmanın sadece dişi kalıp tarafında olduğu, zımba tarafında bunun etkisinin görülmediği görülmektedir. Kopma, kesme, yuvarlanma Y grafiği ve görüntüleri incelendiğinde kopma yüzeyinin homojen olmasından dolayı kesme boşluğunun 0,28- 0,30 mm alınması uygun olacaktır. 0,30 mm üstünde kesme boşluğunda hızlı ve seri üretim yapacak kalıplarda parça düzlemselliği bozulmadığı için alınması uygun olacaktır. 0,28 mm kesme boşluğunun altında kesme boşluğunun seçilmesi kesme kuvvetini ve sürtünmeyi artıracağı için seçilmesi uygun değildir.

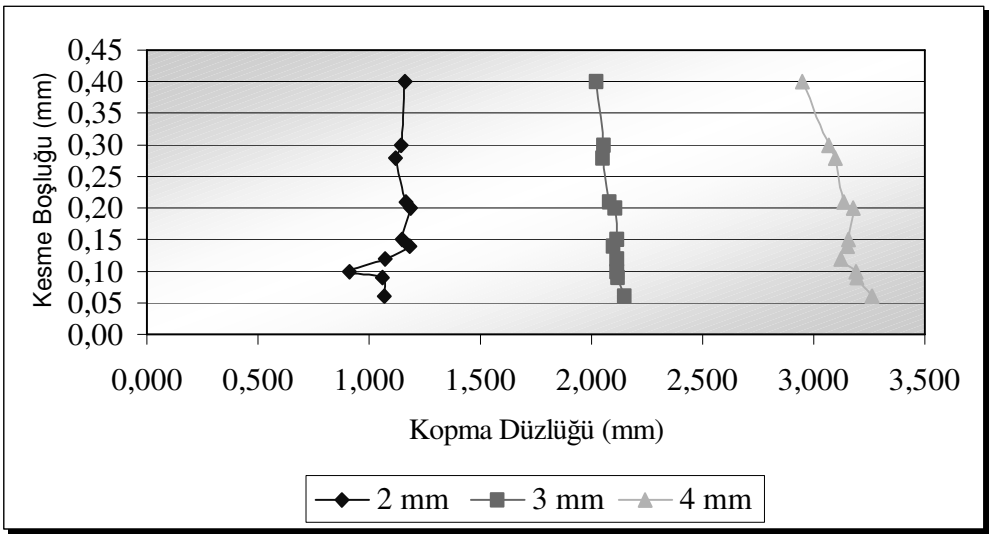
2, 3 ve 4 mm paslanmaz sac malzemelerinden elde edilen kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, ve X-Y yuvarlanma değerlerinin sac kalınlıklarına göre karşılaştırmalı sonuçları grafikler halinde aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.39. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı

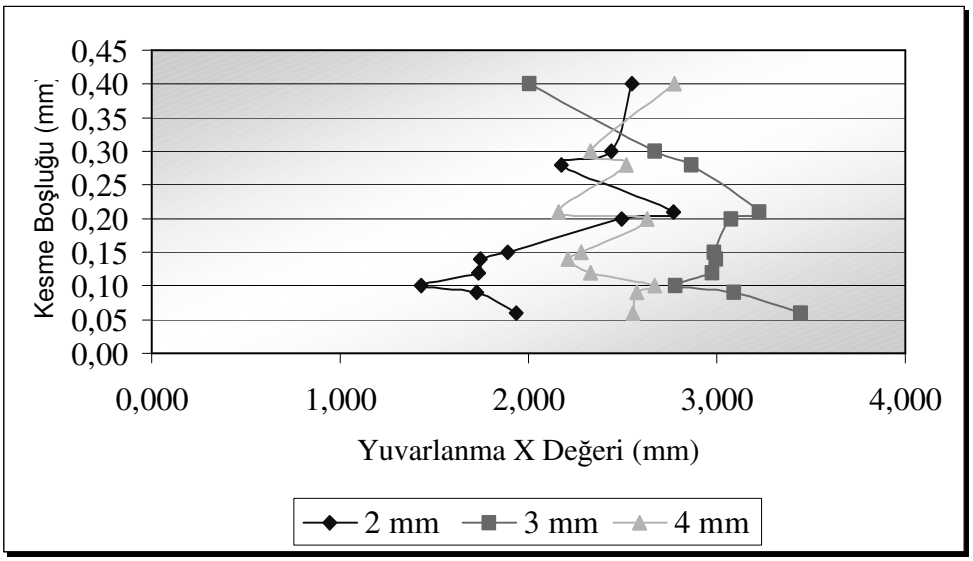
Şekil 6.39'da 2 mm paslanmaz sac numunelerinde kesme boşluğu artışına göre kesme düzlüğünün azaldığı görülmektedir. Kesme düzlüğünün azalmasıyla bağlantılı olarak yuvarlanma Y grafiğinin de kesme düzlüğünün azalması ile artış gösterdiği

görülmektedir. 3 ve 4 mm paslanmaz sac numunelerinde ise belli bir kesme boşluğuna kadar değerlerin dağınık olduğu daha sonra 3 mm paslanmaz sac değerlerinin azaldığı, 4 mm paslanmaz sac değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu farklılığı yuvarlanma Y değerinde görebilmekteyiz.



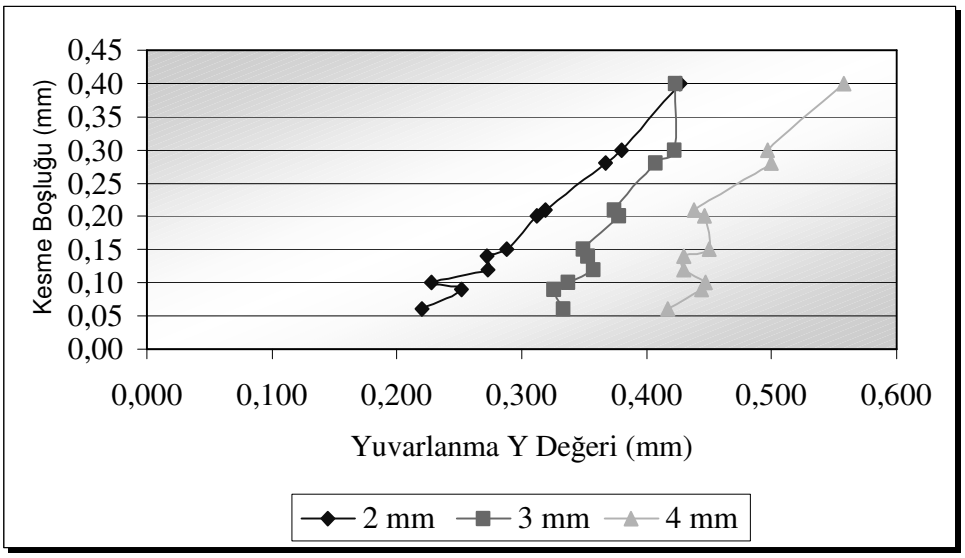
Şekil 6.40. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı

Kesme boşluğu artışına göre 3 ve 4 mm sac kalınlıklarında kopma düzlüğünün azaldığı, 2 mm sac kalınlığında ise diğer iki sac kalınlığına oranla dalgalı bir eğri oluşturarak kopma düzlüğünün artığı Şekil 6.40' da görülmektedir.



Şekil 6.41. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı

Şekil 6.41' de X yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının her üç kalınlık içinde dağınık seyrettiği, kesme boşluğunun artması ile 2 mm sac kalınlığında X değerinin artış yönünde bir eğri oluştuğu, 3 mm sac kalınlığında X değerinin düşme yönünde bir eğri oluştuğu ve 4 mm sac kalınlığında ölçülerin dağınık ve birbirine yakın olmasından dolayı dik bir eğri oluştuğu görülmektedir. 4 mm paslanmaz deneylerinde sacın kalın olması kesme boşluklarının düşük olmasından dolayı kararsız bir yuvarlanma X değeri ortaya çıkmıştır. Bu kararsız yapı 3 mm paslanmaz sac deneyleri sonuçlarında da görülmektedir.



Şekil 6.42. Paslanmaz sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı

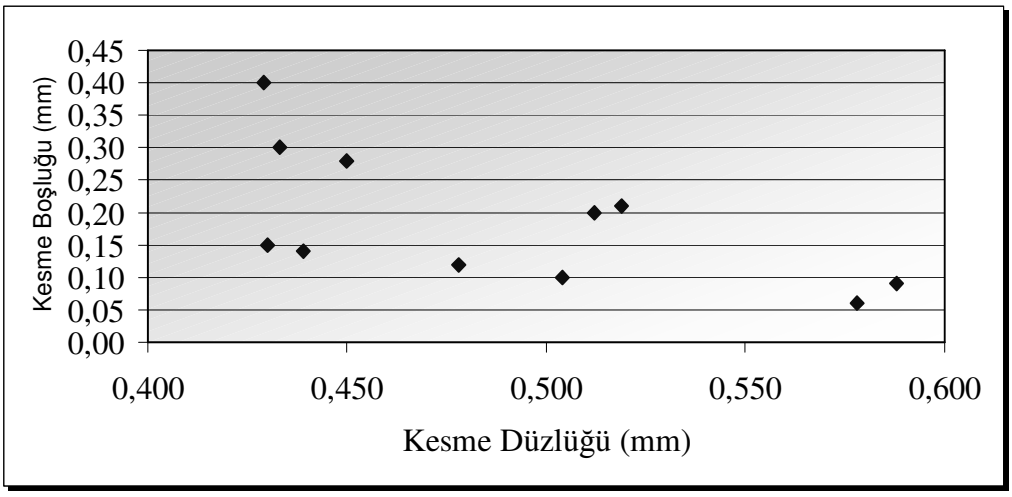
Şekil 6.42' de alüminyum numunelerde de görüldüğü gibi kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak üç kalınlık içinde Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarı artığı, üç kalınlık içinde bu artışların birbirine paralel bir yol izlediği görülmektedir. 2 mm paslanmaz deneylerinin kesme boşluğu artışına göre bir artış sergilediği, 3 ve 4 mm paslanmaz deneylerinin ise belli bir kesme boşluğuna kadar dağınık seyrettiği sonradan kesme boşluğu artışına göre artış gösterdiği görülmektedir.

Kesme boşluğu artışına bağlı olarak malzemede oluşması beklenilen çapağın, paslanmaz sac deneylerinde oluşmadığı görülmüştür. Paslanmaz sac deneylerinde çapak oluşmamasının sebebinin malzeme yapısının diğer iki numuneye oranla sert olduğudur.

6.3. Dkp Sac Malzeme Numuneleri

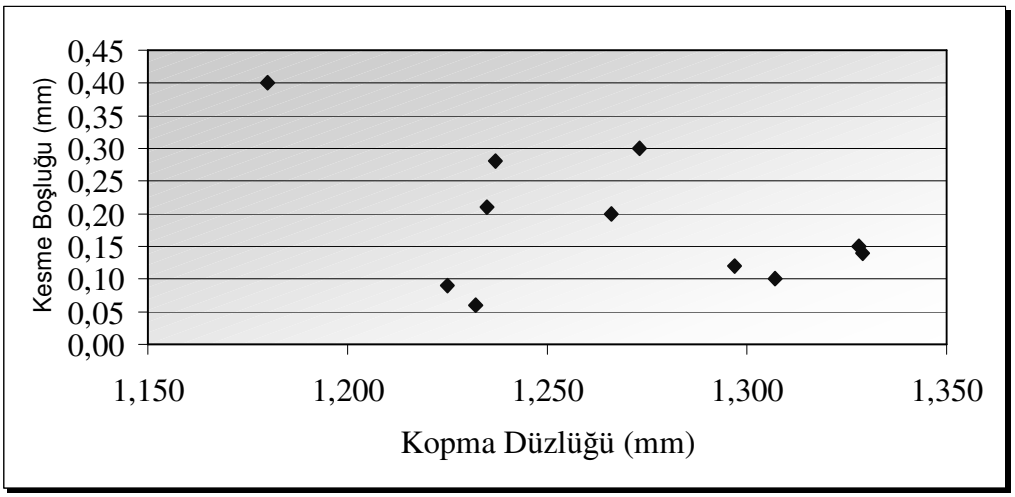
Dkp malzemesi için onbir (11) değişik kesme boşluğu uygulanmıştır. 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki sac malzemelerinin her biri için üçer adet numune alınarak toplam 99 adet numune alınmıştır. Alınan her numunenin çapak, yuvarlanma, kesme düzlüğü ve kopma düzlüğü değerleri ölçülerek bir kalınlık için 792 adet, paslanmaz malzemeler için toplam 2376 ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalamaları tablo ve grafikler halinde verilmiştir.

- *2 mm kalınlığındaki dkp sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



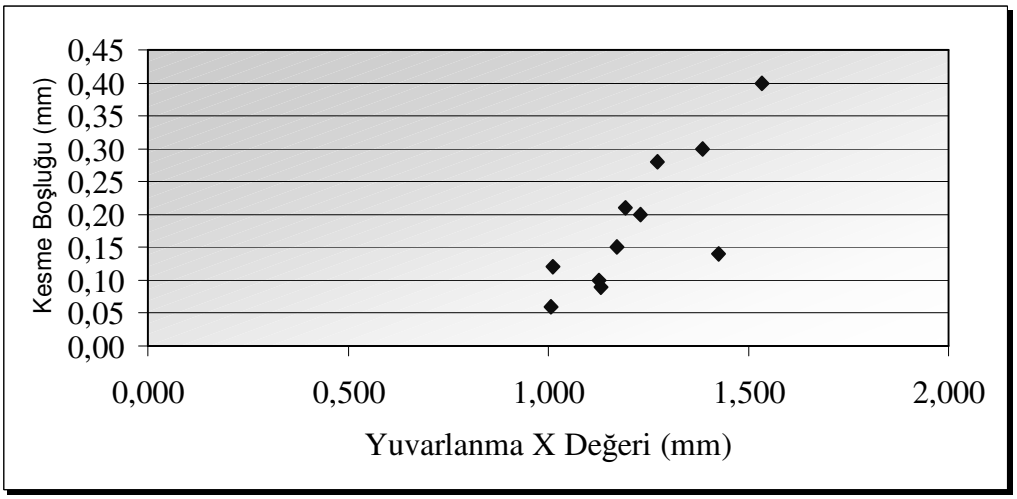
Şekil 6.43. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Diğer 2 mm sac kalınlığında paslanmaz ve alüminyum denemeleri kesme düzlüğü grafiklerindeki gibi kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak kesme düzlüğü azalan bir grafik oluşmuştur.



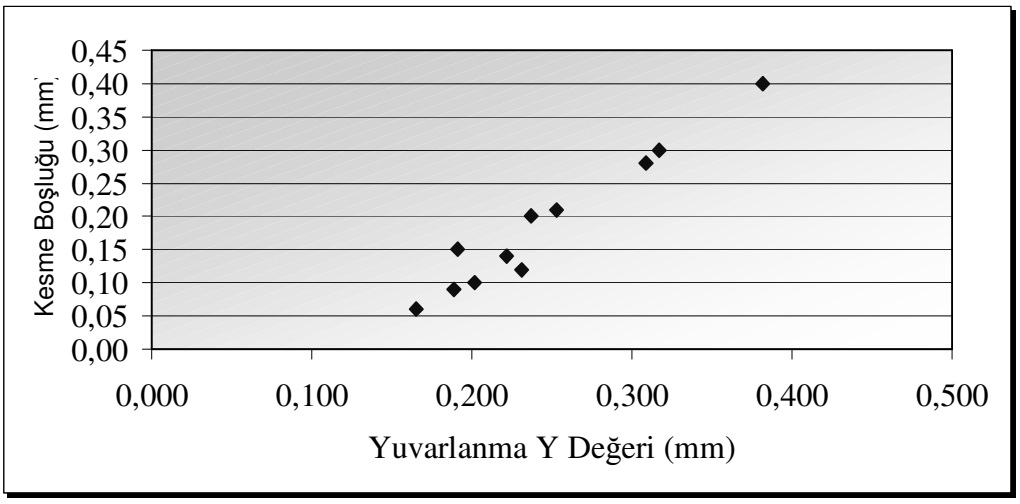
Şekil 6.44. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

0,15 mm kesme boşluğuna kadar grafikte bir artış gözlenirken, 0,15 mm kesme boşluğundan sonra dağınık bir değer izleyerek kopma düzlüğünün azaldığı Şekil 6.44' de görülmektedir.



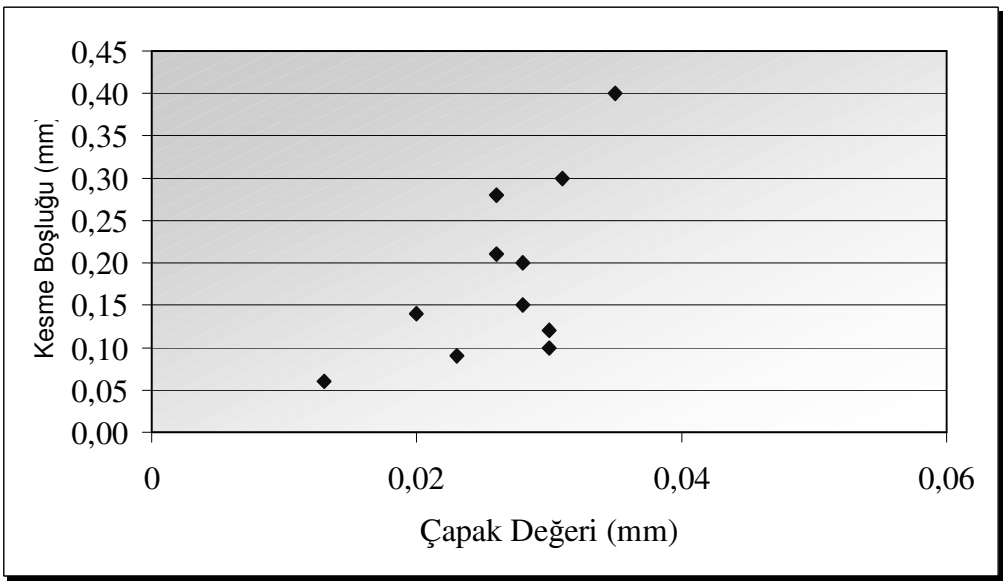
Şekil 6.45. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

2 mm paslanmaz ve alüminyum numune denemelerinde de görüldüğü gibi Şekil 6.45' de kesme boşluğunun artışı ile yuvarlanma X değerinin artığı görülmektedir.



Şekil 6.46. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

Kesme boşluğunun artışına bağlı olarak yuvarlanma Y değerinin artığı Şekil 6.46' da verilen grafikte görülmektedir.

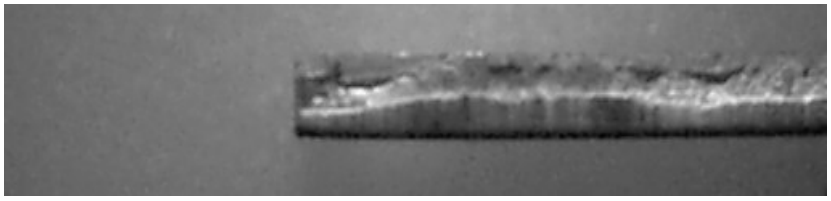


Şekil 6.47. 2 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak dağılımı

Şekil 6.47'deki grafik incelendiğinde kesme boşluğu artışına göre çapak miktarında dağınık bir artış olduğu görülmektedir.

2 mm kalınlığında dkp sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.

(a)



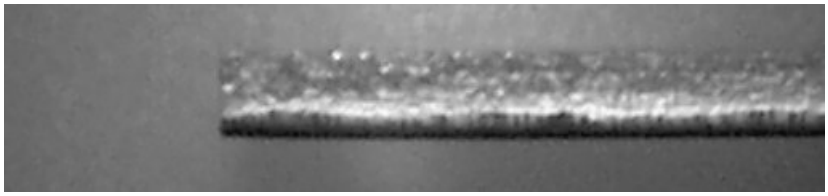
(b)

Resim 6.67. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda resimde de belli olduğu gibi kesme hattı dalgalıdır. Kesme işlemi zımba ve dişi kalıp tarafından gerçekleştiği için çift taraflı bir kesme oluşmuştur. Dişi kalıp tarafında meydana gelen kesme işlemi resimde de görüldüğü gibi dalgalı iken zımba tarafında meydana gelen kesme parçalı oluşmuştur.

(a)

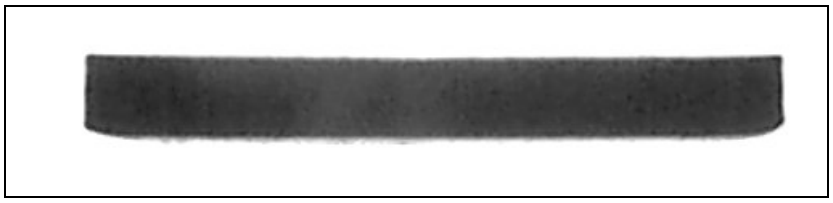
Resim 6.68. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü



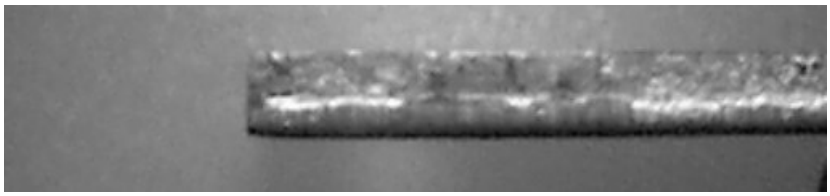
(b)

Resim 6.68. (Devam) 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda kesmenin zımba tarafında da gerçekleşmesinden dolayı ortaya çıkan çift taraflı kesme devam etmektedir. Oluşan kesme hattı dalgalı ve parçalıdır.



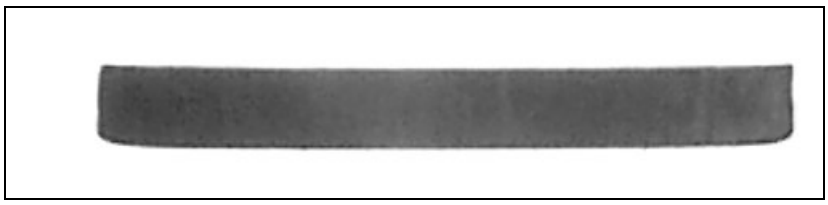
(a)



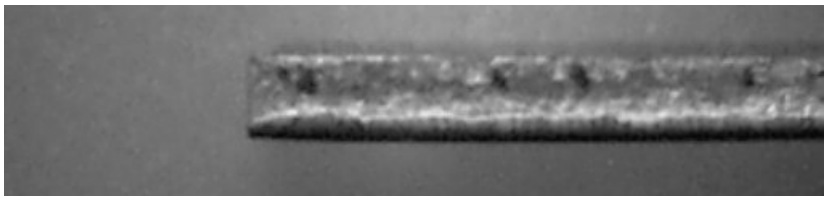
(b)

Resim 6.69. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda 0,09 mm kesme boşluğunda gözlemlenen bulgular görülmektedir. Zımba tarafında oluşan ikinci kesmeler kopma yüzey rengi ile aynı ve parçalı şekilde bazı parçaların yüzeyinde ise sıvanma kaynaklı parlaklıklar bulunmaktadır.



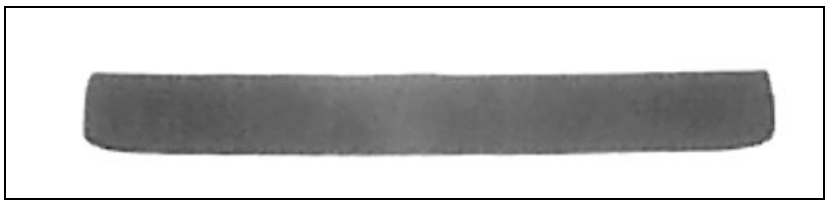
(a)



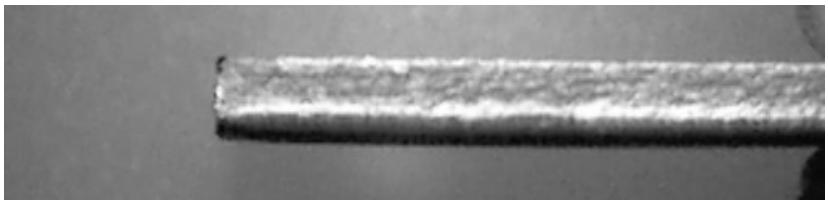
(b)

Resim 6.70. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı diğer numunelerde olduğu gibi dalgalı çift taraflı kesme olayı bu numunede de gerçekleştiği, kopma yüzeyinde siyah parçacıkların olduğu görülmektedir.



(a)

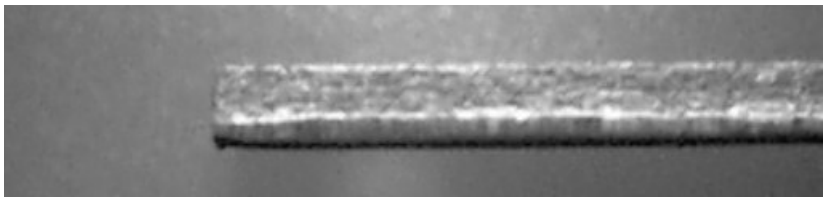


(b)

Resim 6.71. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda oluşan kesme hattı dalgalı, kopma yüzeyi çoğunlukta, kopma yüzeyinin üzerinde parçacıklar halinde kesme izleri olduğu görülmektedir. Çift taraflı kesme izleri kaybolmaya başlamıştır.

(a)



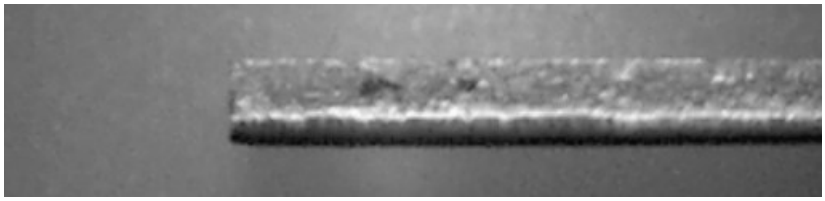
(b)

Resim 6.72. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda 0,14 mm kesme boşluğu ile elde edilen numunelerde gözlemlenen kesme izlerini olduğu, parça düzlemselliğin bozulduğu yuvarlanma X ölçüsünün artığı görülmektedir.

(a)

Resim 6.73. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü

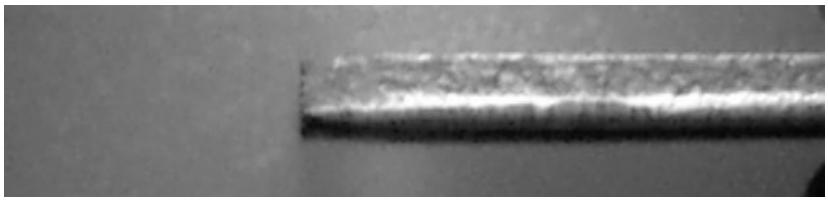


(b)

Resim 6.73. (Devam) 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda dalgalı bir kesme hattı oluştuğu, kesme yüzeyi üzerinde siyah çizgiler ve kopma yüzeyinde parçalar olduğu görülmektedir.

(a)

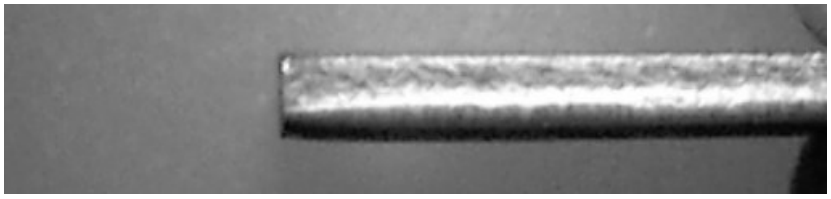


(b)

Resim 6.74. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda bazı numunelerde kesme hattının dalgalı, bazı numunelerde ise kesme hattının belli olmadığı görülürken, kopma yüzeyinde parçacıklar oluşmuştur.

(a)

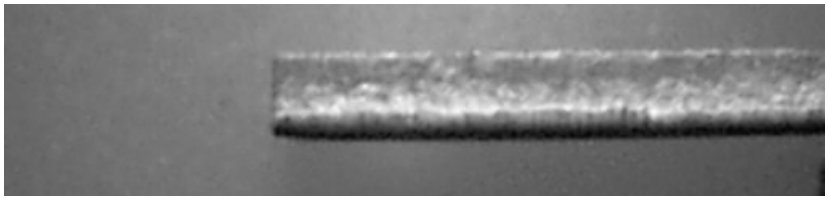


(b)

Resim 6.75. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı olduğu, parçada kopma yüzeyinin diğer numunelere oranla fazla olduğu, yuvarlanma miktarının gözle görülür şekilde artığı görülmektedir. Yuvarlanma Y değerinin de artığı görülmektedir.

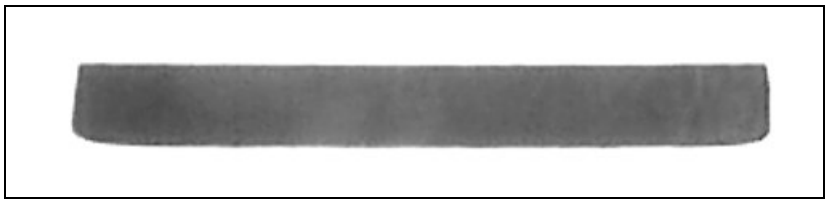
(a)



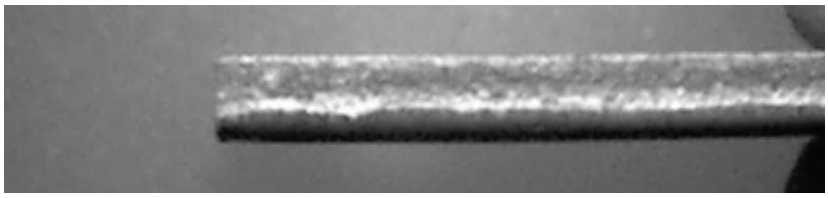
(b)

Resim 6.76. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda 0,28 mm kesme boşluğu ile elde edilen numune kesme izleri ile benzerdir. Kesme düzlüğünün 0,28 mm kesme boşluğuna göre ince olduğu görülmektedir.



(a)

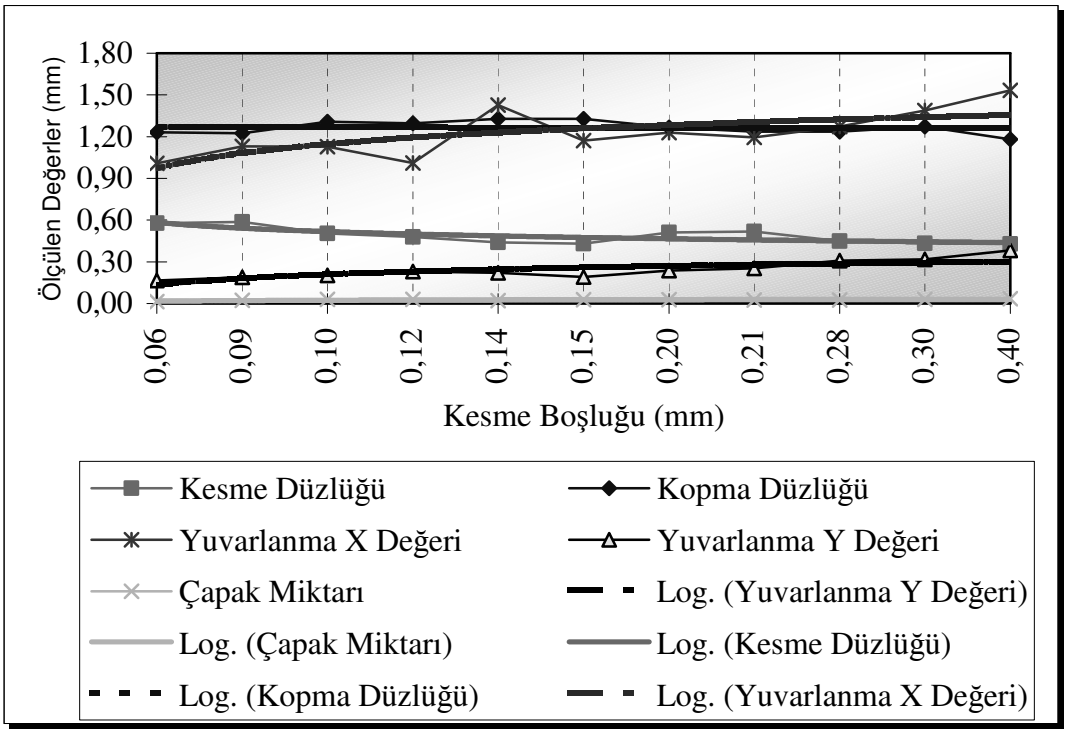


(b)

Resim 6.77. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 2 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda kesme hattı yok gibi görünüyor. Kesmeden kopmaya yavaş yavaş bir geçiş olduğu kopma yüzeyinin çoğunlukta ve yuvarlanma bölgesinde parça uç kısmının zımbaya doğru büküldüğü görülmektedir.

2 mm dkp sac ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.48. 2 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

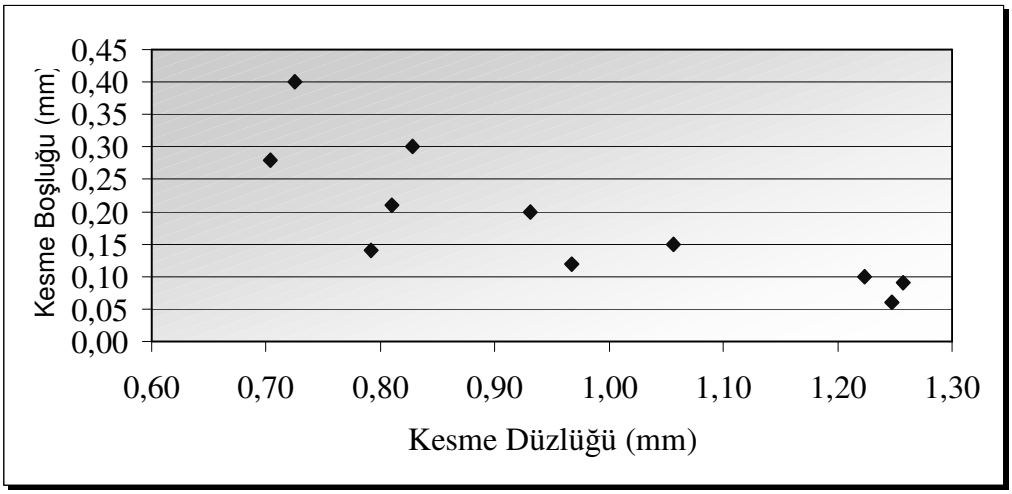
Şekil 6.48' deki grafik incelendiğinde kesme boşluğunun artışına bağlı olarak kesme düzlüğünün azaldığı, kopma düzlüğünün X eksenine yakın bir paralellikte değer izleyerek azda olsa azaldığı görülmektedir. Önceden incelediğimiz alüminyum numunelerinde de görüldüğü gibi X ve Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının kesme düzlüğüne göre artığı yukarıda verilen grafikte net olarak görülmektedir. Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının kesme düzlüğü eğrisinin simetrisi olarak artığı görülmektedir.

2 mm sac kalınlıklarına sahip alüminyum ve paslanmaz deneylerinde görüldüğü gibi kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak parça düzlemselliğinin bozulması 2 mm dkp deneylerinde de görülmektedir.

Numuneler incelendiğinde parça düzlemselliğinin 0,14 mm kesme boşluğundan sonra daha da bozulduğu 0,20 mm kesme boşluğu ile birlikte Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının artığı görülmektedir. Malzeme yapısından ve kesme boşluklarının dar olmasından dolayı oluşan çift taraflı kesme 0,14 mm kesme boşluğuna kadar görülürken, 0,14 mm kesme boşluğundan sonra kesme ve kopma yüzeylerinin net oluştuğu fakat yüzeydeki izlerin devam ettiği görülmektedir. Aynı zamanda kesme boşluğunun artışına bağlı olarak çapak miktarının birbirine yakın değerler izlediği görülmektedir

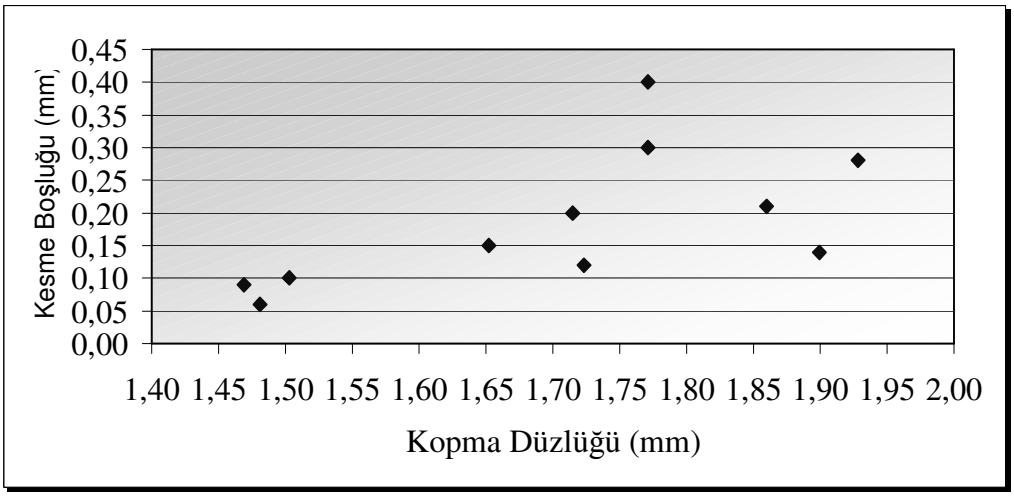
Yuvarlanma grafiklerine ve numune görüntülerine bakıldığında kesme boşluğunun 0,12 mm alınmasının uygun olacağı görülmektedir..

- *3 mm kalınlığındaki dkp sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



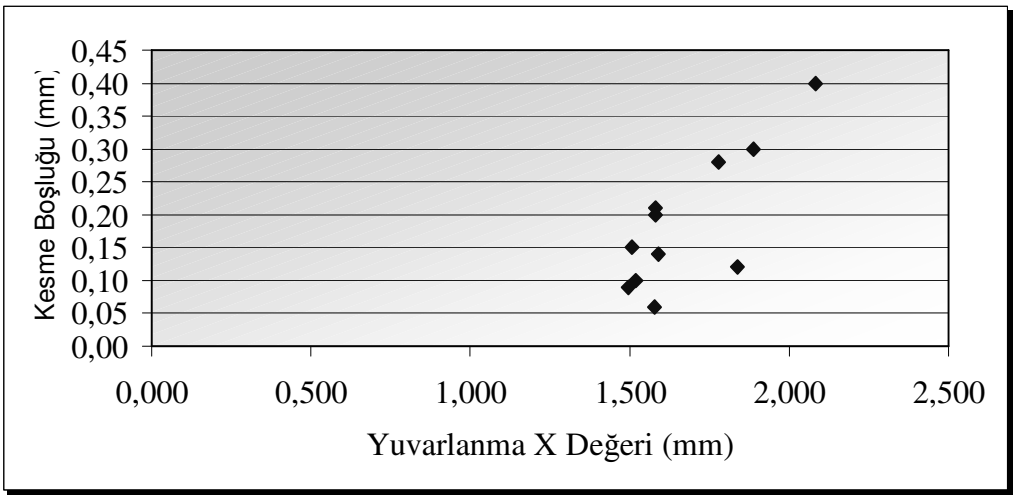
Şekil 6.49. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.49' da 3 mm dkp numune denemesi sonrasında oluşturulan kesme boşluğuna göre kesme düzlüğü grafiğinde, kesme boşluğunun artışına göre dağınık bir yol izleyerek kesme düzlüğünün azaldığı görülmektedir.



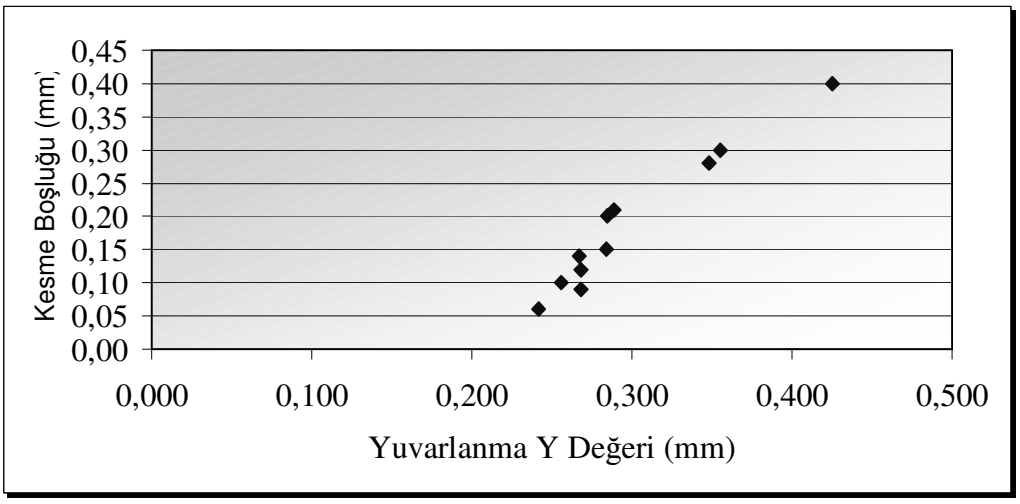
Şekil 6.50. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.50' de verilen kesme boşluğuna göre kopma düzlüğü grafiğinde kopma düzlüğünün 0,14 mm kesme boşluğuna kadar artan bir eğri çizdiği 0,14 mm kesme boşluğundan sonra değerlerin dağınık bir yol izlediği görülmektedir. Bu değerlerin dağınık olmasının sebebi; kesme sırasında meydana gelen çift taraflı kesmedir.



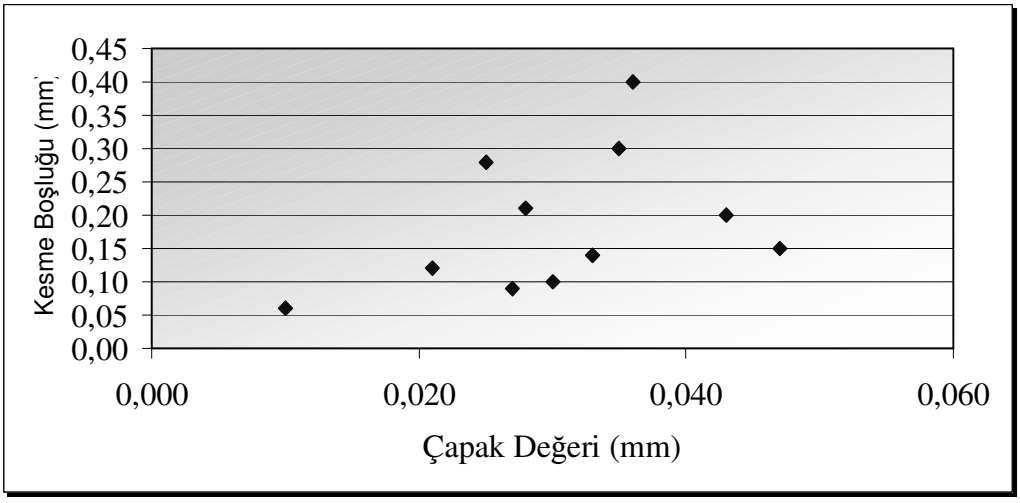
Şekil 6.51. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

Şekil 6.51' de yuvarlanma X değerinin 2 mm sac kalınlığında da görüldüğü gibi kesme boşluğunun artmasına bağlı olarak artığı görülmektedir. 0,15 mm kesme boşluğuna kadar değerlerin karasız olması kesme boşluğunun az olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.52. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

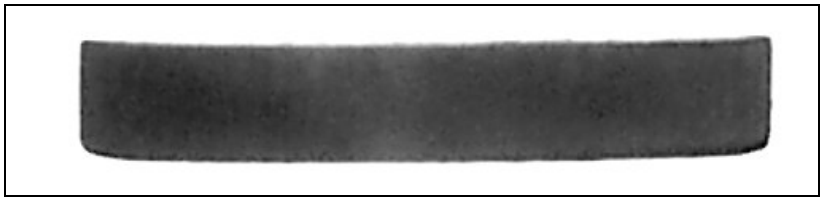
Genel olarak sonuçlarda karşılaştığımız kesme boşluğunun artışına bağlı olarak yuvarlanma Y değerinde artığı Şekil 6.52' de verilen grafik de görülmektedir. 0,21 mm kesme boşluğuna kadar birbirine yakın değerler izlediği 0,21 mm kesme boşluğundan sonra artığı görülmektedir.



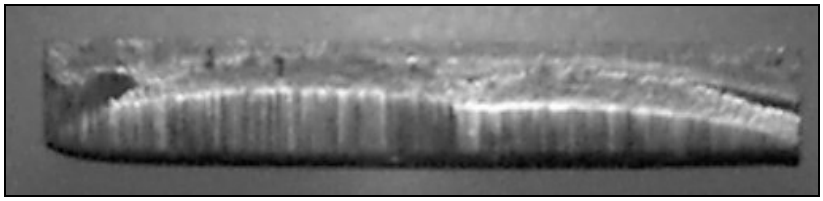
Şekil 6.53. 3 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak dağılımı

Şekil 6.53' de kesme boşluğuna göre çapak miktarının dağınık bir yol izlediği görülmektedir.

3 mm kalınlığında dkp sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.



(a)



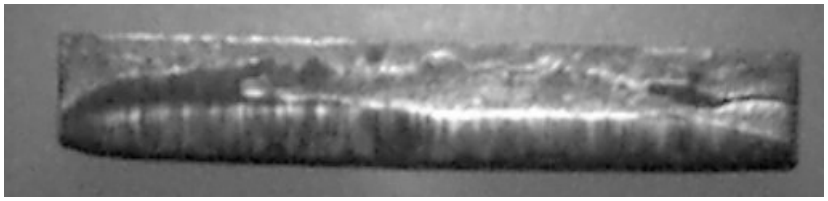
(b)

Resim 6.78. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 mm kesme boşluğunda resimden de anlaşıldığı gibi çift taraflı bir kesme meydana gelmiştir.. Kesme sonrasında dalgalı bir kesme hattı oluşmuştur. Çift taraflı kesmeden dolayı yüzeyde yarılmaya benzer izler görülmektedir.

(a)

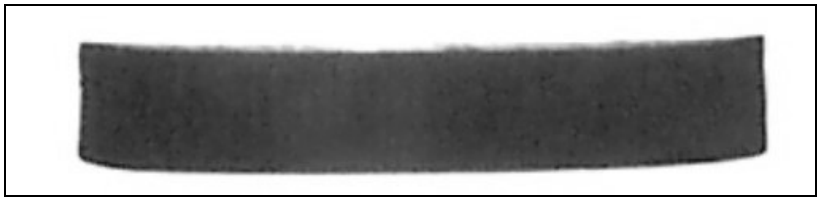
Resim 6.79. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü



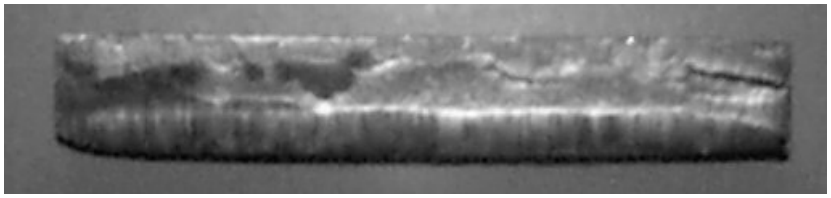
(b)

Resim 6.79. (Devam) 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,09 mm kesme boşluğunda 0,06 mm kesme boşluğunda gerçekleşen kesme olayı burada da gerçekleşmiş aynı zamanda bazı numunelerin kopma yüzeylerinde bölgesel olarak kesme ve çift taraftan gerçekleşen kesme işlemi ortada birleşmiş olarak görülmektedir.



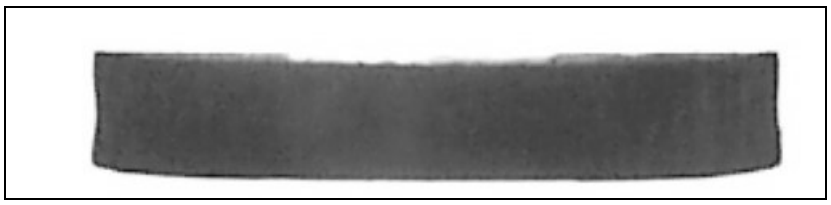
(a)



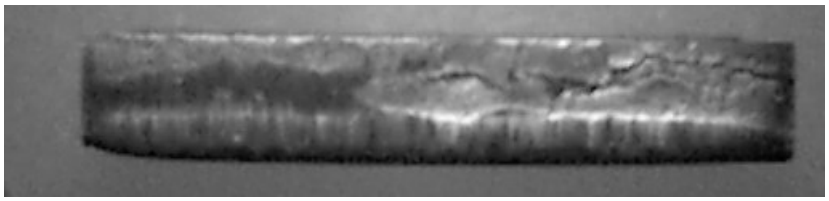
(b)

Resim 6.80. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda 0,09 mm kesme boşluğunda görünen kesme izlerin olduğu, kesme hattının daha az dalgalı olduğu görülmektedir.



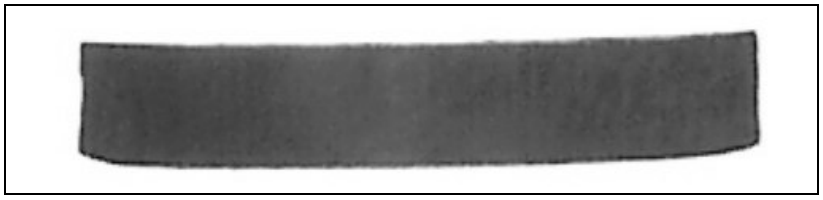
(a)



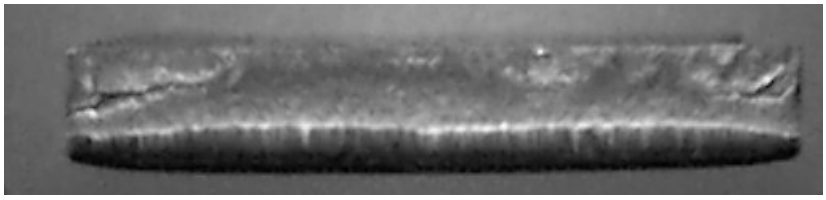
(b)

Resim 6.81. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda dalgalı bir kesme hattı oluştuğu, bazı bölgelerde kesmenin çoğunlukta olduğu ve çift taraflı kesmenin gerçekleşmesinden dolayı parça yüzeyinde çatlaklar oluşmuş gibi görülmektedir.



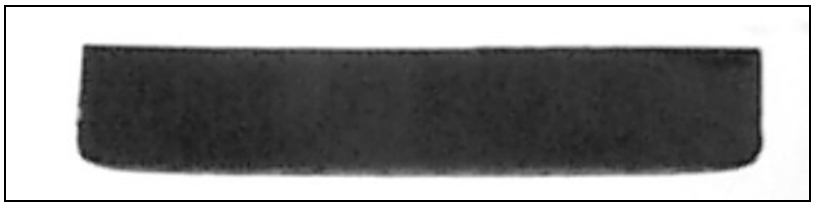
(a)



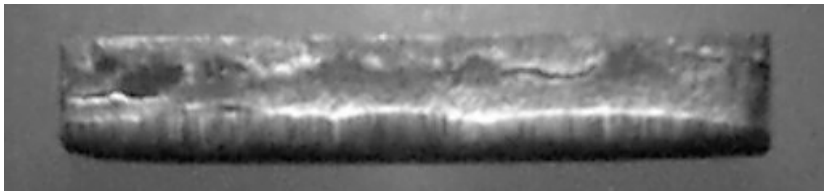
(b)

Resim 6.82. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda zımba tarafında meydana gelen ikinci kesme parçalı ve uç bölgelerde daha çok görülmektedir. Bazı yerlerde çift taraflı kesme birleşmiş olarak görülmektedir.



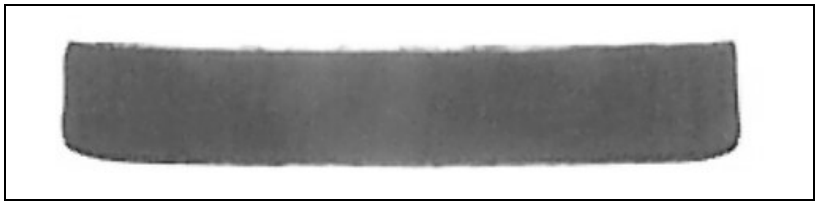
(a)



(b)

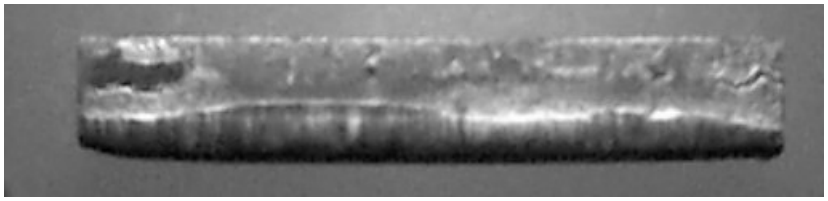
Resim 6.83. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda 0,14 mm kesme boşluğunda görünen kesme izleri görüldüğü gibi, yüzeyin bazı bölgelerinde iki taraflı kesme izleri birleşmiştir.



(a)

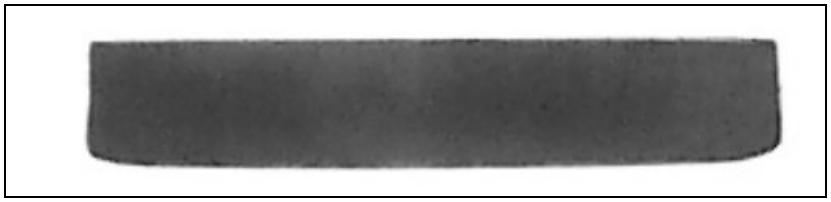
Resim 6.84. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü



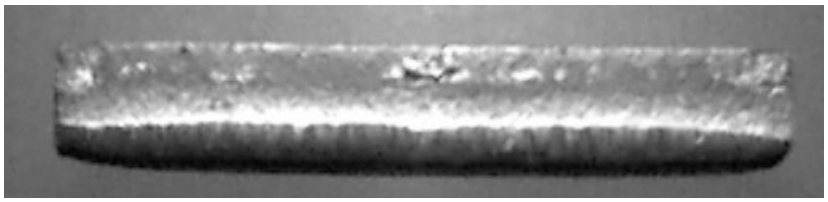
(b)

Resim 6.84. (Devam) 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı, çift taraflı kesmenin parçalı olduğu görülmektedir.



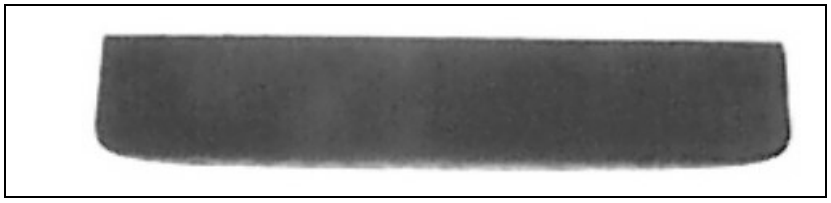
(a)



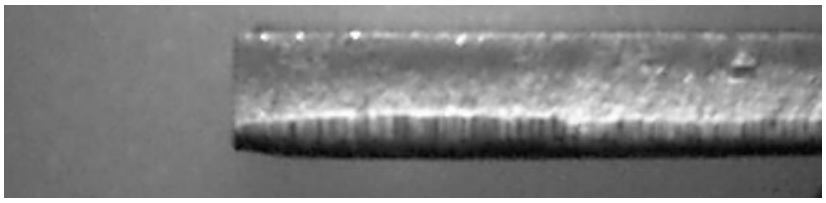
(b)

Resim 6.85. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğunda 0,20 mm kesme boşluğunda görünen izler burada da görülmektedir. Burada zımba tarafında gerçekleşen kesme 0,20 mm kesme boşluğuna göre parçalı olarak gerçekleşmiştir.



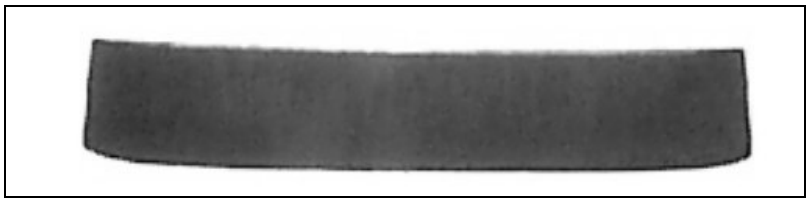
(a)



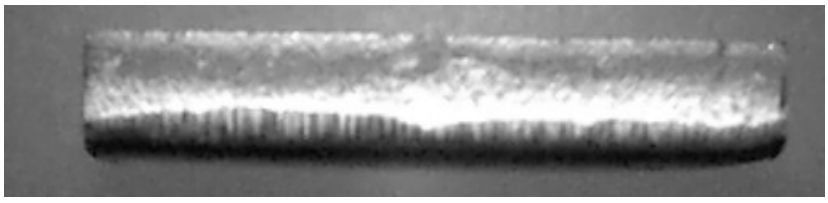
(b)

Resim 6.86. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda dalgalı ve kademeli bir kesme hattının oluştuğu, zımba tarafında meydana gelen ikinci kesme izlerinin önceki numunelere göre az ve kopma yüzeyinde küçük küçük olduğu görülmektedir.



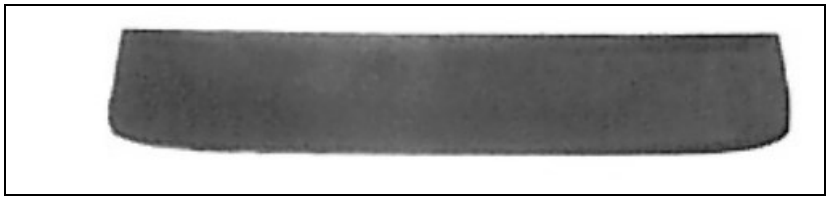
(a)



(b)

Resim 6.87. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı olduğu, çift taraflı kesmenin olmadığı görülmektedir.



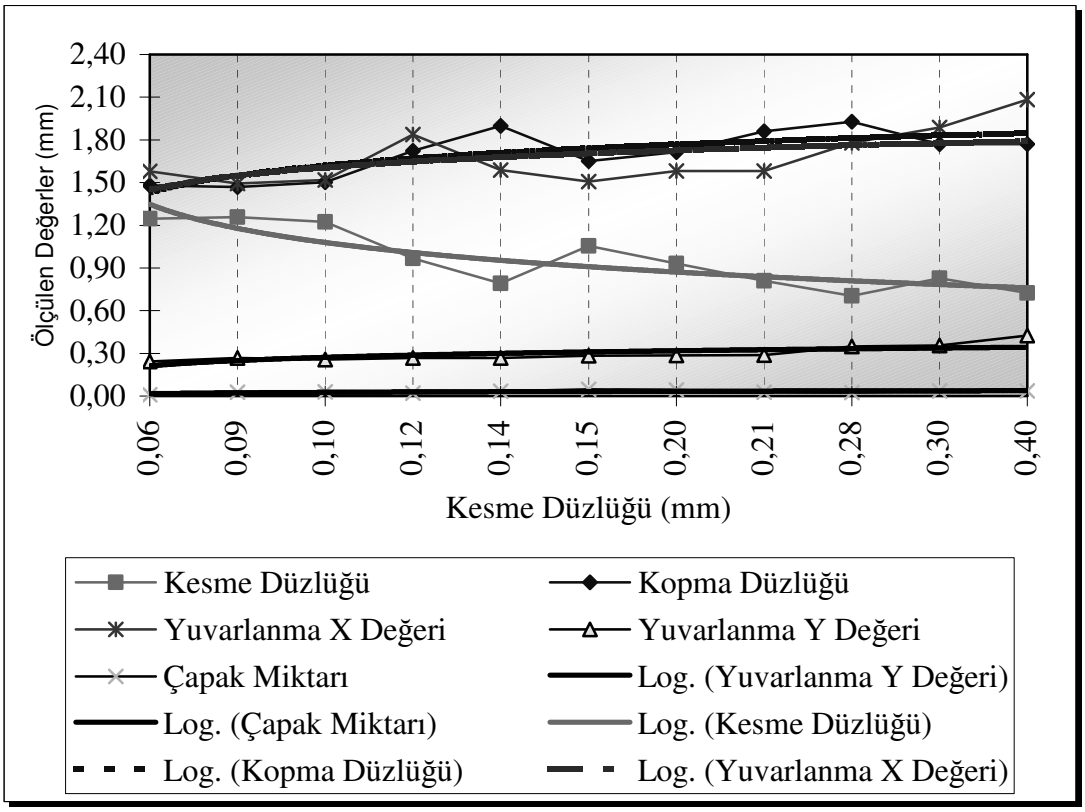
(a)

(b)

Resim 6.88. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 3 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda çift taraftan kesme izlerinin olmadığı, 0,40 mm kesme boşluğuna göre daha az dalgalı bir kesme hattı oluştuğu görülmektedir.

3 mm dkp sac numuneleri ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.54. 3 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

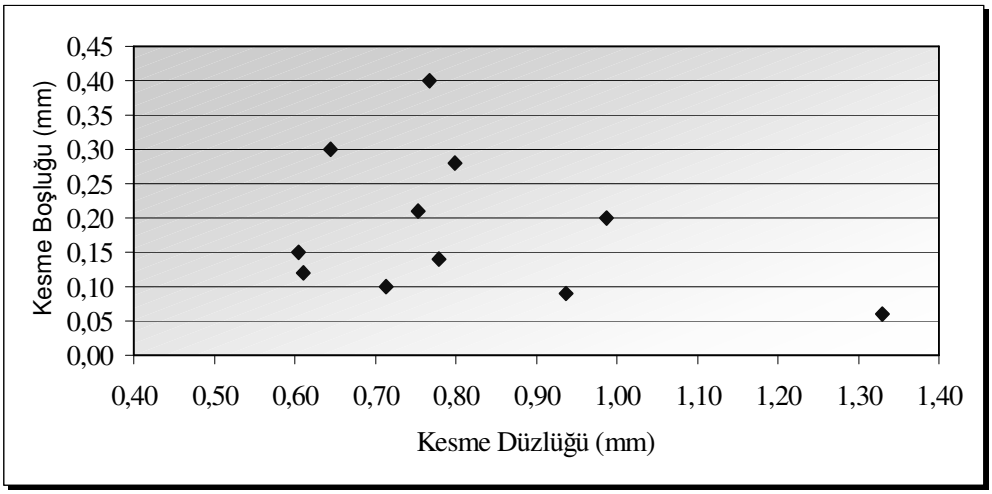
Şekil 6.54' de verilen grafikte kesme düzlüğü 2 mm dkp numunesine oranla daha açısal bir yol izleyerek kesme boşluğu artışına bağlı olarak azaldığı, kopma düzlüğünün ise kesme boşluğu artışına göre artığı görülmektedir. Kesme boşluğu artışına göre X ve Y yuvarlanma değerlerinin nerdeyse birbirlerine paralel bir eğri içerisinde artığı görülmektedir. Çapak miktarı ise de 2 mm dkp numunesinde de gözlendiği gibi kesme boşluğu artışına göre artmıştır.

2 mm dkp deneylerinde 0,14 mm kesme boşluğunda kadar görünen çift taraflı kesme 3 mm dkp malzemesinde 0,28 mm kesme boşluğunda azalmaya başlamıştır. Bu farklılık sac kalınlığından oluşmaktadır. Malzeme yapısı çift taraflı kesme olayının gerçekleşmesini etkilemektedir. 3 mm dkp deneylerinde ise yuvarlanma miktarının

0,28 mm kesme boşluğundan sonra artığı görülmektedir. Malzemenin düzlemselliğinin aşırı bozulmasından dolayı kesme boşluğu 0,28 mm ve sonrası alınmamalıdır. Parça düzlemselliği bakımından çift taraflı kesme göz arda edildiğinde 0,15 mm kesme boşluğu 3 mm dkp malzemesi için uygun görülmektedir.

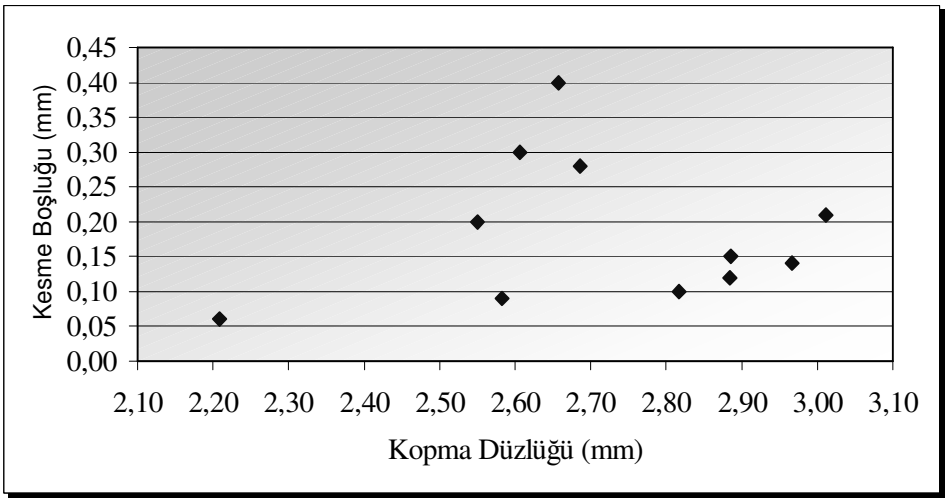
Çift taraflı kesmenin fazla olduğu 0,06-0,09 ve 0,10 mm kesme boşluklarında kesme işlemi tam olarak gerçekleşmediği için kesme kuvveti fazla olacaktır.

- *4 mm kalınlığındaki dkp sac malzemesi ölçüm ortalamaları, kesme boşluğuna göre grafikler halinde aşağıda verilmiştir.*



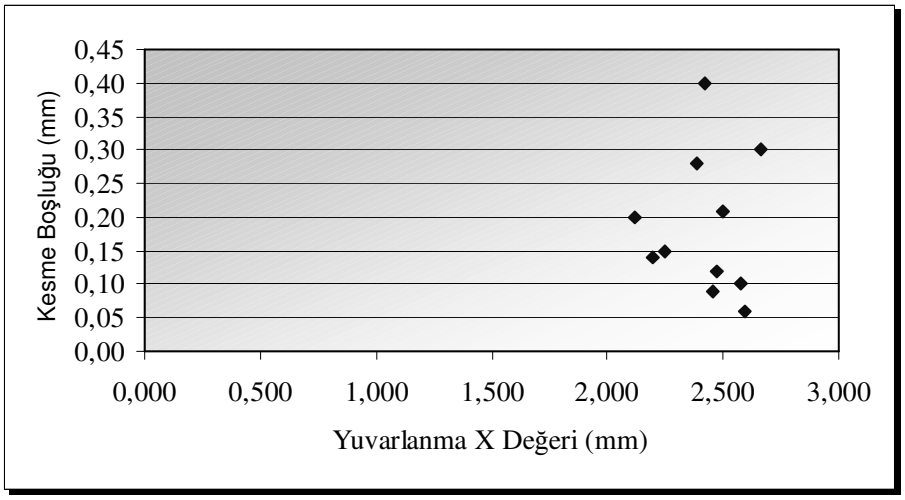
Şekil 6.55. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Kesme boşluğunun artması ile kesme düzlüğünün 0,15 mm kesme boşluğuna kadar azalma gösterdiği, 0,15 mm kesme boşluğundan sonraki kesme boşlukları için değerlerin birbirine yakın olduğu Şekil 6.55' de görülmektedir.



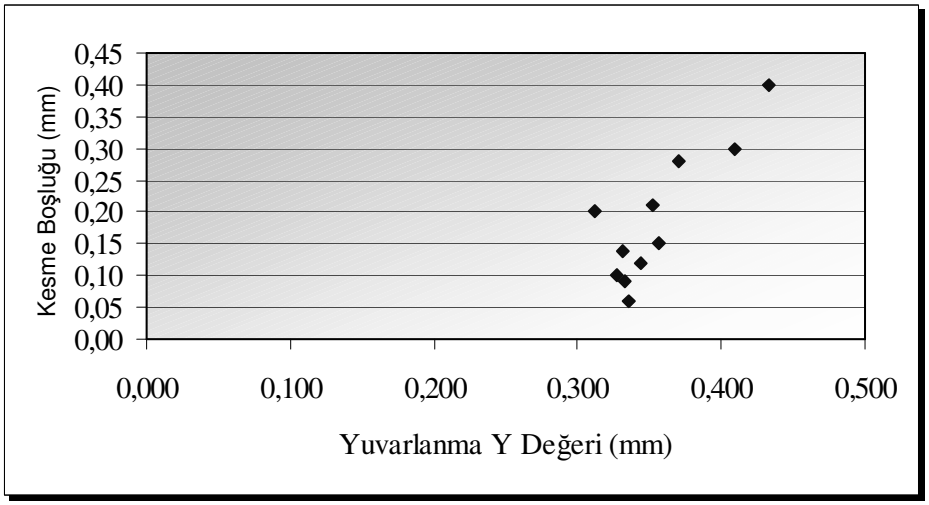
Şekil 6.56. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Kesme boşluğunun artışına bağlı olarak kopma düzlüğünün kararsız bir yapı izlediği Şekil 6.56' da verilen kesme boşluğuna göre kopma düzlüğü grafiğinde görülmektedir. Bu kararsız yapı kesme boşluğunun dar olması ve kesme sırasında oluşan çift taraflı kesmeden kaynaklanmaktadır.



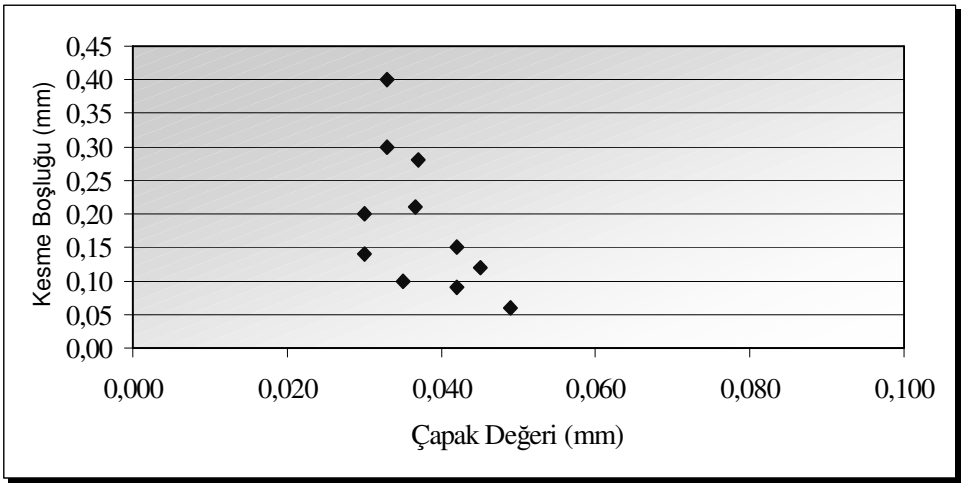
Şekil 6.57. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X dağılımı

Şekil 6.57'de görüldüğü gibi kesme boşluğunun dar olmasından ve malzeme kalınlığına uygun olmamasından dolayı kararsız ve dağınık bir eğri oluşmuştur.



Şekil 6.58. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y dağılımı

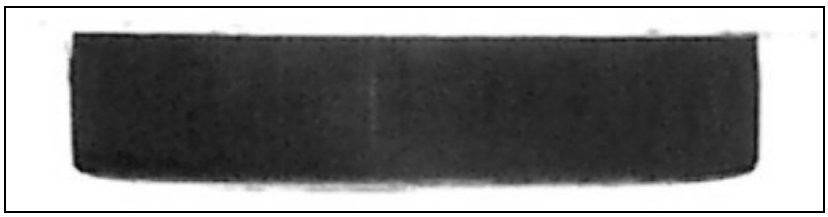
0,21 mm kesme boşluğuna kadar birbirine yakın değerler izlediği, 0,21 mm kesme boşluğundan sonra yuvarlanma Y değerinin kemse boşluğu artışına göre artığı Şekil 6.58' de görülmektedir.



Şekil 6.59. 4 mm dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak dağılımı

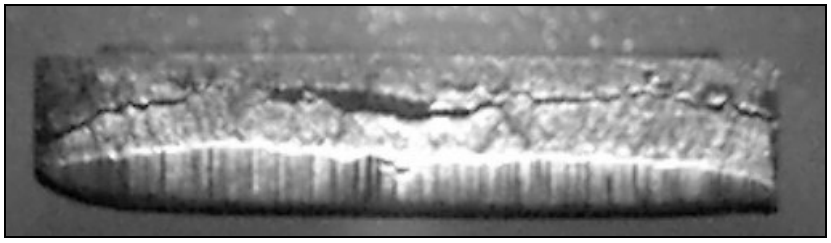
4 mm dkp deneyi çapak sonuçlarının birbirine yakın olduğu ve değerlerin kararsızlık gösterdiği Şekil 6.59' da görülmektedir.

4 mm kalınlığında dkp sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraf aşağıda verilmiştir.



(a)

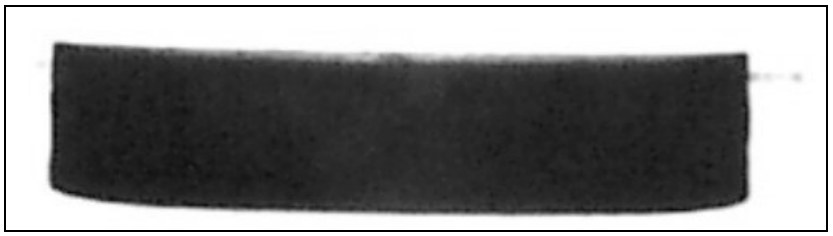
Resim 6.89. 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü



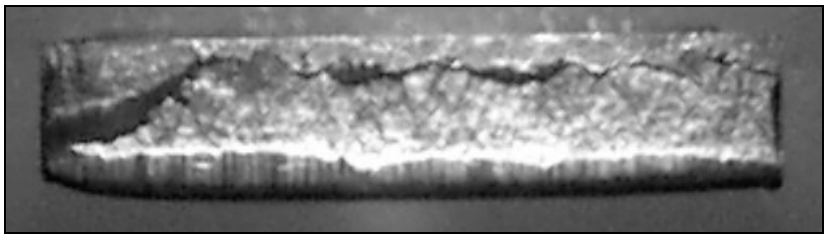
(b)

Resim 6.89. (Devam) 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,06 kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı, çift taraflı kesmenin gerçekleşti ve parça yüzeyinin çift taraflı kesmeden dolayı çatlamış gibi olduğu görülmektedir.



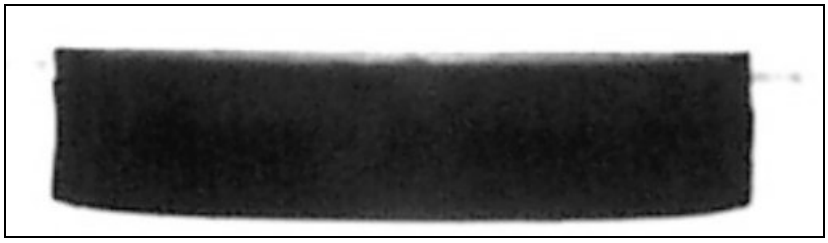
(a)



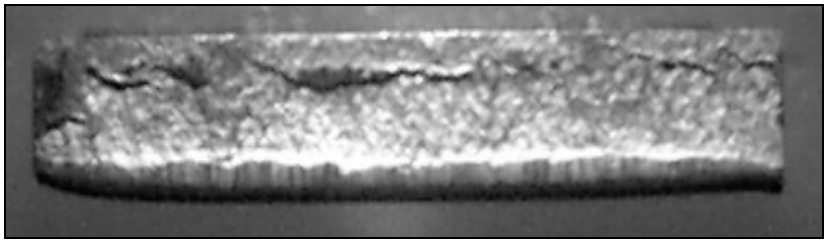
(b)

Resim 6.90. 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü..

0,09 mm kesme boşluğunda kesme hattının dalgalı olduğu, zımba tarafından gerçekleşen kesme izlerinin bazı bölgelerde yuvarlanmaya kadar ilerlediği görülmektedir.



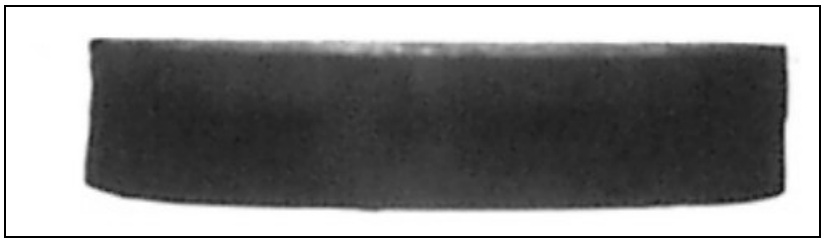
(a)



(b)

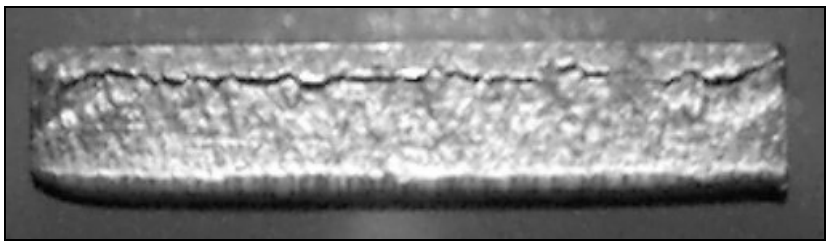
Resim 6.91. 0,10 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,10 mm kesme boşluğunda 0,09 mm kesme boşluğunda karşılaşılan kesme izlerine benzer izler görülmektedir. Zımba tarafındaki kesmeden dolayı oluşan hat burada daha incedir.



(a)

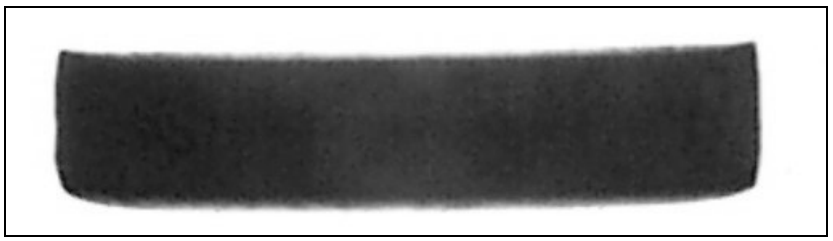
Resim 6.92. 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü



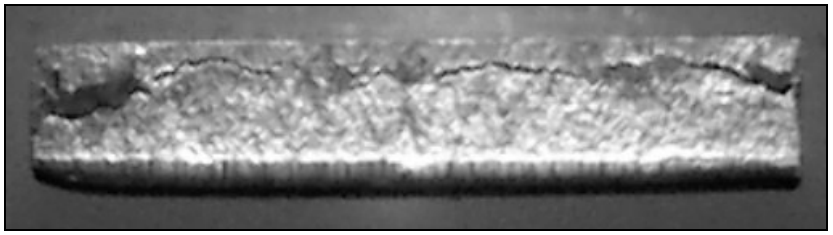
(b)

Resim 6.92. (Devam) 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,12 mm kesme boşluğunda çift taraflı kesmenin gerçekleşmesinden dolayı kopma yüzeyinde çatlama olmuş gibi görülmektedir.



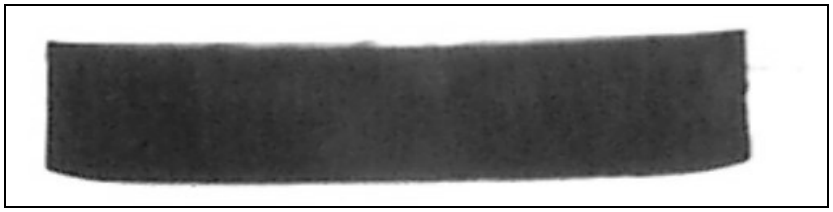
(a)



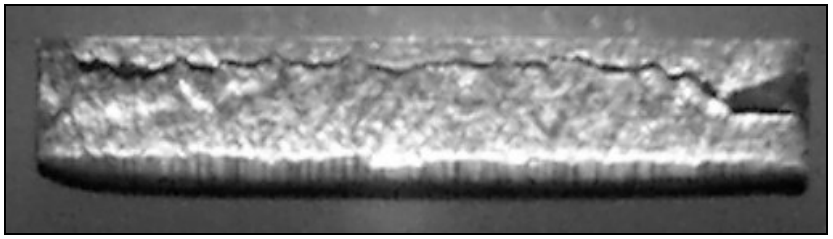
(b)

Resim 6.93. 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,14 mm kesme boşluğunda dalgalı bir kesme hattı ve diğer numunelerde olduğu gibi çift taraflı kesme işleminin gerçekleştiği görülmektedir..



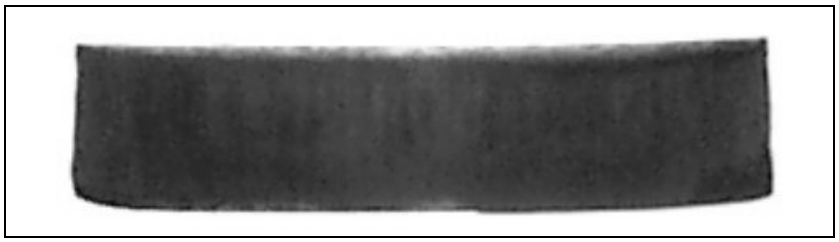
(a)



(b)

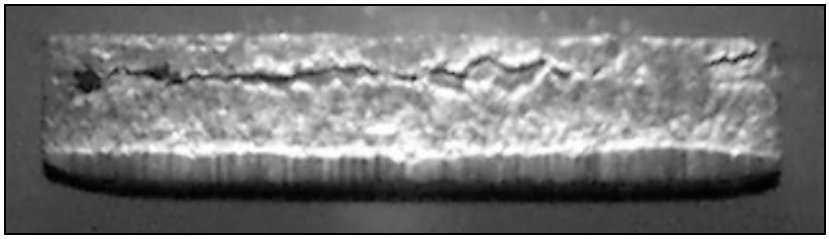
Resim 6.94. 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,15 mm kesme boşluğunda 0,14 mm kesme boşluğunda görünen kesme izlerin bulunduğu, kesme hattının 0.14 mm kesme boşluğuna göre biraz girinti-çıkıntı olduğu görülmektedir.



(a)

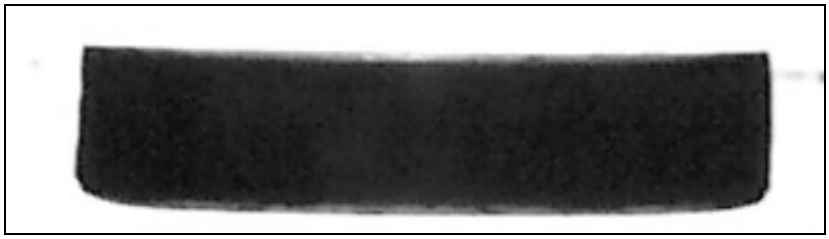
Resim 6.95. 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü



(b)

Resim 6.95. (Devam) 0,20 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,20 mm kesme boşluğunda kesme hattı dalgalı ve kopma yüzeyinde çift taraflı kesmeden kaynaklı çatlamaya benzer izler görülmektedir.

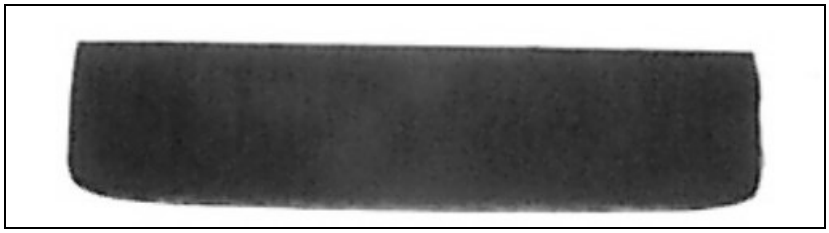


(a)

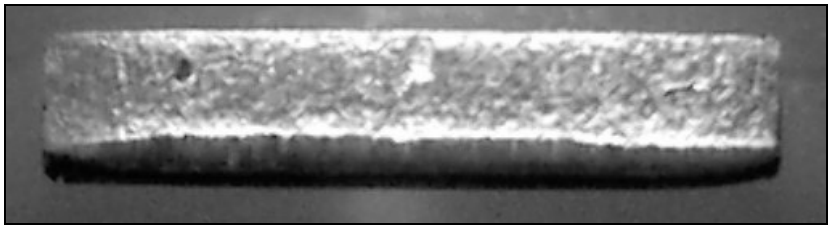
(b)

Resim 6.96. 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,21 mm kesme boşluğu ile elde edilen numunede de 0,20 mm kesme boşluğunda gözlemlenen kesme izlere benzer izler olduğu kesme hattının da dalgalı ve çift taraflı kesmeden kaynaklı kopma izinin parçalı olduğu görülmektedir.



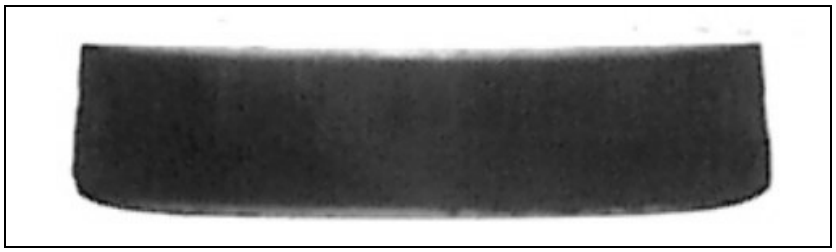
(a)



(b)

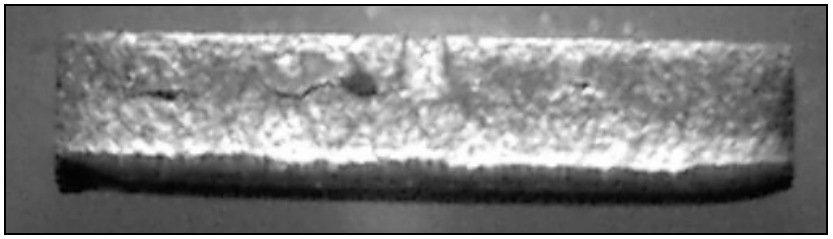
Resim 6.97. 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,28 mm kesme boşluğunda kesme hattı dalgalı, kopma yüzeyinin bazı yerlerinde adacıklar şeklinde ikinci kopmaların gerçekleştiği fakat izlerin net olmadığı görülmektedir.



(a)

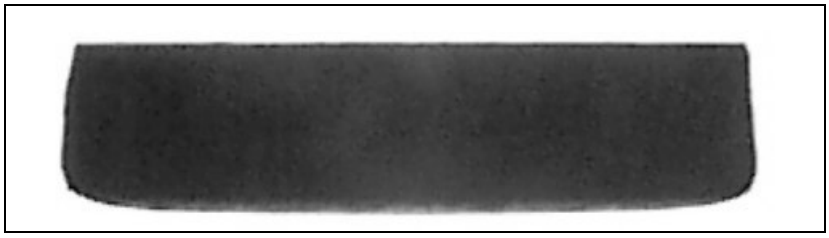
Resim 6.98. 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü



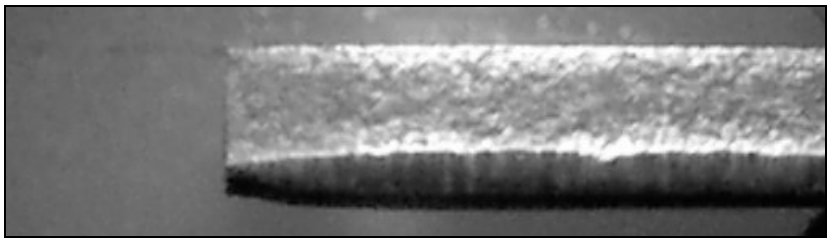
(b)

Resim 6.98. (Devam) 0,30 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,30 mm kesme boşluğunda 0,28 mm kesme boşluğunda görüldüğü gibi kesme hattının dalgalı oluştuğu ve kopma yüzeyinde kesme izlerinin olduğu görülmektedir.



(a)

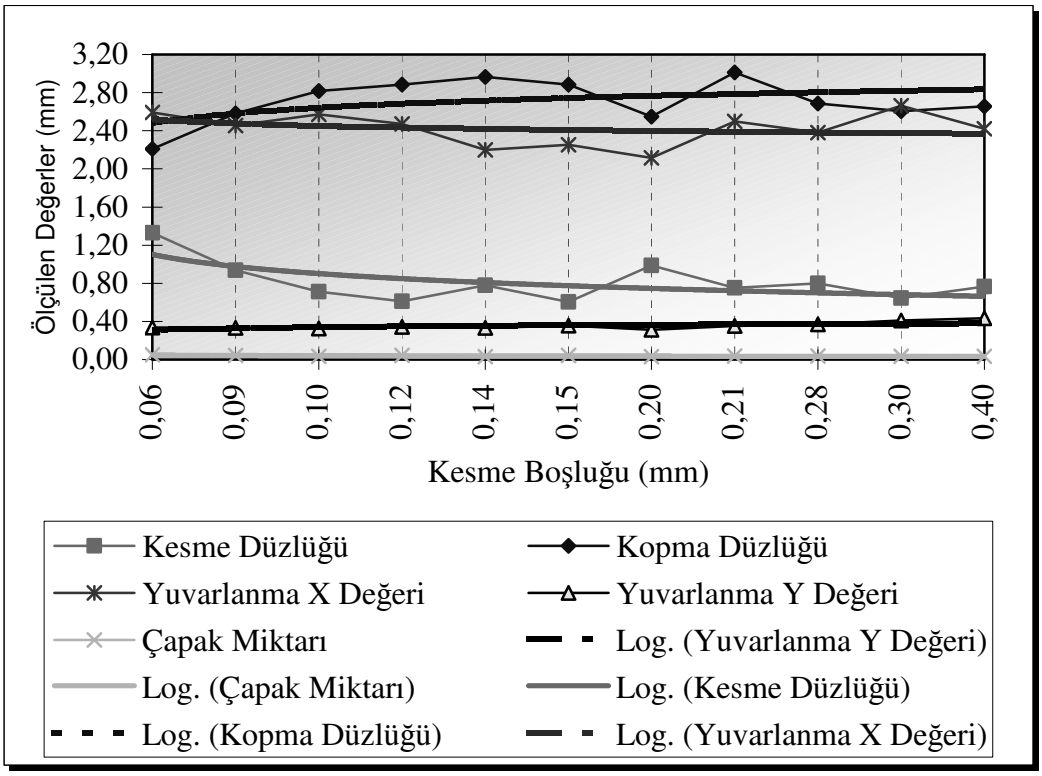


(b)

Resim 6.99. 0,40 mm kesme boşluğu ile üretilmiş, 4 mm dkp sac numune görüntüsü a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kopma ve kesme görüntüsü.

0,40 mm kesme boşluğunda dalgalı bir kesme hattı oluştuğu ikinci kesme olayının olamadığı görülmektedir.

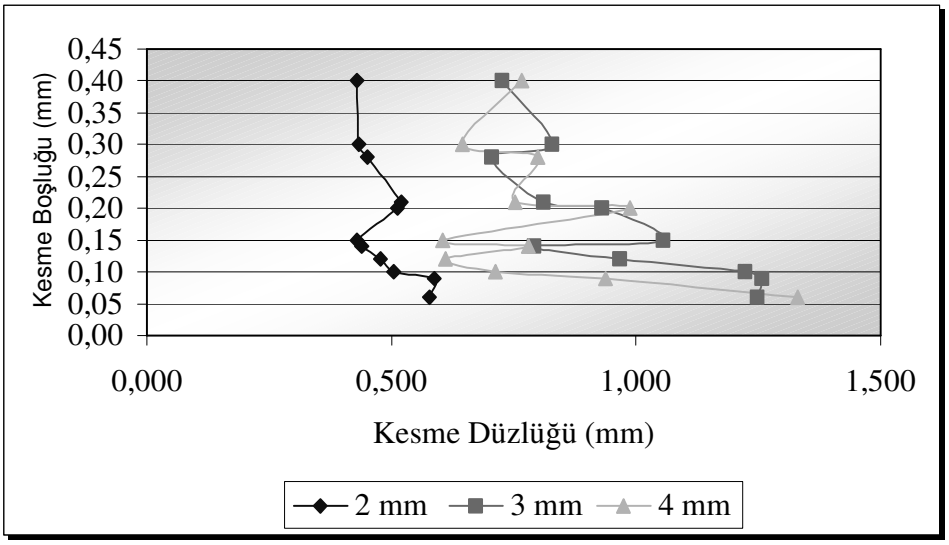
4 mm dkp sac ölçüm sonuçlarının birbirine göre logaritmik dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.60. 4 mm dkp sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının logaritmik eğriler ile gösterilmesi

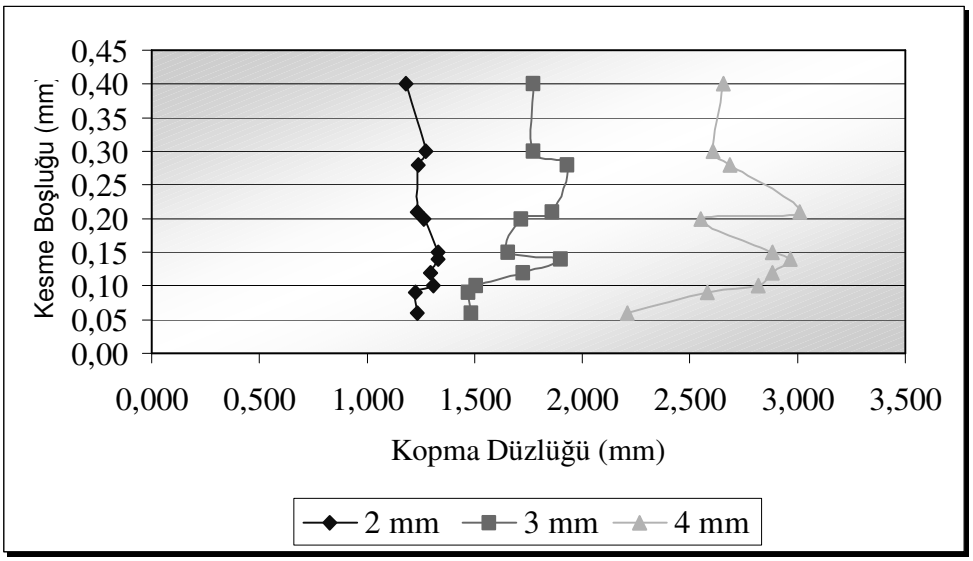
Kesme düzlüğünün 3 mm sac kalınlığında meydan gelen azalmaya oranla daha az miktarda bir azalma göstererek kesme boşluğu artışına göre azaldığı, kopma düzlüğü ise kesme düzlüğü azalış eğrisinin yaklaşık ayna simetrisi olacak şekilde artığı görülmektedir. X yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının ise diğer numunelere oranla azda olsa azaldığı, Y yönünde meydana gelen yuvarlanma miktarının artığı görülmektedir. Kesme düzlüğü artışına göre çapak miktarının ise yatay ile paralele yakın bir eğri çizdiği görülmektedir. Deney görüntüleri incelendiğinde parça düzlemselliği ve kesme yüzeyine göre 0,28 mm kesme boşluğu seçilmesi uygun olacaktır.

2, 3 ve 4 mm dkp sac malzemelerinden elde edilen kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, X-Y yuvarlanma ve çapak miktarı değerlerinin sac kalınlıklarına göre karşılaştırmalı sonuçları grafikler halinde aşağıda verilmiştir.



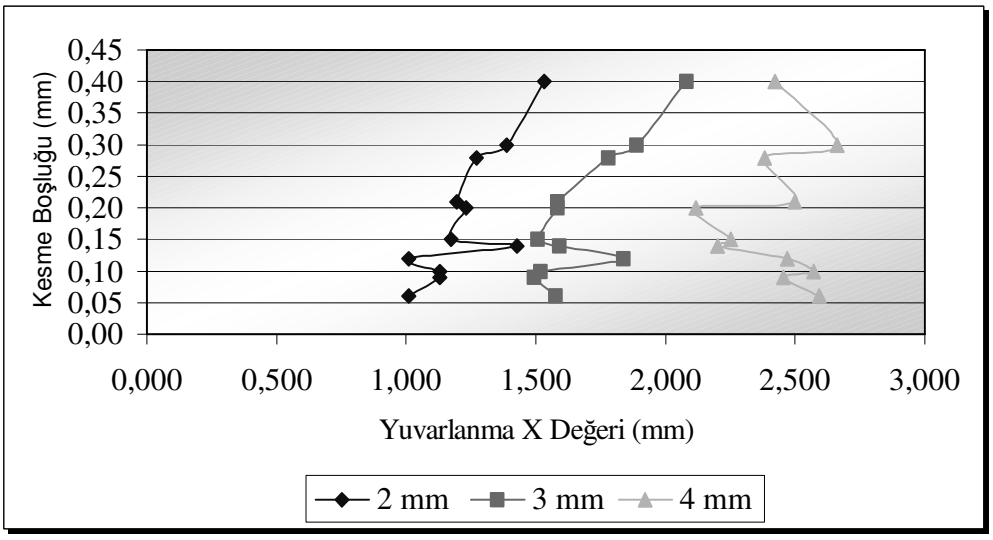
Şekil 6.61. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı

2, 3 ve 4 mm malzemeler için Şekil 6.61' de verilen kesme boşluğuna göre kesme düzlüğü dağılım grafiği incelendiğinde, 3 ve 4 mm kalınlığındaki malzemelerin dağınık bir değer izleyerek kesme düzlüğü miktarının azaldığı, 2 mm kalınlığındaki malzemenin ise diğer iki sac kalınlığına oranla birbiri içerisinde yakın değerler izleyerek azaldığı görülmektedir. 3 ve 4 mm malzemelerde değerlerin dağınık olması çift taraflı kesmeden ve kesme boşluğunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



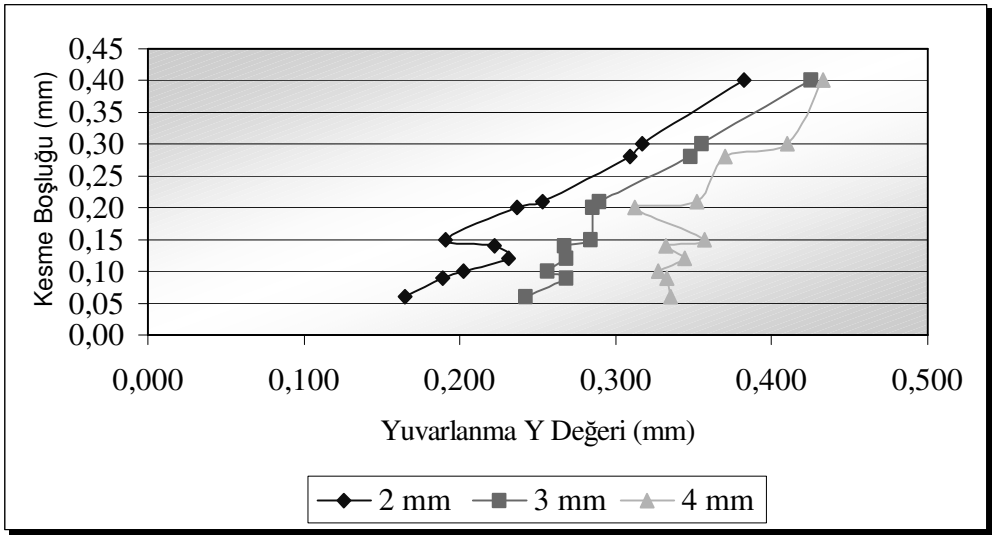
Şekil 6.62. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün karşılaştırmalı dağılımı

Kesme boşluğu artışına göre kopma düzlüğünün, 2 mm sac kalınlığında kesme boşluğu artışına göre azaldığı, 3 ve 4 mm sac kalınlıkları denemelerinde ise kopma düzlüğünün dağınık bir yol izleyerek artığı Şekil 6.62' de görülmektedir.



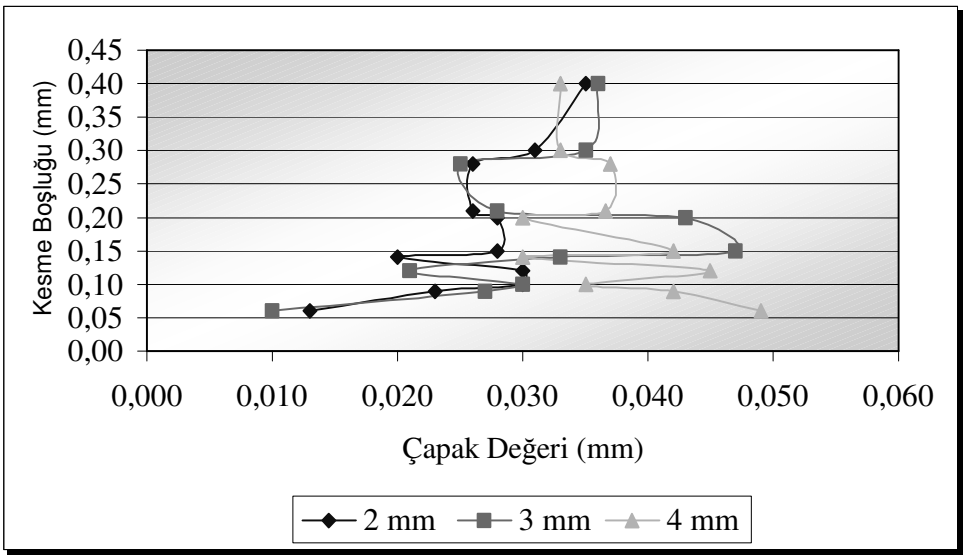
Şekil 6.63. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma X değerinin karşılaştırmalı dağılımı

Şekil 6.63' de verilen grafikte X yönünde meydana gelen yuvarlanmanın 2 ve 3 mm sac kalınlıklarında birbirine yakın paralellikte artığı, 4 mm sac kalınlığında ise 90°' ye yakın bir eğri çizerek azalmanın gerçekleştiği görülmektedir. 4 mm sac kalınlığı için kesme boşluklarının dar olması nedeniyle verilerin kararsız bir yol izlediği görülmektedir.



Şekil 6.64. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanma Y değerinin karşılaştırmalı dağılımı

Şekil 6.64' de kesme boşluğu artışına göre Y yönünde meydana gelen yuvarlanma artış miktarının 2 ve 3 mm sac kalınlıklarında birbirine paralel olarak artığı, 3 mm sac kalınlığında ise diğer numunelerin artışına oranla yatayla daha dik bir açı yaparak artığı görülmektedir.



Şekil 6.65. Dkp sac numuneler için kesme boşluğuna göre çapak değerinin karşılaştırmalı dağılımı

Şekil 6.55' de verilen üç farklı kalınlık için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılım grafiğinde görüldüğü gibi çapak miktarlarının dağınık bir değer izlediği, 2 ve 3 mm sac kalınlıklarının kesme boşluğuna göre yaklaşık aynı dağılımı göstererek artığı, 4 mm sac kalınlığında ise çapak miktarının azalma yönünde olduğu ve son kesme boşluğu denemelerinde çapak miktarı değerlerinin diğer iki kalınlığa yakın olduğu görülmektedir. 4 mm numunesinin bu derece kararsız bir yapı izlemesinin sebebi çift taraflı kesmeden kaynaklanmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen 3 farklı malzeme ve 3 farklı kalınlıkta elde edilen numunelerin incelenmesi sonucunda ortaya çıkan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

✓ Normal bir yüzey kalitesi istenilmesi durumunda 2 mm sac kalınlıkları için kesme boşluğunun sac kalınlığının %5'i seçilmesi uygun olacaktır.
✓ 2 mm malzemelerde 0,10 mm kesme boşluğunun altına inildiğinde kesmenin sıvanma şeklinde olduğu ve zorlamaların olduğu görülmektedir.
✓ 2 mm malzemelerde sac kalınlığının 0,20 mm kesme boşluğundan sonra deformelerin artığı görülmektedir.
✓ 2 mm malzemelerde aynı kesme boşluklarında benzer özellikler gösterdiği görülmektedir.
✓ Deneyi yapılan üç farklı malzemede 2 mm kalınlığında kesme boşluklarının artışına göre düzlemsellik bozulmalarının aynı olduğu görülmektedir.
✓ Alüminyum ve benzeri yumuşak malzemeler için kesme boşluğunun, sac kalınlığının %5'i alınması uygun olacaktır.
✓ Dkp malzemesinde 2 ve 3 mm sac kalınlıkları için kesme boşluğunun sac kalınlığının %5'i, olarak seçilmesi uygun olacaktır.
✓ Dkp malzemesinde 4 mm sac kalınlığı için %7 seçilmesi uygun olacaktır.
✓ 2 mm sac kalınlığında paslanmaz malzemeler için kesme boşluğunun sac kalınlığının %5'i seçilmesi uygun olacaktır.
✓ 3 ve 4 mm sac kalınlığında paslanmaz malzemeler için kesme boşluğunun sac kalınlığının %10'u seçilmesi uygun olacaktır.
✓ Kopma ve kesme yüzey ölçüsüne göre ideal kesme boşluğu belirlemek uygun değildir.
✓ İdeal kesme boşluğunun yuvarlanma değerine göre seçilmesi daha uygun olacaktır.
✓ Kesilen yüzeyin kalitesinin hassas olması istenilen durumlarda malzeme kalınlığı ve pres kuvveti göz önüne alınarak deneme ile bulunmalıdır. Minimum kesme

boşluğu seçilerek deneme sonrasında karar verilmelidir. Özellikle kalın malzemelerde bu yöntem uygulanmalıdır.

✓ Pürüzsüz kesme yüzeylerinin istenilmesi sonucu kesme boşluğunun minimum tutulması durumunda sürtünmeden dolayı özellikle kalın ve sert malzemelerde kesme kuvvetinin artacağı, zımbanın kuvvete maruz kalacağı ve pres kuvvetinin artacağı göz önüne alınmalıdır. Buna göre zımba boyutları belirlenmeli, mümkün ise kesici zımbaya acı verilmelidir.

✓ Sac kalınlığının artması ile X yönünde meydana gelen yuvarlanmanın düşük sac kalınlıklarındaki yuvarlanmaya oranla azaldığı ve daha az farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

✓ Genellikle kesme boşluğu ile kesme yüzey kalitesi arasında bağlantı kurulmuştur. Kesme boşluğuna bağlı olarak parça düzlemselliğinin değiştiği unutulmamalıdır.

✓ Düzlemselliğin önemli olduğu ürünlerde kesme boşluğu belirlenirken malzeme boyutunu da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

✓ Kesme boşluğu seçiminde malzeme yapısı göz önüne alınarak seçilmelidir.

✓ Sıfır çapak istenilen işlerde malzeme paslanmaz seçilmeli yada kesme sonrası ikinci bir işlemin uygulanması gerekmektedir.

✓ Çoğunlukla temiz kesme yüzeyinin gerekmediği genel kesme uygulamaların da normal kesme boşluğu kullanılmaktadır.

✓ Kalın parçaların kesilmesinde mümkün ise kesme boşluğu büyük tercih edilmelidir.

✓ Alüminyum gibi yumuşak malzemelerde kesme boşluğu küçük seçilebilir.

✓ Yumuşak malzemelerde düşük kesme boşluğu kullanıldığında kesmenin sıvanarak gerçekleştiği unutulmamalıdır. Buda yüzeyin temizliğini ters yönde etkilemektedir.

✓ Parça kalınlığından küçük boyutta zımbalar kullanıldığında zımbaya gelecek baskı kuvvetini azaltmak için mümkün ise kesme boşluğu büyük seçilmelidir.

✓ Kalıpta ince yapılı zımbalar kullanıldığında zımba ömrünü artırmak için mümkün ise kesme boşluğu büyük alınmalıdır.

✓ Kalın malzeme kesen kalıpların seri ve hızlı çalışması istenildiğinde zımba dayanımını artırmak için büyük kesme boşluğu kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Hambli, R., Potiron, A., Kobi, A., "Application of Design of Experiment Technique for Metal Blanking Processes Optimization", ***Mecanique & Inndustries,*** 4:170-180 (2003).

2. Chen, Z.H., Chan, L.C., Lee, T.C., Tang ,C.Y., "An Investigation on the Formation and Propagation of Shear Band in Fine-Blanking Process", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 138:610-614 (2003).

3. Kasuga, Y., Machida, T., Kato, N., "Effect of Conditiins on Press Cutting of a Square Pipe", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 21:1-7 (2003).

4. Luo, S.Y. "Effect of the Geometry and the Surface Treatment of Punching Tools on the Tool Life and Wear Conditions in the Piercing of Thick Steel Plate", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 88:122-133 (1999).

5. Chan, L.C., Lee, T.C., Wu, B.J., Cheung, W.M., "Experimental Study on the Shearing Behaviour of Fine-Blanking Versus Bar Cropping", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 80-81:126-130 (1998).

6. Hambli, R., "Blanking Tool Wear Modeling Using the Finite Element Method", ***International journal of Machine Tools & Manufacture*****,** 21:1815-1829 (2001).

7. Breıtling, J., Preiffer, B., Altan, T., Siegert K., "Process Control in Blanking", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 71:187-192 (1997).

8. Lee, T.C., Chan, L.C., Zheng, P.F., "Application of the Finite-Element Deformation Method in the Fine Blanking Process", ***Journal of Materials Proscessing Technology,*** 63:744-749 (1997).

9. Luo, S.Y., "Studies on the Wear Conditions and the Sheared Edges in Punching", ***Wear*****,** 208:81-91 (1997).

10. Hambli, R., Potiron, A., "Finite element modeling of sheet-metal blanking operations with experimental verification", ***Journal of Materials Processing Technology*****,** 102:257-265 (2000).

11. Hambli, R., "Finite element model fracture prediction during sheet-metal blanking processes", ***Engineering Fracture Mechanics*****,** 68:365-378 (2001).

12. Hambli, R., Guerin, F., "Application of a neural network for optimum clearance prediction in sheet metal blanking processes", ***Finite Elements in Analysis and Design***, 90:1-14 (2002).

13. Vaz, Jr.M., Bressan, D.J., "A computational approach to blanking processes" ***Journal of Materials Processing Technology*****,** 125-126:206-212 (2002).

14. Fang, G., Zeng, P., Lou,L., "Finite element simulation of the effect of clearance on the forming quality in the blanking process", ***Journal of Materials Processing Technology*****,** 122:249-254 (2002).

15. Maitia, S.K., Ambekara, A.A., Singhb, U.P., Datea, P.P., Narasimhanc, K., "Assessment of influence of some process parameters on sheet metal blanking" ***Journal of Materials Processing Technology*****,** 102:249-256 (2000).

16. Samuel, M., "FEM simulations and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process" ***Journal of Materials Processing Technology*****,** 84:97-106 (1998)

17. Tekiner, Z., Nalbant, M., Gürün, H., "An experimental study for the e.ect of diferent clearances on burr, smooth-sheared and blanking force on aluminium sheet metal"*,* ***Materials and Design*****,** 15:1-5 (2005).

18. Güneş, A.T., "Pres işleri Tekniği", ***Makine Mühendisleri Odası***, Ankara, 25-120 (1989).

19. KURT, H., "Kalıpçılık Tekniği ve Tasarım Kesme Kalıpları", ***Birsen Yayınevi***, 10-52 (1999).

20. HAZAR, V., Yüksek Lisans Tezi "Kesme kalıplarında kesme boşluğunun kesme kuvvetine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 5-25 (2001).

21. ATAŞÎMŞEK, S., "Sac Kalıpları", Bursa, 5-150 (1977).

22. ERİŞKİN, Y., "Uygulamalı Sac Metal Kalıp Konstrüksiyonu", ***Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi***, Ankara, 91-110 (1986).

23. Uzun, I., Erişkin, Y., "Sac Metal Kalıpçılığı", ***Milli Eğitim Basımevi***, İstanbul, 80-125 (1983).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı	: KAHRAMAN, Erkan
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 05.04.1980 Ankara
Medeni hali	: Bekar
Telefon	: 0 (312) 589 21 49
Faks	: 0 (312) 589 21 21
e-mail	: erkan.kahraman@arcelik.com , erkankahraman80@mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kalıpçılık Öğret.	2003
Lise	Yenimahalle Teknik Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-	Arçelik Bulaşık Makinası İşlet.	Makina Tasarımcısı

Yabancı Dil ; İngilizce

Yayınlar

1. Kahraman, E., Karataş, Ç., "Basınçlı döküm makinaları ve kalıpları" Kalıp Dünyası, 4(19): 114-120, 2003
2. Kahraman, E., "Sıcak yolluk sistemi ve etkileri" Kalıp Dünyası, 5(29): 134-138, 2004

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Bowling