

**YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KESME
KALIPLARINDAKİ ÇAPAK VE KESME DÜZLÜĞÜNÜN TAHMİNİ**

Mehmet Ozan TRAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2007
ANKARA**

**YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KESME
KALİPLARINDAKİ ÇAPAK VE KESME DÜZLÜĞÜNÜN TAHMİNİ**

Mehmet Ozan TRAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2007
ANKARA**

Mehmet Ozan TRAŞ tarafından hazırlanan YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KESME KALIPLARINDAKİ ÇAPAK VE KESME DÜZLÜĞÜNÜN TAHMİNİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Zafer TEKİNER
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Faruk MENDİ

Üye : Prof. Dr. Ahmet ÖZDEMİR

Üye : Doç. Dr. Adnan SÖZEN

Üye : Doç. Dr. Zafer TEKİNER

Üye : Doç. Dr. Kadir KOCATEPE

Tarih : 26/04/2007

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.

Mehmet Ozan TRAŞ

YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK KESME KALIPLARINDAKİ ÇAPAK VE KESME DÜZLÜĞÜNÜN TAHMİNİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Ozan TRAŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2007

ÖZET

Kesme işlemlerinden dolayı sac metal ürünlerin kesilen yüzeylerinde kesme düzlüğü, yuvarlanma, kopma ve çapak bölgeleri oluşmaktadır. Oluşan bu bölgelerin mesafesi, kullanılan malzemeye, sac kalınlığına, kesme boşluğuna ve zımbanın keskinliğine göre değişmektedir. Bu faktörlerden en büyük etkiyi seçilecek olan kesme boşluğu yapmaktadır. Bu çalışmada farklı sertlik değerlerine sahip dört adet malzeme, kesme kalıbında farklı kesme boşluğu değerlerinde kesilerek numuneler alınmıştır. Bu numunelerin yuvarlanma değerleri, kesme düzlüğü değeri, kopma derinliği ve çapak yüksekliği ölçülerek veriler hazırlanmıştır. Bu deneysel veriler yapay sinir ağları kullanılarak eğitilmiş ve deney yapılmayan malzeme ve kalınlık değerleri için ideal kesme boşluğu değerleri tahmin edilmiştir. Hata oranı 9×10^{-5} olarak alınmış ve eğitim sonrasındaki test performansı iyi sonuçlar vermiştir. Deneysel veriler ve tahmin verileri sac metal kalıpcılığında kullanılmak üzere tablolara dönüştürülmüştür.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : Kesme boşluğu, Kesme düzlüğü, Kopma, Çapak, Yapay sinir ağları, Tahmin

Sayfa Adedi : 108

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Zafer TEKİNER

**PREDICTION OF THE SMOOTH - SHARED AND BURR HEIGHT USING
NEURAL NETWORK IN THE BLANKING PROCESS**

(M.Sc. Thesis)

Mehmet Ozan TRAŞ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCES AND TECHNOLOGY**

April 2007

ABSTRACT

During the sheet metal, burr, cutting smoothness, the rolling and the rupture sections are formed on the cutting plane. The sizes of these sections are defended on the material type, the sheet metal thickness, the clearance and the sharpness of the punch. The most important parameter is the cutting clearance. In this study, the samples are taken from four materials with different hardness by using alternative clearance values. Rolling values, cutting smoothness, rupture depth, and the height of the burrs are measured on the samples. Experimental data are used for improvement of the virtual neuro mesh system and ideal cutting clearances are predicted for different thickness and materials. The error is calculated as 9×10^{-5} and the test performance gives satisfactory results after the improvements on the mesh. The experimental results and the predicted values are tabulated to use in the die making industry.

Science Code	: 708.3.028
Key Words	: Clearance, smooth-sheared, fracture , Burr, Neural Network, Prediction
Page Number	: 108
Adviser	: Assoc. Prof. Dr. Zafer TEKİNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanın Sn. Doç. Dr. Zafer TEKİNER'e, göstermiş oldukları anlayış ve yardımlarından dolayı Arçelik Bulaşık Makinası Fabrikasından değerli yöneticilerim Sn. Atilla UZ, Sn. Abdurrahman ŞAHİN ve Sn. Tolga AKIN'a, değerli yardımlarından dolayı Kal-tes firması çalışanlarına ve Öğr. Grv. Sn. Latif KARA' ya, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve yakınlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
3. KESME İŞLEMİ.....	6
3.1. Kesme Teorisi.....	8
3.2. Kesme Boşluğu.....	10
3.2.1. Kesme boşluğunun belirlenmesinde dikkat edilecek unsurlar.....	12
3.2.2. Kesme boşluğu değerinin formüller yardımı ile bulunması.....	13
3.2.3. Kesme boşluğu değerinin diyagramlar yardımı ile bulunması.....	16
3.2.4. Kesme boşluğu değerinin hazır tablolar yardımı ile bulunması.....	18
3.3. Kesme Çapağı.....	19
3.4. Kesme Düzlüğü.....	20
3.5. Kesme Açısı.....	20
3.6. Kesme Kuvveti.....	21

	Sayfa
4. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	23
4.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....	24
4.2. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme.....	27
4.3. Nöronların Matematik Modeli.....	30
4.4. Yapay Sinir Ağlarında Hata Fonksiyonu.....	32
4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Oranı.....	33
4.6. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	33
4.7. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	35
4.8. Yapay Sinir Ağlarının Zayıf Noktaları.....	37
5. MATERYAL VE METOD.....	39
5.1. Kullanılan Sac Malzemelerin Özellikleri.....	39
5.2. Kesme Boşluğu Değerlerinin Belirlenmesi.....	40
5.3. Kesme İşlemlerinde Kullanılacak Kalıp Setinin Hazırlanması.....	41
5.3.1. Kalıp kesme kuvvetleri.....	42
5.3.2. Kalıp kesme işi.....	43
5.3.3. Baskı plakası kuvvetinin hesaplanması.....	44
5.3.4. Pres kuvvetinin hesaplanması.....	45
5.4. Kesme Numunelerinin Hazırlanması ve Ölçülmesi.....	47
6. DENEY SONUÇLARI.....	57
6.1. 2 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuç Grafikleri ve Örnek Resimleri.....	57
6.2. 3 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuç Grafikleri ve Örnek Resimleri.....	64
6.3. 4 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuç Grafikleri ve Örnek Resimleri.....	71
7. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİN SONUÇLARI.....	79
7.1. Pirinç Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları.....	79

	Sayfa
7.2. Alüminyum Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları.....	87
7.3. Dkp Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları.....	93
7.4. Paslanmaz Sac Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları.....	99
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	108

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Emniyetli çalışabilmek için kesme gerilmesi değerleri.....	15
Çizelge 3.2. Bazı malzemelerin kesme dayanımları	15
Çizelge 3.3. Bazı çelikler için sıcak kesme dayanımları (N/mm ²).....	15
Çizelge 3.4. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu tablosu.....	18
Çizelge 5.1. Alüminyum sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri.....	39
Çizelge 5.2. Pirinç sac malzemenin teknik özellikleri	39
Çizelge 5.3. Dkp sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri	40
Çizelge 5.4. Paslanmaz sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri.....	40
Çizelge 5.5. Kesme boşluğu hesaplama çizelgesi	41
Çizelge 5.6. Hesaplamalar sonucu elde edilen kesme kuvveti değerleri.....	42
Çizelge 5.7. Bazı malzemelerin kesme dayanımları	43
Çizelge 5.8. Kesme işi için 'x' faktörü	44
Çizelge 5.9. Hesaplamalar sonucu elde edilen kesme işi değerleri	44
Çizelge 5.10. Kesme kalıbı parça listesi.....	46

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Kesme yüzeylerinde meydana gelen çatlak başlangıcı ve yayılmasının kesme profilindeki görüntüsü.....	7
Şekil 3.2. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı	8
Şekil 3.3. Kesme kalıplarında batma olayı.....	8
Şekil 3.4. Kesme kalıplarında kopma olayı.....	9
Şekil 3.5. Kesme işleminde malzeme içerisinde oluşan gerilimler	9
Şekil 3.6. Kesme işleminde oluşan gerilimlerin dağılımı	10
Şekil 3.7. Tek taraflı kalıp boşluğu.....	11
Şekil 3.8. Farklı kalıp boşluğunun kesme kalıbında kalıplanan parçaya ve şerit malzemeye etkisi.....	11
Şekil 3.9. Kalıp boşluğunun dişi kalıp ve zimbaya uygulanışı	12
Şekil 3.10. Malzeme kalınlıklarına göre gruplandırılmış malzemeler için tek taraflı kesme boşluğu	16
Şekil 3.11. Bir kesme kalıbında tek taraflı kesme boşluğuna göre kalıplanabilecek sac malzeme kalınlıkları	17
Şekil 3.12. Kesme işlemi sırasında kesme hattı boyunca parçalarda oluşan yüzey kesiti	19
Şekil 3.13. Dişi kalıba verilen kesme düzlüğü yüksekliği ve açılal boşluk	20
Şekil 4.1. Örnek 3 katmanlı yapay sinir ağı gösterimi	25
Şekil 4.2. Nöronun matematik modeli.....	32
Şekil 4.3. Geri yayımlı çok katmanlı yapay sinir ağı mimarisi.....	34

Şekil	Sayfa
Şekil 4.4. Geri yayılma bağlantı yapısı	35
Şekil 4.5. İleri beslemeli yapay sinir ağlarının genel yapısı.....	36
Şekil 5.1. Deneylerde kullanılacak kesme kalıbının üç boyutlu görüntüsü	46
Şekil 5.2. Kesme numuneleri ile ilgili şematik gösterim	48
Şekil 6.1. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....	57
Şekil 6.2. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....	58
Şekil 6.3. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....	58
Şekil 6.4. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı	59
Şekil 6.5. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı	59
Şekil 6.6. 2 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi	60
Şekil 6.7. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı.....	64
Şekil 6.8. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı.....	65
Şekil 6.9. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı.....	65
Şekil 6.10. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı.....	66
Şekil 6.11. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı	66

Şekil	Sayfa
Şekil 6.12. 3 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi	67
Şekil 6.13. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı	71
Şekil 6.14. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı	72
Şekil 6.15. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı	72
Şekil 6.16. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı	73
Şekil 6.17. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı	73
Şekil 6.18. 4 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi	74
Şekil 7.1. Pirinç malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri	79
Şekil 7.2. Pirinç malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri	80
Şekil 7.3. Pirinç malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri	80
Şekil 7.4. Pirinç malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri	81
Şekil 7.5. Pirinç malzeme için tahmin edilen çapak miktarı	81
Şekil 7.6. Eğitiminde kullanılan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması	82
Şekil 7.7. Eğitiminde kullanılan 4 katmanlı yapay sinir ağı algoritması	83
Şekil 7.8. Algoritmada kullanılan log-sigmoid ve tan-sigmoid geçiş fonksiyonları	83
Şekil 7.9. Pirinç malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	84

Şekil	Sayfa
Şekil 7.10. Pirinç malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar.....	85
Şekil 7.11. Pirinç malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar.....	85
Şekil 7.12. Pirinç malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar.....	86
Şekil 7.13. Pirinç malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar.....	86
Şekil 7.14. Alüminyum malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar.....	87
Şekil 7.15. Alüminyum malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri	88
Şekil 7.16. Alüminyum malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri	88
Şekil 7.17. Alüminyum malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri.....	89
Şekil 7.18. Alüminyum malzeme için tahmin edilen çapak miktarı.....	89
Şekil 7.19. Alüminyum malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar.....	90
Şekil 7.20. Alüminyum malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	91
Şekil 7.21. Alüminyum malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar.....	91
Şekil 7.22. Alüminyum malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar.....	92
Şekil 7.23. Alüminyum malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar	92
Şekil 7.24. Dkp sac malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri	93
Şekil 7.25. Dkp sac malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri	93
Şekil 7.26. Dkp sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri	94
Şekil 7.27. Dkp sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri.....	94
Şekil 7.28. Dkp sac malzeme için tahmin edilen çapak değerleri.....	95

Şekil	Sayfa
Şekil 7.29. Dkp malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	96
Şekil 7.30. Dkp malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	97
Şekil 7.31. Dkp malzemesi yuvarlanma X miktarı tahminlerindeki sapmalar	97
Şekil 7.32. Dkp malzemesi yuvarlanma Y miktarı tahminlerindeki sapmalar	98
Şekil 7.33. Dkp malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar	98
Şekil 7.34. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri	99
Şekil 7.35. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri	99
Şekil 7.36. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri	100
Şekil 7.37. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri	100
Şekil 7.38. Paslanmaz malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	101
Şekil 7.39. Paslanmaz malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar	102
Şekil 7.40. Paslanmaz malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar	102
Şekil 7.41. Paslanmaz malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar	103

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Kesme işlemlerinde kullanılan pres tezgahının örnek görüntüsü	47
Resim 5.2. Numunelerinin taşlanması için kullanılan tezgahın örnek görüntüsü.....	49
Resim 5.3. Numunelerinin taşlanması için kullanılan aparatın örnek görüntüsü	49
Resim 5.4. Ölçümlerin yapıldığı Nikon V-12A marka profil projectör ölçüm cihazı	50
Resim 5.5. 2 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	51
Resim 5.6. 2 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	51
Resim 5.7. 2 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	52
Resim 5.8. 2 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	52
Resim 5.9. 2 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	53
Resim 5.10. 2 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	53
Resim 5.11. 2 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	54
Resim 5.12. 2 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	54
Resim 5.13. 3 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	55

Resim	Sayfa
Resim 5.14. 4 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	55
Resim 5.15. 4 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü.....	56
Resim 5.16. 4 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü	56
Resim 6.1. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	61
Resim 6.2. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	61
Resim 6.3. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,1 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	62
Resim 6.4. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	62
Resim 6.5. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	62
Resim 6.6. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	62
Resim 6.7. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,2 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	63
Resim 6.8. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	63
Resim 6.9. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça	63
Resim 6.10. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,3 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	63
Resim 6.11. 2 mm pirinç sac malzemededen, 0,4 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	64

Resim	Sayfa
Resim 6.12. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,06 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	68
Resim 6.13. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,09 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	68
Resim 6.14. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,1 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	69
Resim 6.15. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,12 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	69
Resim 6.16. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,14 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	69
Resim 6.17. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,15 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	69
Resim 6.18. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,2 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	70
Resim 6.19. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,21 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	70
Resim 6.20. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,28 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	70
Resim 6.21. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,3 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	70
Resim 6.22. 3 mm pirinç sac malzemedden, 0,4 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	71
Resim 6.23. 4 mm pirinç sac malzemedden, 0,06 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	75
Resim 6.24. 4 mm pirinç sac malzemedden, 0,09 mm kesme boşluğu ile ürettilmiş parça	75

Resim	Sayfa
Resim 6.25. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,1 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	76
Resim 6.26. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	76
Resim 6.27. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	76
Resim 6.28. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	77
Resim 6.29. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,2 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	77
Resim 6.30. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	77
Resim 6.31. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	78
Resim 6.32. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,3 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	78
Resim 6.33. 4 mm pirinç sac malzemededen, 0,4 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça.....	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Kesme İşi
C	Tek Taraflı kalıp Boşluğu
P	Kesme Kuvveti
S	Sac Kalınlığı
T	Sac Kalınlığı
U	Kesilecek Kenarların Uzunluğu
x	Kesme işi hesabında kullanılan x faktörü
γ_b	Çekme Dayanımı (Kg/mm^2)
Kısaltmalar	Açıklama
AE	Sessel yayılım dalgaları
B.S.D.	Brinel Sertlik Değeri
SEM	Scanning Electron Microscobe
Z.B.O.	Zımba Batma Oranı

1. GİRİŞ

Sac metal malzemeden üretilmiş endüstriyel ürünler, günlük hayatta her alanda karşımıza çıkmaktadır. Sac metal malzemelerin en yoğun kullanıldığı alanlar beyaz eşya, bilgisayar ve otomotiv sektörleridir. Örneğin bir bulaşık makinesine dışarıdan bakıldığında, görünen parçaların çoğu plastiktir, ancak iç kısımlarına ve gövde yapısına bakıldığında makinenin büyük çoğunluğunun sac metal malzemelerden üretildiği görülmektedir.

Metal malzemelerin kesilmesi işlemi, değişik kalıplarla yapılmaktadır. Bu kalıpların tasarım aşamasında dikkat edilen en önemli unsurlardan birisi kesme boşluğudur. Kesme boşluğu kalıp parçalarının ömrüne, üretilecek parçanın ölçü tamlığına ve kesme kuvvetine doğrudan etki etmektedir. Kesme boşluğu küçük seçilirse, baskı sırasında fazla kuvvet harcanır ve kalıbın kesici parçaları çok çabuk aşınır. Bu da kalıbın verimsiz çalışmasına ve ömrünün çok kısa olmasına yol açar. Kesme boşluğu fazla seçilirse, ölçü tamlığının yakalanması çok zor olur ve üretilen parçalar üzerindeki yuvarlanmalar artar. Kalıpta kullanılacak kesme boşluğu değerinin elde edilmesi için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, kalıp üreticilerinin kesme boşluğu değerlerini belirleyebilmesi için hazır tablolar, grafikler ve formüller hazırlanmıştır. Bu yöntemler kullanılarak yaklaşık kesme boşluğu değerleri elde edilebilmektedir. Kesme yüzeylerinde oluşan kesme düzlüğünün, kopma düzlüğünün, yuvarlanma ve çapak miktarının çok büyük önemi vardır. Bu yüzeylerin ölçüsel değerleri ise sadece deneme yanılma yoluyla bulunabilmektedir.

Bu çalışmada farklı kesme boşluklarında, değişik sertlik değerlerinde ve farklı malzeme kalınlıklarında kesme numuneleri hazırlanmış ve üzerlerinde araştırmalar yapılmıştır. Bu numunelerden elde edilen araştırma sonuçları, yapay sinir ağının eğitilmesi işlemlerinde kullanılmıştır. Eğitim işlemlerinin tamamlanmasının ardından kesme yüzeylerinde oluşan çapak miktarının ve kesme düzlüğünün ölçüsel değerleri tahmin edilmiştir. Bu çalışma sonucunda değişik malzeme, sac kalınlığı ve kesme boşluğu için deneyler yapılmadan, kesme yüzeylerinde oluşan çapak miktarı ve kesme düzlüğü değerleri tahmin edilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapay sinir ağları günlük hayatta birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin telefonlarda oluşan yankıyı engellemek veya el yazısıyla yazılan yazıları bilgisayara aktarmak için yapay sinir ağlarından faydalanılmaktadır. Yapay sinir ağları gelişen bilgisayar donanımları ve yazılım desteğiyle imalat işlemlerinin yönlendirilmesinde önemli rol üstlenmiştir. Sac metal ürünlerin şekillendirilmesinde yapay sinir ağlarının karar verme algoritmasından yararlanıldığı çeşitli araştırmalardan elde edilmiştir. Kesme yoluyla şekillendirme işlemi ise günlük hayatta karşımıza çıkan metal parçaların hemen hepsinin üretim aşamasında uygulanmaktadır. Yaygın olarak, kullanılan kesme işleminin aşamaları, kesme oluşumu ve kesme sonucu yüzeylerde meydana gelen değişimler hakkında çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanlar üzerinde yapılan araştırmalardan bazıları şöyledir.

I. Wadi ve R. Balendra, çeşitli bilgilerin tümünü birden aynı anda işleme tabi tutan ve bir bilgisayar işlev türü olan yapay sinir ağlarının, kesme işleminde, sessel yayılım dalgalarını (AE) analiz ederek, kesme işlemi ve kopma dalgalarının modellenmesinde kullanımı konusunda araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında veri girişi olarak, sesin yayılım ve güç ölçümleriyle eğitilen yapay sinir ağlarının, kesme parametrelerini yeterli kesinlik derecesiyle tahmin edebileceğine ve bu modellerin bütünlük bir sistemde kesme işlemini görüntülemek ve işlemi kontrol etmek için kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [1].

Ridha Hambli ve Fabrice Guerin, en iyi zımba kesme işlemini, benzer olarak verilen sac metal malzemesi için kalıp kesme boşluğunu belirlemek üzerine çalışma yapmışlardır. Öncelikle, dairesel kesme işlemlerinin ölçülebilir numune benzetimini farklı kesme şartlarıyla elde etmişlerdir. Yapay sinir ağlarında, modelin geri yayılım ağında elde edilen bu verileri kullanmışlardır. Yapay sinir ağlarını en iyi kesme boşluğunun tahmini için ihtiyaç duyulan ölçülebilir numunelerin yerine geçen sayısal aletler olarak kullanmışlardır. Deneysel sonuçlarla karşılaştırılan yapay sinir ağları sonuçları, malzeme uzamasına karşı en iyi kesme boşluğu değerlendirmesini tahmin etmede modelin güvenilirliğini göstermiştir. Çalışma sonucunda yapay sinir ağları ve

çatlak benzetişimi içeren ölçülebilir numune modeli kullanarak en iyi kesme boşluğunun tahmin edilebileceği sonucuna varmışlardır [2].

Ridha Hambli, kalıp kesme boşluğu ve yıpranma durumuna karşı, kesilmiş parçaların üstündeki çapak yüksekliği oluşumunu tahmin etmek için alıştırılması yapılmış geri yayımlı yapay sinir ağlarının kullanılması üzerine çalışmıştır. Çalışmasında yapay sinir ağı tahminlerinin en önemli avantajının, modelin çapak yüksekliğini çok hızlı ve kesin bir şekilde hesaplayabilmesi olduğu anlaşılmıştır. Eğitilmiş yapay sinir ağlarını, yıpranma durumuna ve zımba - dişi kalıp kesme boşluğuna karşı, kesilmiş parçaların çapak ağırlığının tahmininde kullanmıştır. Araştırma süresince, yapay sinir ağları kullanımına dayalı sınırlı element metodu ve optimizasyon tekniklerinin bir metal levha kesim işlemini tasarlarken ortaya çıkabilecek problemleri ve hataları azaltılabileceği sonucuna varılmıştır [3].

Tamas Szecsi, metal kesme teorisinde kesme kuvvetlerinin örneklendirilmesi konusunda araştırma yapmıştır. Çalışmada kesme kuvvetlerini göstermek için yapay sinir ağlarının kullanılması sunulmuştur. İleri beslemeli, çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılmıştır. Ağların denenmesi deneysel makine bilgileri ile yapılmıştır. Sonuç olarak analitik kesme kuvveti öğelerini modellemek, birbiriyle bağlantılı bir çok parametreden dolayı çok zor olduğunun ve modellerin istatistiksel olarak yapılmasının yerine, yapay sinir ağı modelleri kullanarak yapılabileceği sonucuna varmıştır [4].

Jochen Breitling, Bernd Preiffer, Taylan Altan ve Klaus Siegert, dört farklı kesici zımbanın aşınma durumlarını ve dört farklı kesme boşluğunu deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada kesme kuvveti, sac malzeme kalınlığı, kesme boşluğu, kesme geometrisi ve takım aşınması arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi düşünülmüştür. Araştırmaları sonucunda optimum kesme boşluğu değerinin, sac kalınlığının % 5'i ya da % 10'u değerlerinde uygulandığı zaman kopma bölgesinin, zımba kuvvetinin mevcut matematiksel modelleri ile uyumlu olduğunu gözlemlemişlerdir [5].

Gang Fang, Pan Zeng ve Lulian Lou, kesme boşluğu, malzeme ve malzeme kalınlığını sonlu elemanlar yöntemini kullanarak optimize etmişlerdir. Sınırlı element tekniği, Cockroft ve Latham kırılma kriteri kullanılmıştır. Çalışmada, kesme mekanizması bir 2024 alüminyum alaşım kesme işleminin simülasyonu ile çalışılmıştır. Nümerik sonuçlardan, zımba ve kılavuz dişli arasındaki boşluğun, şeklin ve boyutların tam olmasını etkilediği, nümerik simülasyonun işlem parametrelerine karar vermek için yardımcı olabileceği ve çalışma parçasının kalitesini arttırabileceği sonucunu çıkarmışlardır. Bu araştırmanın sonuçlarının daha önceki deneylerin sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür [6].

Sözen Adnan, Arcaklıoğlu Erol, Özalp Mehmet ve Kanit E.Galip, Türkiye’deki potansiyel güneş enerjisinin yapay sinir ağları kullanarak haritalandırılması konusunda çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları yapay sinir ağlarını oluşturmak için Levenberg Marquardt algoritmasını ve lojistik sigmoid, transfer formüllerini kullanmışlardır. Yapay sinir ağlarının eğitilmesi işlemleri için 17 istasyondan elde edilen 2000, 2001 ve 2002 yıllarına ait meteorolojik verileri kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda yapay sinir ağları ile tahmin edilen güneşle ilgili potansiyel değerler, aylık haritalar formunda hazırlanmıştır. Bu haritalar, meteorologların, mimarların ve Türkiye’de güneşle ilgili mühendislik işlemleri yapan kişilerin farklı çalışma alanlarında kullanabilecekleri bir kaynak olmuştur. Çalışmalarında, Türkiye’de güneş enerjisi ile ilgili yapılacak teknolojik çalışmalarda, yapay sinir ağlarından elde edilen tahminlerin kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [7].

Sözen Adnan, Arcaklıoğlu Erol ve Özalp Mehmet, akışkanlarda kullanılan pompaların performans analizleri, kompleks haldeki karmaşık denklemlerin çözülmesi ve simülasyonlarının hazırlanmasında yapay sinir ağlarının kullanılması konusunda çalışmışlardır. Çalışmalarında geri beslemeli öğrenme algoritması kullanan yapay sinir ağları oluşturmuşlardır. Sinir ağlarının eğitilmesinde sıcaklık, basınç ve yoğunlaşma olmak üzere üç farklı veri grubunu kullanmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda karşılaşılan en büyük hatanın % 3’den az olduğunu ve ortalama hatanın % 1,2 olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmaları sonucunda emme, basma, ısı

pompaları tasarımında yapay sinir ağı ile yapılan termodinamik hesaplamaların kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir [8].

Kahraman E., farklı kesme boşluklarının kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, çapak miktarı ve yuvarlanma üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada alüminyum sac malzeme, paslanmaz sac malzeme ve dkp sac malzemenin 2 mm, 3 mm ve 4 mm kalınlıkları kullanılmıştır. On bir farklı kesme boşluğu için kesme verileri, her malzeme ve kalınlık için ayrı ayrı elde edilmiştir. Araştırma kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, çapak miktarı ve yuvarlanma değerinin kesme boşluğuyla birebir ilişkili olduğunu ve kesme boşluğu değerinin sac malzemenin kalınlığına ve özelliğine göre değiştiğini göstermiştir [9].

Yukarıda belirtilen araştırmalardan da anlaşıldığı gibi sac malzeme üretimi açısından kesilen yüzeyin kalitesi önem taşımaktadır. Yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörler ise kesme boşluğu, kesme yüzeyinde oluşan çapak, kesme düzlüğü ve parça kopma yüzeyleridir. Literatür araştırmalarına bakıldığında kesme konusu üzerine yapılan araştırmaların genelde teorik olarak yapıldığı anlaşılmaktadır. Yapay sinir ağı konusu ise birçok alanda kendini göstermektedir. Birden fazla kaynaktan, sürekli ve yoğun bir şekilde gelen verilerin, çok hızlı bir şekilde işlenmesi ve belirli hesaplamalardan sonra bir sonuç elde edilmesi istenilen durumlarda, yapay sinir ağı kullanılabilmektedir. Yapay sinir ağlarının işlem hızlarından ve benzer durumlarda sonuç alınabilmesi için öğretilme yeteneklerinden yararlanılabilmektedir. Bu çalışmada yukarıda belirtilen araştırmalardan farklı olarak, kesme işlemi esnasında meydana gelen yuvarlanma, kesme düzlüğü, oluşan çapak miktarı ve kopma yüzeyinde oluşan değişimlerin, farklı malzemeler ve farklı kalınlık değerleri için değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan araştırmalardaki deneylerde belirli sertlikteki malzemeler kullanılmıştır. Bu çalışmada ise değişik sertlik değerlerinde olan 4 farklı malzeme üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen veriler, hazırlanmış olan yapay sinir ağının eğitilmesi için kullanılmıştır.

3. KESME İŞLEMİ

Kesme çok önemli bir üretim işlemidir. Bir çok metal parça bu işlemle yapılır ya da üretim sürecinde kesme işlemi kullanılır. Küresel pazarda rekabetçi olabilmek için üretilmiş parçaların şekli net olmalıdır. Parça kalitesini, üretim süreci içinde bozulmadan sürdürmek önemli bir iştir. Parça kalitesini geçici olarak korumak yeterli değildir. Kesme işlemi, önceden belirlenmiş bir kesme hattına göre iki farklı baskı parçasının arasının kesilmesi işlemidir. En son elde edilecek olan parçanın kalitesi, kesilen malzeme, kesme zımbaları malzemesi, kesme hızı v.b. birçok üretim parametresinden etkilenir [5].

Seri üretimle elde edilen parçalarda ölçü tamlığı sağlanmakta ve malzeme sarfiyatı en alt düzeye indirilebilmektedir. Çünkü kesme kalıplarıyla yapılan üretimde talaş kaldırma işlemi yoktur. Ayrıca üretilen parçaların hassasiyeti, üretimi yapan kalıba bağlıdır. Kalıp yapılırken hassas bir işçilik gerektirmektedir, seri üretim süresince parçalardaki özdeşliği kalıplar sağlamaktadır. Bu nedenle talaş kaldırarak yapılan üretime oranla, kalıplarla keserek üretilen parçalarda hassas bir işçilik gerekmemektedir [10].

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 [11].

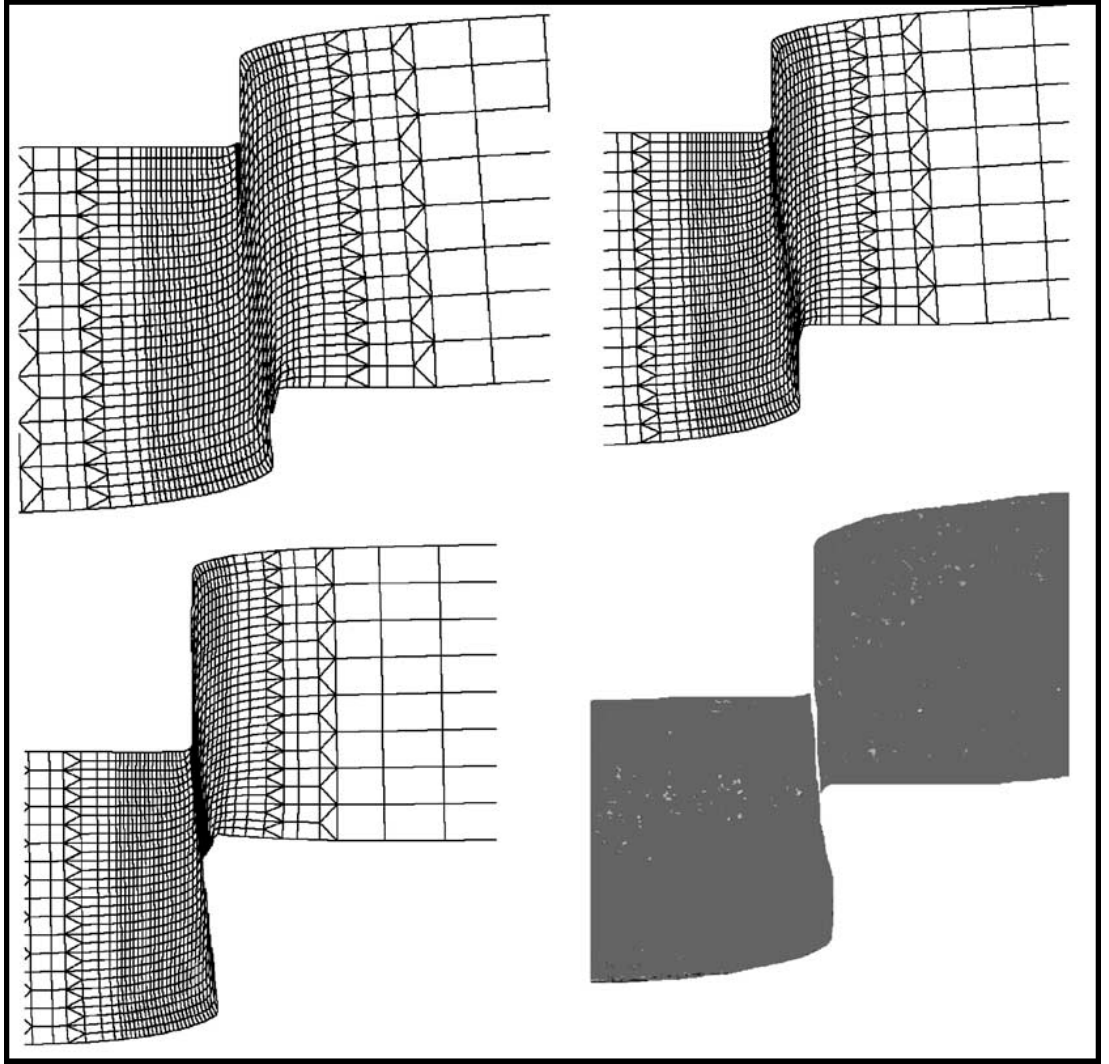
a) Makasla kesme; makas tezgahları sabit-hareketli bıçak, baskı düzeni ve yeteri kadar hareket elemanlarından oluşur. Bıçaklar arasına konan malzemeye hareketli bıçaklar vasıtasıyla belli bir kesme kuvveti uygulanarak yapılan kesme işlemine makasla kesme denir [11].

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 [11].

c) Kalıpla kesme; zımba ve dişi kalıptan oluşan düzeneyle yapılan kesme işlemine kalıpla kesme denir. Yapılan kesme işlemi makasla kesmeye benzemektedir. Kalıpla kesmede bıçak yerine zımba ve dişi kalıp kullanılmaktadır [11].

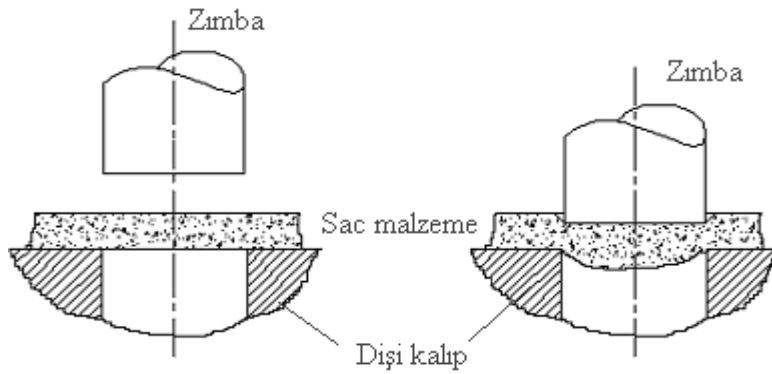
Kesme işlemi sırasında kesilen parça üzerinde oluşan çatlak başlangıcı ve kesme işlemi sırasında çatlağın parçaya yayılması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



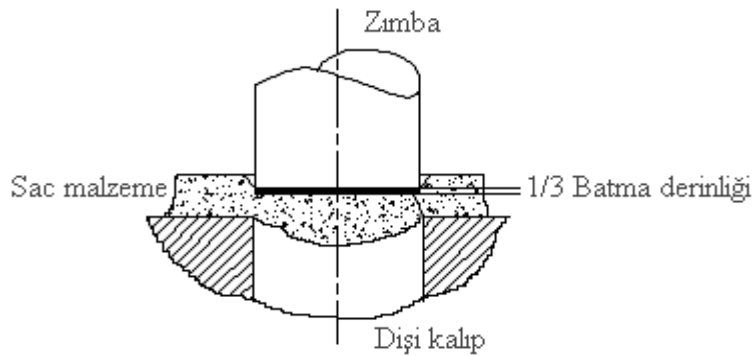
Şekil 3.1. Kesme yüzeylerinde meydana gelen çatlak başlangıcı ve yayılmasının kesme profilindeki görüntüsü [2]

3.1. Kesme Teorisi

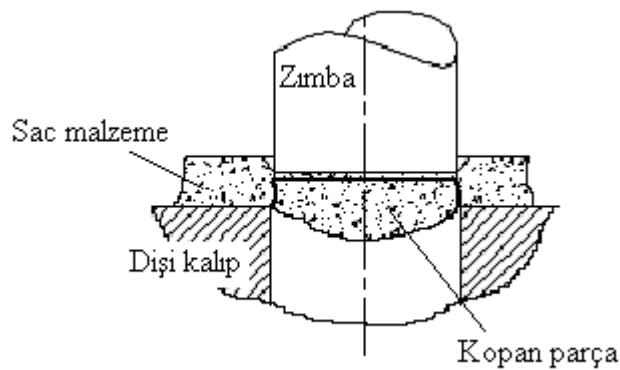
Kesme olayını üç aşamada inceleyecek olursak öncelikle kesmeye başlangıç kısmında zımba malzemeye temas eder ve basınç tesiri yapar. Zımba basınç yapmaya devam ederse malzeme elastikiyet sınırına ulaşır. (Şekil 3.2) Bu noktada basınç kesilirse malzeme eski konumuna geri gelir. Basınç arttırılırsa zımba malzemeye batmaya başlar, malzeme kalınlığının yaklaşık 0,3 katı kadar malzemeye daldığı zaman malzeme alt kalıp boşluğuna akmaya başlar. (Şekil 3.3) Zımba malzeme kalınlığının 0,5 katı kadar ilerlemeye devam eder daha sonra malzemeyi yığılmaya zorlar ve uygun miktardaki malzeme kalıp boşluğuna itilir. Esas kesme bu kısımda meydana gelmektedir. Son aşamada zımba malzemeye, kalınlığının yaklaşık 0,6 katı kadar dalmakta ve kesme işlemi için güç tüketimi durmaktadır. Bu andan itibaren zımba, malzemeyi sadece kalıp deliğinden aşağıya itip düşürmektedir [12].



Şekil 3.2. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı [13]

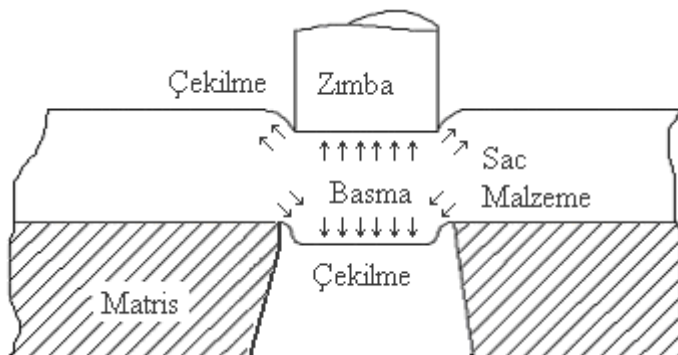


Şekil 3.3. Kesme kalıplarında batma olayı [13]



Şekil 3.4. Kesme kalıplarında kopma olayı [13]

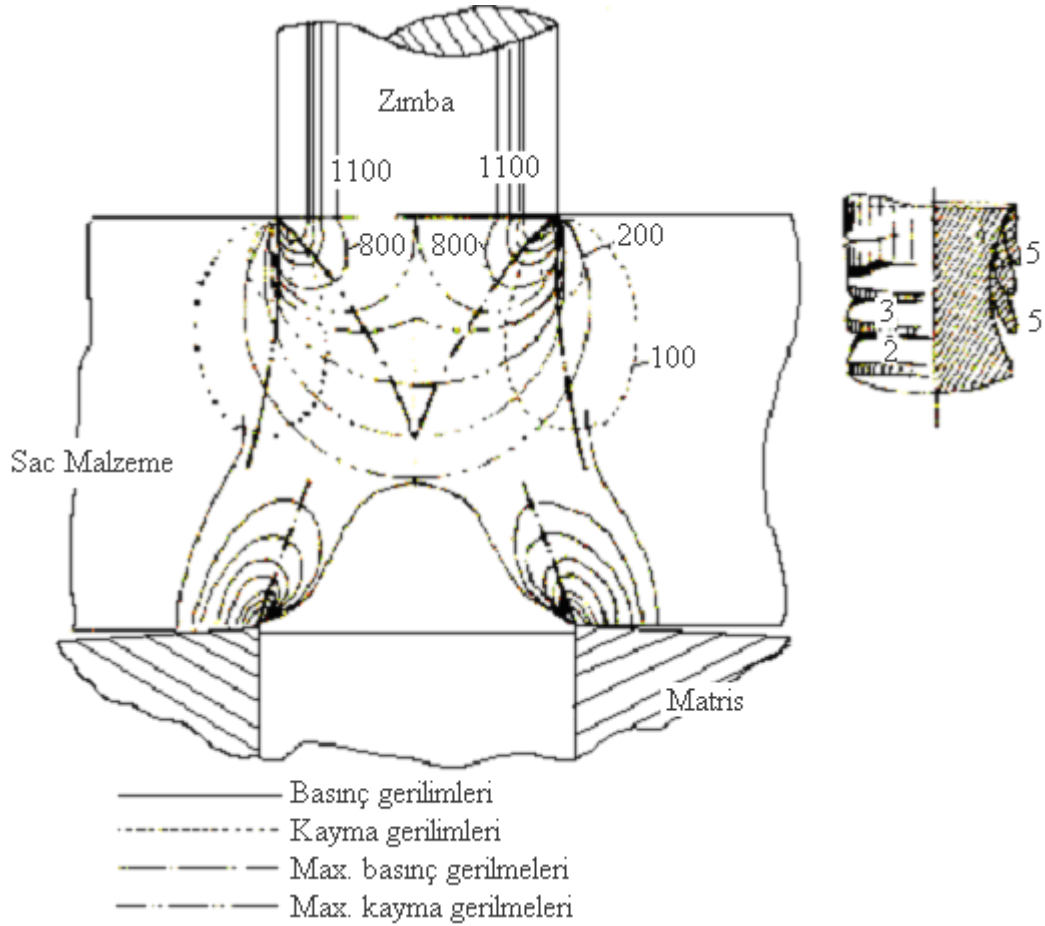
Şerit malzemelerden elde edilen (kalıplanan) parçalar, dişi kalıp ve zimba arasında tam olarak kesilemez. Dişi kalıp ve zimba arasındaki şerit malzemeden kalıplanacak parça, iki kesme kenarı arasında en büyük kesme direncini gösterir. Aynı zamanda, zimba malzemeye bir miktar batar ve malzeme akma sınırına gelinceye kadar kesme yapar. Maksimum dirençten sonra malzeme dayanımını kaybeder ve akmaya başlar. Akma sınırını aşınca parça kopmaya uğrar. Şekil 3.5 deki kesme kalıbında, şerit malzeme üst yüzeyi ve kalıplanan parçanın alt yüzeyinde çekilme gerilimi, kalıplanan parçanın zimba dokunma yüzeyinde basılma geriliminin olduğu gösterilmektedir [10].



Şekil 3.5. Kesme işleminde malzeme içerisinde oluşan gerilimler [10]

Kesilen malzemede oluşan gerilmeler, kalıplama (kesme) kuvvetinin tayini için önem taşımaktadır. Kesme sırasında kalıplanan malzemenin dışı 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 3.6’da gösterilmektedir [9].



Şekil 3.6. Kesme işleminde oluşan gerilimlerin dağılımı [9]

3.2. Kesme Boşluğu

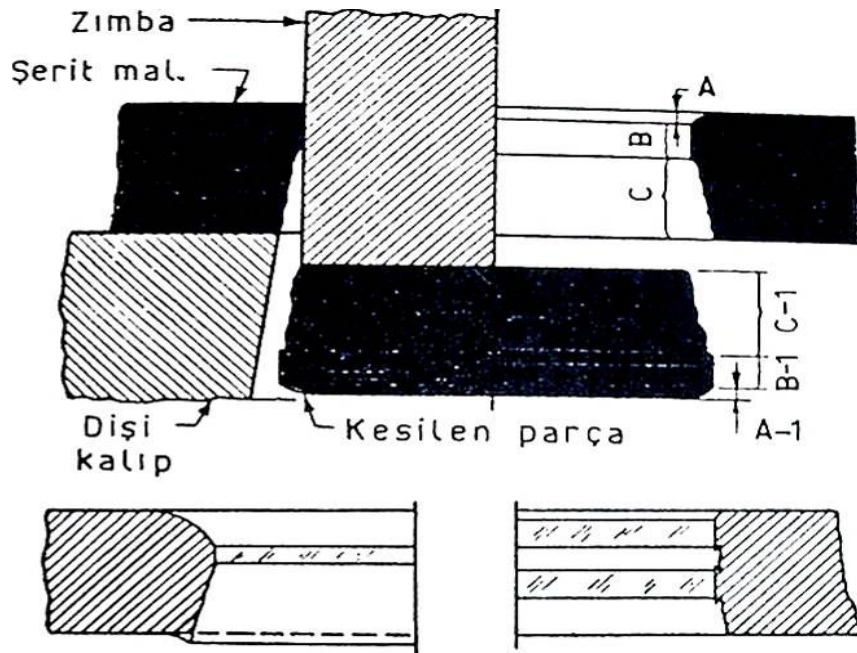
Kesme boşluğu, zımba ile dişi kalıp arasındaki tek taraflı toleranstır. Toplam kalıp boşluğu, zımba ölçüsü ile dişi kalıp ölçüsü arasındaki farktır. Şekil 3.7’de kalıplanan parça ve tek taraflı kalıp boşluğu gösterilmektedir [10].

Kesme işleminde zımba sac malzemeye, kalınlığının 1/3 ‘i kadar batmalıdır. Bu batma derinliğine “Yüzde Zımba Batma Oranı” (% Z.B.O) denir. Zımba batma derinliğinin fazla olduğu kesit yüzeyinde, kesmeden dolayı parlak bir şerit bant

oluşur. Şekil 3.8’de farklı kalıp boşluğu sonucu kalıplanan parça çevresinde ve şerit malzeme deliğinde meydana gelen diğer işlem safhaları gösterilmektedir. Dişi kalıp ve zimba arasındaki boşluk, kalıplanan malzemenin cinsi, kalınlığı ve boyutlarına göre tam olarak seçilirse, kesme kenarında meydana gelecek parlak yüzeyin düzgünlüğü artar ve kalıplanan parçanın kenarındaki çapak miktarı azalır [12].



Şekil 3.7. Tek taraflı kalıp boşluğu [10]



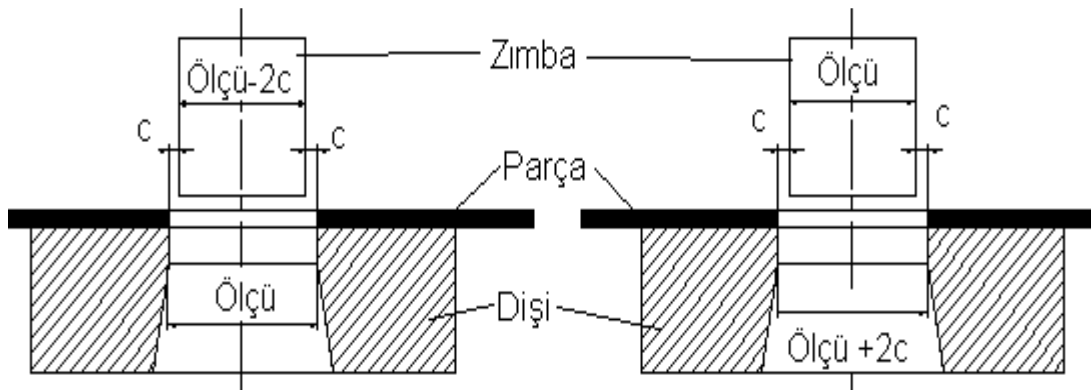
(a) "C" boşluğu fazla (b) "C" boşluğu az

A ve A1 : Uç kavis (yuvarlanma)
B ve B1 : Kesilen bant yüksekliği
C ve C1 : Kopma

Şekil 3.8. Farklı kalıp boşluğunun kesme kalıbında kalıplanan parçaya ve şerit malzemeye etkisi [10]

Kesme boşluğu büyük olursa, kenar radyüsleri de büyük olur. Bunun yanı sıra parlak kısmın genişliği azalır. Alt kenarda yığılmalar artar. Kesme boşluğu küçük olursa kenar radyüsleri küçülür. Parlak kısmın genişliği sıklaşır. Bu durumda zımba ve dişi kalıp çok erken aşınırlar. Sert malzemelerin kalıplanmasında alınan kalıp boşluğu fazla olmalıdır. Hatalı veya homojen olmayan kesme işlemlerinde uygun olsa dahi, kesilen parça çevresinde uygun olmayan şekilde çapaklar oluşur. Eğer kesme boşluğu uygun olur, kesme ağızları da iyi bilenmişse, pratik olarak çapağın meydana gelmemesi gerekir, ama gerek pres tezgahının ve kalıbın durumu, gerekse bir takım kuvvetlerin etkisiyle kesilen veya delinen parçalarda çok azda olsa çapağın mevcut olacağı kabul edilmelidir [12].

Kalıp boşluğunun delme veya kesme işlemine göre dişi kalıba veya zımbaya tam olarak uygulanışı Şekil 3.9’da gösterilmektedir. Kalıplanacak parçanın ölçüsünün tamlığına göre parça üzerindeki delme işleminde zımba ölçüsü (anma ölçüsü) sabit kalır, dişi kalıp ölçüsü toplam kalıp boşluğu (C_t) kadar arttırılır. Dış çevrenin kesilmesinde dişi kalıp ölçüsü sabit tutulur, toplam kalıp boşluğu $2C$, zımba anma ölçüsünden çıkarılır [10].



Şekil 3.9. Kalıp boşluğunun dişi kalıp ve zımbaya uygulanışı [10]

3.2.1. Kesme boşluğunun belirlenmesinde dikkat edilecek unsurlar

Yıllardır sac metal kalıpcılığında elde edilen deneyimlerden çıkartılmış olan kesme boşluğunun tespiti ile ilgili kriterler aşağıda sıralanmıştır [9].

- 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 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 artırılmaktadır.
- İnce kesitli zımbalarda, zorlanmayı azaltmak için biraz daha büyük kesme boşluğu verilebilmektedir. Yuvarlak kesitli zımbalarda daha az kesme boşluğu verilebilmektedir.

Kesme işlemi sırasında kalıp dişisi ve erkeği arasında verilmesi gereken kesme boşluğu değerinin hesaplanabilmesi için değişik yöntemler vardır. Bu yöntemler üç ana başlık altında toplanabilir.

3.2.2. Kesme boşluğu değerinin formüller yardımı ile bulunması

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 [9].

1) 3 mm' ye kadar olan sac malzemeler için [11]

$$C = a.T.\sqrt{\partial B} \quad (3.1)$$

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 [11]

$$C = (1,5.a.T-0,015). \sqrt{\partial B} \quad (3.2)$$

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 dikkate değer bir artış görülmektedir. Sert metalden yapılacak kesme kalıpları için a değeri 0,015 ila 0,012 arasında seçilebilir [11].

Formüller yardımı ile kesme boşluğunun bulunmasında kullanılması gereken tablolar Çizelge 3.1, Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Emniyetli çalışabilmek için kesme gerilmesi değerleri [12]

Delik zımbası çapı	Kesme gerilmesi N/mm ²
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 3.2. Bazı malzemelerin kesme dayanımları [12]

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

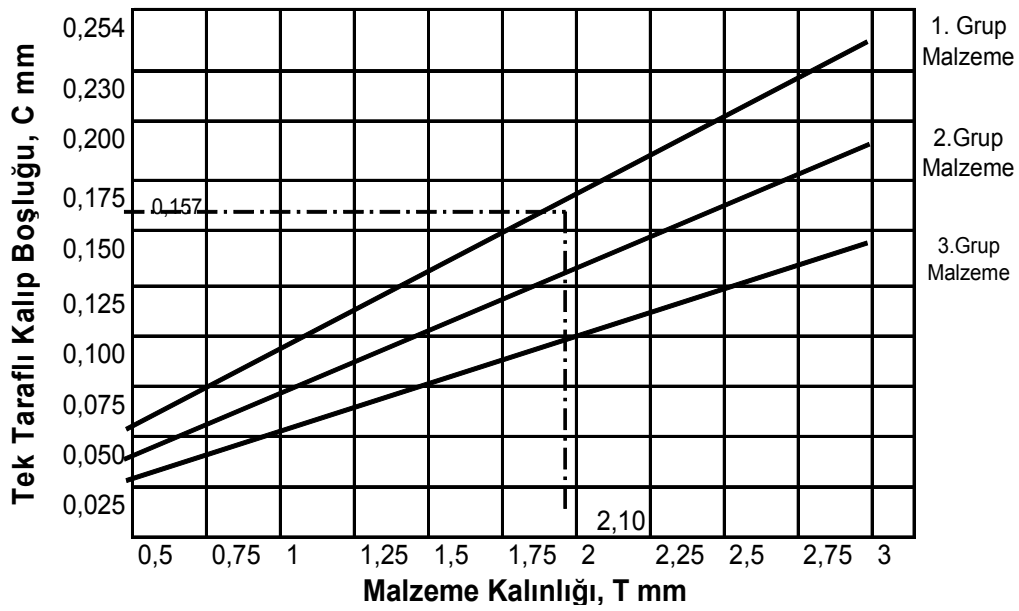
Kalıplarda kalın sacların kesilme işlemi malzemeye ön ısıtma yapılarak gerçekleştirilir. Bunun için gerekli olan ısı, malzeme ve kesme dayanım değerleri Çizelge 3.3’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Bazı çelikler için sıcak kesme dayanımları (N/mm²) [12]

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

3.2.3. Kesme boşluğu değerinin diyagramlar yardımı ile bulunması

Kesme kalıplarında kullanılacak olan kesme boşluğu değeri, hazır tablolar ve formüller kullanarak hesaplanabileceği gibi, aşağıda verilen diyagramlar kullanılarak da hesaplama yapılmadan, yaklaşık olarak bulunabilir.



Şekil 3.10. Malzeme kalınlıklarına göre gruplandırılmış malzemeler için tek taraflı kesme boşluğu [10]

1. Grup malzemeler: Alüminyum ve alaşımları

Ortalama sertlik= 23-85 BSD

$$C = 0,045 \cdot T \quad (3.3)$$

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.

$$C = 0,06 \cdot T \quad (3.4)$$

Kesme boşluğu sac kalınlığının 0,06 oranında alınmaktadır.

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

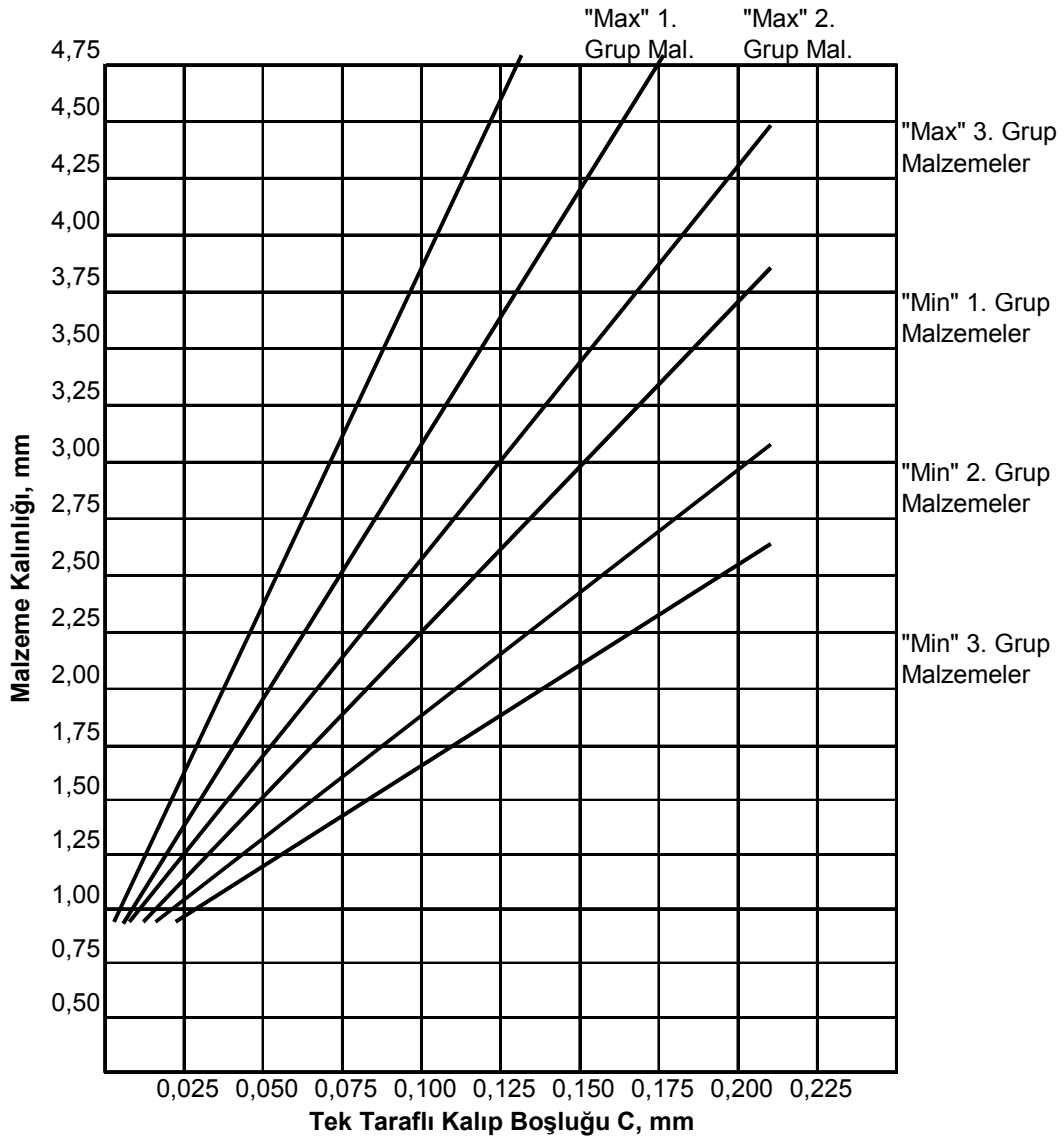
Ortalama sertlik= 130 BSD yukarı

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

$C=0,075 \cdot T$

(3.5)

Kesme boşluğu sac kalınlığının 0,075'i kadar alınmaktadır [10].



Şekil 3.11. Bir kesme kalıbında tek taraflı kesme boşluğuna göre kalıplanabilecek en büyük ve en küçük sac malzeme kalınlıkları [10]

“Min”, Maksimum boşlukla minimum malzeme kalınlığını, “Max”, Minimum boşlukla maksimum malzeme kalınlığını göstermektedir.

3.2.4. Kesme boşluğu değerinin hazır tablolar yardımı ile bulunması

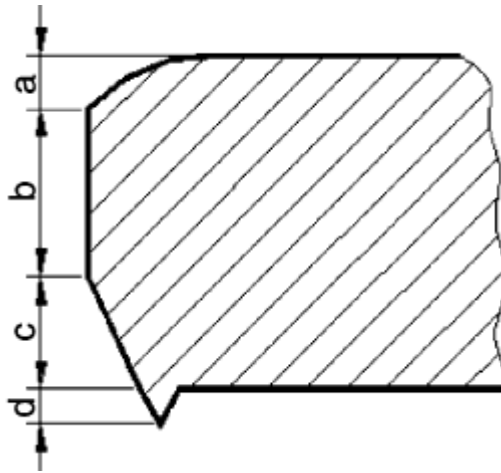
Kesme kalıplarında kullanılacak olan kesme boşluğu değerini belirlemek için, Çizelge 4.4'de malzeme çekme dayanımları ve sac kalınlığı değerlerine göre kesme boşlukları verilmiştir. Bu tablodaki değerler ile kalıp için belirlenmiş olan değerlerin birleştiği noktadaki kesme boşluğu değeri kullanılabilir.

Çizelge 3.4. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu tablosu [10]

Sac Kalınlığı T mm	Malzeme çekme dayanımları, N/mm ²										
	50-100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
	Tek taraflı kesme boşluğu, C, mm										
0,25	0,008	0,01	0,011	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,021
0,50	0,016	0,019	0,022	0,025	0,027	0,03	0,03	0,034	0,035	0,039	0,042
0,75	0,024	0,029	0,034	0,038	0,04	0,044	0,047	0,05	0,058	0,058	0,063
1,00	0,032	0,039	0,045	0,05	0,055	0,059	0,063	0,067	0,071	0,078	0,084
1,25	0,04	0,048	0,056	0,063	0,069	0,074	0,079	0,084	0,088	0,097	0,105
1,50	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
2,00	0,063	0,077	0,089	0,1	0,11	0,118	0,126	0,134	0,141	0,155	0,167
2,25	0,071	0,087	0,1	0,113	0,123	0,133	0,142	0,151	0,159	0,174	0,188
2,50	0,079	0,097	0,112	0,125	0,137	0,148	0,158	0,168	0,177	0,194	0,21
2,75	0,087	0,107	0,123	0,138	0,151	0,163	0,174	0,185	0,195	0,213	0,23
3,00	0,095	0,106	0,124	0,15	0,164	0,178	0,19	0,201	0,212	0,232	0,25
3,50	0,127	0,155	0,179	0,2	0,219	0,237	0,253	0,268	0,283	0,31	0,335
4,00	0,158	0,194	0,224	0,25	0,274	0,296	0,316	0,336	0,354	0,388	0,42
4,50	0,19	0,232	0,268	0,3	0,329	0,355	0,379	0,4	0,424	0,465	0,5
5,00	0,22	0,27	0,313	0,35	0,384	0,415	0,442	0,47	0,495	0,543	0,586
6,00	0,285	0,35	0,4	0,45	0,493	0,533	0,569	0,605	0,636	0,698	0,75
7,00	0,348	0,425	0,49	0,55	0,603	0,651	0,695	0,738	0,778	0,95	0,92
8,00	0,41	0,5	0,58	0,65	0,71	0,78	0,82	0,92	1,008	1,05	1,1
10,00	0,54	0,658	0,76	0,85	0,97	1,008	1,075	1,14	1,202	1,318	1,423
12,00	0,665	0,812	0,94	1,05	1,15	1,243	1,327	1,41	1,485	1,625	1,75
15,00	0,853	0,99	1,2	1,35	1,48	1,6	1,71	1,812	1,91	2,09	2,26
18,00	1,04	1,276	1,175	1,65	1,81	1,954	1,086	2,213	2,334	2,556	2,763
22,00	1,3	1,58	0,83	2,05	2,25	2,425	2,59	2,75	2,9	3,18	3,43
25,00	1,485	1,82	2,1	2,35	2,58	2,78	2,97	3,15	3,325	3,64	3,89

3.3. 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 [9].



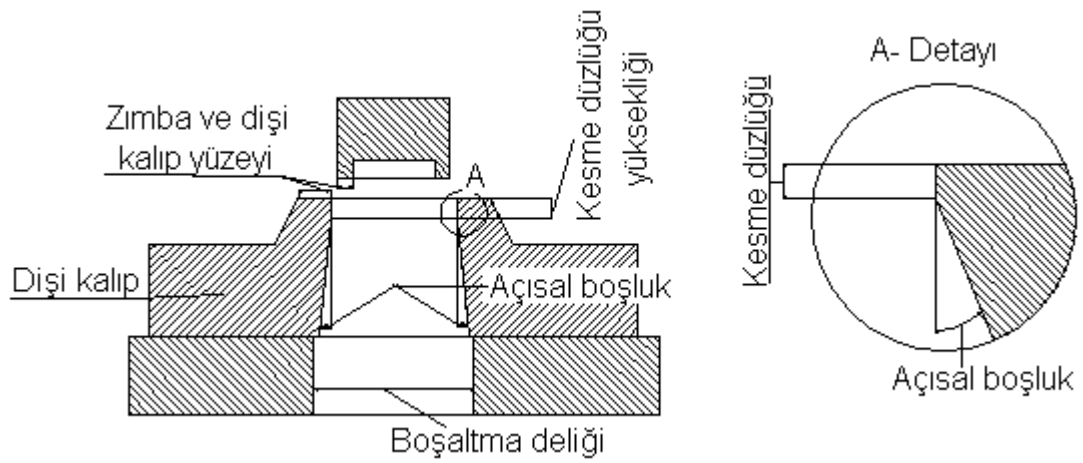
Şekil 3.12. Kesme işlemi sırasında kesme hattı boyunca parçalarda oluşan yüzey kesiti [6]

a) Yuvarlanma b) Kesme Yüzeyi c) Kopma Yüzeyi d) Çapak

Şekil 3.12’de kesme işlemi ile üretilmiş olan bir parçada, kesme hattı boyunca oluşan yüzey değişimlerinin kesiti gösterilmektedir. Şekil üzerinde a ile belirtilen yuvarlanma ölçüsü Y eksenine göre belirtilmiştir, yuvarlanma ölçüsünün birde X eksenine göre değeri vardır. Bu X ve Y ekseninde oluşan yuvarlanma ölçüsünde kesme boşluğu değerinin önemi çok fazladır. Kesme boşluğu değeri az seçilirse yuvarlanma azalmakta, kesme boşluğu değeri fazla seçilirse yuvarlanma artmaktadır.

3.4. Kesme Düzlüğü

Delme ve kesme kalıplarında, dişi kalıp yüzeyi ile açısız boşluğun başlangıcı arasındaki düz banda, 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 malzeme kalınlığına eşit alınır [10].



Şekil 3.13. Dişi kalıba verilen kesme düzlüğü yüksekliği ve açısız boşluk [10]

3.5. Kesme Açısı

Delme ve kesme kalıplarında, kesme düzlüğü bitiminden itibaren bir miktar açısız boşluk verilir. Açısız 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. Tek taraflı açısız boşluk genellikle $1/4^\circ$ ile $3/4^\circ$ arasında tavsiye edilmektedir. Kesme düzlüğünden itibaren tek taraflı maksimum açısız boşluk $\alpha = 2^\circ$ olarak tavsiye edilir [10].

Tek taraflı kalıp boşluğu ve sac malzeme kalınlığına bağlı olarak zımba ile dişi kalıp arasında kalan açığa, kesme açısı denir. Delme veya kesme kalıplarında

uygulanmakta olan kesme açısına, kalıplanacak sac malzemenin cinsi ve kalınlığına göre seçilen tek taraflı kalıp boşluğu, zımba batma oranı ve malzeme kalınlığı etki etmektedir. Kesme açısı, tek taraflı kalıp boşluğu ve zımba batma oranı arasındaki bağıntı aşağıdaki formülle bulunur [10].

$$tg\beta = \frac{C}{(1 - \%Z.B.O.)T} \quad (3.6)$$

3.6. Kesme Kuvveti

Üretilmesi istenen parça için gerekli pres tezgahını seçebilmek ve kalıbın bazı kısımlarının ebatlarını belirleyebilmek için kesme kuvvetinin hesaplanması gerekir. Parçanın kesilmesi için gereken kuvvete kesme kuvveti denir. Diğer bir ifadeyle kesme kuvveti, kesme anında parçanın şerit malzemeden ayrılmasına karşı göstermiş olduğu direnç olarak tanımlanabilir. Kesme kuvveti kalıplanan parçanın boyutsal ölçülerine ve malzemenin cinsine göre değişen birim kesme direncine bağlıdır. Dişi kalıp kesme yüzeyi ve zımba ucu düz olarak bilenmiş ise maksimum kesme kuvveti elde edilir. Zımba ucuna belirli oranlarda açı verilerek kesme kuvveti azaltılabilir.

Kesme kuvveti şunlara bağlıdır [12].

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

$$P = U \cdot S \cdot \sqrt{\partial B} \quad (3.7)$$

P	: Kesme kuvveti	N
U	:Kesilecek kenarların uzunluğu	mm
S	:Sac kalınlığı	mm
∂B	:Kesilecek malzemenin kesme dayanımı	N/mm ²

Kesme işleminde, parçayı dışarıya itmek için de bir kuvvete ihtiyaç olduğu, teorik olarak ortaya çıkmaktadır. Küçük parçalar için bu alınmayabilir, fakat kalın saclarda alınmalıdır. Kalın saclarda “ ∂B ” (Kesme Dayanımı) yerine “ γb ” (Çekme Dayanımı) alınarak itme kuvveti de hesaba katılmış olur.

$$\partial B = 0,8 \cdot \gamma b \quad (3.8)$$

$$\gamma b = \text{Çekme Dayanımı (Kg / mm}^2 \text{)}$$

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları karmaşık ve doğrusal olmayan problemleri çözmek için kullanılan yetenekli modellerdir. Çalışma anlayışı insan beyninden türemiştir. Yapay sinir ağlarının temel avantajı, gerçek ve tarihsel bilgiler kullanan karmaşık sistemleri biçimlendirebilmeleridir [1].

Geleneksel hesaplama çözümleri, daha önceden belirlenmiş kurallara veya problemin açık bir tanımını veren denklemlere bağlıdır. Problemle alakalı kurallar çok iyi bilindiğinde, ideal bir problemi çözme yolu olabilir. Kuralların bilinmediği ya da bulunmasının aşırı derecede zor olduğu birçok durum vardır. Bu gibi problemleri geleneksel hesaplama yöntemleri ile çözmek çok zor olabilir. Daha hızlı hesaplama tekniklerindeki gelişmeler, yapay sinir ağlarını çok popüler bir tercih haline getirmiştir. Yapay sinir ağı modelleri, basit hesaplama öğelerinin yoğun ara bağlantıları yoluyla, iyi iş başarmayı amaçlamaktadır. Modeller, paralel işleyen, doğrusal olmayan birçok hesap unsurlarının bir araya gelmesiyle oluşurlar ve biyolojik yapay sinir ağlarını hatırlatan bir kalıp içinde hazırlanırlar. Yapay sinir ağları, optimum tasarıda, sınıflandırmada, tahmin problemlerinde uygulanabilir ve son zamanlarda artan sayıdaki bilim ve teknoloji problemlerinin analizlerine, geniş çapta girmiştir [2].

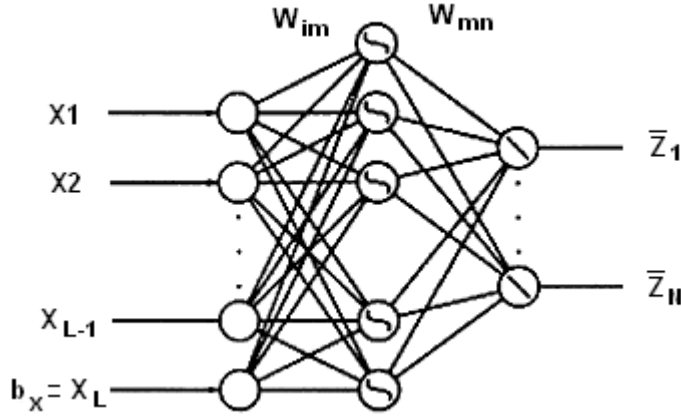
Yapay Sinir Ağları, basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle etmek için tasarlanan programlardır. Simüle edilen sinir hücreleri, nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir [14].

Bir işlem elemanı, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem elemanı, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Yapay sinir ağları, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. Her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşmaktadır. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir [14].

4.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri

Yapay zeka çalışmaları kapsamında ortaya çıkan ve bir noktada yapay zeka çalışmalarına destek sağlamakta olan farklı alanlardan bir tanesi de Yapay Sinir Ağları teknolojisidir. Dolayısıyla, yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturan yapay sinir ağları teknolojisi öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan beyninin temel işlem elemanı olan nöronu (neuron) şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden yapay sinir ağları, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır. Bu şekilde, insanoğluna özgü, deneyerek (yaşayarak) öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen yapay sinir ağları teknolojisi bir bilgisayar sistemine inanılmaz bir “girdi veriden öğrenme” kapasitesi sağlamaktadır ve bir çok avantajlar sunmaktadır.

Yapay sinir ağlarının belirgin özelliklerinden bir tanesi tecrübe ve örneklerden öğrenip genelleme yapabilmesi ve değişen durumlara uyum sağlamasıdır. Yapay sinir ağları nedensel modellere ulaşabilir ve aksi bir çıkarım yapabilir. Yapay sinir ağlarında öğretim işlemi, bilinen verilerle bir takım örneklerin gösterilmesini içerir. Sistem, ağ verileri ile hedef verileri arasındaki hataları en aza indirmek için iç bağlantı değerlerini ayarlar. Bilgi, işlemciler arasındaki bağlantı değerleri ile gösterilir ve saklanır. Yapay sinir ağları yeterli derecede öğrenilip test edildikten sonra, kuralları genelleyebilecek ve eğitim örnekleri ile kaplı alan içerisinde gerekli verileri tahmin etmek için görünmeyen veri bilgilerine cevap verebilecektir [2].



Şekil 4.1. Örnek 3 katmanlı yapay sinir ağı gösterimi [3]

Yapay sinir ağı, tabakalar içerisinde örgütlenmiş nöron denen birbirlerine bağlı, işleme tabi çok sayıda elementten oluşan bir paralel işlem mimarisidir. Bazı girdi sinyallerini ($x_1, x_2, \dots, x_n$) alır ve Şekil 4.1’de resimlendirildiği gibi girdilerin ağırlıklı toplamı için tek bir çıktı toplar. Bir bireysel işlem elementinin çıktı sinyali, birbiriyle bağlantıları üzerinden gelen girdi sinyalleri gibi değer işlem elementlerine yollar. Bir yapay ağın performansı temel olarak bağlantısının ağırlığına bağlıdır. Genel olarak, her nöron diğer bütün nöronlarla bağlantı yapabilir. Yapay ağı yapısı, bir işlem elementinin, bir transfer fonksiyonunu gerçekleştirip gerçekleştirmediğini belirleyen kurallar ve birbirine bağlantı ağırlıklarındaki ($w_1, w_2, \dots, w_n$) değişiklikleri yönlendiren, talim kuralları olarak bilinen kurallar arasındaki birbirine bağlantı mimarisi tarafından belirlenir [3].

Şekil 4.1’de L nöronları olarak tarif edilmiş girdi bilgisi üzerinde hiçbir işlem yürütülemez. Bu değerler doğrudan, ağırlıklardan (W_{im}) doğrusal bir şekilde etkilenen ikinci (gizli) katmanın M nöronlarına iletilir. Tek bir nöron, b_1 başlangıç değerini ekleyerek ve aşağıdaki bağıntı gibi bir veri üreterek, önceki katmanların, nöronlarının genellikle çıktıları olan, verilerin X_1 ağırlıklı bir toplamını yapar [3].

$$V_m = \sum_{i=1}^L W_{im} X_i + b_i \quad (4.1)$$

Nöron bloklarında birikmiş girdi sinyalleri $y = f(Vm)$ ile verilen sadece tek girdiye ulaşmak için doğrusal yada doğrusal olmayan bir fonksiyon tarafından harekete geçirilir. Harekete geçirme fonksiyonları arasında sigmoid (lojistik) fonksiyon, yapay sinir ağı uygulamalarında en yaygın kullanılandır. β burada fonksiyonun eğimini belirleyen bir parametredir [3].

$$f(Vm) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta Vm)} \quad (4.2)$$

Yapay sinir ağları, geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirirken, Yapay sinir ağları her biri büyük bir problemin parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşmaktadır. En basit şekilde, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem elemanlarının çalışma şekli yanıltıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir. Çoğu yapay sinir ağlarında, benzer karakteristiğe sahip nöronlar tabakalar halinde yapılandırılırlar ve transfer fonksiyonları eş zamanlı olarak çalıştırılırlar. Hemen hemen tüm ağlar, veri alan nöronlara ve çıktı üreten nöronlara sahiptirler [14].

Tanımlanmamış girdi verileri hakkında karar verirken genelleme yapabildikleri için iyi birer yapı tanımlayıcısı ve sağlam sınıflandırıcıdırlar. Fonksiyonel tahmin ve sistem modelleme gibi fiziksel işlemin anlaşılamadığı veya aşırı karmaşık olduğu problemler yanında konuşma, karakter ve sinyal tanımlama gibi çeşitli sınıflandırma problemleri için çözüm yolları sağlamaktadırlar. Ayrıca, kontrol problemlerinde de uygulama sahası bulmaktadırlar. Yapay sinir ağları yoğun bağlantılı ve karışık işlem yapıları nedeniyle çalışabilecekleri özel ortamlara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu yüzden, bu amaca yönelik olarak hazırlanmış özel yazılımlar ile bilgisayarlarda çalıştırılmaktadırlar. Günümüzde ise, gittikçe artan oranda yoğun ve karmaşık sinir

ağlarını çalıştırabilmek ve daha hızlı işlem yapabilmek için özel donanımlar geliştirilmektedir [14].

4.2. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağları, insan beyindeki nöronların değişik bağlantı geometrileriyle birbirine bağlanan, yapay nöronlar ile taklit edilmesi esasına dayanan karmaşık sistemlerdir. Gerçek sinir sistemindeki en küçük bilgi işlem elemanı nörondur. Yapay sinir ağında ise en küçük bilgi işlem ünitesi transistör dür. Gerçek sinir sistemi, biyokimyasal enerjisini kullanarak işlem yapar, yapay sinir ağları ise elektrik enerjisi tüketerek işlemlerini gerçekleştirir. Gerçek sinir sistemi, göz kulak gibi organlarla bilgi ve tecrübe edinir. Yapay sinir ağında ise bilgi yazılım yoluyla verilir. Gerçek nöron, “dendrit” olarak isimlendirilen uzantısı ile bilgiyi diğer nöronlardan alır ve akson olarak isimlendirilen uzantısı ile bilgiyi diğer nöronlara iletir. Yapay sinir ağındaki her transistörün dendrit misali giriş elemanları ve akson misali çıkış elemanları vardır. Ancak bir nöronun ortalama dört yüz girişi ve çıkışı olmasına rağmen, bir transistörün ancak birkaç girişi ve çıkışı vardır. Bilgisayarda işlemler ardışık iken, beyinde paralel ve seridir. Ancak bilgisayarda bilgi işlem ve iletim hızı ışık hızında, beyin sinirlerinde işlem hızı saniyede yedi sekiz metredir [15].

Yapay sinir ağları bir yapay nöron modelinin geliştirilmesi ile başlamıştır. Her nöron basit bir algılayıcı ve ileticidir. Kendisine ulaşan sinyali şiddetine göre ya iletir, yada sönmölendirek iletmez. Yani her nöron, kendisine gelen uyarı (sinyalin) seviyesine göre açık yada kapalı duruma geçerek, basit bir tetikleyici gibi çalışır. Ancak biyolojik bir nöron daha hassas ve karmaşık bir algılama yapısına sahiptir. Bu hassasiyet yapay nöronun matematik modeline W_i ile gösterilen tesir veya üyelik fonksiyonları ile taklit edilir. Öyle ki, gelen sinyalin şiddetine göre, nöronlar giriş bilgilerine bu şiddet dereceleriyle birlikte algırlar. Yani ağırlıklı olarak toplar ve bir taşıma fonksiyonu ile işleyerek, çıktı olarak diğer nöronlara iletir. Diğer nöronlar bu bilgileri, kendi içlerindeki bilgilerle birleştirerek alır [15].

X_0 = Yapay bir nörona, önceden var olan bilgi

X_i = Yapay bir nörona, i'inci dendritin algıladığı bilgi

W_i = Yapay nöronun i'inci dendritin algıladığı sinyalin şiddeti olup, ağırlıklı giriş bilgilerinin (sinyallerinin) toplamı. Böylece

$$X_j = \sum X_i W_i \quad (4.3)$$

olarak temsil edilir. Bir nöronun çıkış değeri taşıma fonksiyonu aracılığı ile

$$Y_j = f(X_j) = 1 / (1 + \exp(-\lambda X_j)) \quad (4.4)$$

$0 \leq Y_j \leq 1$ olarak saptanır. Burada λ , taşıma fonksiyonunun şeklini kontrol eden bir sabittir [15].

Taşıma fonksiyonu sigmoid bir fonksiyon olarak saptanmıştır. Bu fonksiyon yakınsama şartını sağlamak için seçilmiştir. Buradaki “j” incelenen nöronun numarasını temsil etmektedir. Fonksiyonda işlenmiş bilgi çıkışı, bir sonraki katmandaki nöronlar tarafından, bağlantılar üzerindeki, W_{ij} ağırlıkları ile veri girişi olarak alınır. Ağırlıklı toplam aşağıdaki gibi bulunur [15].

$$X_j = \sum_{i=1}^n Y_i W_{ij} \quad (4.5)$$

sonuçlar, üzerinde çıkış değeri kadar nöron bulunan çıkış katmanından aşağıdaki biçimde elde edilmektedir [15].

$$Y_n = \sum Y_j = \sum f(X_j) \quad (4.6)$$

Y_n , sinir ağının çıkış değerini temsil etmektedir. Böylece bulunan yapay sinir ağı çıkış değeri, ağın eğitimi aşamasında sisteme verilen hedef (H) ile karşılaştırılırsa, çıkış katmanındaki herhangi bir i'inci nörondaki hata aşağıdaki gibi olacaktır [15].

$$E = H - Yn \quad (4.7)$$

Ağın eğitimi için kullanılan örnek sayısı k ile gösterilirse her bir örneğin hedefi (H_k) farklı olacaktır. O halde indekslenmiş yapay sinir ağları da Y_k ile gösterilirse, hedef ile çıkış arasındaki karesel hatayı minimum yapmak için, yapay sinir ağları tüm örnek çiftleri kapsayan aşağıdaki denklem ile iterasyon hatasını en aza indirger [15].

$$E_k = \sum_{k=1} (H_k - Y_k)^2 \quad (4.8)$$

Alınacak verim, eğitim için kullanılan bilginin kalitesine bağlıdır. Ne kadar çok örnekle eğitilirse, problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olur. Klasik bilgisayar belleğinin bilgileri belirli yerlerde saklaması yerine, yapay sinir ağı öz bilgileri gerektiği yerde kullanılmak üzere, ağ üzerinde dağıtarak saklarlar. Bunları yeni bilgilerle birleştirebilirler. Böylece bilgisayar tecrübesini arttırabilirler [15].

Giriş veri gruplarının ağa sunulduğu terminallerde, giriş için bilinmeyen veri sayısı adedi kadar nöron tahsis edilir. Böylece her bir giriş nöronu, bir veri alıp, ağırlıklandırma işlemine hazırlar. Burada bilgi işlenmeden yapay sinir ağına aktarılır. Ağların eğitilmesinde bir çok öğrenme kuralı kullanılır. Bu kurallardan en çok kullanılanlar aşağıda verilmiştir. Bunlar geri yayılma öğrenme kuralı ve delta öğrenme kuralı olup, ağın i ve j nöronlarının arasındaki ağırlıklarının, ağ çıkışındaki hatayı minimize edecek şekilde değiştirilmesi prensibine dayanırlar. Geri yayılma kuralında ağ ağırlıklarındaki değişim aşağıdaki gibi ifade edilir [15].

$$\Delta W_{i,j,n} = \alpha \Delta W_{i,j,n-1} + \beta \nabla_{j,n} f(X_i) \quad (4.9)$$

Burada α momentum katsayısı, β öğrenme oranı ve $\nabla_{j,n}$ de j 'inci tabakadaki bir nöronun yerel gradyentini gösterir [15].

Delta öğrenme kuralı, tek katmanlı sürekli algılayıcı ağlar için geliştirilmiştir. Türetilabilir fonksiyonlara sahip olan ağlara uygulanabilen bir öğrenme kuralıdır. Ağ ağırlıklarındaki değişim $s = w \cdot x + b$ vektörü veya tansörü yardımıyla aşağıdaki şekilde tanımlanır [15].

$$\Delta W_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial W_{ij}} = -\alpha \delta_i X_j \quad (4.10)$$

Yapay sinir ağları insanlar gibi örneklerle eğitilirler. Yapay sinir ağlarının öğrenmesi bir çocuğun öğrenmesi gibidir. Sıcak bir nesneye dokunmaması gerektiğini deneyerek öğrenen çocuklar zamanla daha az sıcak olan bir cisme dokunabilme cesaretini gösterirler ve sıcak süt dolu bardağı elleriyle tutarlar. Yani çocuk sıcaklık bilgisini öğrenmiş olmaktadır. Yapay nöronlar da benzer olarak; mevcut örnek kümesi üzerinde girdi ve çıktı arasındaki bağıntıyı ağırlıkların değiştirilmesiyle öğrenirler. Yapay sinir ağlarının öğrenme sürecinde, dış ortamdan gözle veya vücudun diğer organlarıyla uyarıların alınması gibi dış ortamdan girişler alınır, bu girişlerin beyin merkezine iletilerek burada değerlendirilip tepki verilmesi gibi yapay sinir ağında da aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilerek amaca ulaşılmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağları verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşana kadar geçen zamana öğrenme adı verilir. [16].

4.3. Nöronların Matematik Modeli

Nöronlar sinir ağlarını oluşturan, tek başlarına ele alındıklarında çok basit bir işleve sahip işlemcilerdir. Bir nöron yapısı içerisinde üç ana bölüm bulunur. Bunlar sırasıyla sinapslar, toplayıcı ve aktivasyon fonksiyonudur. Şekil 4.2’de bir nöronun matematiksel modeli gösterilmektedir. Bu şekilden de görüleceği gibi, nöron girdileri

sinaptik bağıntılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, nöronun aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek çıkışlar hesaplanmaktadır. Eş. 4.11'de ağırlıklı toplamın oluşturulması, Eş. 4.12'de ise nöron çıkışının hesaplanması verilmektedir [17].

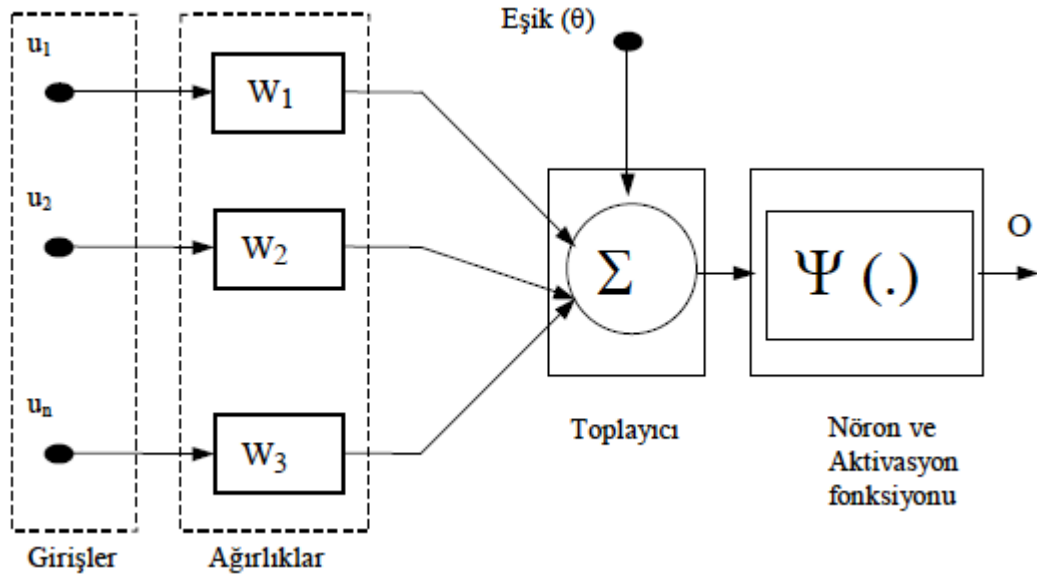
$$S = W1.U1 + W2.U2 + W3.U3..... + Wn.Un - \theta = \sum_{i=1}^n Wi.Ui - \theta \quad (4.11)$$

$$O = \psi(S) \quad (4.12)$$

S	= Toplam fonksiyonu
U_i	= Giriş fonksiyonu
W_i	= Ağırlıklandırma faktörü
O	= Çıkış fonksiyonu
$\Psi(S)$	= Aktivasyon fonksiyonu
θ	= Eşik değeri

Her bir girdideki değişim, nöron çıkışında belirli bir değişime neden olmakta ve bu değişimin genliği, girdinin etki derecesini belirleyen bağlantı kazançlarına, toplayıcının eşik değerine ve nöron aktivasyon fonksiyonunun tipine bağlıdır. Eşik değerinin kullanımı, pratikte (-1) ya da (+1) değerine sahip sabit bir girdinin (θ) ağırlığına sahip bir bağıntı ile toplayıcıya girdiği şeklinde ele alınır [17].

Her nöron gelen sinyalin seviyesine göre açık yada kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Bu işlemleri yaparken nöronlar giriş bilgilerini ağırlandırarak bunları lineer toplar ve bir eşik, lineer veya non-lineer bir fonksiyonda işleyerek çıktısını verir. Bu çıktıyı hücreye bağlantısı olan diğer nöronlar giriş bilgileri olarak alırlar. Yapay sinir ağları hesaplamaları öğrenme ve hatırlama olmak üzere iki safhadan oluşur [17].



Şekil 4.2. Nöronun matematik modeli [16]

Öğrenme yapay sinir ağlarının yapısı içinde önemli bir yere sahiptir. Çünkü yapay sinir ağlarının bazı önemli özellik ve avantajlarının kaynağını oluşturmaktadır. Bu yüzden, ağın yapısı içindeki öğrenme sürecine yönelik elemanlar büyük önem taşımaktadır. Bu elemanların ilki öğrenme fonksiyonudur. Diğer bir eleman ise hata fonksiyonudur [14].

4.4. Yapay Sinir Ağlarında Hata Fonksiyonu

Öğrenme fonksiyonunun gerekli ayarlamaları yapabilmesi için yanılma payının biliniyor olması gerekmektedir. Hata fonksiyonu, bu amaca yönelik olarak, o anki çıktı ile istenilen çıktı arasındaki farkı, hatayı, hesaplar ve gerekiyorsa bir transformasyon uygular. Bu hata, literatürde cari hata (Current Error) olarak adlandırılır ve bu hata veya transformasyonu sağlanmış hali (geri yayılma değeri) genellikle önceki tabakaya geri yayılır. Bu geri yayılma değeri, bir sonraki öğrenme döngüsünde öğrenme fonksiyonu tarafından bağlantıları ayarlamak için, tabi ki gerekli ise, kullanılır [14].

4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Oranı

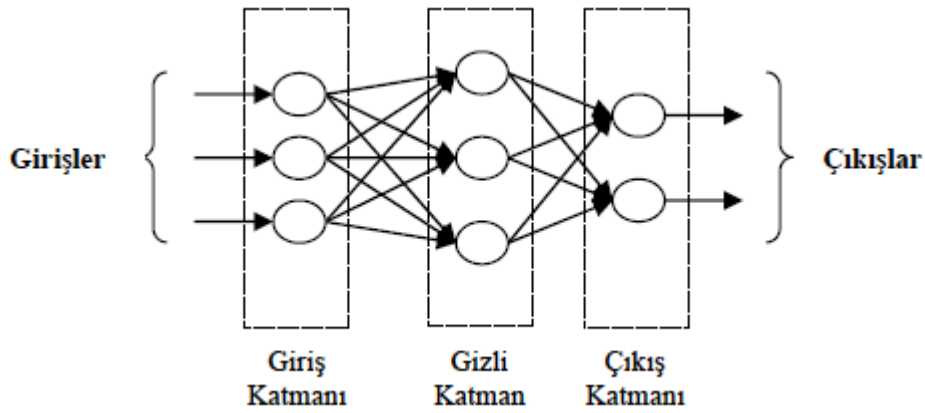
Öğrenme oranı, öğrenme sürecinin hızı ve işlevi açısından önemlidir. Çünkü yapay sinir ağlarının öğrenme gücü ile hızı ters orantılıdır. Basit bir şekilde, bir adımda daha fazla öğrenme, daha düşük bir hız ve dolayısıyla daha fazla zaman anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, daha fazla hız daha az öğrenme anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, bir ağın ne kadar eğitileceği sorusu öğrenme oranına bağlıdır. Öğrenme oranının belirlenmesinde ise ağın karmaşıklık düzeyi, büyüklüğü, mimarisi, kullandığı öğrenme kuralı ve istenilen doğruluk derecesi gibi birçok faktör rol oynar. Çoğu öğrenme fonksiyonu, öğrenme oranı için belirli standartlara sahiptir. Öğrenme oranı genellikle (0,1) gibi bir aralık içinde belirlenir. Bu aralıkta, öğrenme oranının küçük değer alması, yavaş bir öğrenme süreci getirecektir. Diğer taraftan ise, öğrenme sürecinin küçük adımlar halinde olması maksimum doğruluk derecesine yakınsamayı getirebilecektir [14].

4.6. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Bir sinir ağı, ağın mimarisi, bir nörondaki aktivasyon fonksiyonu ve eğitim algoritması ile karakterize edilir. Çok tabakalı sinir ağlarının eğitimi için genellikle kullanılan eğitim algoritması hatayı geriye yayma (Back Propagation) algoritmasıdır. Türevi alınabilir aktivasyon fonksiyonu ile herhangi bir ileri beslemeli sinir ağları için kullanılabilir. Eğer toplam hata fonksiyonu gibi ağ çıkışlarının her biri için de bir hata fonksiyonu tanımlarsak, hata fonksiyonu, ağırlıkların diferansiyel fonksiyonu olur. Bu nedenle ağırlıklar ile hatanın türev değerini bulabiliriz. Bu teknik, Rumelhart, Hinton ve Williams tarafından geliştirilmiştir. Bu türevler, eğitim düşümü yada optimizasyon metodu ile minimum hata fonksiyonunun ağırlıklarını bulmak için kullanılabilir. Hata fonksiyonunun türev değeri için kullanılan algoritma hatayı ağ içerisinde geriye doğru yaydığı için “hatayı geriye yayma” algoritması olarak bilinir [17].

Geri yayılım algoritması (Backpropagation), birçok uygulamada kullanılmış en yaygın öğretme algoritmasıdır. Anlaşılması kolay ve matematiksel olarak

ispatlanabilir olmasından dolayı en çok tercih edilen öğretim algoritmasıdır. Bu algoritma, hataları geriye doğru çıkıştan girişe azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Geri yayımlı öğrenme kuralı ağ çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanılmaktadır. Bir geri yayımlı ağ modelinde giriş, gizli ve çıkış olmak üzere 3 katman bulunmakla birlikte, problemin özelliklerine göre gizli katman sayısını artırabilmek mümkündür [16].



Şekil 4.3. Geri yayımlı çok katmanlı yapay sinir ağı mimarisi [16]

Şekil 4.3’de verilen çok katmanlı bir ağ için, herhangi bir birimin giriş değeri kendisine diğer katmanlardan gelen (bir saklı katman veya bir giriş katmanından) değerlerin bir ağırlıklı toplamı olarak [16].

$$y_j = \sum_i^N X_i W_{ij} \quad (4.13)$$

şeklinde ifade edilir. Birimin çıkışı ise bu ağırlıklı toplamın, doğrusal olmayan bir fonksiyondan geçirilmesiyle [16].

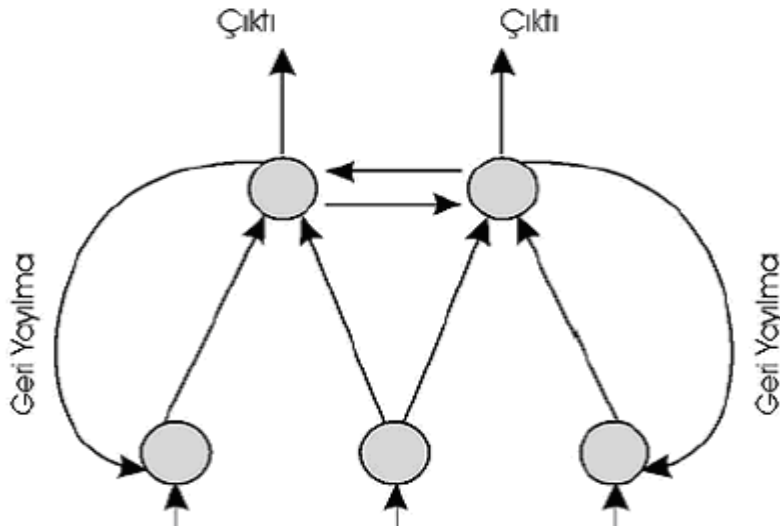
$$y_j = f(y_j) \quad (4.14)$$

hesaplanır. Aktivasyon fonksiyonun uygulanmasıyla birimin çıkışı [16].

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-\left(\sum_i^N x_i w_{ij}\right)}} \quad (4.15)$$

olarak hesaplanır. Geri yayılım algoritması, sinir ağının eğitici sınıfına giren genel bir algoritmadır. Girişlerle çıkışlar arasındaki hata sinyali bulunarak, ağırlıklar bu hata sinyaliyle güncellenmektedir. Hata yani $e(k)$, arzu edilen çıkış (gerçek çıkış- $y(k)$) ile sinir ağının çıkışı $o(k)$) arasındaki farktır [16].

$$e(k) = y(k) - o(k) \quad (4.16)$$



Şekil 4.4. Geri yayılma bağlantı yapısı [14]

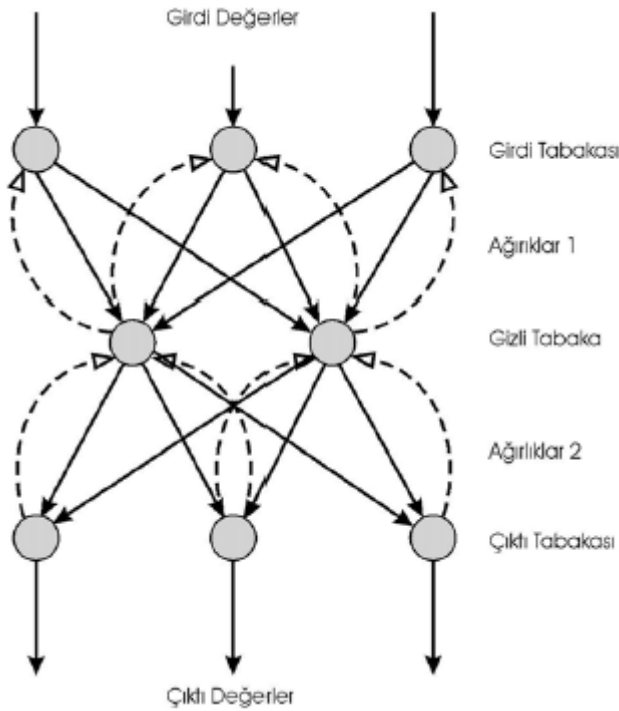
Geri beslemeli ağlarda bağlantılar döngü içerirler ve hatta her seferinde yeni veri kullanabilmektedirler. Bu ağlar, döngü sebebiyle girdinin karşılığını yavaş bir şekilde oluştururlar. Bu yüzden, bu tür ağların eğitim süreci daha uzun olmaktadır [14].

4.7. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

İleri beslemeli yapay sinir ağlarının en tipik şekli nöron modeli oluşturulan katmanların ardışık biçimde bir araya getirilmesi sonucu kurulabilir. İleri beslemeli

Yapay sinir ağlarında, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağlarının, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi girdilerin uygulandığı katmana giriş katmanı, çıkışların alındığı katmana çıkış katmanı denir ve bu katmana dış dünyadan erişebilir. Giriş ve çıkış katmanlarının arasında gizli katmanlar bulunur. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayıları ele alınan problemin gereklerine göre belirlenir. Dolayısıyla gizli katman sayısındaki ve bu katmanların nöron sayılarındaki belirsizlikleri aşabilmenin tek yolu deneme yanılma yöntemidir [17].

İleri besleme sinir ağlarında, işlem elemanları arasındaki bağlantılar bir döngü oluşturmazlar, bu ağlar girdi veriye genellikle hızlı bir şekilde karşılık üretirler [14].



Şekil 4.5. İleri beslemeli yapay sinir ağlarının genel yapısı [14]

4.8. Yapay Sinir Ağlarının Zayıf Noktaları

Yapay sinir ağlarını halen daha pek çok zayıf noktaları vardır. Kesin verilere ihtiyaç gösteren ve bu verilere göre kesin sonuç bekleyen problemlerin çözümünde başarılı değildirler. Bu tür işlemler insanlar tarafından daha kolay yapılmaktadır. Geniş kapsamlı problemlerin çözümünde verimli olarak kullanılmamaktadır. Problemin çözümü, farklı koşullarda ayırt edilmesi gereken birden çok sayıda çözüm yollarından birinin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu durumda yapay sinir ağları başarılı değildir [15].

Sınıflandırma gerektiren problemlerin çözümünde yapay sinir ağları başarılı değildir. Yapay nöronlardaki giriş ve çıkış ünitelerinin azlığı nedeniyle, sınıflandırma işlemleri klasik doğal yöntemlerle, fazla zorlanmadan başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Öte yandan görme işitme gibi duyular, anında gerçekleşen doğal bir sınıflandırma işlemi olup, bu konuda yapay sinir ağları da çalışanlar, henüz sonuca ulaşamamışlardır [15].

Tecrübenin önemli derecede etken olduğu problemlerin çözümünde yapay sinir ağları, başarılı olarak kullanılamamaktadır. Örneğin tecrübesiz bir kimsenin ağları eğitmesi sırasında sisteme vereceği bilgiler noksan veya eksik olabilir. Başarı, eğitim için kullanılan bilginin kalitesine bağlıdır [15].

Eğitim için verilen bilgilerin içinden, doğru ve yanlış olanı ayırt edemezler. Oysa doğada, bir çok konu hakkında tam ve doğru kesin bilgi bulmak oldukça zordur. Bu konuda insan beyni bile zorlanmaktadır. Zira eğitilme aşamasında yapay sinir ağları tam ve doğru bilgiyi bekler [15].

Bir problemin çözümü için, bu probleme tahsis edilecek nöron sayısı ve nöronlar arası bağlantı sayısını ayarlayan bir mekanizması henüz yoktur. Bunların eksikliğinde veya fazlalığında, sorunların ortaya çıktığı, yapay sinir ağları ile yapılan uygulamalardan bilinmektedir [15].

Aritmetik işlemler ve koşullu öğrenme gerektiren durumlarda verimli olarak kullanılamamaktadır. Örneğin 4 adet 4 bilinmeyenli denklemi zor çözerler. Karmaşık bilgiler içeren problemlerde, yapay sinir ağlarının eğitilmesi için çok fazla zaman ve emek harcamak gerekebilir. Hata açıklama imkanları yeterli düzeyde değildir. Kontrol edilememektedir. İterasyon sırasında hata azalmıyor ise, ne yapılacağı belli değildir. Bu durumlarda yapay sinir ağlarının eğitimine devam edilmelidir ki, bu işlem sonsuza kadar uzayabilir [15].

5. MATERYAL VE METOD

Deneylerde kullanılan sac malzemelerin seçilmesi, sac malzemelerde kesme işlemini gerçekleştirecek deney kalıbının hazırlanması, hazırlanmış olan deney seti ile kesme numunelerini oluşturan baskıların alınması işlemleri, hazırlanmış olan kesme numunelerinin ve kesme yüzeylerinde oluşan katmanların ölçümlerinin yapılması kısımları tez çalışmasının bu bölümünü kapsamaktadır.

5.1. Kullanılan Sac Malzemelerin Özellikleri

Yapay sinir ağlarının eğitilebilmesi için mümkün olduğunca fazla sayıda eğitim elemanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle yapay sinir ağlarının eğitilmesi aşamasında kullanılmak üzere kesme numuneleri hazırlanırken, ağdaki hata miktarını en aza indirmek amacıyla değişik sertlik değerlerinde malzemeler seçilmiştir. Bu malzemeler Pirinç sac, Alüminyum sac, Dkp sac ve Paslanmaz sac olarak belirlenmiştir. Belirlenmiş olan sac malzemelerinin kimyasal bileşimi KOSGEB laboratuvarlarında “Spektrolab” marka M5 model analiz makinesi aracılığı ile elde edilmiştir. Kullanılan sac malzemelerin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Çizelge 5.1 - Çizelge 5.4’ de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Alüminyum sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri [9]

Fe	Cu	Si	Mn	Zn	Cr	Mg	Ni	Ti
0,300	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/mm ²			70 N/mm ²			---		49 HB

Çizelge 5.2. Pirinç sac malzemenin teknik özellikleri

Sn	P	Bi	Pb	Mn	S	Zn	Fe	Al	Cu
0,229	0,235	0,231	0,385	0,113	0,139	30,390	2,040	0,050	Kalan
Çekme Mukavemeti			Akma Mukavemeti			% uzama		Sertlik	
250 N/mm ²			---			18,000		120,000	

Çizelge 5.3. Dkp sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri [9]

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mg	Al	Co	N
0,050	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/mm ²				226 N/mm ²			35,000		104 HB	

Çizelge 5.4. Paslanmaz sac malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri [9]

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/mm ²				636,5 N/mm ²			38,000		151 HB	

5.2. Kesme Boşluğu Değerlerinin Belirlenmesi

Literatürde yapılan çalışmalar ve araştırmaların sonuçlarından hareketle günümüzde, değişik formüller ve hesaplama teknikleriyle, deneysel veya teorik araştırmalara dayalı hazır diyagramlarla, kesme kalıplarında kullanılan kesme boşluğu değerleri elde edilebilmektedir. Tüm bu farklı yöntemlerin sonucunda kesme kalıplarında kullanılacak olan kesme boşluğu değerleri birbirlerine yakın oranlarda hesaplanabilmektedir. Çalışmalar sonucunda, genel olarak kesme boşluğu değerinin, sac kalınlığının % 5'i ile % 10'u arasında kaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle bu tez çalışmasında kullanılacak olan kesme boşluğu değerleri, belirtilen oranların tamamını kapsayacak şekilde sac kalınlığının % 3'ü, % 5'i, % 7'si ve % 10'u olarak alınmıştır. Bu oranlar dikkate alınarak 2 mm, 3 mm ve 4 mm sac kalınlıkları için hesaplanan kesme boşluğu sayısı toplam 12'dir. Ancak 2 mm sac kalınlığının %10'u ve 4 mm sac kalınlığının % 5'i 0,2 mm değerini verdiği için kesme boşluğu sayısı 11 olarak alınmıştır. Kesme boşluğu değerlerinin belirlenmesinde kullanılan hesaplamalar ve sonuçlar Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kesme boşluğu hesaplama çizelgesi [9]

Sıra No	Kesme Boşluğu Oranı (%)	Çarpım	Sac Kalınlığı (mm)	SONUÇ	SIRALANMIŞ KESME BOŞLUĞU DEĞERLERİ (mm)
1	3	x	2	6	0,06
2	5	x	2	10	0,09
3	7	x	2	14	0,1
4	10	x	2	20	0,12
5	3	x	3	9	0,14
6	5	x	3	15	0,15
7	7	x	3	21	0,2
8	10	x	3	30	0,21
9	3	x	4	12	0,28
10	5	x	4	20	0,3
11	7	x	4	28	0,4
12	10	x	4	40	

Çizelge 5.5’ den de anlaşılacağı gibi 12 farklı kombinasyon sonucunda 11 farklı ölçüde kesme boşluğu değerleri elde edilmiştir. Kesme numunelerini elde etmek için burada belirlenen değerler kalıp setinde tek taraflı kesme boşluğu olarak uygulanmıştır.

5.3. Kesme İşlemlerinde Kullanılacak Kalıp Setinin Hazırlanması

Kesme numunelerinin hazırlanması için hesaplanan kesme boşluk değerleri dikkate alınarak, kalıp setinin tasarlanması aşamasına geçilmiştir. Kalıp seti hazırlanırken, baskı sırasında prestan ya da kesme sırasında meydana gelen titreşimlerden oluşabilecek olan sapmaları en aza indirebilmek için sütunlu kalıp seçilmiş ve bilyeli sütunlar kullanılmıştır. Kesme işleminin daha homojen gerçekleşmesi için baskı plakaları yaylı olarak tasarlanmıştır. Baskı işlemlerinde 11 adet farklı ölçüde zımba kullanılacağı için zımbaların kolay değiştirilebilmesi ve zımba değişimlerinde zamandan kazanç sağlanabilmesi için zımba montajında vida kullanılmadan pimle yerleştirme ve sabitleme yapılmıştır. 18 x 18 mm kesme numuneleri elde etmek için 18 x 25 mm kesme zımbaları hazırlanmıştır. Sadece karşılıklı iki kesme yüzeyde oluşan değişimler inceleneceği için yan yüzeylerde kalıpla kesme işlemi

yapılmamıştır. Kalıp setinde baskı yapılırken, kalıp hamilleri arasında oluşabilecek eksensel kaçıklıkları engellemek amacıyla kalıp seti üzerine iki adet merkezleme pimi yerleştirilmiş ve çapraz olarak konumlandırılmıştır.

5.3.1. Kalıp kesme kuvvetleri

Kalıp kesme kuvvetinin hesaplanmasında Eş. 5.1 kullanılmıştır. Şerit malzemeler üzerinde 18 mm genişliğinde karşılıklı iki yüzeyde kesme işlemi yapıldığı için kesme kuvveti hesabında bu iki kenar toplamı olan 36 mm (S) kullanılmıştır.

$$P=U.S.\partial B \quad (5.1)$$

Malzemelerin kesme dayanım (∂B) değerleri Çizelge 5.7'den alınmıştır.

Yukarıdaki formül yardımı ile hesaplanan kesme kuvvetleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Hesaplamalar sonucu elde edilen kesme kuvveti değerleri

	2 mm sac kalınlığı için	3 mm sac kalınlığı için	4 mm sac kalınlığı için
Alüminyum Sac	7200 N	10800 N	14400 N
Pirinç Sac	14500 N	21400 N	32100 N
Dkp Sac	21600 N	32400 N	43200 N
Paslanmaz Sac	36000 N	54000 N	72000 N

Çizelge 5.7. Bazı malzemelerin kesme dayanımları [9]

Malzemeler	Kesme gerilmesi N/mm ²	
	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

5.3.2. Kalıp kesme işi

Kalıp kesme işinin hesaplanması için Eş. 5.2 kullanılmıştır.

$$A = x \cdot P \cdot S \quad (5.2)$$

A = Kesme İşi

P = Kesme Kuvveti

x = Kesme işi hesabında kullanılan x faktörü

Hesaplama için gerekli olan “x” değeri Çizelge 5.8’den alınmıştır.

Her bir sac malzeme için hesaplanan kalıp kesme işi Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.8. Kesme işi için ‘x’ faktörü [12]

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

Çizelge 5.9. Hesaplamalar sonucu elde edilen kesme işi değerleri

	2 mm sac kalınlığı için	3 mm sac kalınlığı için	4 mm sac kalınlığı için
Alüminyum Sac Malzeme	864 joule	1944 joule	3456 joule
Pirinç Sac Malzeme	1380 joule	3562 joule	6423 joule
Dkp Sac Malzeme	2376 joule	5346 joule	9504 joule
Paslanmaz Sac Malzeme	3312 joule	7452 joule	13248 joule

5.3.3. Baskı plakası kuvvetinin hesaplanması

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

$$P_s = P \cdot \%20 \quad P_s = 72000 \cdot \%20 = 14400 \text{ N} \quad (5.3)$$

Yapılan hesaplama sonucunda çıkan değere göre kalıpta kırmızı renkte belirtilen sertlikte, 30 mm çapında ve 40 mm uzunluğunda hazır yay kullanılmıştır. Kalıp baskı plakasının köşelerine birer tane olmak üzere toplam dört adet belirlenmiş olan yaydan yerleştirilmiştir.

5.3.4. Pres kuvvetinin hesaplanması

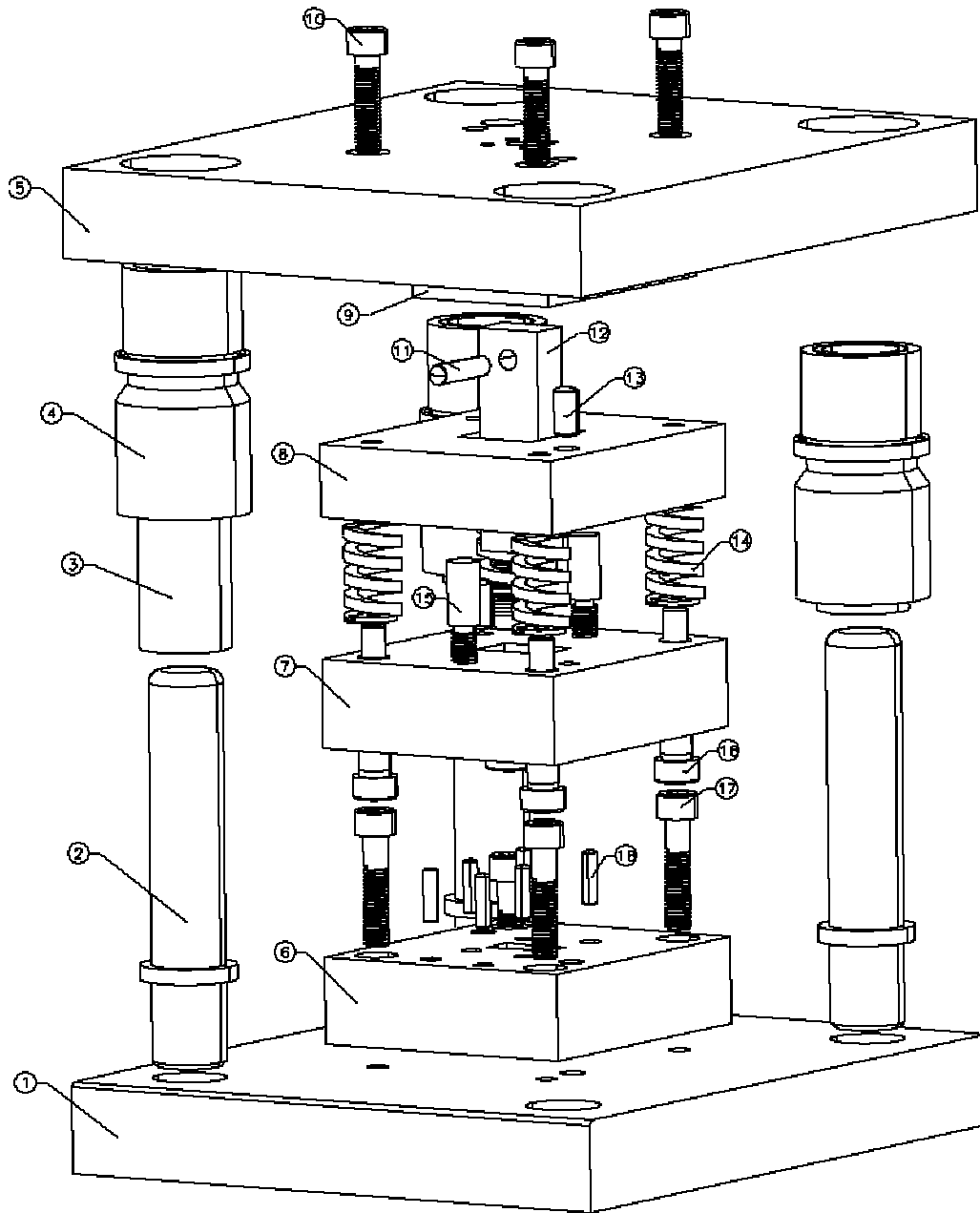
Pres kuvveti, hesaplanan kesme kuvvetinin pres emniyet katsayısı ile çarpılmasıyla bulunmaktadır. Pres emniyet katsayısı 1,5 – 4 olarak alınır.

Kesme kuvvetleri arasında en büyük olan değer paslanmaz sac'a ait olduğu için pres kuvveti hesaplamalarında 4 mm paslanmaz sac için gerekli olan 72000 N değeri kullanılmıştır.

$$\text{Pres kuvveti; } 72000 \cdot 1,5 = 108000 \text{ N} \qquad 72000 \cdot 4,0 = 288000 \text{ N} \qquad (5.4)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda kalıp seti ile istenilen baskıların alınabilmesi için 30 tonluk hidromekanik prese ihtiyaç duyulmuştur.

Kalıp seti tasarımı ve kalıp çeliklerinin seçimi belirtilen hususlarda göz önüne alınarak üç boyutlu tasarım programlarında çizimleri tamamlanmıştır. Tasarım süreci tamamlanan kalıp mekanik üretim tezgahları kullanılarak son haline getirilmiştir. Tasarlanmış olan kalıp setinin görünüşü Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Deneylerde kullanılacak kesme kalıbının üç boyutlu görüntüsü [9]

Çizelge 5.10. Kesme kalıbı parça listesi

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

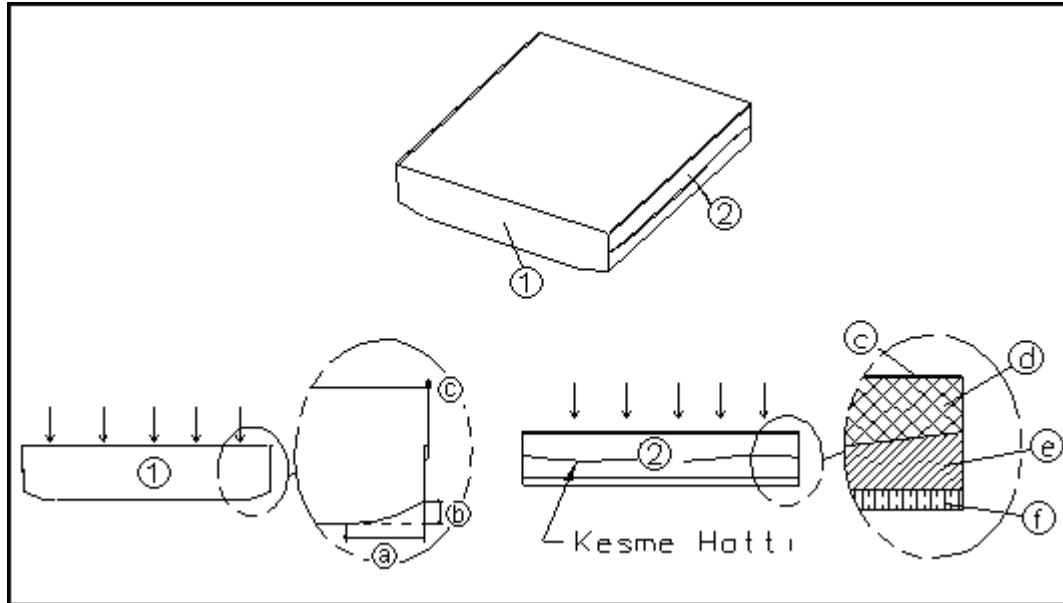
5.4. Kesme Numunelerinin Hazırlanması ve Ölçülmesi

Kesme numunelerinin hazırlanabilmesi için kalıp seti ve kesme boşlukları verilmiş 11 adet kesme zımbası imalatı yapılmıştır. Bu işlemi takiben kalıp seti tonajına uygun olarak seçilen pres tezgahına bağlanmıştır. Uygun ölçülerde dilimlere ayrılmış olan şerit halindeki sac malzemeler, her bir kesme boşluğu zımbası ile mekanik pres tezgahında kesilerek kesme numuneleri elde edilmiştir. Kullanılan pres tezgahına ait örnek görüntü Resim 5.1’de verilmiştir.



Resim 5.1. Kesme işlemlerinde kullanılan pres tezgahının örnek görüntüsü

Kalıp seti prese bağlandıktan sonra kesme boşlukları en büyük olan zımbadan kesme boşluğu en küçük olan zımbaya kadar baskılar alınmaya başlanmıştır. Kesme numuneleri için dört farklı malzeme, üç farklı kalınlık ve on bir adet kesme boşluğu olmak üzere toplam 132 farklı kombinasyon kullanılmıştır. Her bir kombinasyon için üç’ er adet numune olmak üzere toplamda 396 adet kesme numunesi elde edilmiştir. Elde edilen kesme numuneleri ile ilgili şematik gösterim Şekil 5.2’ de verilmiştir.



1	Taşlanmış Yüzey	a	Yuvarlanma X
		b	Yuvarlanma Y
		c	Çapak

2	Kesme Yüzeyi	c	Çapak
		d	Kopma Yüzeyi
		e	Kesme Yüzeyi
		f	Yuvarlanma

Şekil 5.2. Kesme numuneleri ile ilgili şematik gösterim

Elde edilen numunelerin ölçümlerinin kolay yapılabilmesi için numuneler üzerinde kesme işlemi görmeyen karşılıklı iki yüzey Resim 5.2’de gösterilen “PROFILINE” marka BD-45A model zımpara tezgahında taşlanarak temizlenmiştir. Taşlama işlemi sırasında oluşabilecek sallantılar yada eğilmeler, taşlanmış yüzeylerin kesme işlemi gören yüzeylere dik olmasını engelleyecek ve yapılan ölçümleri yanıltacaktır. Bu nedenle taşlama esnasında oluşacak bu etkileri en aza indirmek için Resim 5.3’de gösterildiği şekilde bir aparat hazırlanmış ve taşlama işlemi bu aparat yardımı ile yapılmıştır. Aparatlar yardımı ile karşılıklı iki kenarları taşlanan parçaların, kesme yapılan yüzeylerinin profilleri yandan görüntülenmiştir.



Resim 5.2. Numunelerinin taşlanması için kullanılan tezgahın örnek görüntüsü



Resim 5.3. Numunelerinin taşlanması için kullanılan aparatın örnek görüntüsü

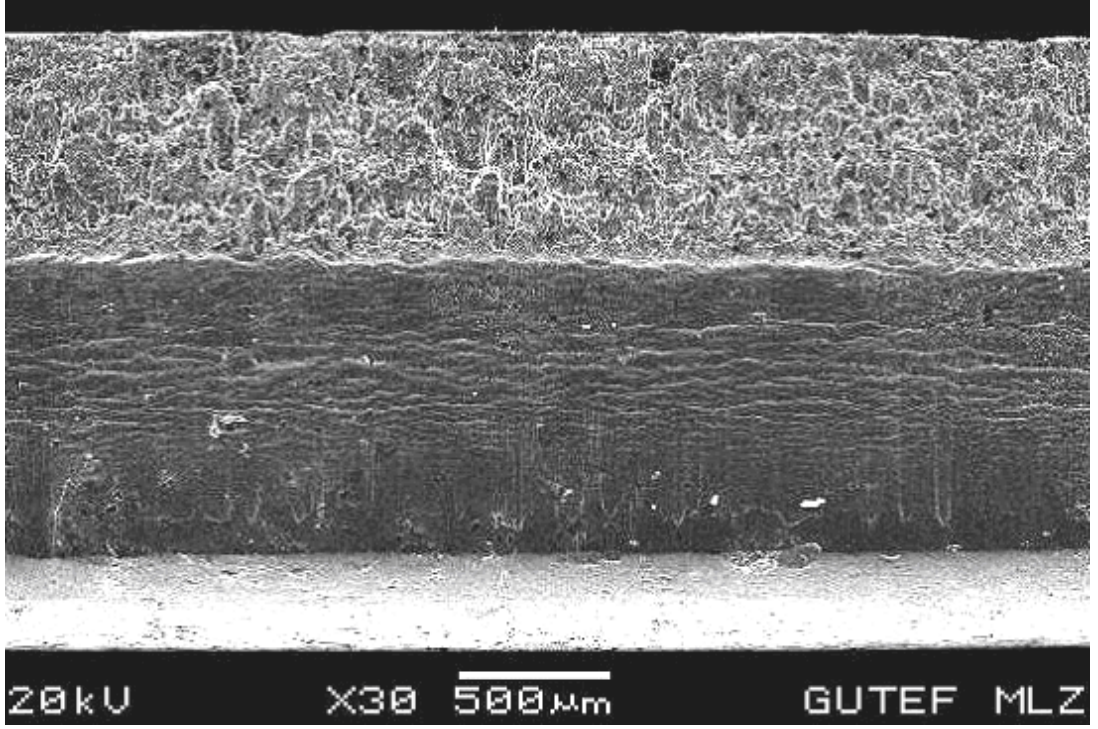
Kesme işlemi gören ve kesme işlemi görmeyen yüzeyleri taşlanmış olan numuneler, bir yüzeyine çıkmayan rapido kalem ile diğer yüzeyine ise küçük yapışkan etiketler yapıştırılarak numaralandırılmıştır. Numaralandırılmış olan kesme numunelerin, Resim 5.4’de gösterilen Profil Projector makinesindeki 10 kat büyütülmüş görüntüleri ile Şekil 5.2’de belirtilen ölçümleri yapılmıştır.



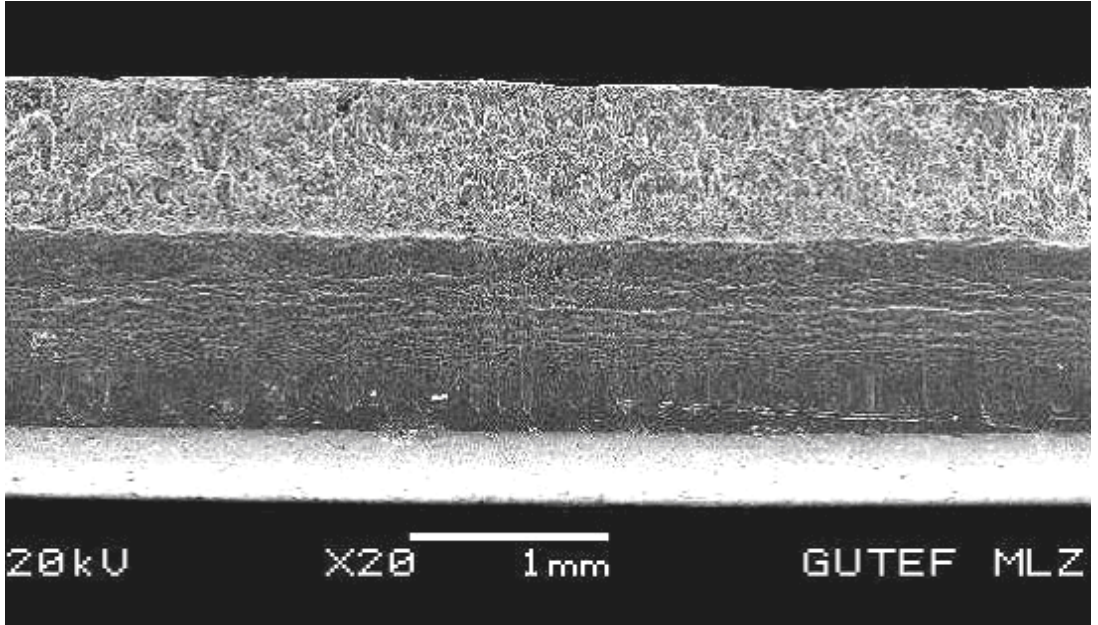
Resim 5.4. Ölçümlerin yapıldığı Nikon V-12A marka profil projector ölçüm cihazı

Sadece Pirinç malzemesi için on bir (11) değişik kesme boşluğu uygulanmıştır. 2, 3 ve 4 mm kalınlığındaki sac malzemelerinin her biri için üçer adet olmak üzere toplam 99 adet numune alınmıştır. Alınan her bir numune için çapak miktarı, yuvarlanmanın X ve Y doğrultusunda ölçüleri, kesme düzlüğünün oluşma miktarı (üç noktadan) ve kopma düzlüğünün oluşma miktarı (üç noktadan) ölçülmüştür. Tek yüzeyden toplam 9 ölçü alınmıştır. Bu ölçüler bir numune için iki yüzeyde de uygulanmıştır, buradan bir numunedeki toplam ölçüm sayısı on sekiz (18) olarak ortaya çıkmaktadır. Sadece pirinç numunelerde 1782 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir.

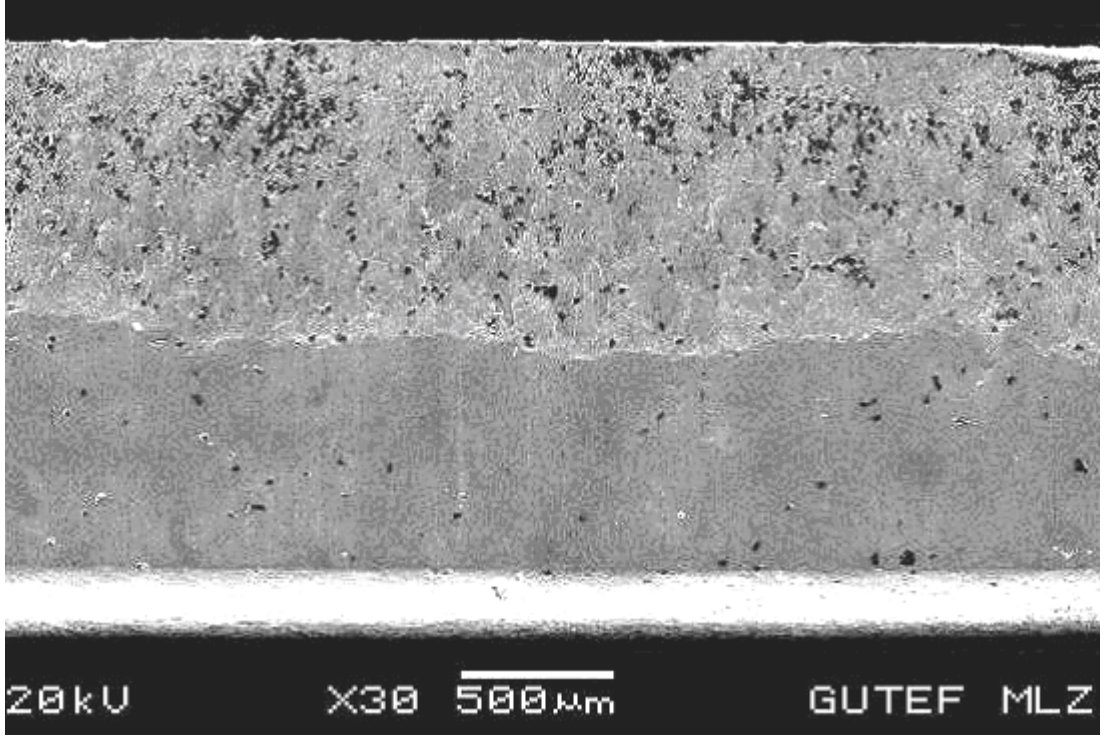
Ölçümleri yapılan tüm numunelerin, kesme yüzeylerinde oluşan fiziksel değişimlerin görüntüleri tezde verilmek istenmiştir, ancak yukarıda belirtildiği üzere kesme numunelerinin adetleri çok fazla olduğu için dört farklı sac malzemede sadece ikişer adet örnek numune seçilmiştir. Belirlenmiş olan bu örnek numunelerden 2 mm kalınlığında olan saclar hem yirmi kat hem otuz kat büyütülerek, 3 mm ve 4 mm kalınlığında olan numuneler ise sadece yirmi kat büyütülerek SEM (Scanning Electron Microscope) görüntüleri alınmıştır. Alınmış olan bu görüntüler Şekil 5.5 ile Şekil 5.16 arasındaki şekillerle verilmiştir.



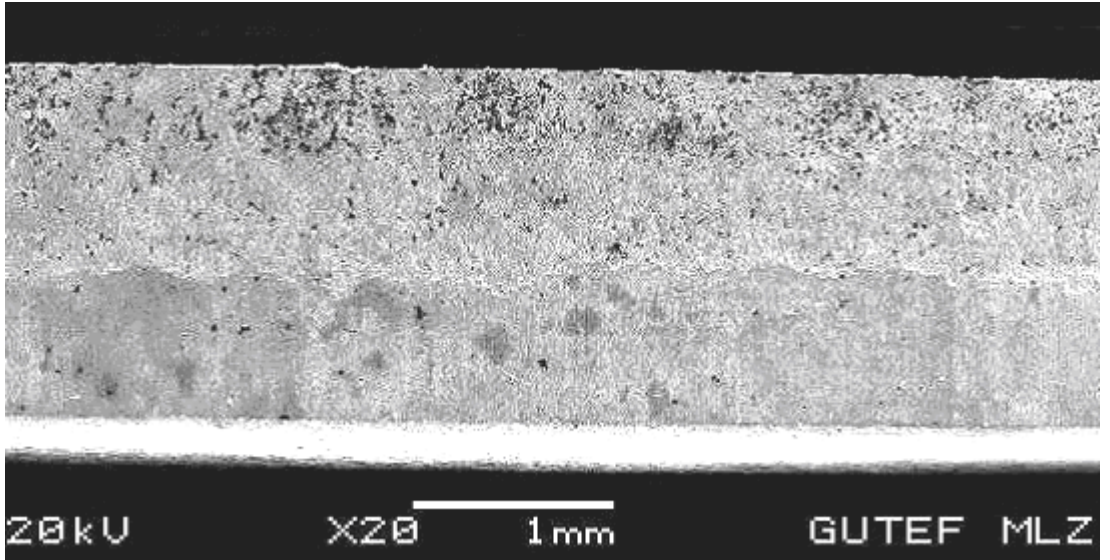
Resim 5.5. 2 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



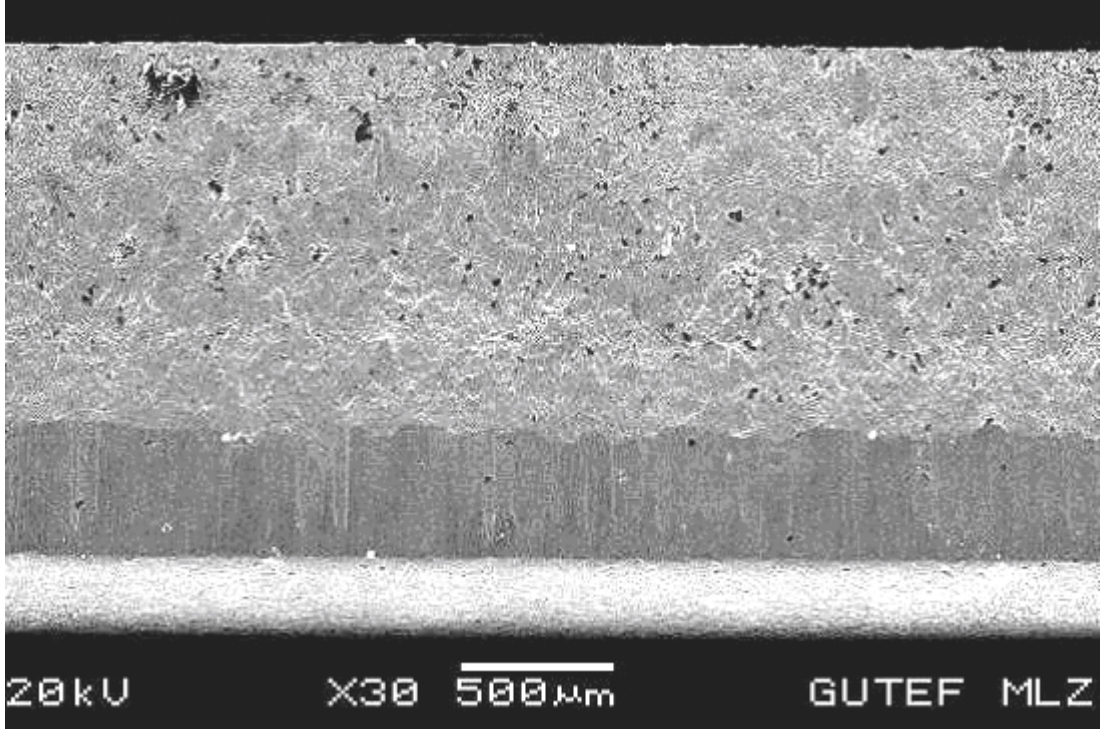
Resim 5.6. 2 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



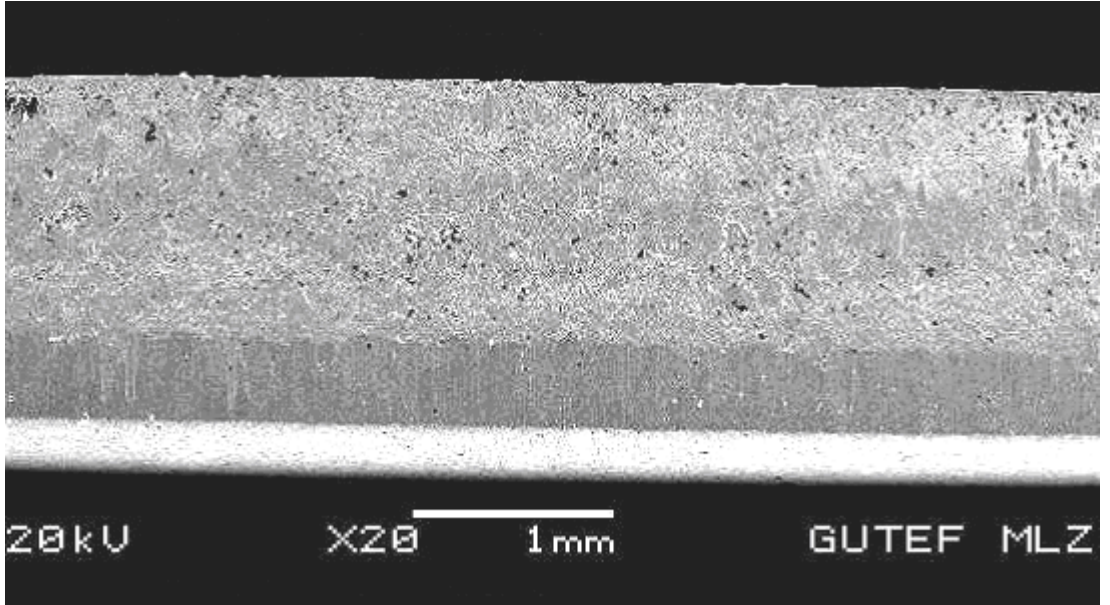
Resim 5.7. 2 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütölmüş SEM görüntüsü



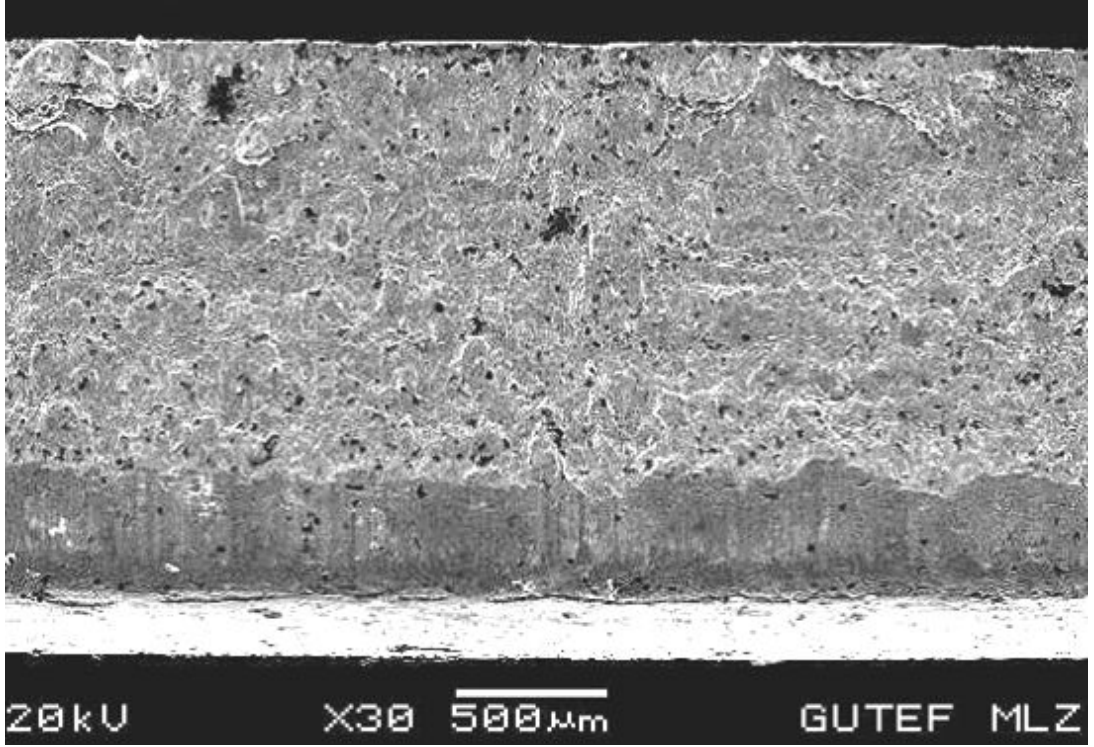
Resim 5.8. 2 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütölmüş SEM görüntüsü



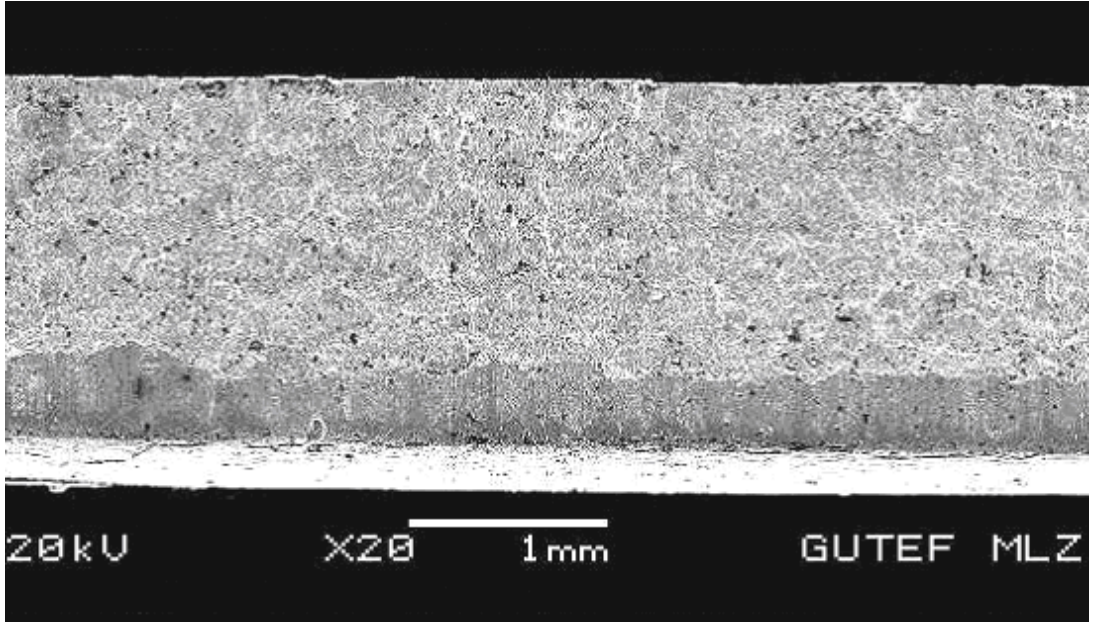
Resim 5.9. 2 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



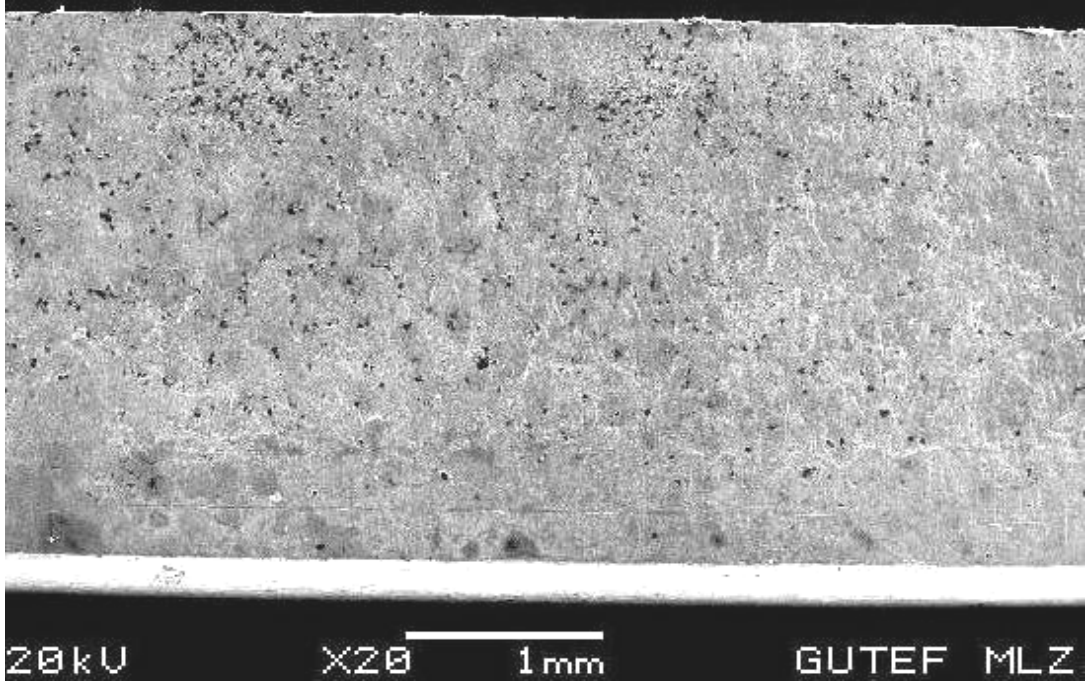
Resim 5.10. 2 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat büyütülmüş SEM görüntüsü



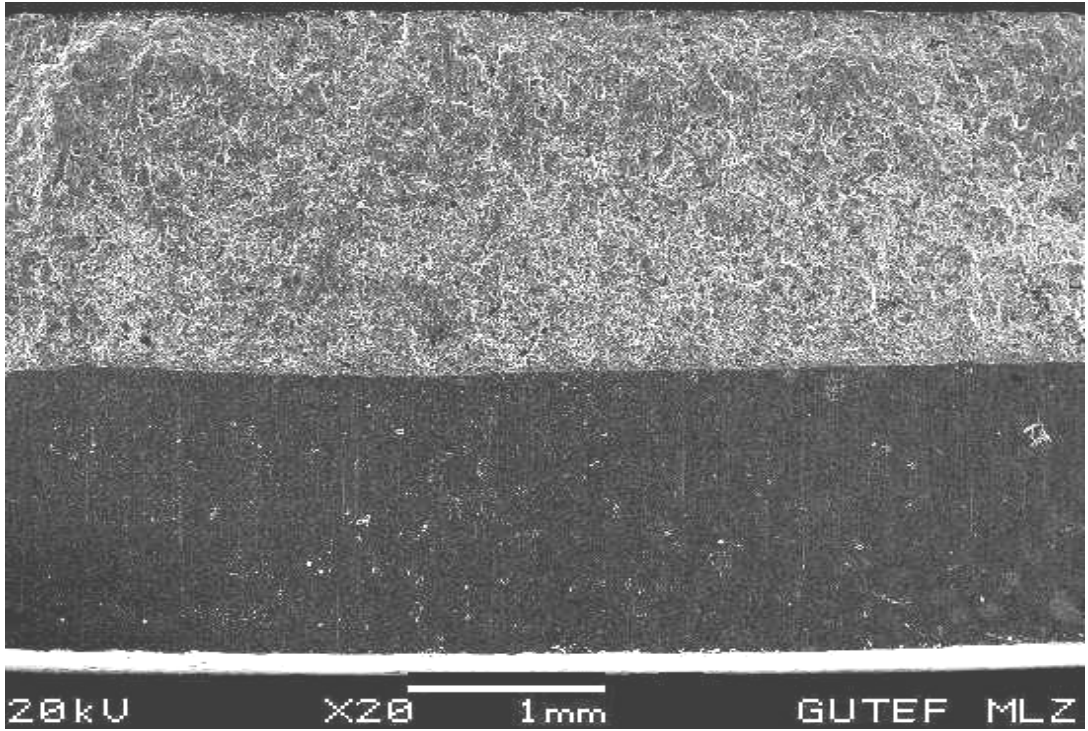
Resim 5.11. 2 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütölmüş SEM görüntüsü



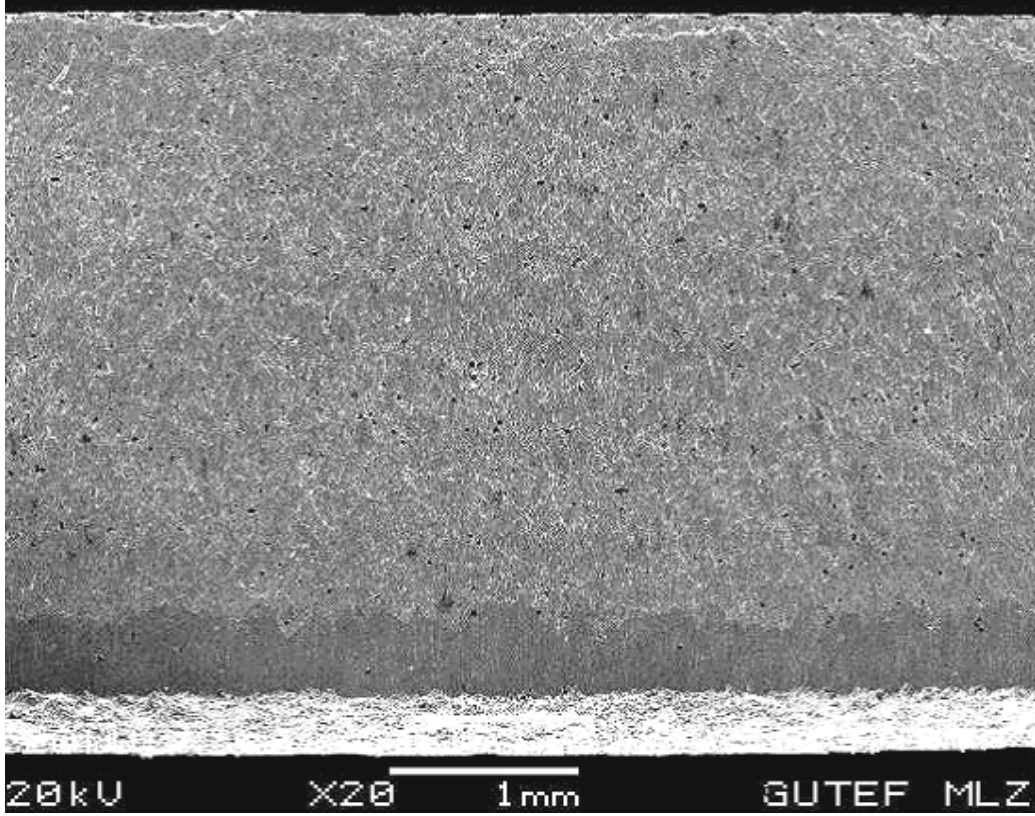
Resim 5.12. 2 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yüzeyinin 30 kat büyütölmüş SEM görüntüsü



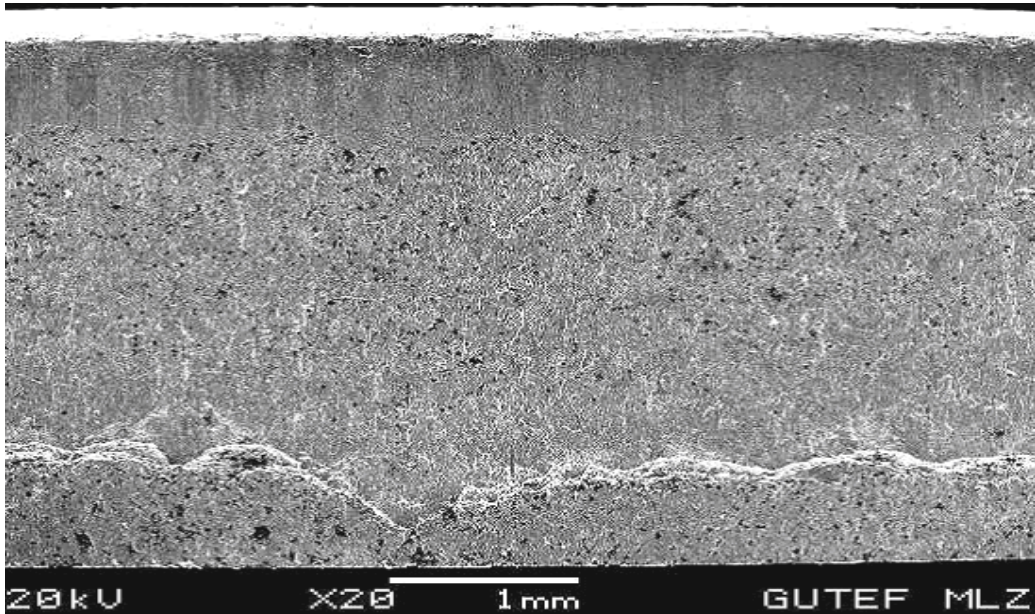
Resim 5.13. 3 mm et kalınlığındaki pirinç sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat bytlmş SEM grntş



Resim 5.14. 4 mm et kalınlığındaki alüminyum sac malzemenin kesme yüzeyinin 20 kat bytlmş SEM grntş



Resim 5.15. 4 mm et kalınlığındaki dkp sac malzemenin kesme yzeyinin 20 kat bzytvlmvs SEM gvrntvs



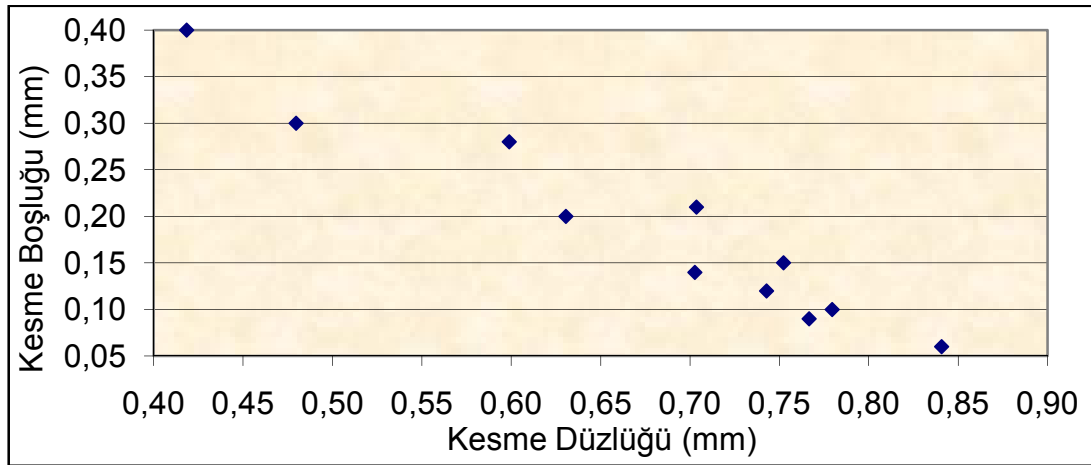
Resim 5.16. 4 mm et kalınlığındaki paslanmaz sac malzemenin kesme yzeyinin 20 kat bzytvlmvs SEM gvrntvs

6. DENEY SONUÇLARI

Çalışmalar sonucunda hazırlanmış olan kesme numunelerinin ölçümleri yapılmış ve bu ölçüm sonuçları Microsoft Excel programı kullanılarak grafiklere dönüştürülmüştür. Hazırlanmış olan grafikler ve ölçümlerle ilgili sonuçlar, malzeme özelliklerine göre aşağıda sırasıyla verilmiştir.

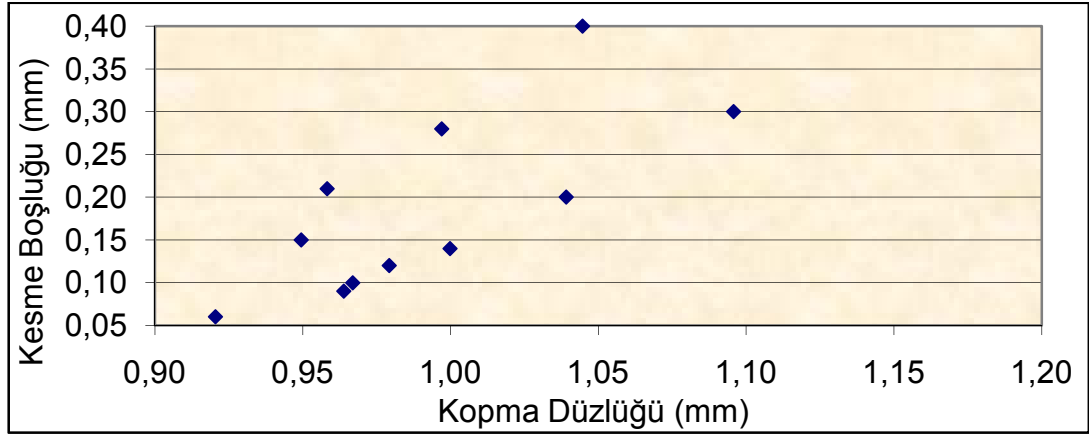
6.1. 2 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuçlarının Grafikleri ve Örnek Resimleri

Ölçüm sonuçlarının düzenlenmesinin ardından, kullanılan sac malzemeye ve sac kalınlığına göre ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Bu ölçüm değerlerinden kesme boşluğuna göre, kesme düzlüğünün, kopma düzlüğünün, yuvarlanmanın X ve Y değerinin ve oluşan çapak miktarının grafikleri oluşturulmuştur. Hazırlanmış olan grafikler malzeme özelliklerine göre aşağıda sırayla verilmiştir.



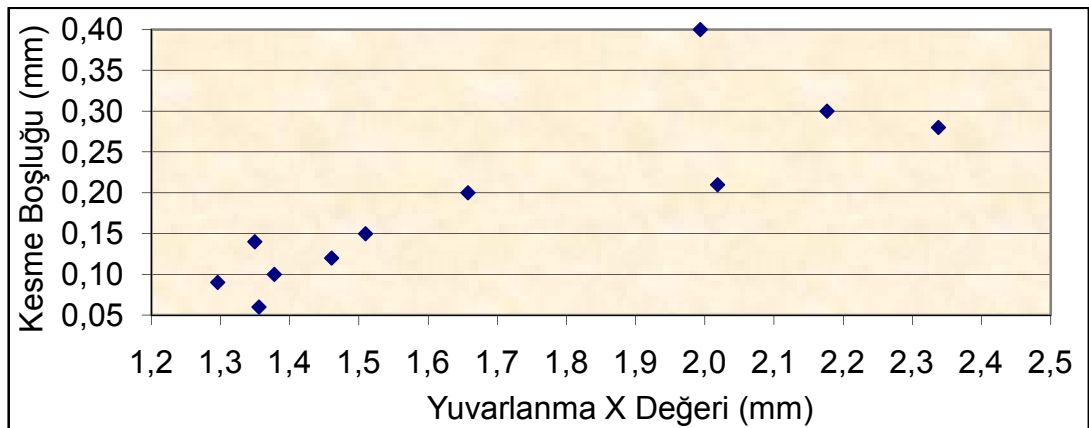
Şekil 6.1. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Yapılan araştırmalarda kesme boşluğu ve kesme düzlüğü değerlerinin birbiri ile ters orantılı olduğu belirtilmektedir. Yukarıdaki grafik incelendiğinde kesme boşluğu arttıkça, kesme yüzeyinin azaldığı gözlenmektedir. Grafikte aşırı sapmalar gözlenmemiştir ve literatüre uygun sonuçlar elde edilmiştir.



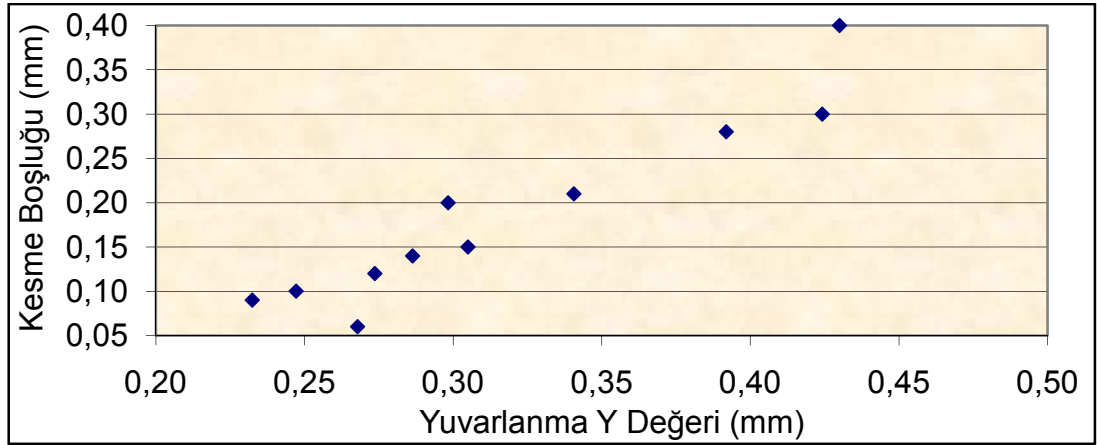
Şekil 6.2. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Yapılan araştırmalarda kesme boşluğu ve kesme düzlüğü değerlerinin birbiri ile doğru orantılı olduğu belirtilmektedir. Yukarıdaki grafik incelendiğinde kesme boşluğu arttıkça, kopma yüzeyinin arttığı gözlenmektedir. Grafikte ufak sapmalar gözlemlendiği için kesme numuneleri tekrar incelenmiştir. İnceleme sonucunda kesme düzlüğü ile kopma düzlüğü arasında oluşan hattın dalgalı olduğu ve bu nedenle grafikte de ufak sapmaların olduğu görülmüştür. Tekrar yapılan ölçümler sonucunda grafikteki ufak sapmaların gözlemlendiği ancak aşırı derecede sapmaya rastlanmadığı gözlenmiştir. Ölçüm sonuçlarının, literatür çalışmalarında verilen bilgilere uygun olarak yükselen bir grafik çizdiği gözlenmiştir.



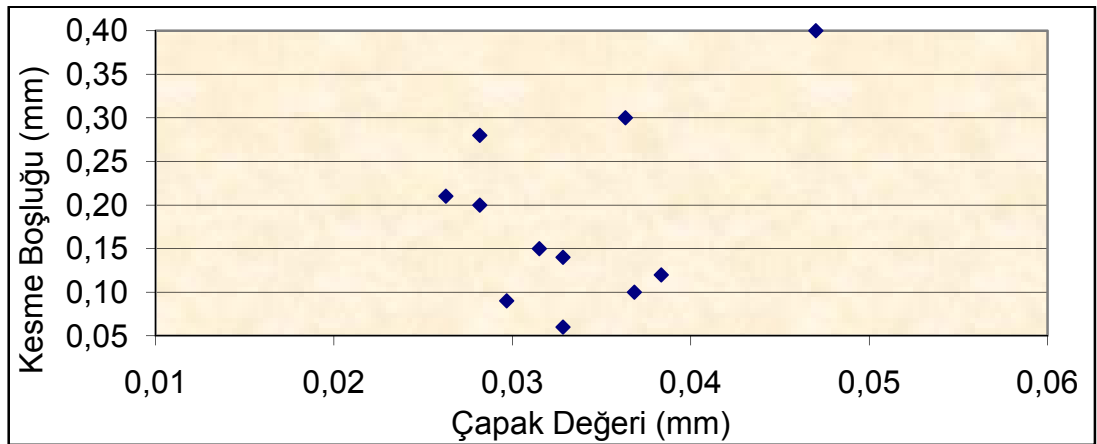
Şekil 6.3. 2 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı

Şekil 6.3’de verilen grafik incelendiğinde 0,3 mm, 0,28 mm ve 0,21 mm kesme boşluğu değerlerinde sapmalar gözlenmiştir. bu üç numune için ölçümler tekrarlanmış ve aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Parça yüzeyleri profil projektör cihazında incelendiğinde yuvarlanma hattının net olarak belirgin olmadığı ve yuvarlanmanın yavaş yavaş başladığı gözlenmiştir.



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

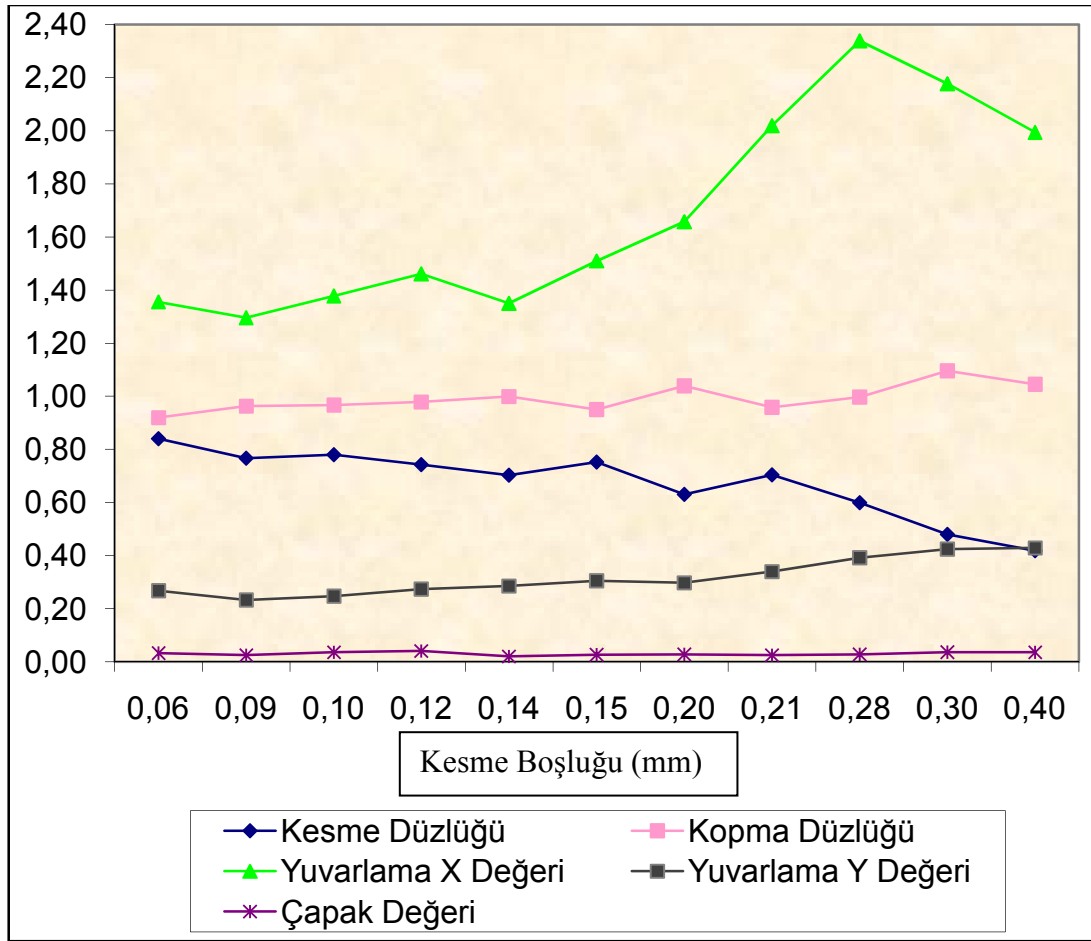
Şekil 6.3 ve şekil 6.4 incelendiğinde, kesme boşluğunun değeri arttıkça, yuvarlanma miktarının hem x yönünde hem de y yönünde arttığı görülmektedir. Grafik sonuçlarının literatürde belirtilen bilgilerle uyumlu olduğu gözlenmiştir.



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

Literatürde yapılan çalışmalardan kesme boşluğu değerini arttıkça oluşan çapak miktarının artacağı bilinmektedir. Ancak Şekil 6.5’de verilen grafik incelendiğinde kesme boşluğunun belirli bir değerine kadar çapak miktarı yaklaşık değerler alırken 0,40 mm kesme boşluğunda birden artış olduğu gözlenmiştir. Numuneler incelendiğinde kesme boşluğu büyük olan değerlerde oluşan çapağın, yüzeyden çıkıntı şeklinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle ölçülen çapak miktarları fazla gelmektedir ve bu artış grafiğe yansımaktadır.

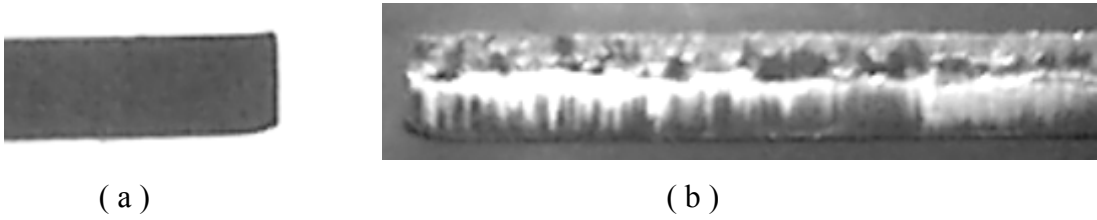
Kesme numuneleri üzerinde ölçümleri yapılan, kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanmanın X değeri, yuvarlanmanın Y değeri ve çapak miktarlarının seçilen kesme boşluklarına göre karşılaştırmalı grafiği Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. 2 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi

2 mm pirinç malzemesi sac numunelerinin incelemelerinin sonucunda, kesme işlemi sonucunda meydana gelecek parçalarda, kesme yüzeylerinde ölçüsel tamlik ve uzun kesme yüzeyleri isteniyorsa 0,06 mm ile 0,1 mm arasında kesme boşluğunun verilmesinin uygun olacağı görülmüştür. Ancak bu kesme boşluğu değerlerinde zımba sürtünmeleri ve kalıp çalışma kuvvetleri yüksek olmaktadır. Bu nedenle kalıp elemanları çabuk aşınmaktadır. Parça kesme düzlüğünün fazla olması ve parçadaki yuvarlanmaların büyük önem taşımadığı durumlarda kesme boşluğu değeri daha büyük seçilebilir. Bu durumda parça üzerindeki kesme düzlüğü azalacak ve parçanın yuvarlanma miktarları artacaktır. Diğer taraftan kalıp sürtünme miktarı azalacak ve kalıp çalışma kuvvetleri de düşecek kalıbın ömrünün uzaması sağlanacaktır.

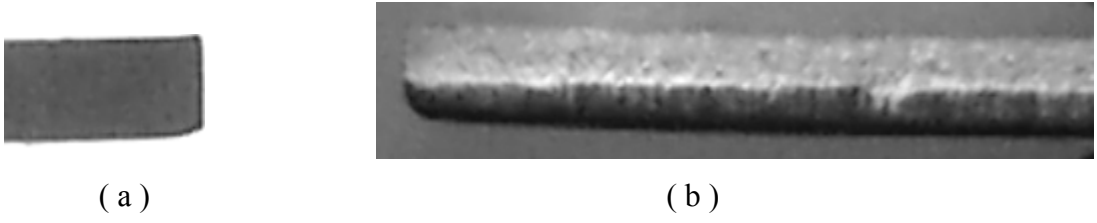
2 mm kalınlığında pirinç sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



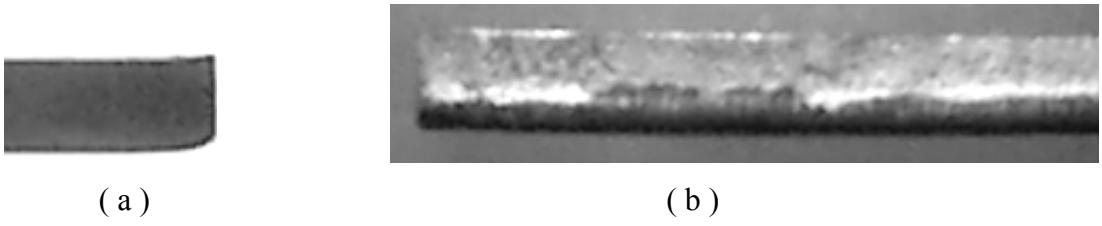
Resim 6.1. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.2. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



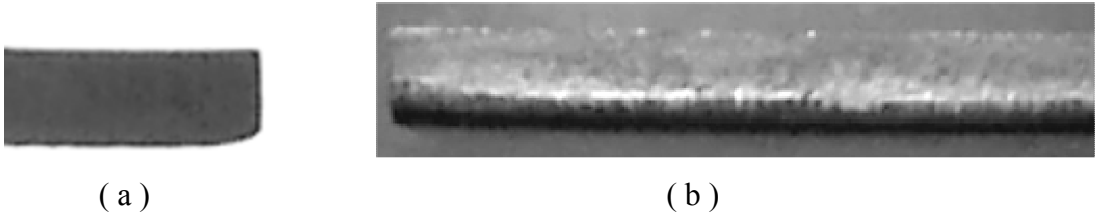
Resim 6.3. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,1 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.4. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.5. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.6. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)



(b)

Resim 6.7. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,2 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)

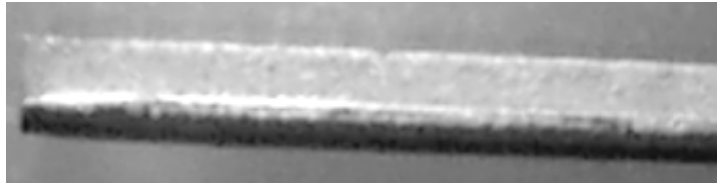


(b)

Resim 6.8. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)



(b)

Resim 6.9. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)



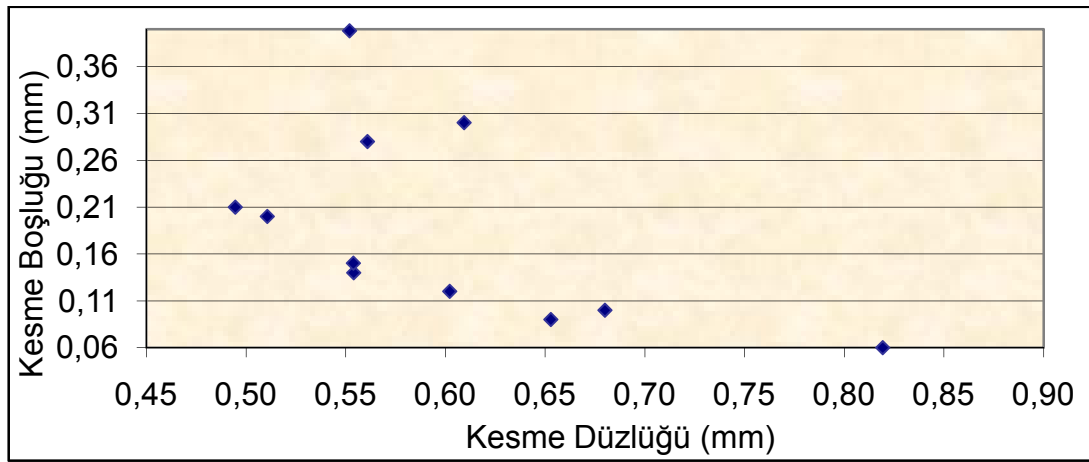
(b)

Resim 6.10. 2 mm pirinç sac malzemedan, 0,3 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



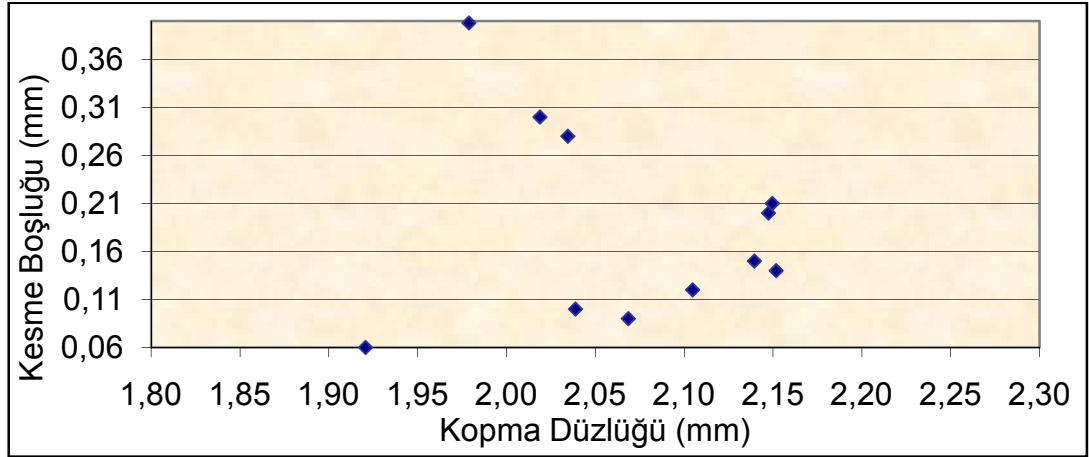
Resim 6.11. 2 mm pirinç sac malzemeden, 0,4 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri

6.2. 3 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuçlarının Grafikleri ve Örnek Resimleri

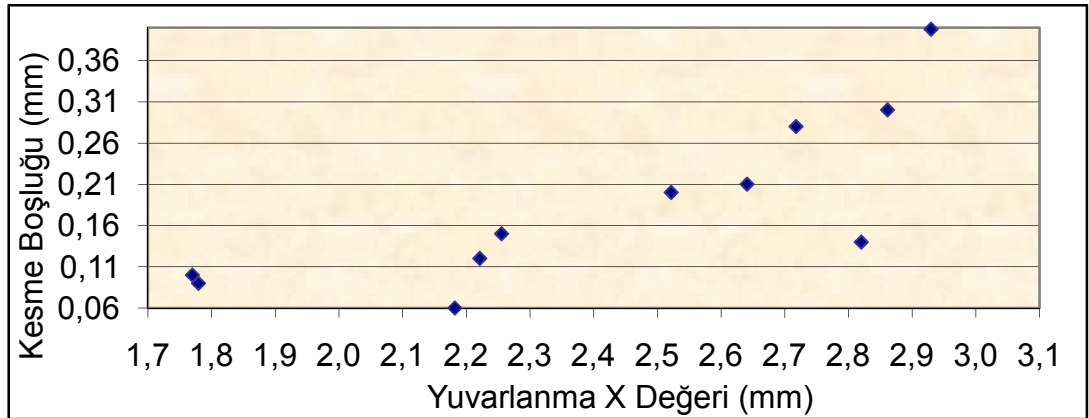


Şekil 6.7. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğünün dağılımı

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de verilen grafik incelendiğinde 0,21 mm kesme boşluğu değerinden sonra grafikte sapmalar olduğu görülmüştür. Bu numunelerin kesme yüzeyleri incelendiğinde kesme yüzeylerinin sıvama şeklinde oluştuğu görülmüştür. Bu nedenle kesme düzlüğü ve kopma düzlüğü hattı net olarak oluşmamıştır. Grafikteki sapmalar haricindeki ölçüm değerlerinin literatürde belirtildiği şekilde ters orantılı bir eğim izlediği gözlenmiştir.



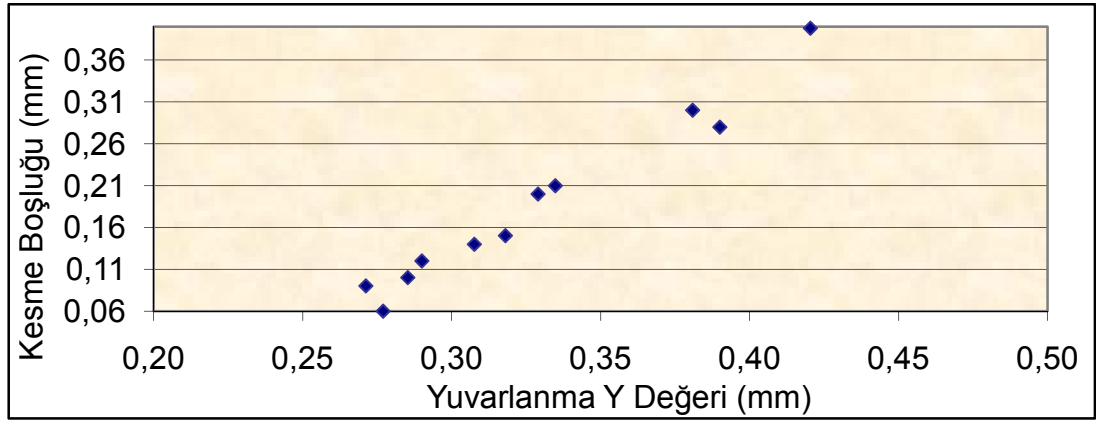
Şekil 6.8. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı



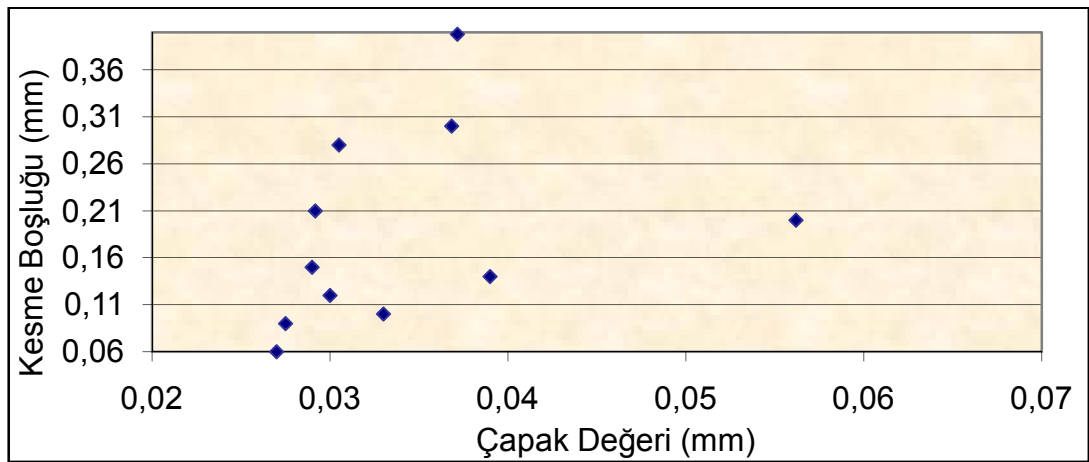
Şekil 6.9. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı

Literatürde yapılan çalışmalardan, yuvarlanma miktarının kesme boşluğu ve sac kalınlığına bağlı olarak artış göstereceği bilinmektedir. 3 mm sac malzeme yuvarlanma grafikleri ile 2 mm sac malzeme yuvarlanma numuneleri incelediğinde 3mm kalınlıkta aynı kesme boşluklarına göre yuvarlanma miktarlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Buradan hareketle sac kalınlığı arttıkça yuvarlanma miktarı artmaktadır sonucunu çıkartabiliriz. Şekil 6.9’ da verilen grafikte de görüldüğü gibi, literatüre uygun olarak, kesme boşluğu değeri arttıkça, yuvarlanma miktarı da artmaktadır. Bu sonuçlar ele alındığında, kesme işleminde parçada meydana gelen

yuvarlanmaya etki eden en önemli unsurların, sac malzeme kalınlığının ve kesme boşluğu değeri olduğu söylenilebilir.



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

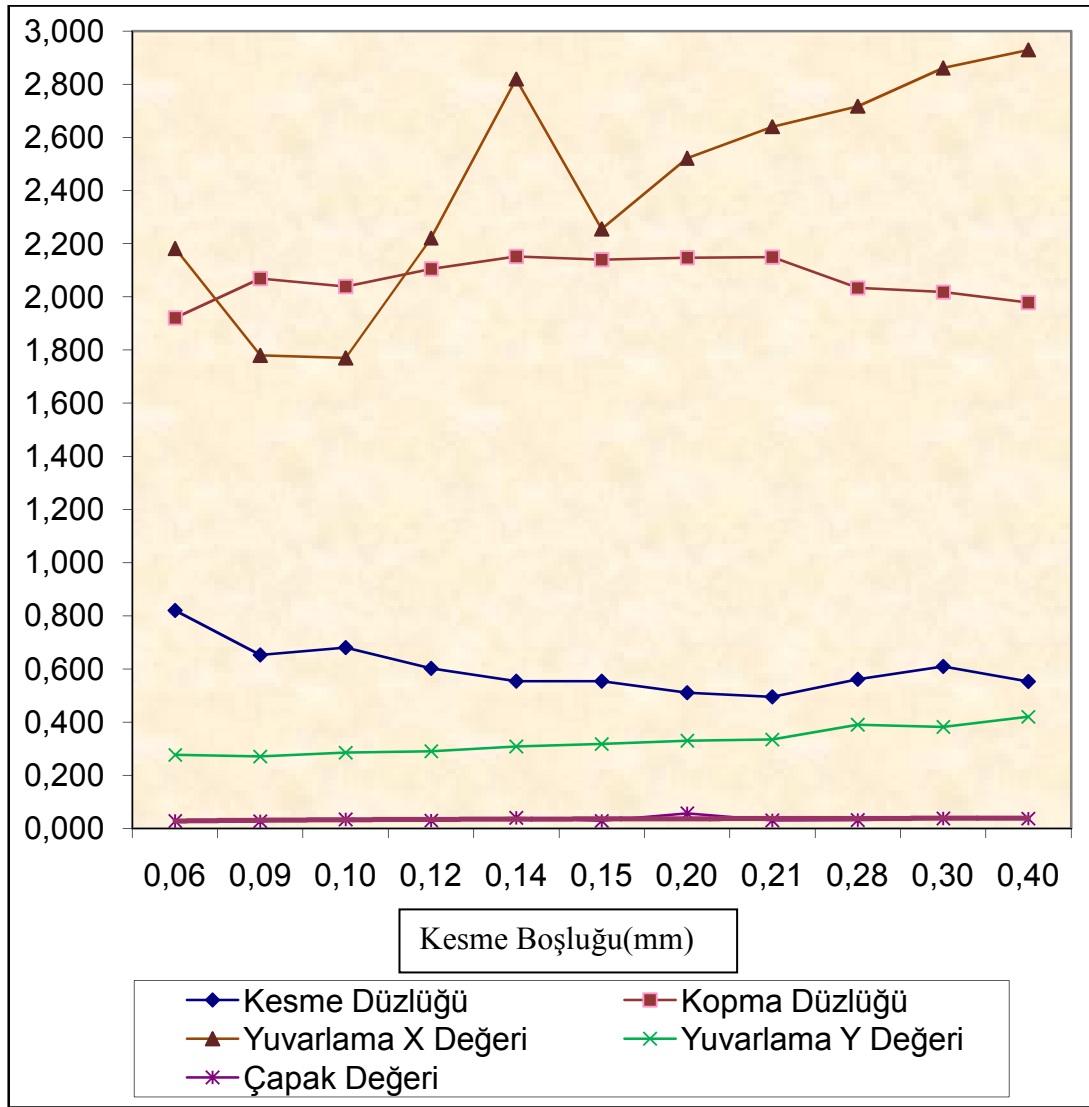


Şekil 6.11. 3 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre çapak miktarı dağılımı

Kesme boşluğu değeri arttıkça oluşacak çapak miktarının artacağı bilinmektedir. Ancak 3 mm kalınlığındaki numunelerden elde edilen, çapak ölçülerinin oluşturduğu grafik incelendiğinde, çapak miktarlarının bir birine yakın olduğu ve çok az farklarla arttığı gözlenmiştir. Ayrıca bazı ölçümlerde grafikte sapmalar olduğu gözlenmiştir. Kesme numuneleri tekrar ölçülmüş ve yakın değerler bulunmuştur. Numunelerin kesme yüzeyleri incelendiğinde, oluşan çapağın yüzeyde keskin hat şeklinde değil

tüm yüzeylerde nokta şeklinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle ölçüm değerleri birbirine yakın olarak ölçülmektedir.

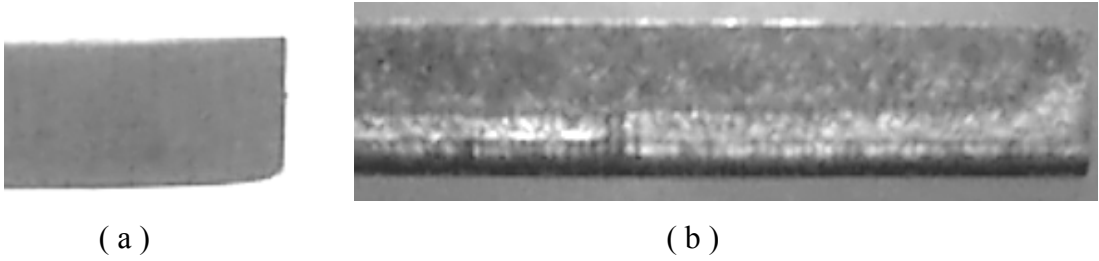
3 mm kalınlığındaki sac numunelerinin ölçümleri tamamlandıktan sonra ortalamaları alınmış ve yukarıda verilen grafikler oluşturulmuştur. Bu grafikler oluşturulduktan sonra kesme boşluğunun, kesme düzlüğüne, kopma düzlüğüne, yuvarlanmanın X, Y, değerine ve çapak değerine göre karşılaştırmalı grafiği oluşturulmuştur. Oluşturulan grafik Şekil 6.12’de verilmiştir.



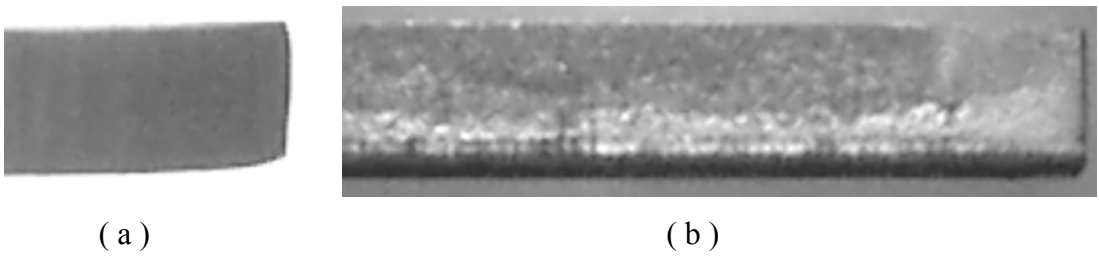
Şekil 6.12. 3 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi

3 mm pirinç sac numunelerinden elde edilen ölçüm ortalamaları ve resimler incelendiğinde kesme yüzeyinin fazla olmasının istendiği durumlarda 0,06 mm ve 0,09 mm kesme boşluğunun uygun olacağı anlaşılmaktadır. Ancak düşük olan bu kesme boşluğu değerleri seçildiğinde kesme işlemi sıvanma şeklinde gerçekleşerek kesme kuvvetinin artmasına, zımba aşınmasına ve kalıp ömrünün azalmasına sebep olacaktır. Parça düzlemselliğinin önemli bir ölçüt olmadığı durumlarda kesme boşluğu değeri 0,20-0,21 ve 0,28 mm seçilebilir. Böyle bir seçim yapılması durumunda kesme kuvveti azalacak, kalıbın daha seri çalışması ve zımbanın daha geç aşınmasını sağlayacaktır. Ancak parça üzerinde bir miktar yuvarlanma meydana gelecektir. İstenilen numuneler parça düzlemselliği, yuvarlanma miktarı ve kesme düzlüğü açısından değerlendirilirse 0,15 mm kesme boşluğunun 3 mm pirinç malzeme için ideal olacağı görülmektedir.

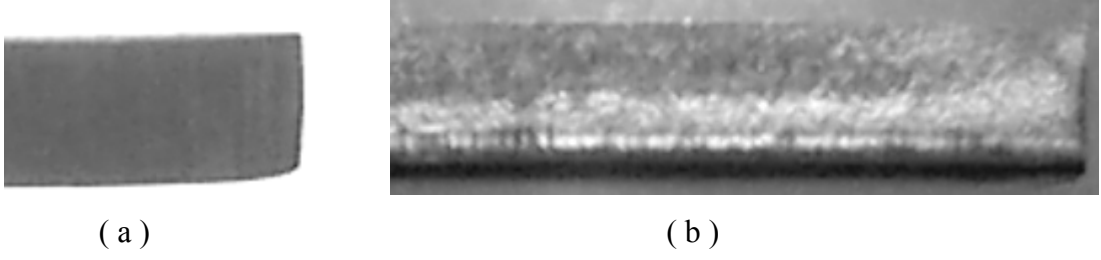
3 mm kalınlığında pirinç sac malzemesi numunelerinden her kesme boşluğu için birer örnek fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



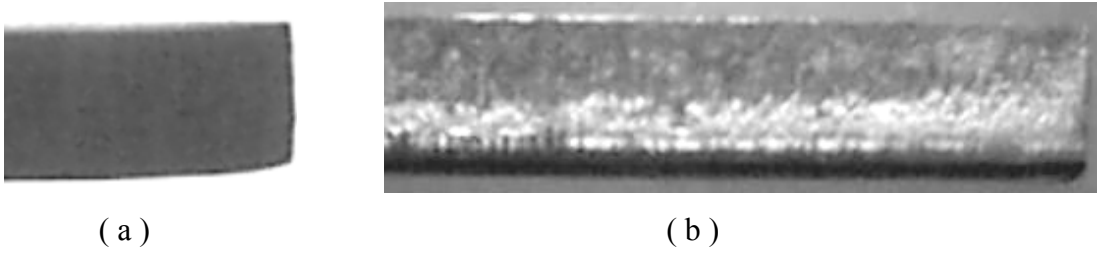
Resim 6.12. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



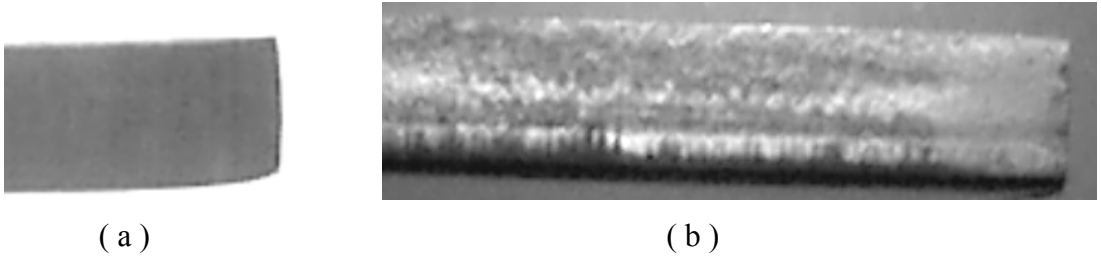
Resim 6.13. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



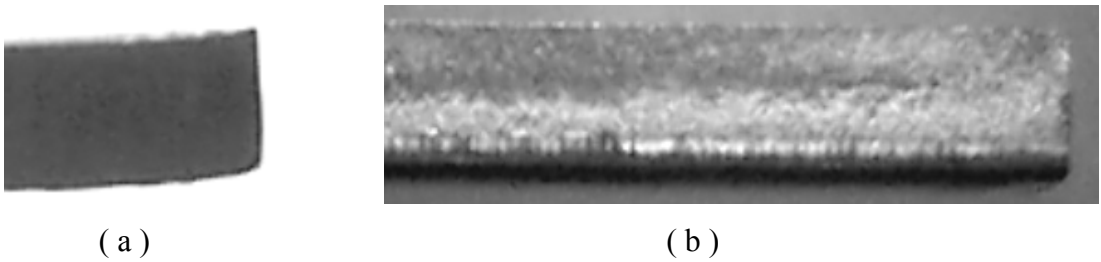
Resim 6.14. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,1 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



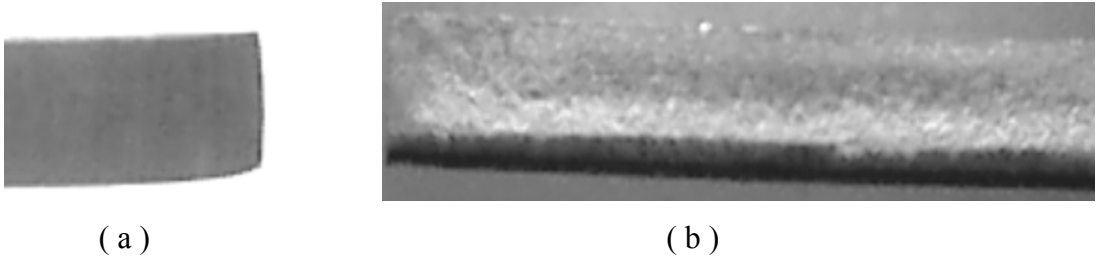
Resim 6.15. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



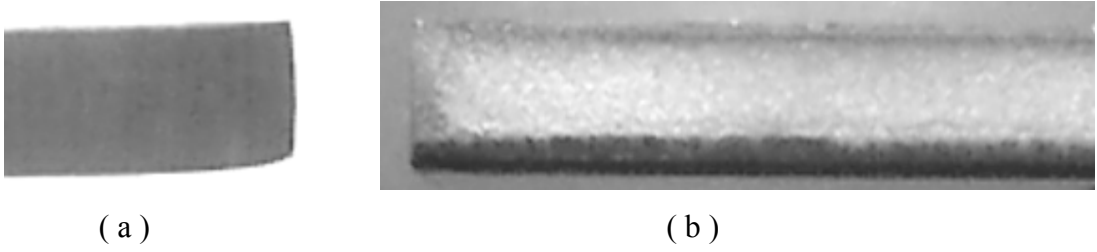
Resim 6.16. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



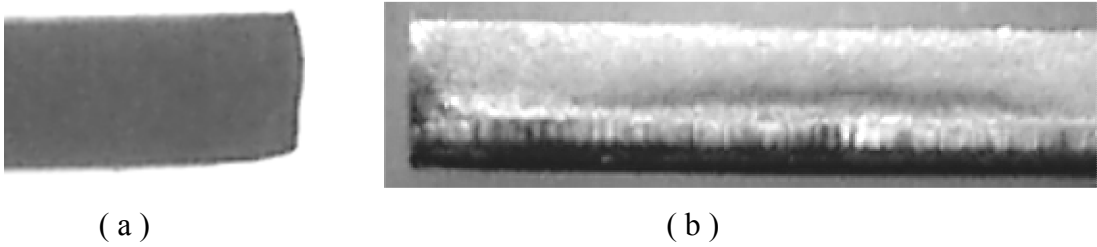
Resim 6.17. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



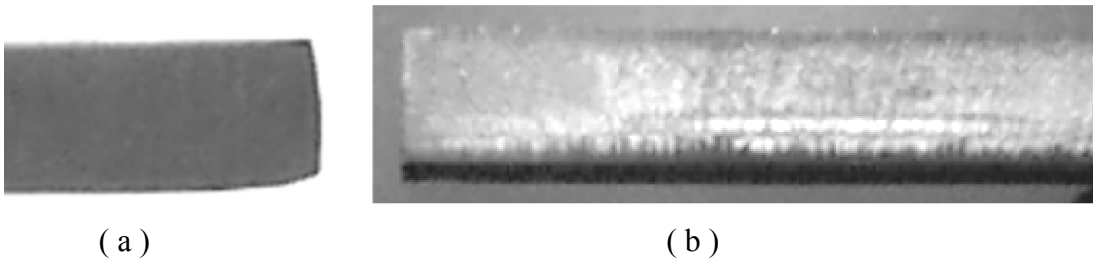
Resim 6.18. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,2 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



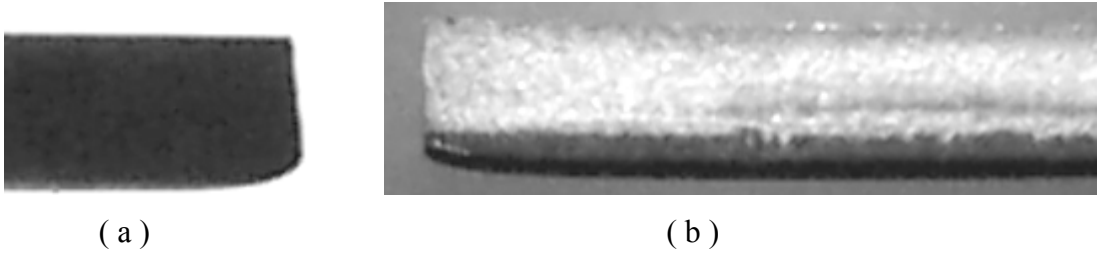
Resim 6.19. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.20. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



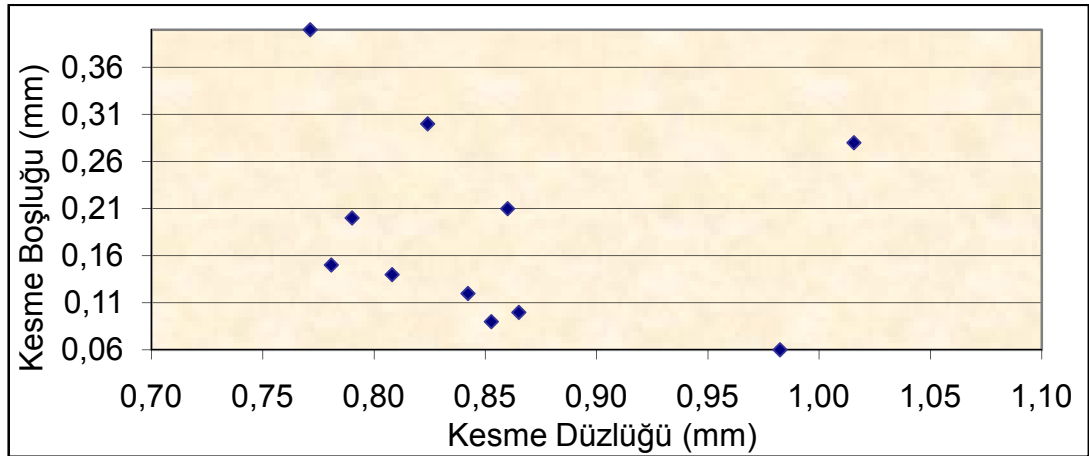
Resim 6.21. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,3 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.22. 3 mm pirinç sac malzemedan, 0,4 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri

6.3. 4 mm Pirinç Malzemesi Ölçüm Sonuçlarının Grafikleri ve Örnek Resimleri

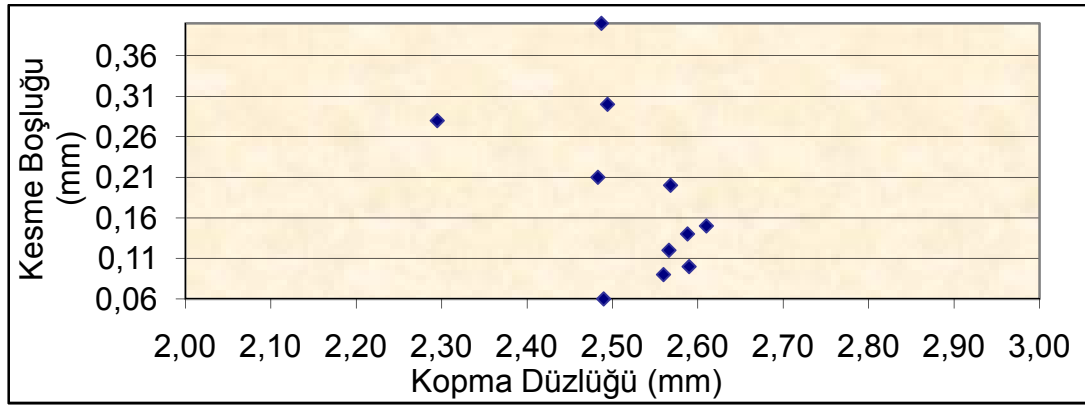
4 mm kalınlığındaki pirinç sac malzemesi için kesme numuneleri hazırlanmış ve ölçümler tamamlanmıştır. Yapılmış olan ölçümlerin ortalamaları alınmış ve bu ortalamaların kesme boşluğuna göre grafikleri hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan grafikler aşağıda verilmiştir.



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

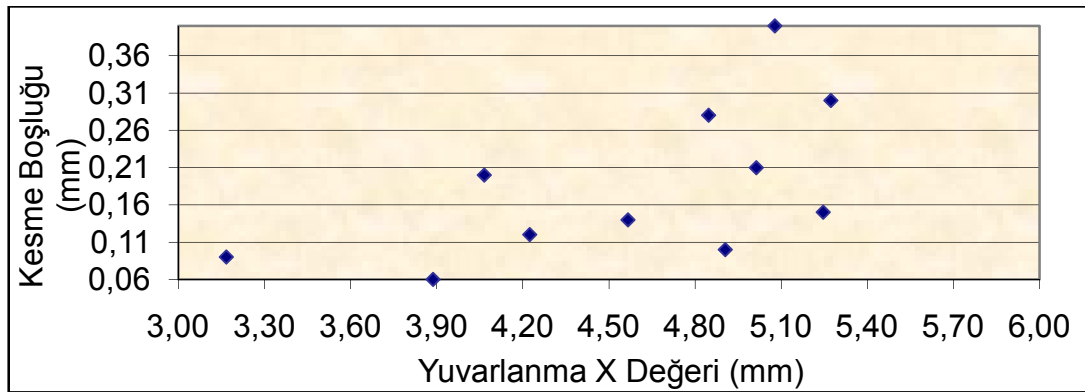
Sac malzeme kalınlığı arttıkça kesme düzlüğünün azalması beklenmektedir. Ancak Şekil 6.13'de verilen grafik incelendiğinde kesme düzlüğünün değişik kesme boşluklarına göre yaklaşık değerler aldığı görülmektedir. Grafikte oluşan sapmalar neticesinde ölçümler tekrarlanmış ve yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Grafiğin düzgün çıkmamasının nedeni ise sac kalınlığı fazla olması ve malzemenin de

yumuşak olması nedeniyle kesme işlemi sırasında zımba malzemeye bir miktar batmasıdır. Bu batma sonrasında kesme işlemi gerçekleşmekte ve daha sonra parça kopmaya zorlanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı kesme yüzeyi ölçüleri yakın değerler almaktadır. Grafikte görülen 0,28 mm ölçüsündeki sapma, kesme yüzeyinden kopma yüzeyine geçiş hattının net olmamasından ve kesme yüzeyinde sıvanmalar görülmesinde kaynaklanmaktadır.



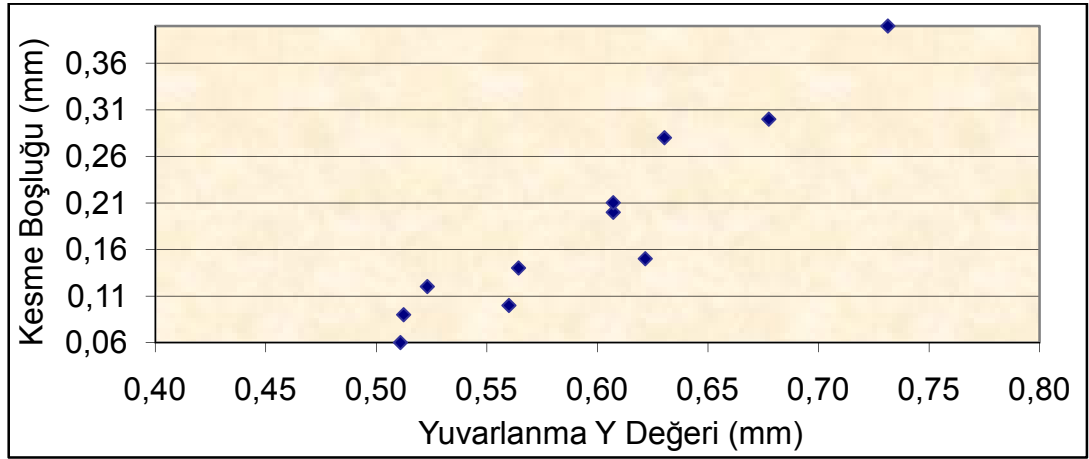
Şekil 6.14. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre kopma düzlüğünün dağılımı

Kesme düzlüğü grafiğine paralel olarak kopma düzlüğü grafiğinde de değerler birbirine yakın çıkmaktadır. Şekil 6.14’de 0,28 mm ölçüsünde görülen kaçıklık Şekil 6.14’de de görülmektedir.



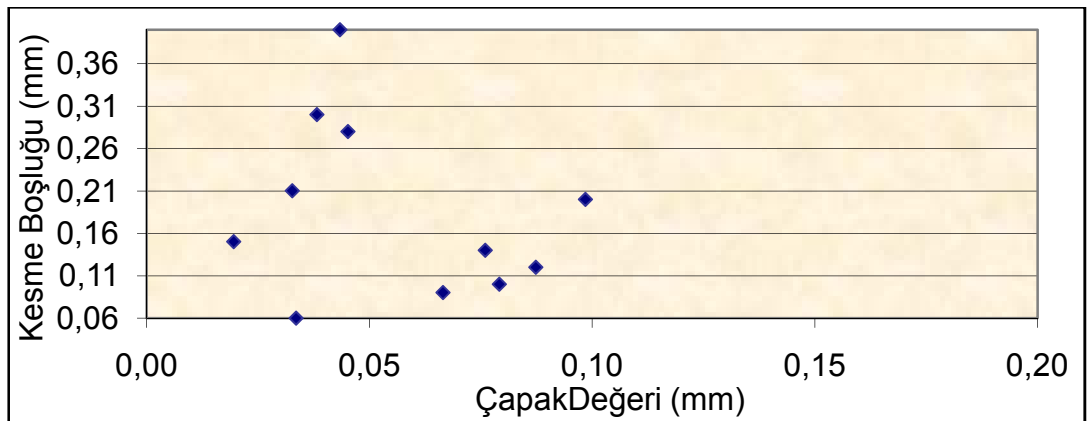
Şekil 6.15. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın X dağılımı

Şekil 6.15’de X yönünde meydana gelen yuvarlanma değerinin dağınık olduğu, kesme boşluğu artışına göre dik bir eğri çizerek arttığı görülmektedir. Grafikte gözlenen bu kararsızlık kesme düzlüğündeki kararsızlıktan kaynaklanmaktadır.



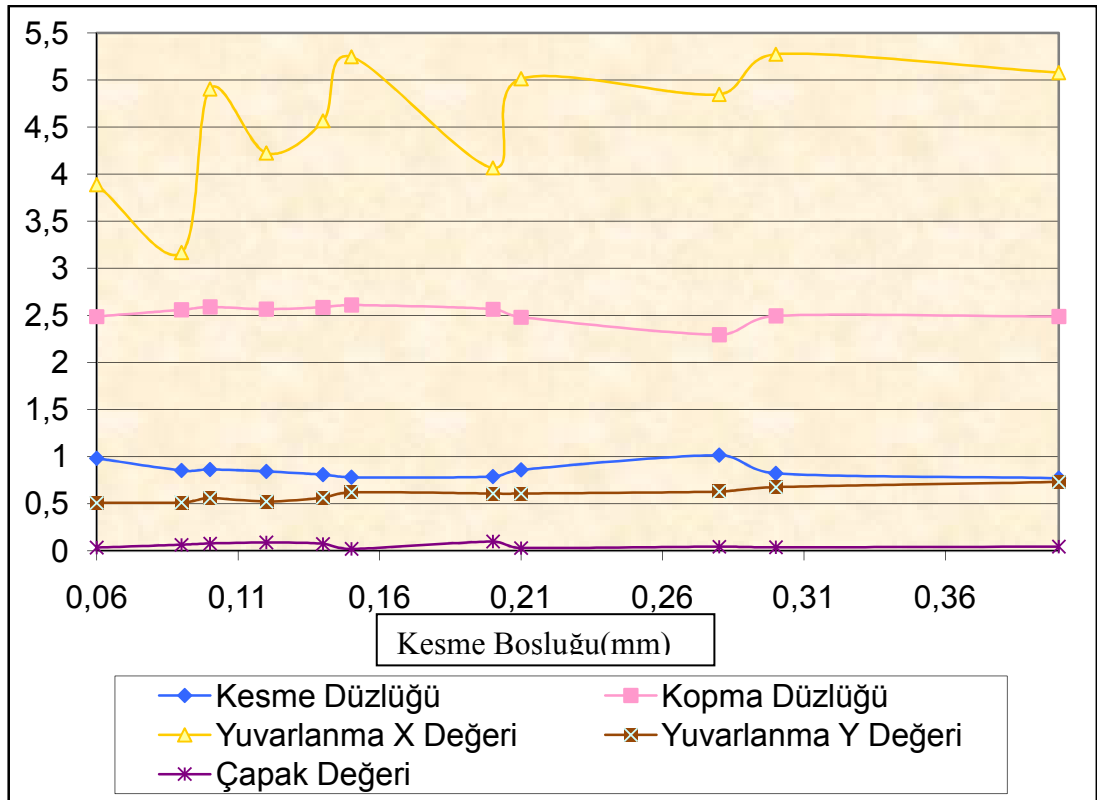
Şekil 6.16. 4 mm pirinç numuneler için kesme boşluğuna göre yuvarlanmanın Y dağılımı

Şekil 6.16’da verilen grafik incelendiğinde kesme boşluğu değeri arttıkça yuvarlanma miktarının arttığı görülmektedir. Burada literatüre uygun olarak bir artış görülmektedir. Ancak yuvarlanma ölçülerindeki bu düzensizlik ve değerlerdeki büyüklük, sac kalınlığının fazla olması neticesinde, kesme işleminin düzensiz gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır.



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

Kesme boşluğu değeri arttıkça oluşan çapak miktarının artması beklenmektedir. Ancak Şekil 6.17’de görüldüğü gibi ölçüm değerleri birbirlerine çok yakın değerler almıştır. Tekrarlanan ölçüm sonuçlarında da yaklaşık değerlere ulaşılmıştır. Kesme düzlemindeki düzensizlik ve kesme yüzeyinin sıvanma şeklinde olmasından dolayı, çapak miktarı ölçüm sonuçları da düzensiz sonuçlar vermektedir.



Şekil 6.18. 4 mm pirinç sac numuneler için kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma ve çapak dağılımının gösterilmesi

4 mm kalınlığındaki sac numunelerinin ölçümleri tamamlandıktan sonra ortalamaları alınmış ve yukarıda verilen grafikler oluşturulmuştur. Bu grafikler oluşturulduktan sonra kesme boşluğunun, kesme düzlüğüne, kopma düzlüğüne, yuvarlanmanın X, Y, değerine ve Çapak değerine göre karşılaştırmalı grafiği oluşturulmuş ve Şekil 6.18’de verilmiştir.

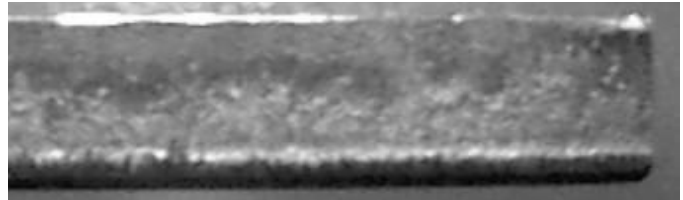
4 mm kalınlıktaki pirinç sac malzemesi için yapılan ölçümler, hazırlanmış olan grafikler ve kesme yüzeyleri incelendiğinde 0,15 mm ye kadar olan kesme boşluğu

değerlerinde, kesme düzlüğünün ve buna bağlı olarak yuvarlanma miktarlarının az kesme boşluğu nedeniyle kararsızlık gösterdiği gözlenmiştir. parça düzlemselliğinin önemli olduğu durumlarda minimum kesme boşluğu uygulanabilir. Ancak bu durumlarda zımba aşınmaları ve kesme kuvvetindeki artışlar göz önünde tutulmalıdır. Kesme düzlüğü, yuvarlanma ve çapak oluşumu konularında genel değerlendirme yapıldığı zaman 4 mm pirinç malzemesi için 0,20 mm ve 0,21 mm civarında kesme boşluğu seçilmesinin uygun olacağı anlaşılmaktadır. Parça düzlemselliğin çok hassas olmadığı ve kesme düzlüğünün çok olmasının istenmediği durumlarda kalıp ömrünü uzatmak ve kesme kuvvetini azaltmak için daha büyük kesme boşluğu değerleri seçilebilir. Büyük kesme boşluğu değerleri seçilmesi durumunda parka kesme kenarlarında oluşacak yuvarlanma miktarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

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



(a)

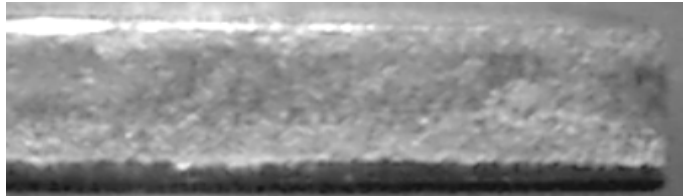


(b)

Resim 6.23. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,06 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri

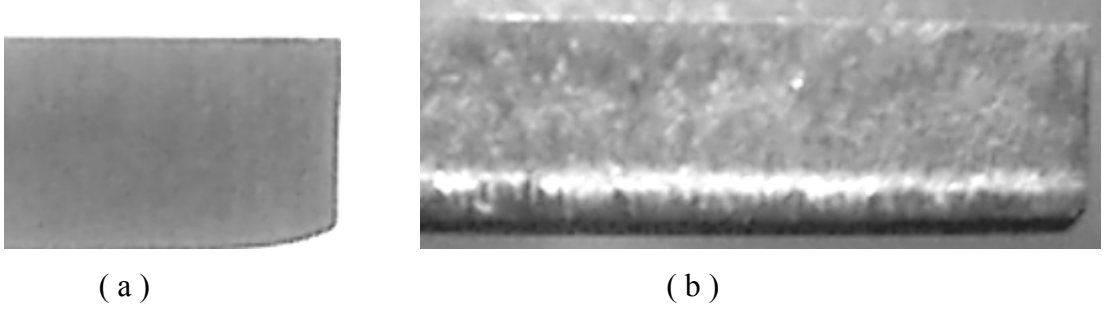


(a)

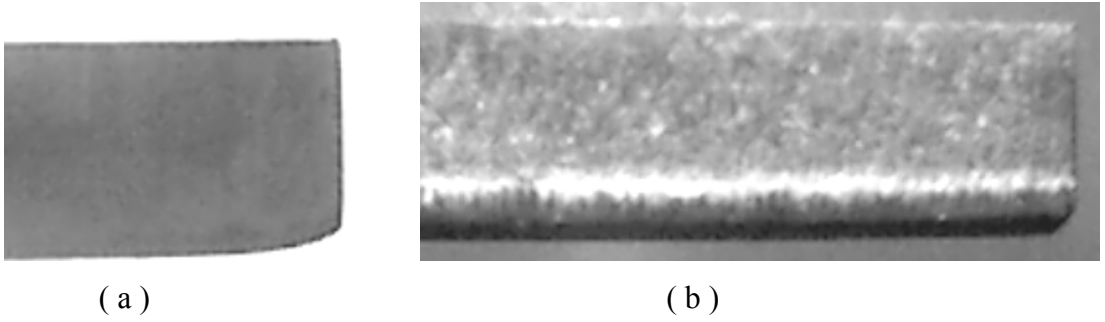


(b)

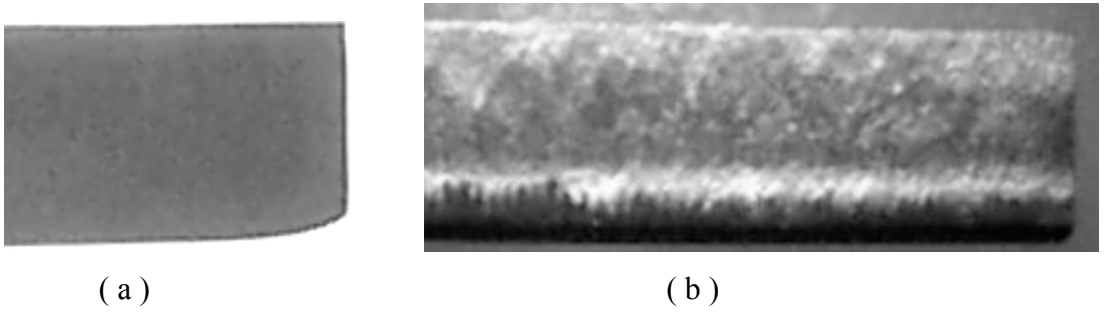
Resim 6.24. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,09 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



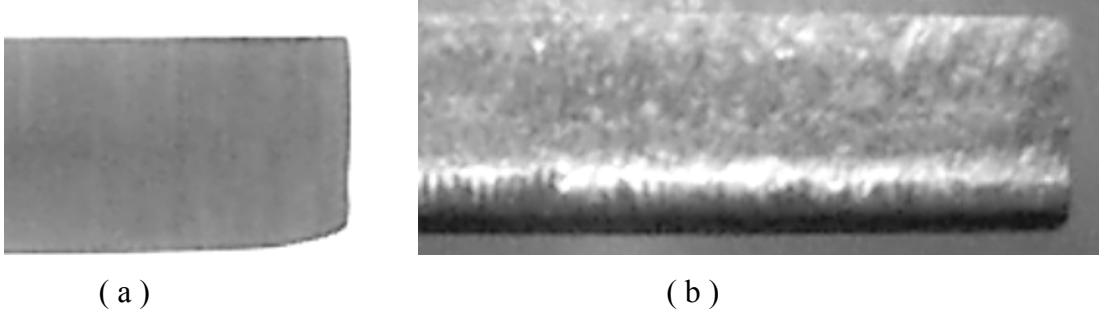
Resim 6.25. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,1 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça
a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



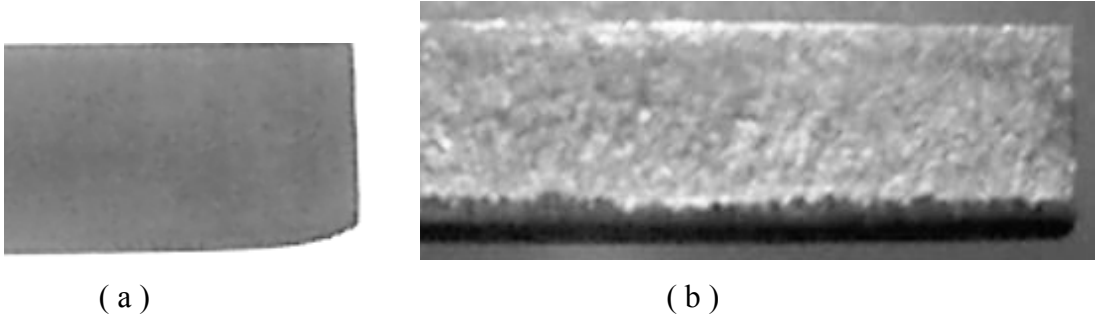
Resim 6.26. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,12 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



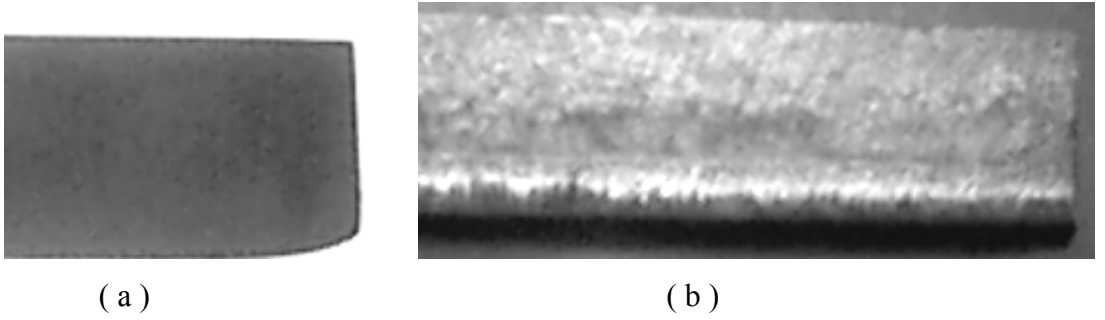
Resim 6.27. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,14 mm kesme boşluğu ile üretilmiş
parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.28. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,15 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



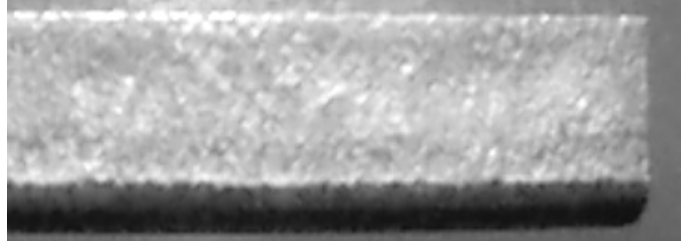
Resim 6.29. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,2 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



Resim 6.30. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,21 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)

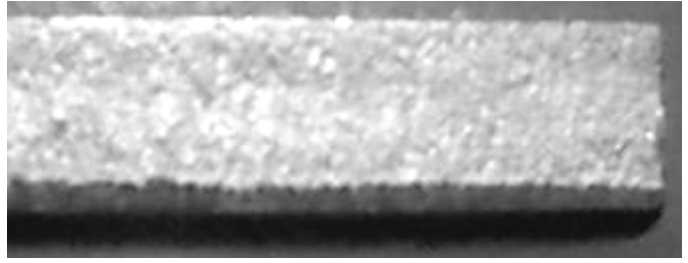


(b)

Resim 6.31. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,28 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)

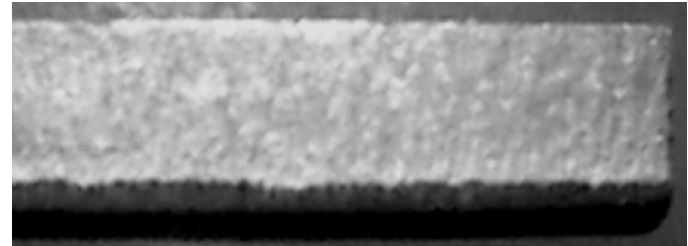


(b)

Resim 6.32. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,3 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri



(a)



(b)

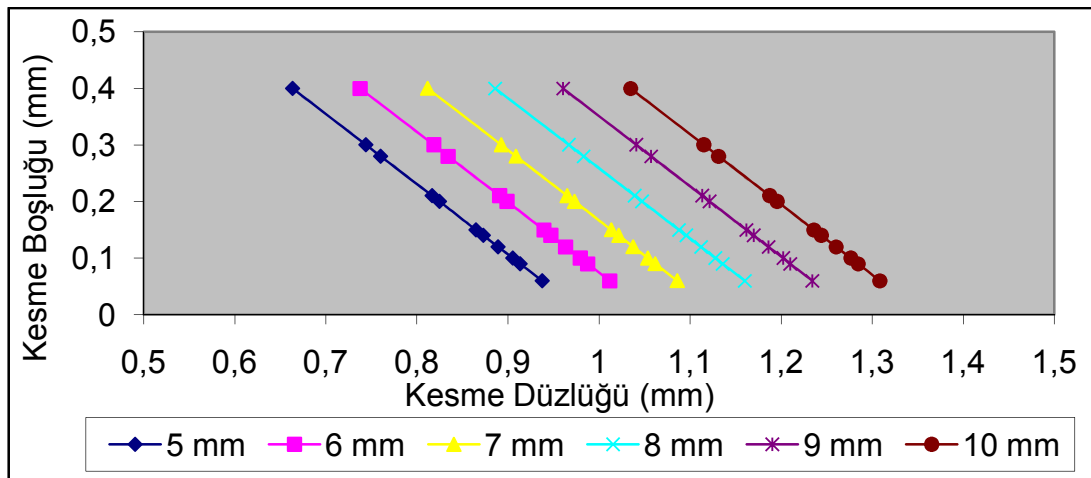
Resim 6.33. 4 mm pirinç sac malzemedan, 0,4 mm kesme boşluğu ile üretilmiş parça a) Çapak ve yuvarlanma görüntüsü b) Kesme ve kopma yüzeyleri

7. YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİN SONUÇLARI

Deneylelerden elde edilen veriler Microsoft Excel programı kullanılarak tablolar haline (tablolar hazırlanırken bütün veriler “0” ile “1” arasında normalize edilmiştir.) dönüştürülmüştür. Tahminlerin yapılabilmesi için Matlab 6.0. programı kullanılarak yapay sinir ağları oluşturulmuştur. Hazırlanmış olan yapay sinir ağlarının eğitilmesinde tablolardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu tablolarda, malzemenin cinsini belirleyebilmek için ilk veri olarak malzeme sertlik (brinel) değeri girilmiştir. Bu veriler, aşağıda sırasıyla algoritması verilen, yapay sinir ağları kullanılarak eğitim yapılmıştır. Eğitim işlemlerinde hata oranı 9×10^{-5} olarak alınmıştır. Eğitim işlemlerinde, bu hata oranında doğru sonuca yaklaştığı zaman eğitim işlemi bitirilmiştir.

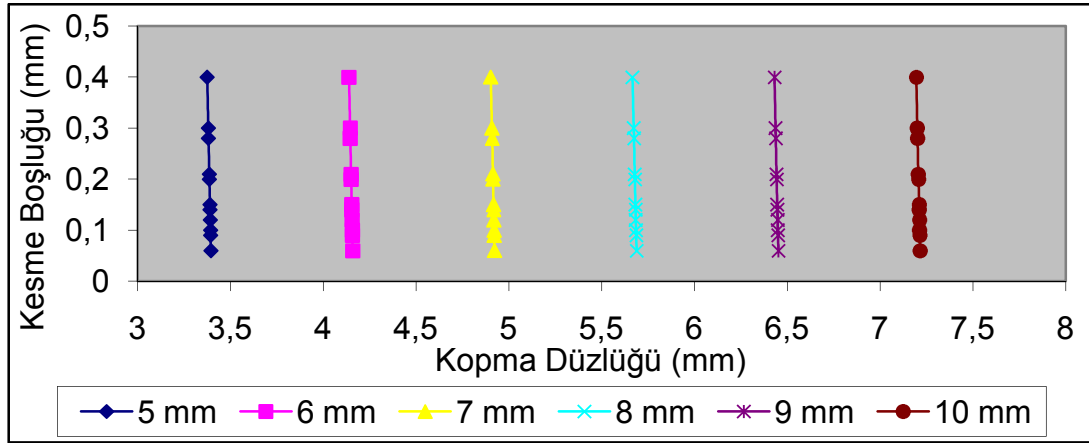
7.1. Pirinç Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları

Pirinç malzemesinde elde edilen deneysel veriler, yapay sinir ağları yöntemi ile eğitilmiş ve deney yapılmayan kalınlıktaki pirinç malzemelerin kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değeri ve çapak miktarı değerleri 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm sac kalınlıkları için bulunmuştur. Bulunmuş olan değerlerle ilgili grafikler aşağıda verilmiştir.



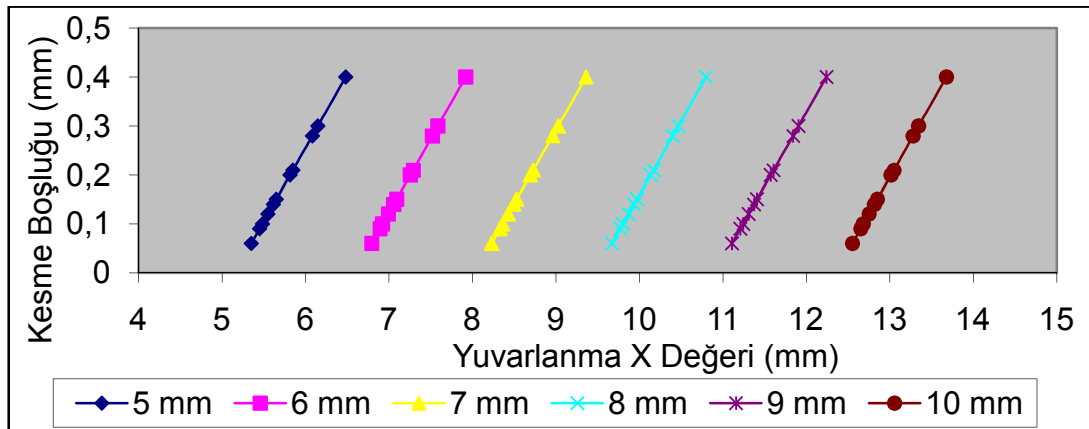
Şekil 7.1. Pirinç malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri

Yapılan tahminlerde, literatürde belirtilen bilgiler ve yapılan deneylere paralel olarak kesme boşluğu değerinin artışı ile kesme düzlüğünün azaldığı gözlenmiştir.



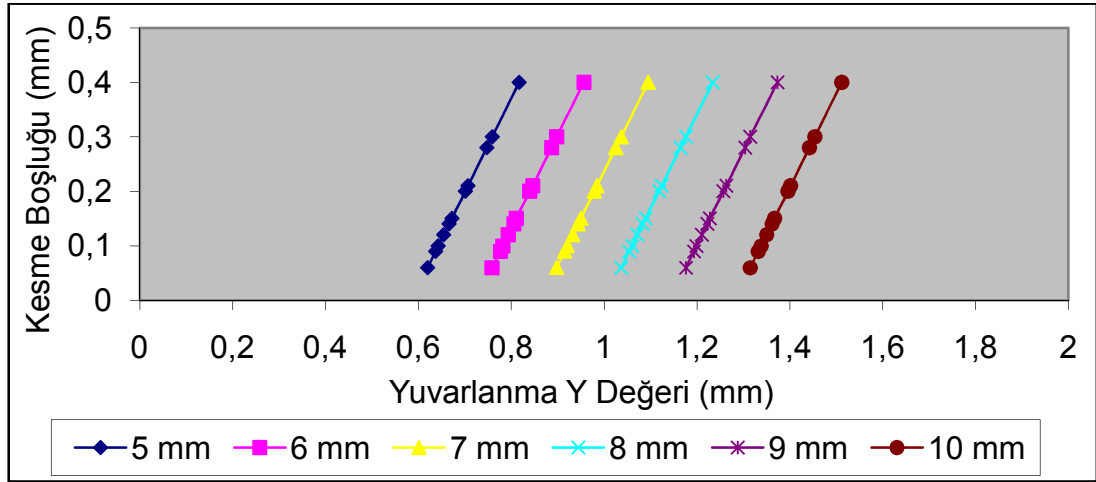
Şekil 7.2. Pirinç malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri

Literatürden edinilen bilgiler ve yapılan deneyler sonucunda kesme boşluğu değeri artıkcı kopma düzlüğünün artması beklenmektedir. Ancak tahmin sonuçları grafiğine bakıldığında, kopma düzlüğü değerlerinin kesme boşluğuna göre fazla değışiklik göstermediğı görülmektedir. Bunun nedeni ise deneylerde ve tahmin edilme işleminde kullanılan kesme boşluğu değerlerinin sac kalınlıklarına göre az olmasıdır. Bu sac kalınlıkları için gerekli olan kesme boşluğu değerleri daha fazla olduğı için kopma düzlüğü değerlerinde değışim görülememektedir.

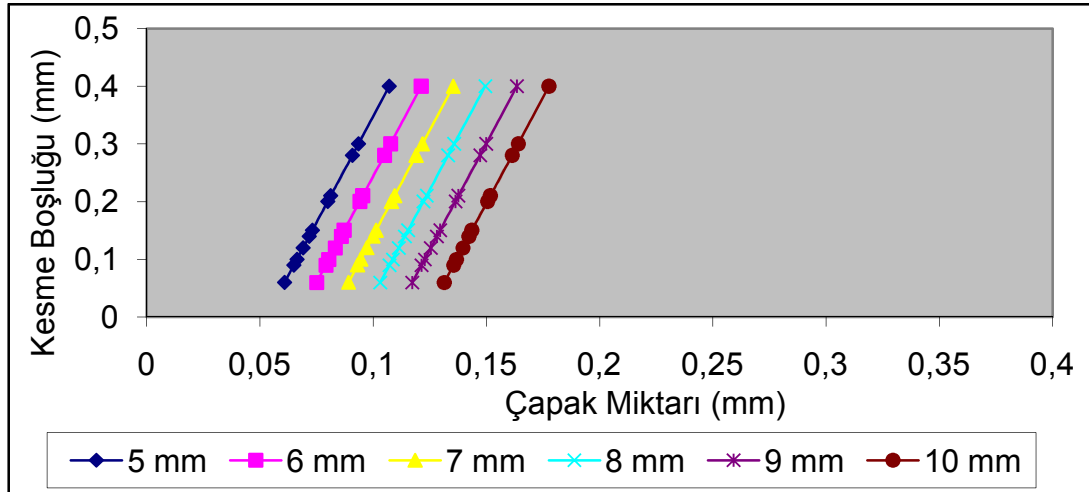


Şekil 7.3. Pirinç malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri

Sac kalınlığının artışı ile yuvarlanmanın x ölçüsünün artması beklenen bir durumdur. Tahmin grafikleri de incelendiğinde yuvarlanma x değerlerinin sac kalınlığına ve kesme boşluğuna göre artış gösterdiği gözlenmektedir.



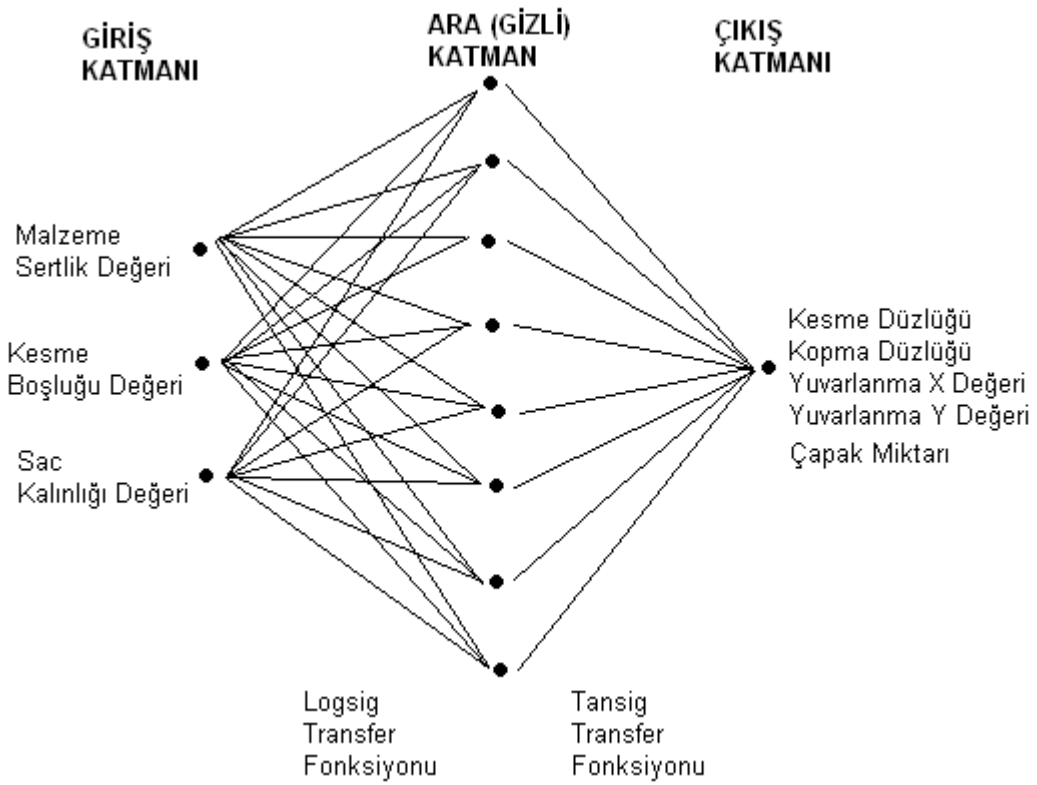
Şekil 7.4. Pirinç malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri



Şekil 7.5. Piriç malzeme için tahmin edilen çapak miktarı

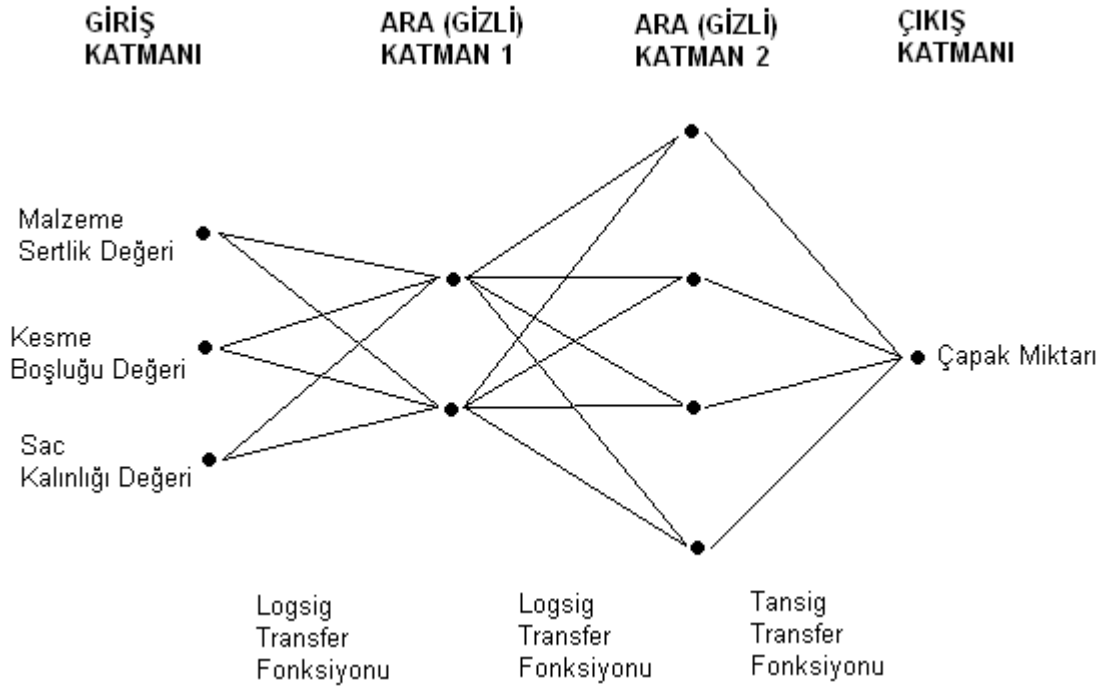
Kesme boşluğu değeri arttıkça çapak miktarının arttığı grafiklerden görülmektedir. Ancak diğer malzemelere kıyasla pirinç malzemesinde çapak miktarının fazla olduğu görülmektedir. Bu durum malzemesinin yumuşak olmasından kaynaklanmaktadır.

Kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değerlerini bulmak için aynı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 8 tane ara (gizli) katman ve 1 çıkış katmanı bulunan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri var iken çıkış katmanında sırasıyla yukarıdaki değişkenler kullanılarak 4 ayrı algoritmada eğitim yapılmıştır. 3 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



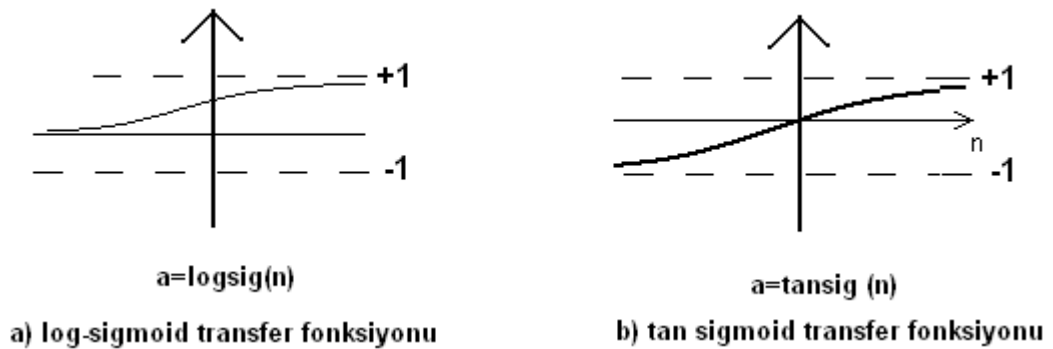
Şekil 7.6. Eğitiminde kullanılan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması

Çapak miktarı değerini bulmak için 4 katmanlı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 2 tane gizli katmanı ve 1 çıkış değeri bulunan 4 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Gizli katmanların ilkinde 2 ağırlık değeri, ikincisinde ise 4 ağırlık değeri bulunmaktadır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri, çıkış katmanında ise çapak miktarı değeri kullanılarak eğitim yapılmıştır. 4 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.7'de gösterilmiştir



Şekil 7.7. Eğitiminde kullanılan 4 katmanlı yapay sinir ağı algoritması

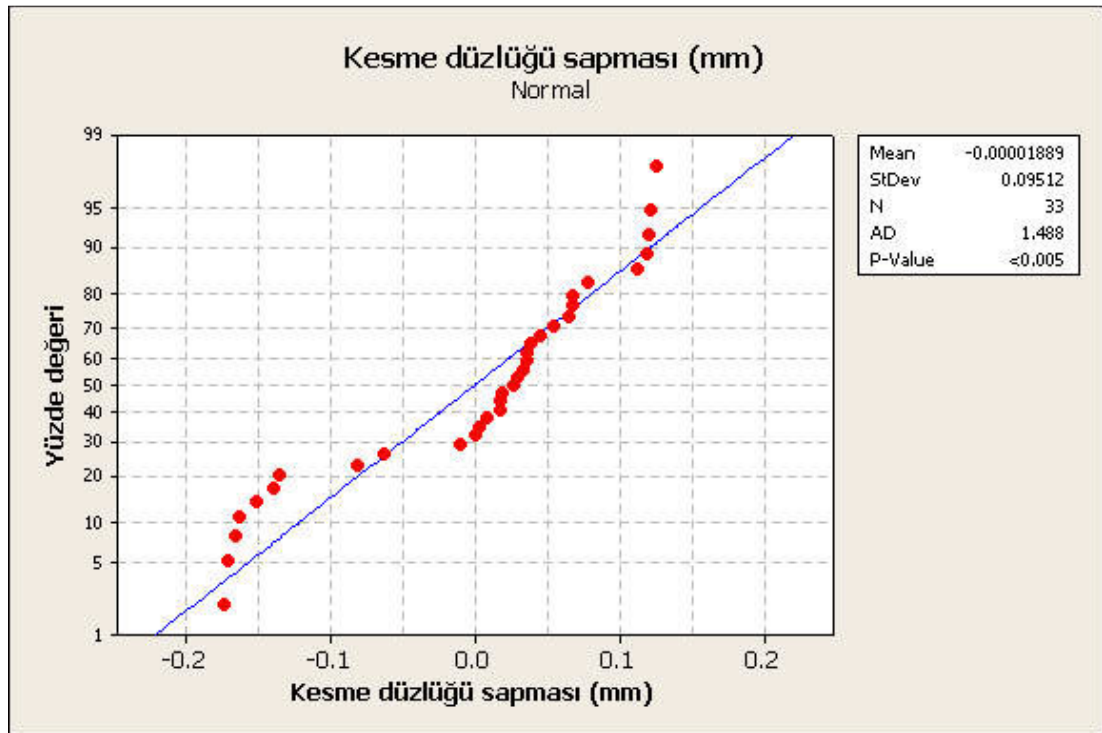
Giriş katmanından gizli katmana, geçişler logsig transfer fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Gizli katmandan çıkış katmanına geçişler ise tansig geçiş fonksiyonu ile yapılmıştır. Şekil 7.8’de geçiş fonksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 7.8. Algoritmada kullanılan log-sigmoid ve tan-sigmoid geçiş fonksiyonları

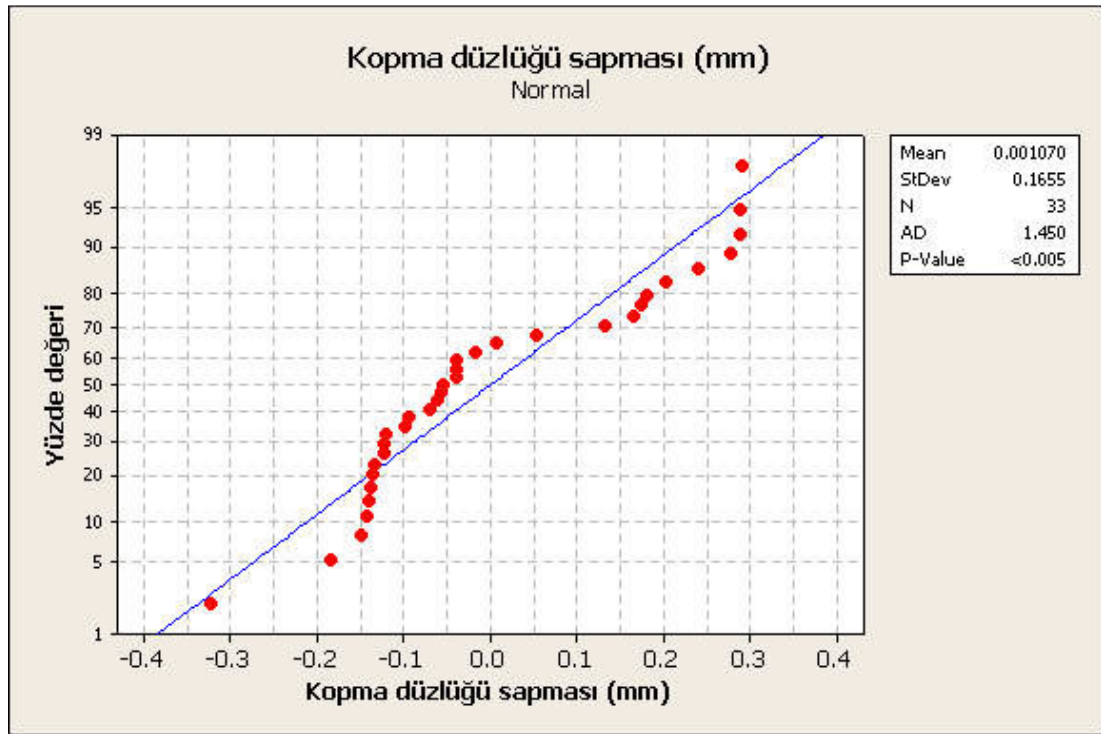
Eğitimler sonucunda bulunan veriler ile deneysel veriler arasındaki korelasyon katsayıları pirinç malzemede kesme düzlüğü için % 98.3, kopma düzlüğü için

% 96.3, yuvarlanma x değeri için % 96.5, yuvarlanma y değeri için % 98.5 ve çapak miktarı için % 97.8 olarak bulunmuştur. Ayrıca hata değerleri bulunarak bu değerlere normalize testi uygulanarak, sapmalar grafikler halinde gösterilmiştir. Normalize testlerde görüleceği gibi, testi anlamlı kılan p değişkeni sıfıra yakın bulunmuştur buda $0,05 t^2$ hipotezini doğrulamaktadır.

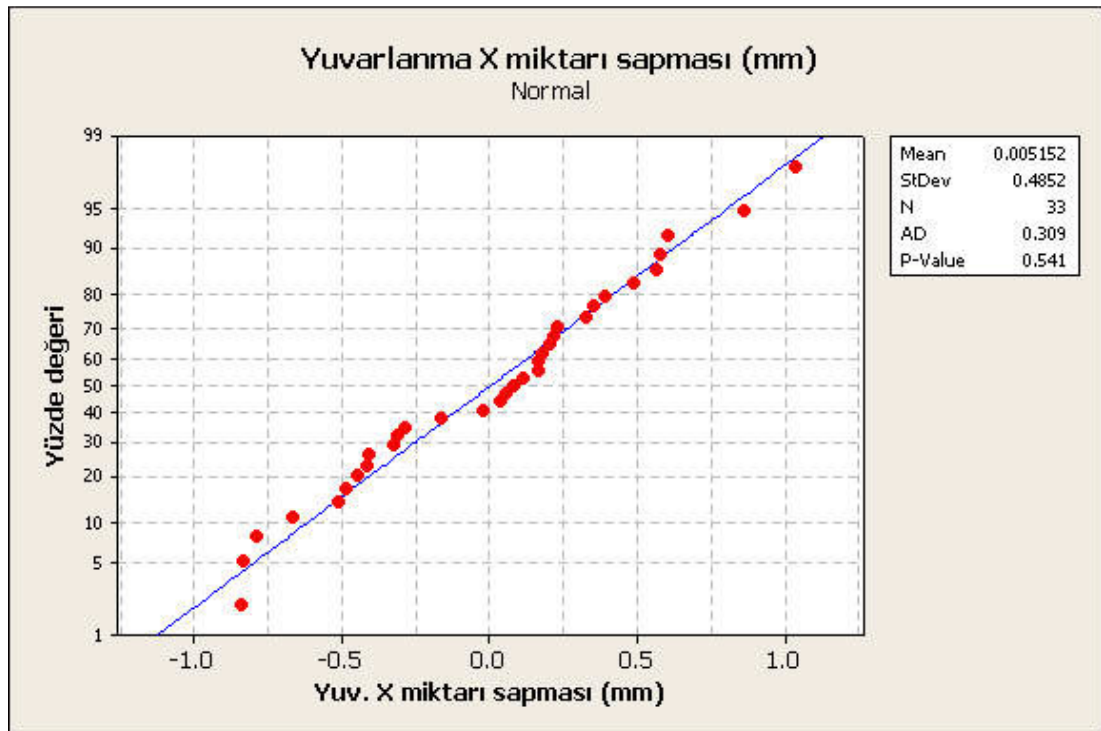


Şekil 7.9. Pirinç malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar

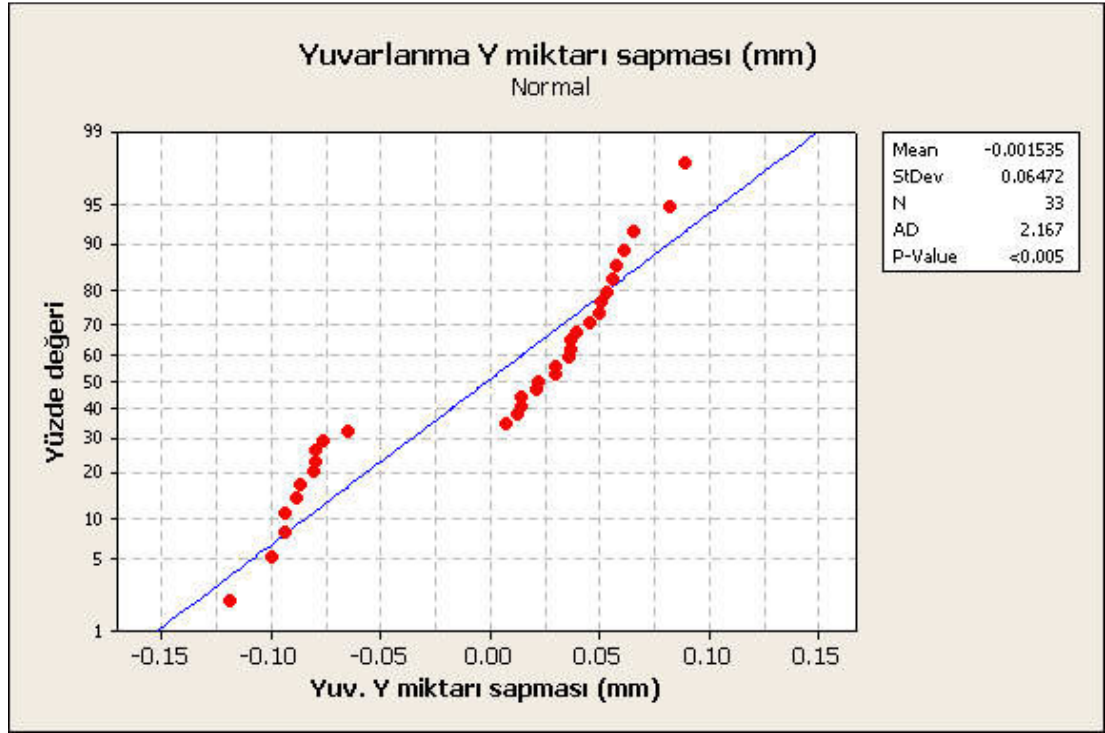
Sapma grafiği incelendiğinde düz çizgi normal eğriyi, noktacıklar ise normale ne kadar yakın olduklarını göstermektedir. Grafik üzerindeki noktaların, çizgiye yakın olması yapılan tahminlerin o kadar başarılı olduğunu göstermektedir.



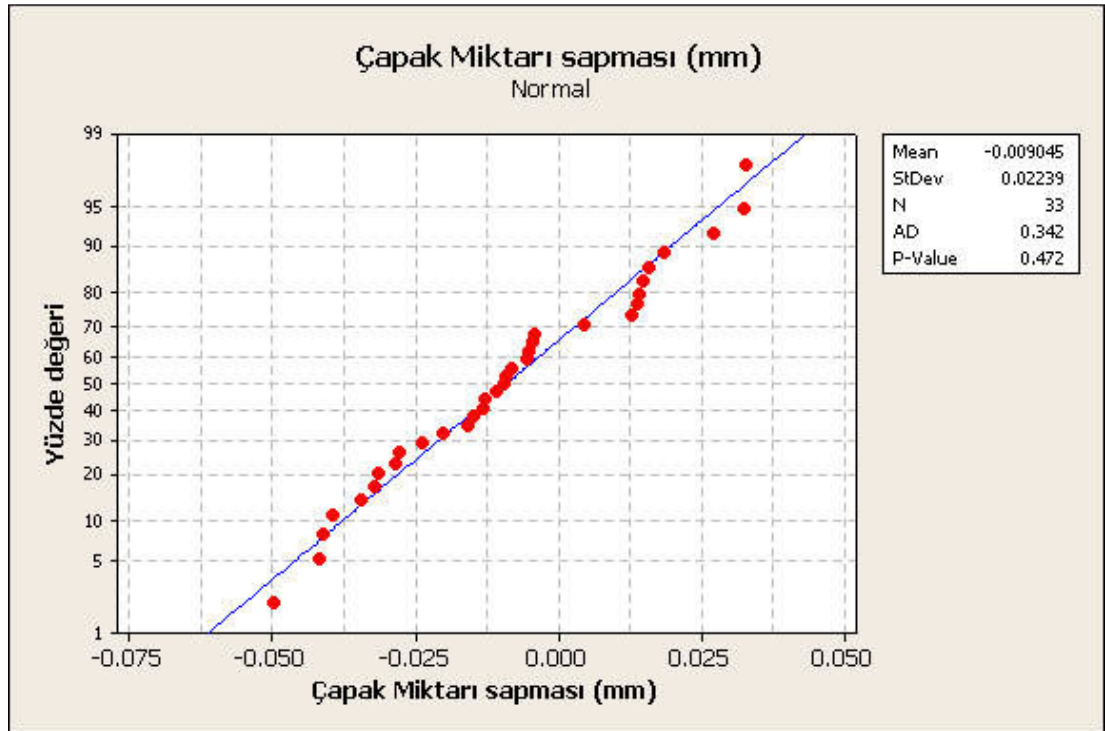
Şekil 7.10. Pirinç malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.11. Pirinç malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.12. Pirinç malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar

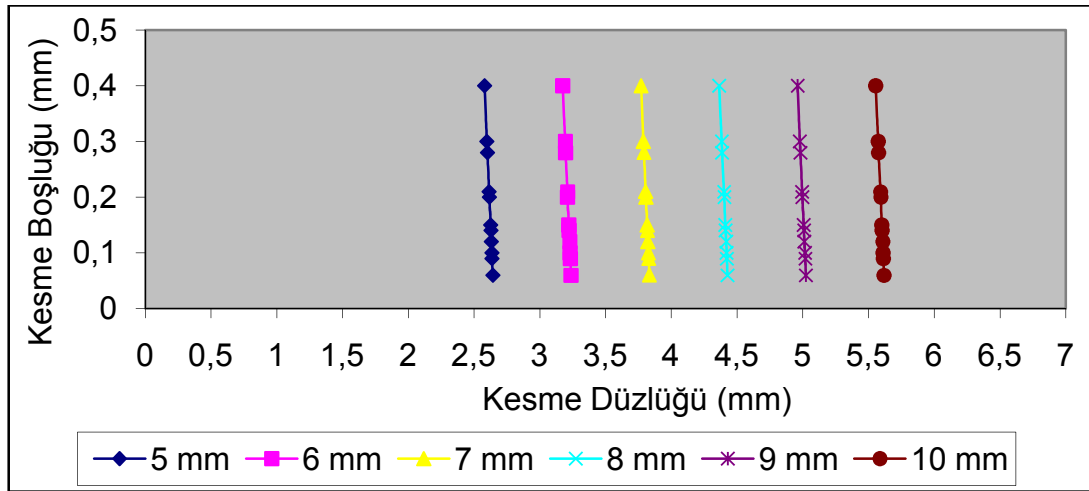


Şekil 7.13. Pirinç malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar

Sapma grafikleri incelendiğinde yapılan tahminlerin çizgiye çok yaklaşmasından ve korelasyon değerlerinden, yapılan tahminlerin başarılı olduğu görülmektedir. Değerlerdeki ufak sapmalar nedeniyle korelasyon değerleri genel ortalamanın altında görülmektedir. Eğitimde kullanılan ancak sapma gösteren değerler dikkate alınmaz ise korelasyon değerleri çok daha fazla gelebilmektedir.

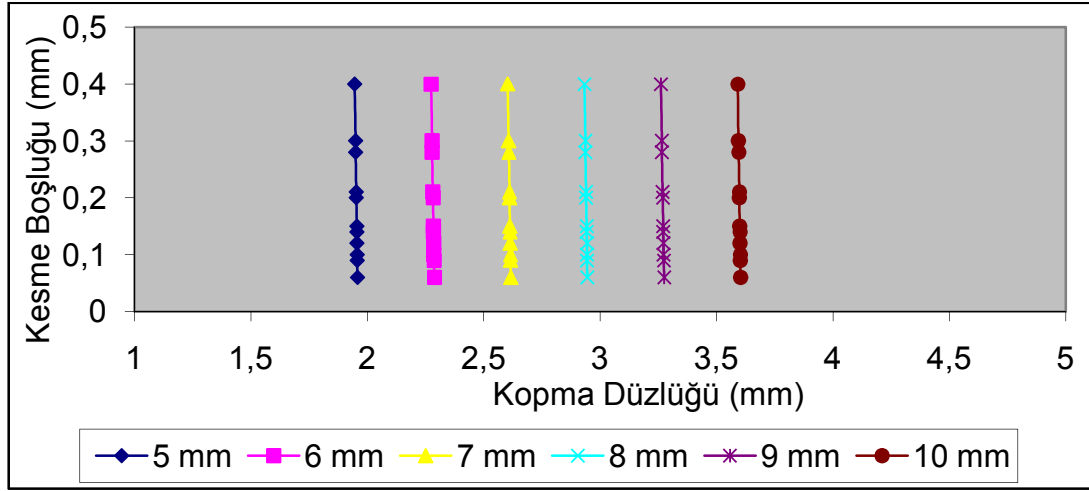
7.2. Alüminyum Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları

Alüminyum malzemesinde elde edilen deneysel veriler, yapay sinir ağı yöntemi ile eğitilmiş ve deney yapılmayan kalınlıktaki pirinç malzemelerin kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değeri ve çapak miktarı değerleri 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm kalınlıkları için bulunmuştur. Bulunmuş olan değerlerle ilgili grafikler aşağıda verilmiştir.



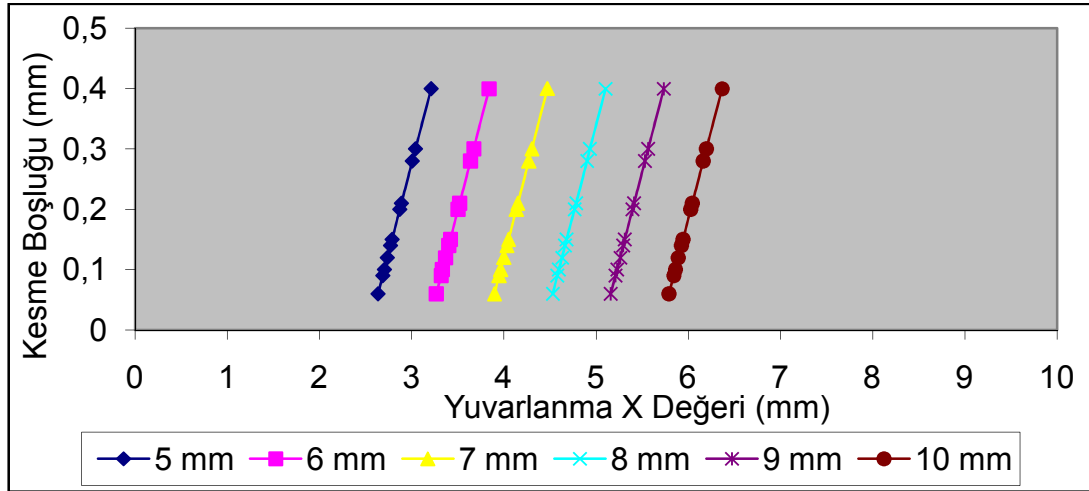
Şekil 7.14. Alüminyum malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar

Sac kalınlığı değeri arttıkça kesme düzlüğünün artması beklenen bir durumdur, ancak kesme düzlüğünün, kesme boşluğuna göre değişiklik göstermemesi literatüre uygun olmayan bir durumdur. Bu durum malzemenin yumuşak olmasından ve sac kalınlığının artması ile kesici zımbanın malzemeye hep aynı miktarda battıktan sonra parçayı kopmaya zorlanmasından kaynaklanmaktadır.



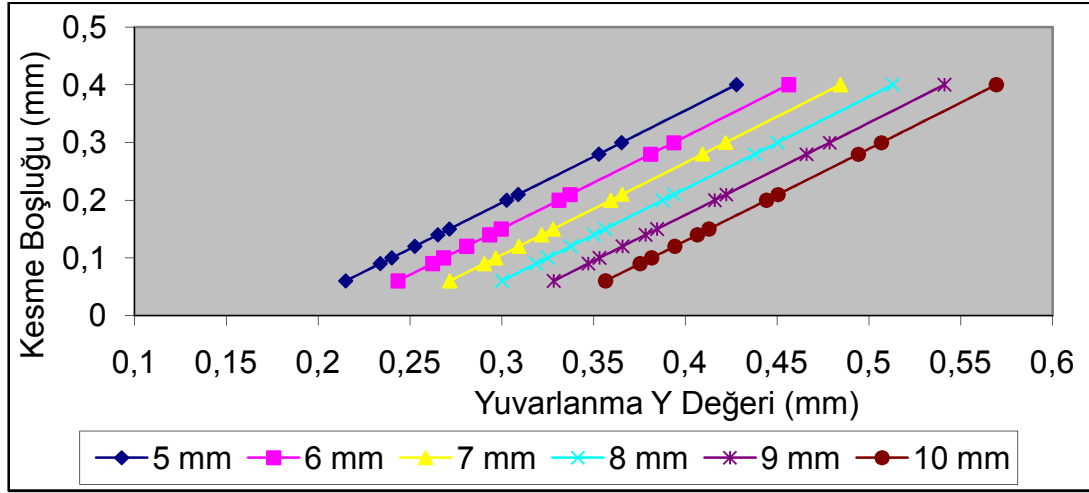
Şekil 7.15. Alüminyum malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri

Kesme düzlüğüne paralel olarak aynı durum kopma düzlüğünde de görülmektedir.

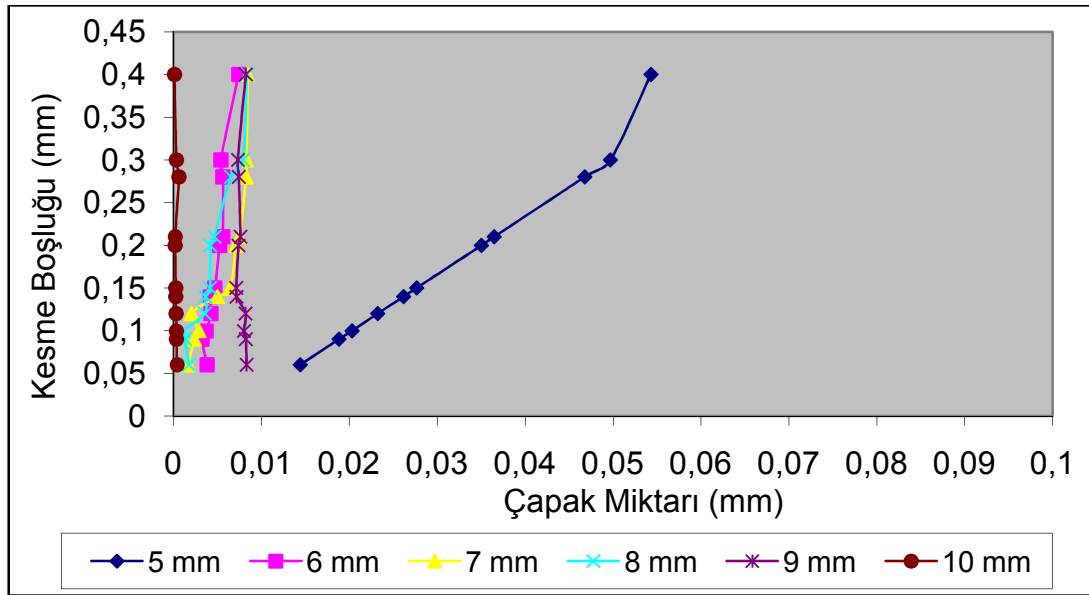


Şekil 7.16. Alüminyum malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri

Tahmin grafiklerinde görüldüğü gibi yuvarlanma değerleri kesme boşluğu ve sac kalınlığına göre artış göstermektedir. Bu da yapılan deneylerde bulunan sonuçlarla uyumlu bir durumdur.



Şekil 7.17. Alüminyum malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri



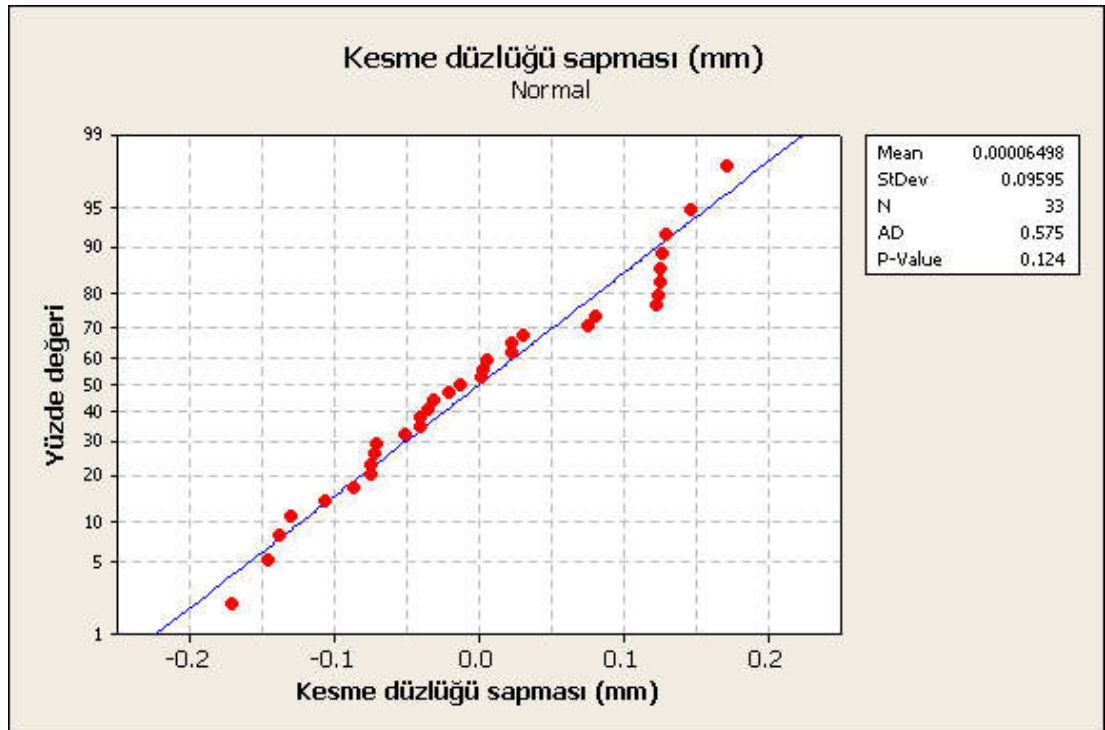
Şekil 7.18. Alüminyum malzeme için tahmin edilen çapak miktarı

Kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değeri, çapak miktarı değerlerini bulmak için aynı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 8 tane ara(gizli) katman ağırlığı ve 1 çıkış değeri bulunan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri var iken çıkış katmanında sırasıyla yukarıdaki

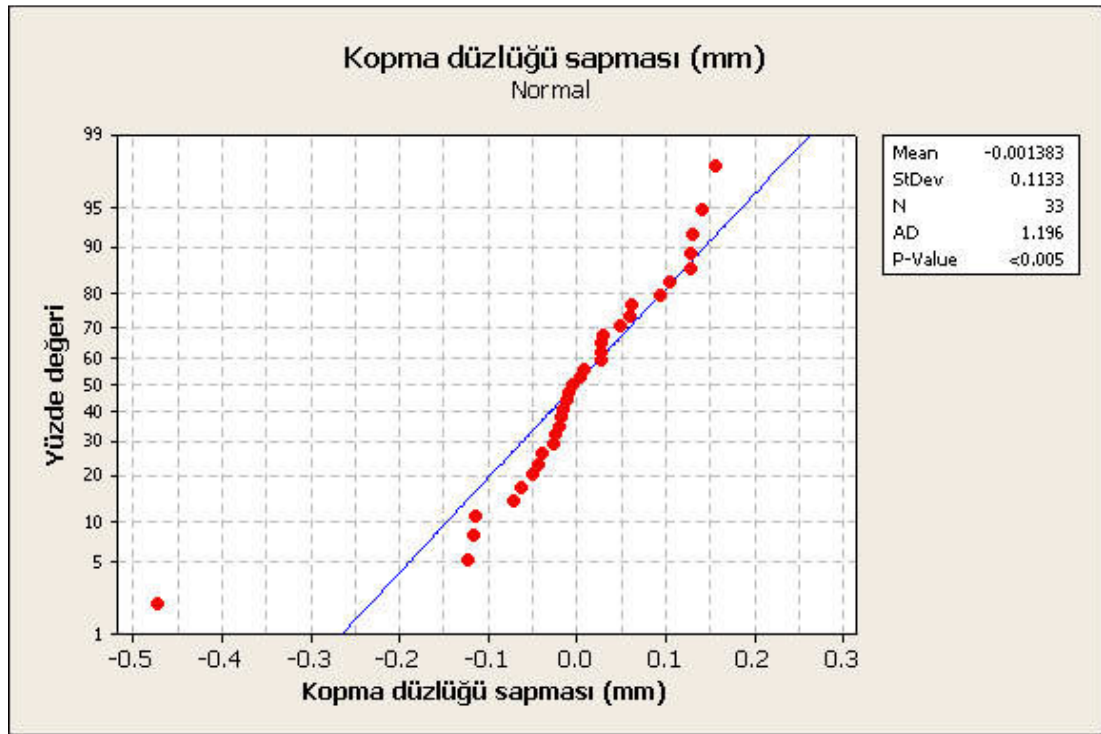
değişkenler kullanılarak 5 ayrı algorithma eğitim yapılmıştır. 3 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.6’da gösterilmiştir.

Giriş katmanından gizli katmana, geçişler logsig transfer fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Gizli katmandan çıkış katmanına geçişler ise tansig geçiş fonksiyonu ile yapılmıştır. Şekil 7.8’de geçiş fonksiyonları gösterilmiştir.

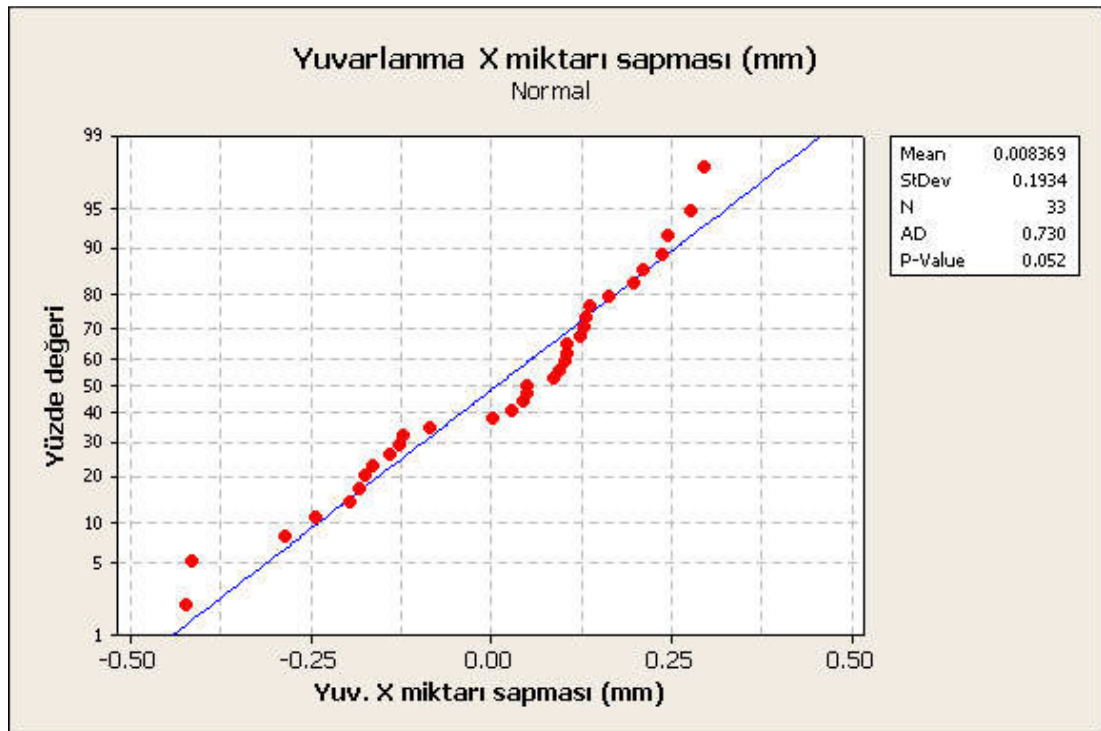
Eğitimler sonucunda bulunan veriler ile deneysel veriler arasındaki korelasyon katsayıları alüminyum malzemede kesme düzlüğü için % 96.1, kopma düzlüğü için % 94, yuvarlanma x değeri için % 96.9, yuvarlanma y değeri için % 94 ve çapak miktarı için % 94.8 olarak bulunmuştur. Ayrıca hata değerleri bulunarak bu değerlere normalize testi uygulanarak, sapmalar grafikler halinde gösterilmiştir. Normalize testlerde görüleceği gibi, testi anlamlı kılan p değişkeni sıfıra yakın bulunmuştur buda $0,05 t^2$ hipotezini doğrulamaktadır.



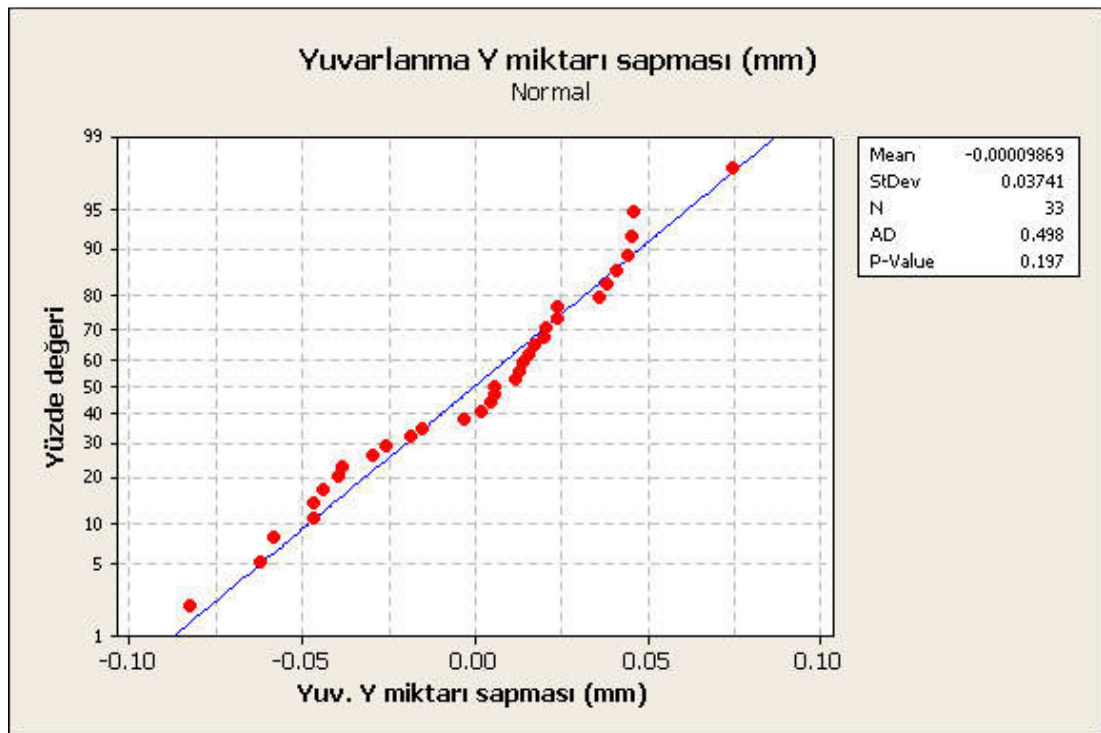
Şekil 7.19. Alüminyum malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



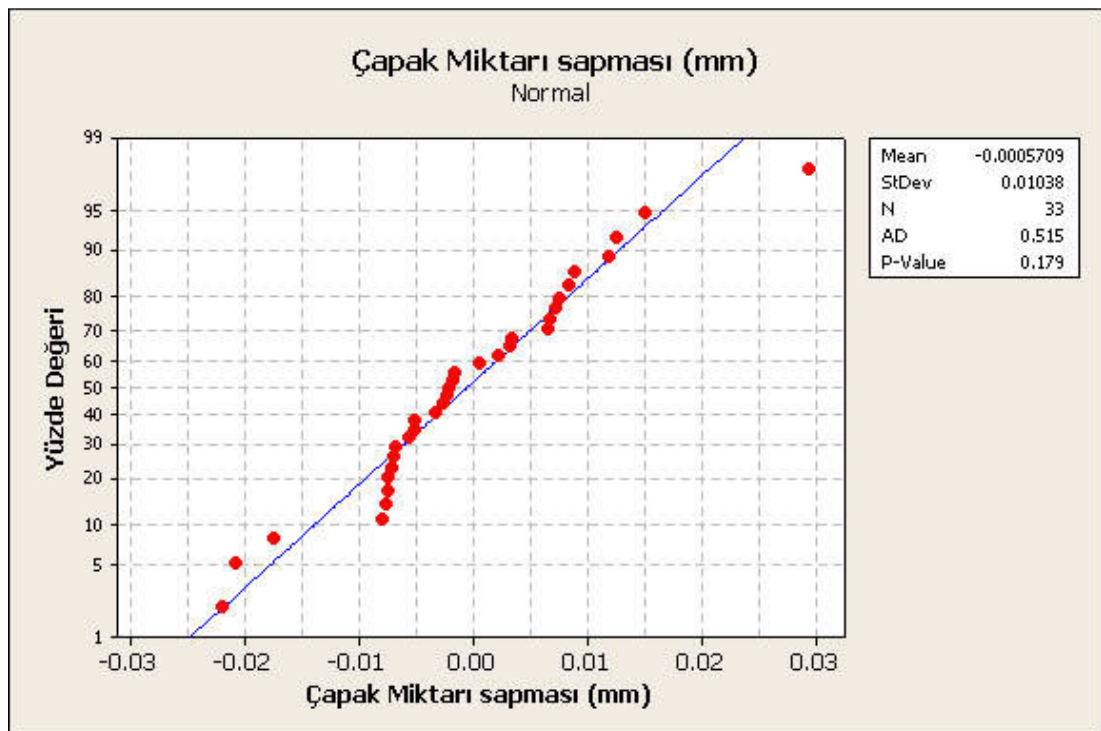
Şekil 7.20. Alüminyum malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.21. Alüminyum malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar



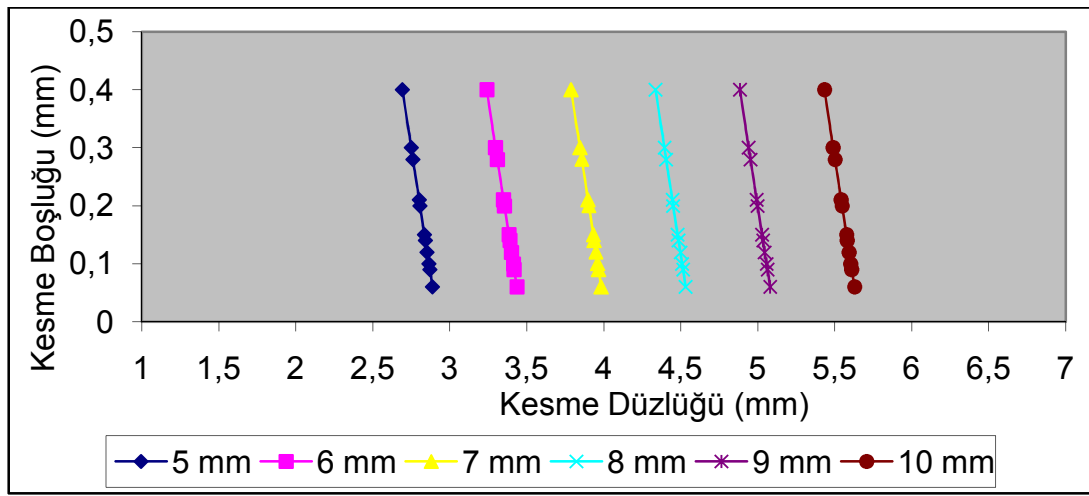
Şekil 7.22. Alüminyum malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar



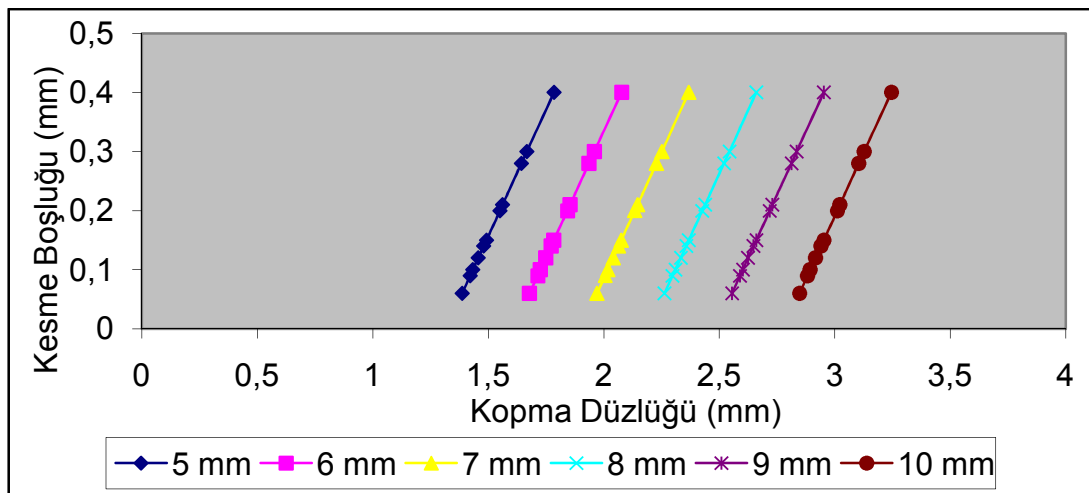
Şekil 7.23. Alüminyum malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar

7.3. Dkp Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları

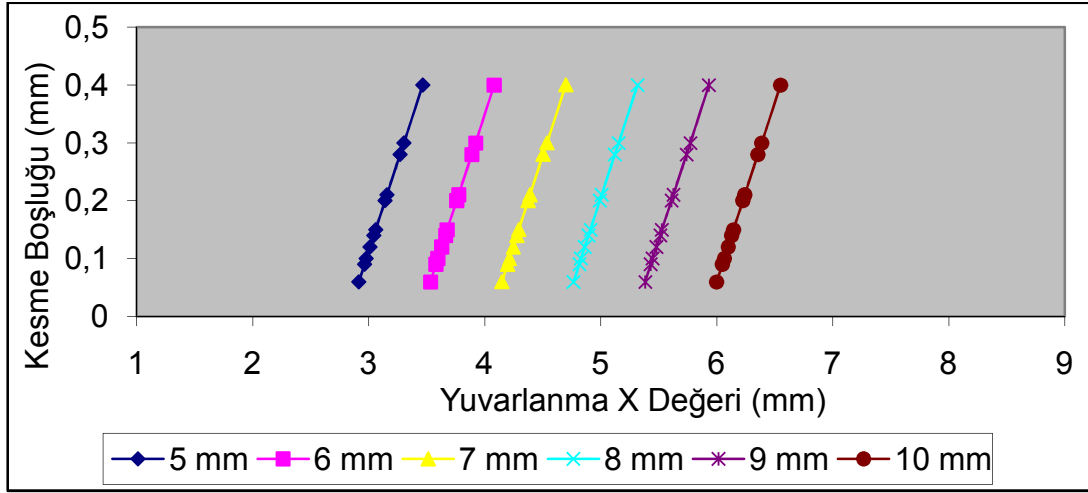
Dkp sac malzemesinde elde edilen deneysel veriler, yapay sinir ağı yöntemi ile eğitilmiş ve deney yapılmayan kalınlıktaki pirinç malzemelerin kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değeri ve çapak miktarı değerleri 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm kalınlıkları için bulunmuştur. Bulunmuş olan değerlerle ilgili grafikler aşağıda verilmiştir.



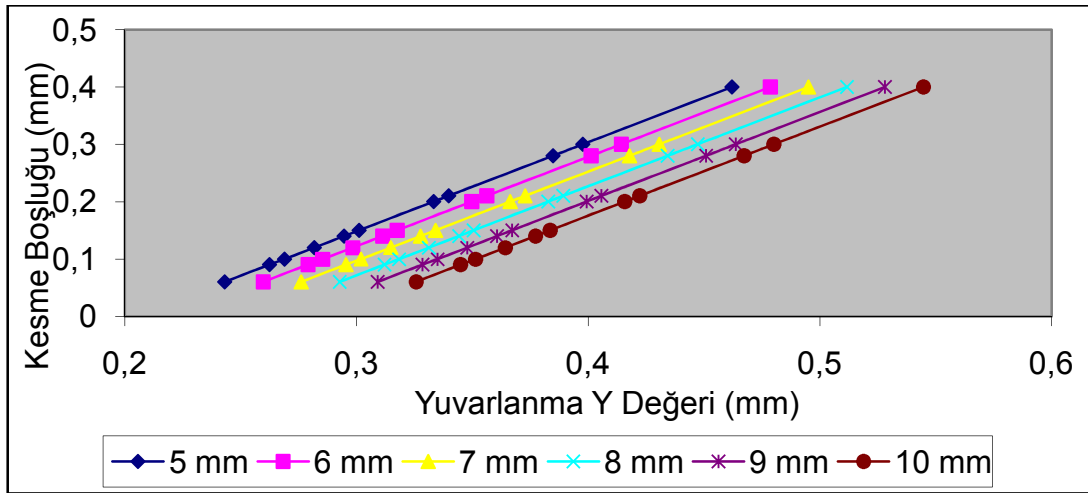
Şekil 7.24. Dkp sac malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri



Şekil 7.25. Dkp sac malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri

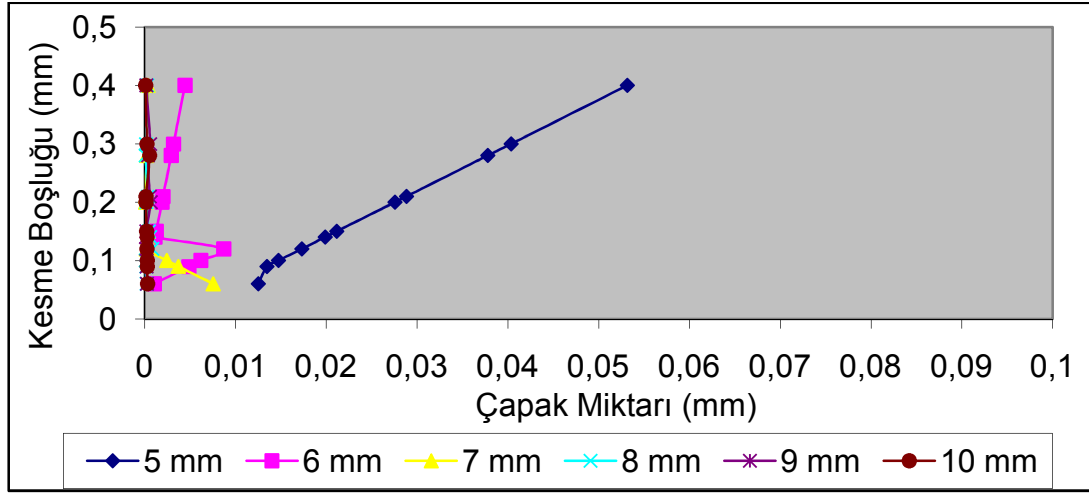


Şekil 7.26. Dkp sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri



Şekil 7.27. Dkp sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri

Dkp sac malzeme tahminlerinde literatürden edinilen bilgilere paralel değerler alınmıştır. Grafiklerde sapmalar yada düzensizlikler gözlenmemiştir. Buradan hareketle yapılan tahminlerin gerçeğe yakın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak tahmin edilen sac kalınlıkları için kesme boşluğu değerlerinin yetersiz olduğu göz ardı edilmemelidir. Kesme boşluğu değerinin yetersiz olması nedeniyle sac kalınlığına göre en düşük kesme boşluğu değerlerinde çapak değeri grafiğinde sapmalar görülmektedir.



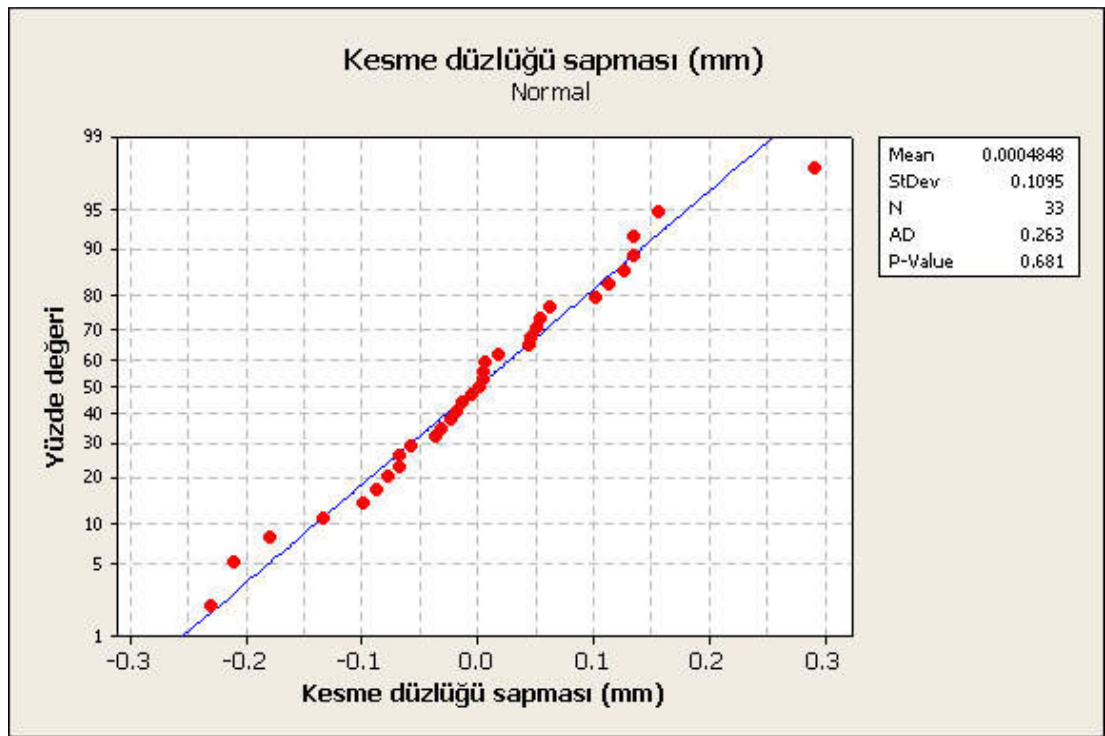
Şekil 7.28. Dkp sac malzeme için tahmin edilen çapak değerleri

Kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değerlerini bulmak için aynı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 8 tane ara(gizli) katman ağırlığı ve 1 çıkış değeri bulunan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri var iken çıkış katmanında sırasıyla yukarıdaki değişkenler kullanılarak 4 ayrı algoritmada eğitim yapılmıştır. 3 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.6'da gösterilmiştir.

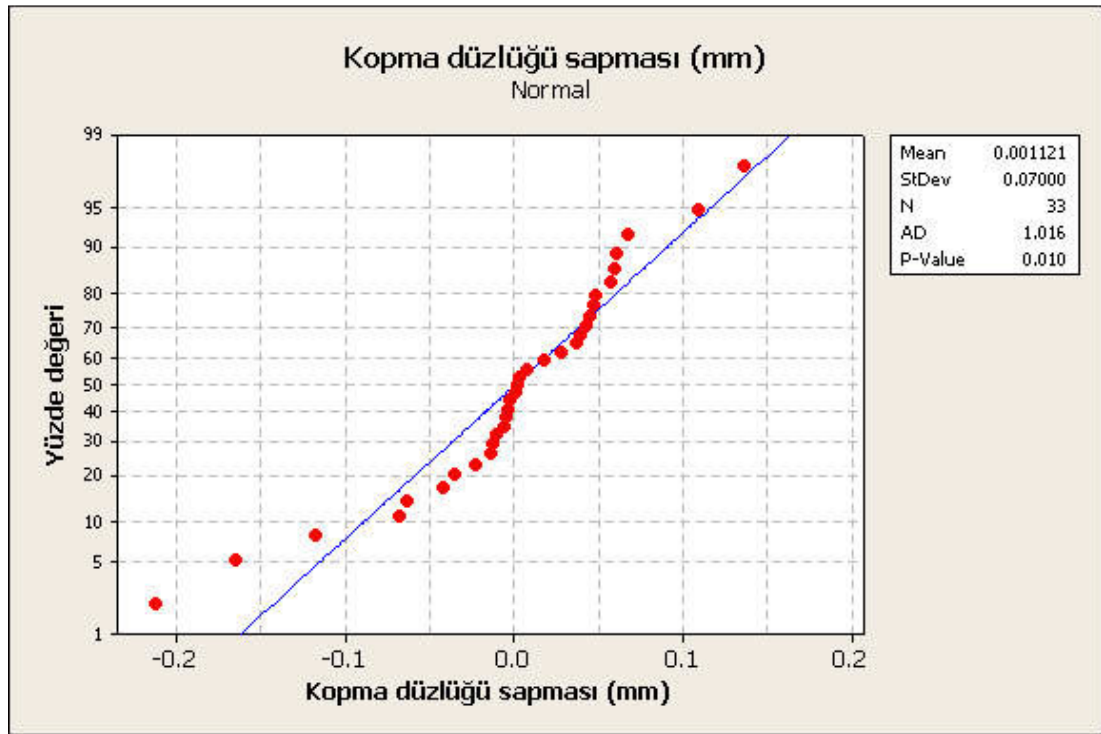
Çapak miktarı değerini bulmak için 4 katmanlı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 2 tane gizli katmanı ve 1 çıkış değeri bulunan 4 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Gizli katmanların ilkinde 2 ağırlık değeri, ikincisinde ise 4 ağırlık değeri bulunmaktadır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri, çıkış katmanında ise çapak miktarı değeri kullanılarak eğitim yapılmıştır. 4 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.7'de gösterilmiştir.

Giriş katmanından gizli katmana, geçişler logsig transfer fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Gizli katmandan çıkış katmanına geçişler ise tansig geçiş fonksiyonu ile yapılmıştır. Şekil 7.8'de geçiş fonksiyonları gösterilmiştir.

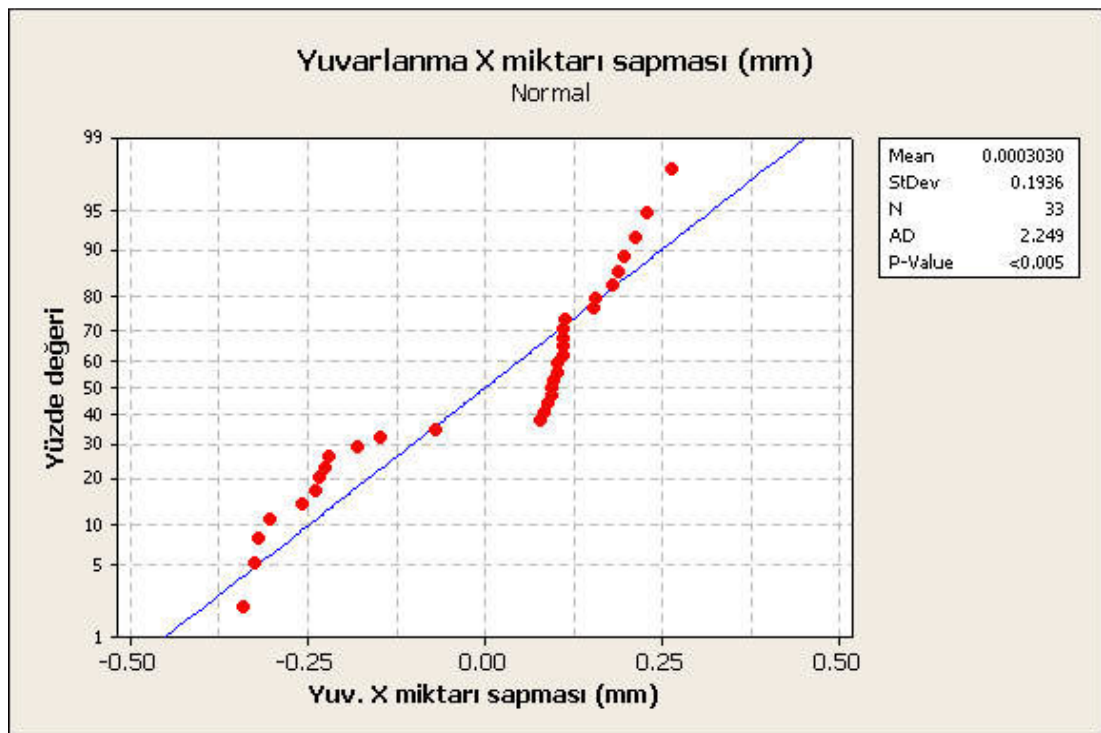
Eğitimler sonucunda bulunan veriler ile deneysel veriler arasındaki korelasyon katsayıları dkp malzemede kesme düzlüğü için % 98.3, kopma düzlüğü için % 96.3, yuvarlanma x değeri için % 96.5, yuvarlanma y değeri için % 98.5 ve çapak miktarı için % 97.8 olarak bulunmuştur. Ayrıca hata değerleri bulunarak bu değerlere normalize testi uygulanarak, sapmalar grafikler halinde gösterilmiştir. Normalize testlerde görüleceği gibi, testi anlamlı kılan p değişkeni sıfıra yakın bulunmuştur buda $0,05 t^2$ hipotezini doğrulamaktadır.



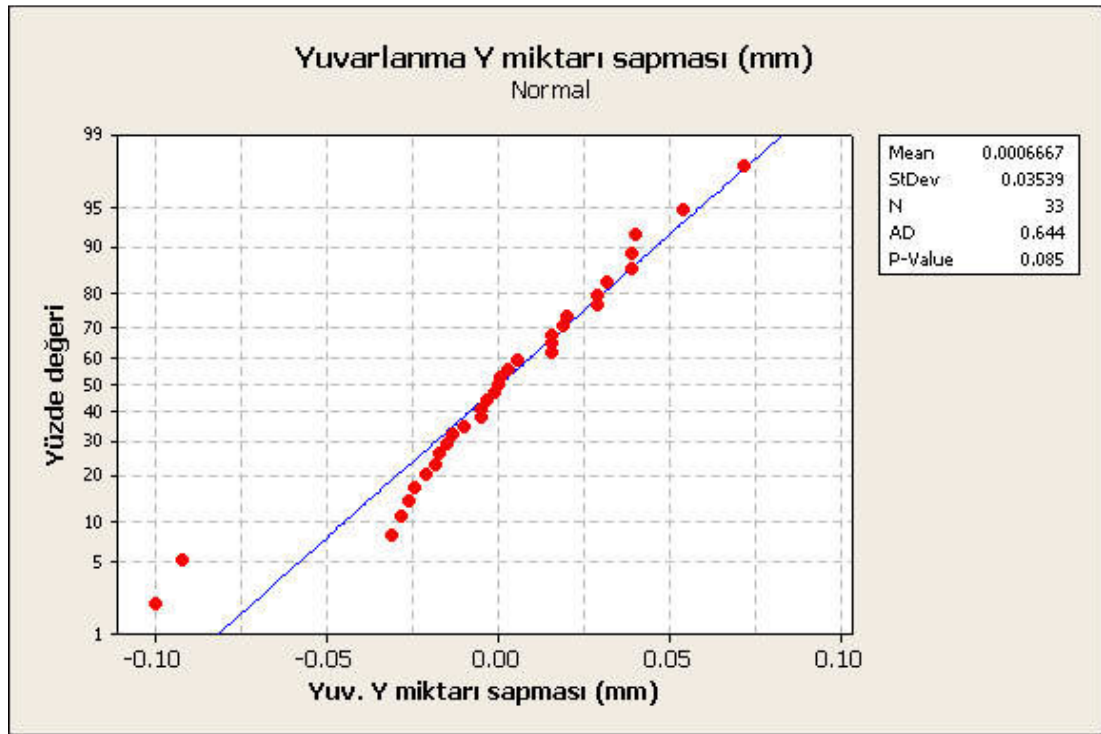
Şekil 7.29. Dkp malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



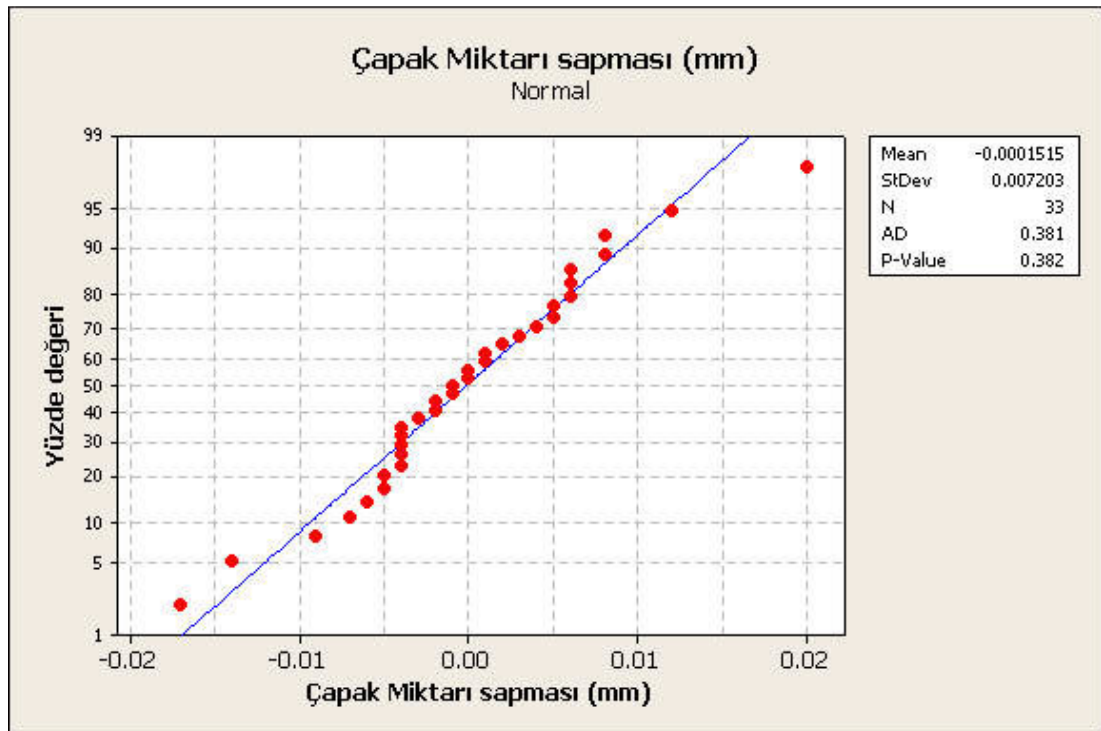
Şekil 7.30. Dkp malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.31. Dkp malzemesi yuvarlanma X miktarı tahminlerindeki sapmalar



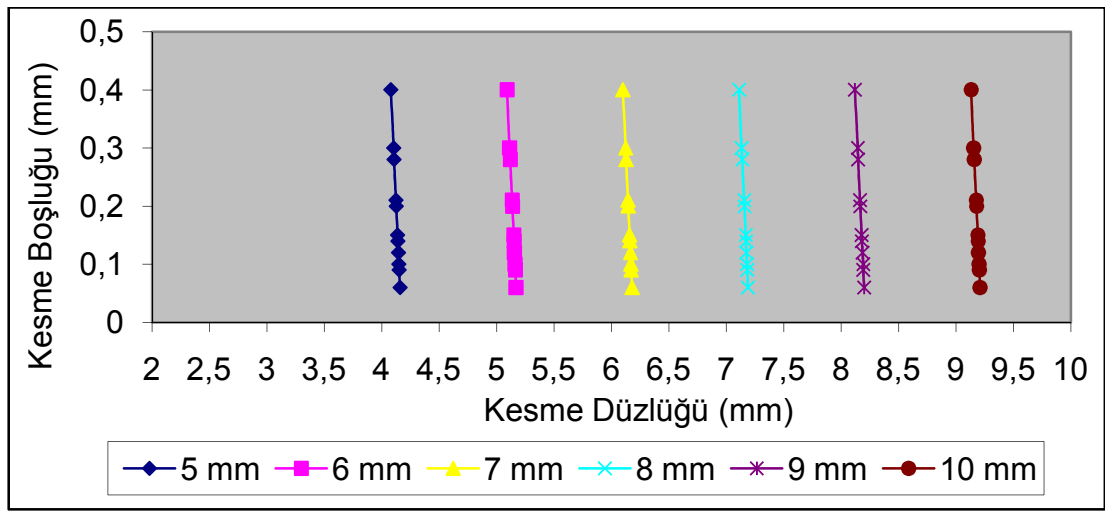
Şekil 7.32. Dkp malzemesi yuvarlanma Y miktarı tahminlerindeki sapmalar



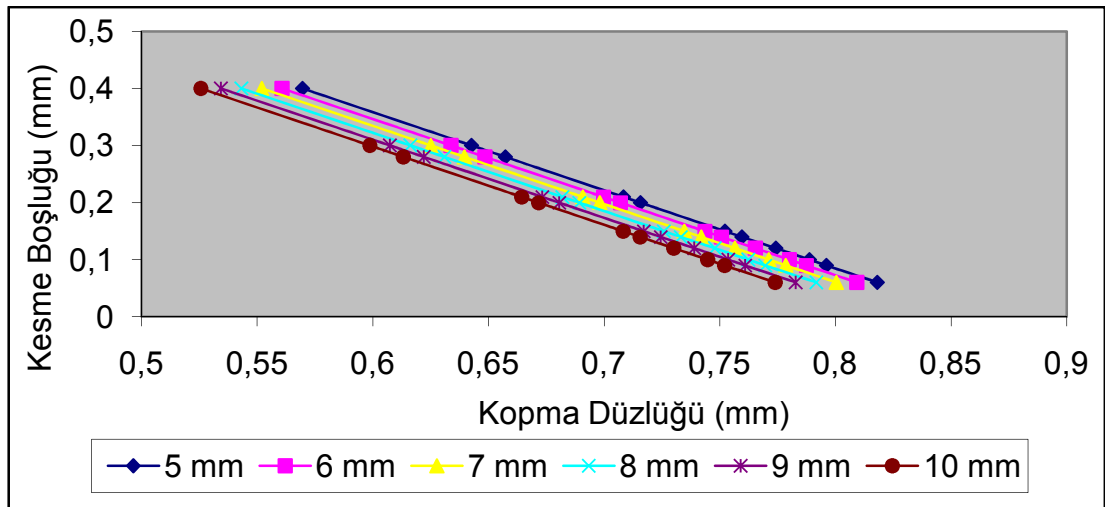
Şekil 7.33. Dkp malzemesi çapak miktarı tahminlerindeki sapmalar

7.4. Paslanmaz Sac Malzemeler İçin Hazırlanan Kurulum Algoritmaları

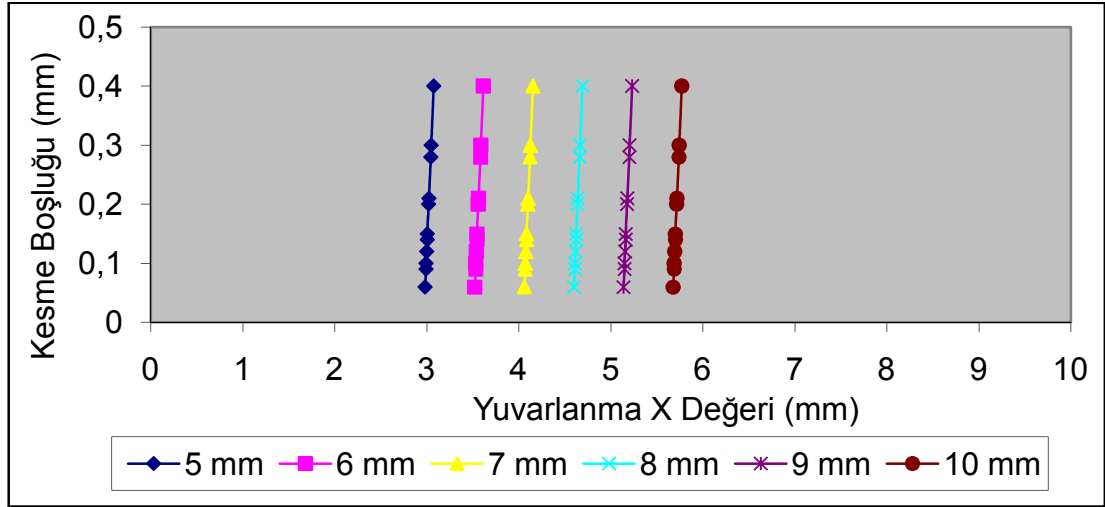
Paslanmaz sac malzemesinde elde edilen deneysel veriler, yapay sinir ağları yöntemi ile eğitilmiş ve deney yapılmayan kalınlıktaki pirinç malzemelerin kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değeri ve çapak miktarı değerleri 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm kalınlıkları için bulunmuştur. Bulunmuş olan değerlerle ilgili grafikler aşağıda verilmiştir.



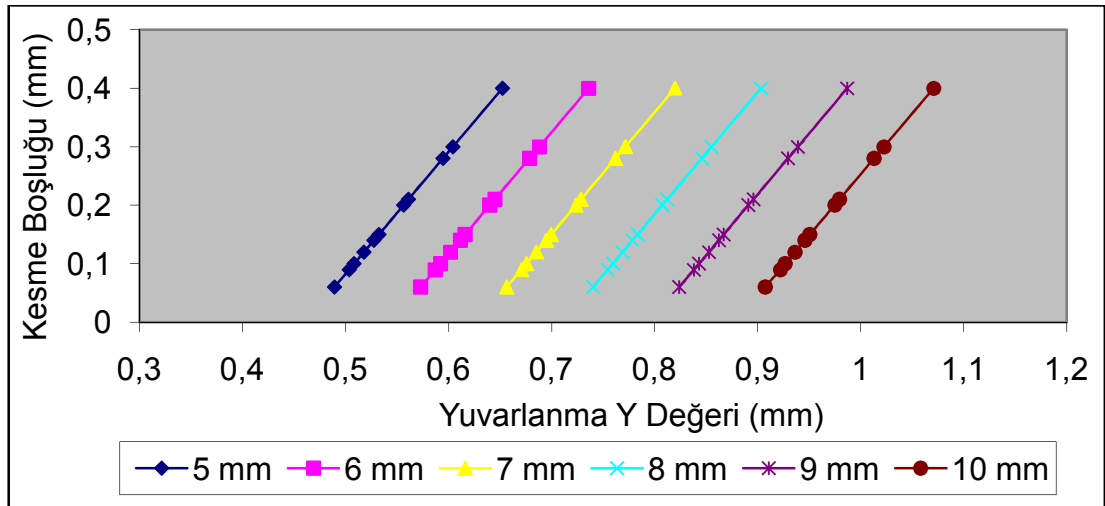
Şekil 7.34. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen kesme düzlüğü değerleri



Şekil 7.35. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen kopma düzlüğü değerleri



Şekil 7.36. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma X değerleri



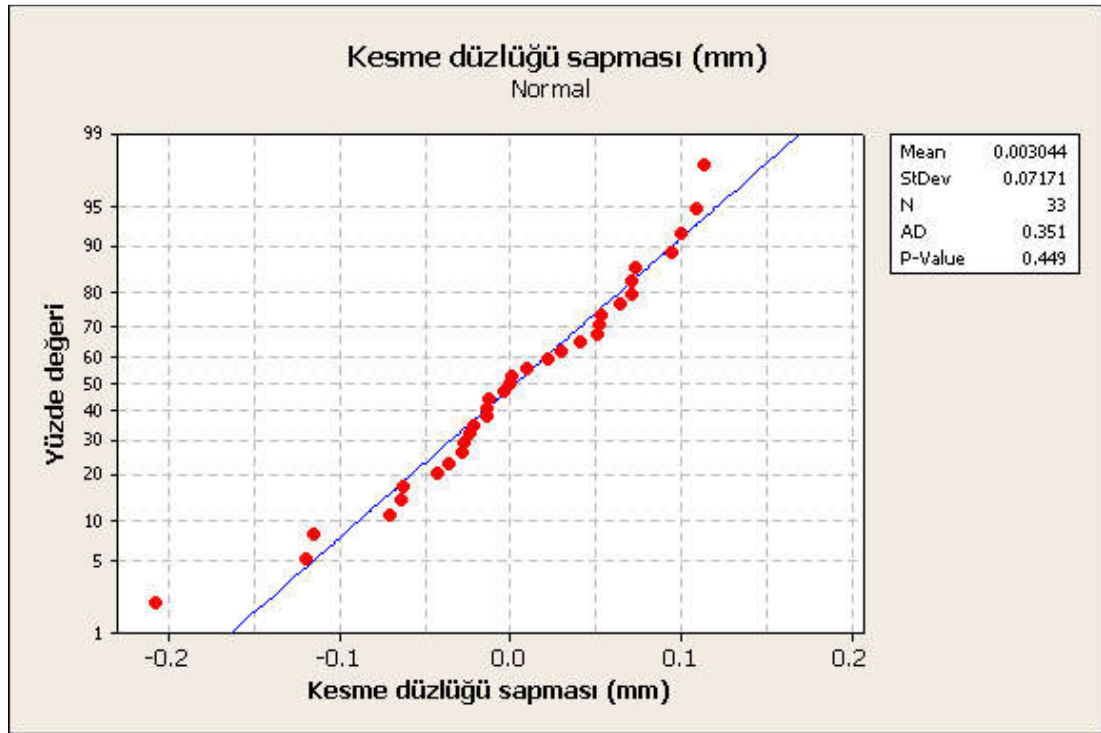
Şekil 7.37. Paslanmaz sac malzeme için tahmin edilen yuvarlanma Y değerleri

Kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanma X değeri, yuvarlanma Y değerlerini bulmak için aynı algoritma kullanılmıştır. Algoritmada 3 tane giriş değeri, 8 tane ara(gizli) katman ağırlığı ve 1 çıkış değeri bulunan 3 katmanlı yapay sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Giriş katmanında malzeme sertliği, sac kalınlığı ve kesme boşluğu değerleri var iken çıkış katmanında sırasıyla yukarıdaki değişkenler kullanılarak 4 ayrı algoritmada eğitim yapılmıştır. 3 katmanlı eğitim algoritması Şekil 7.6'da gösterilmiştir.

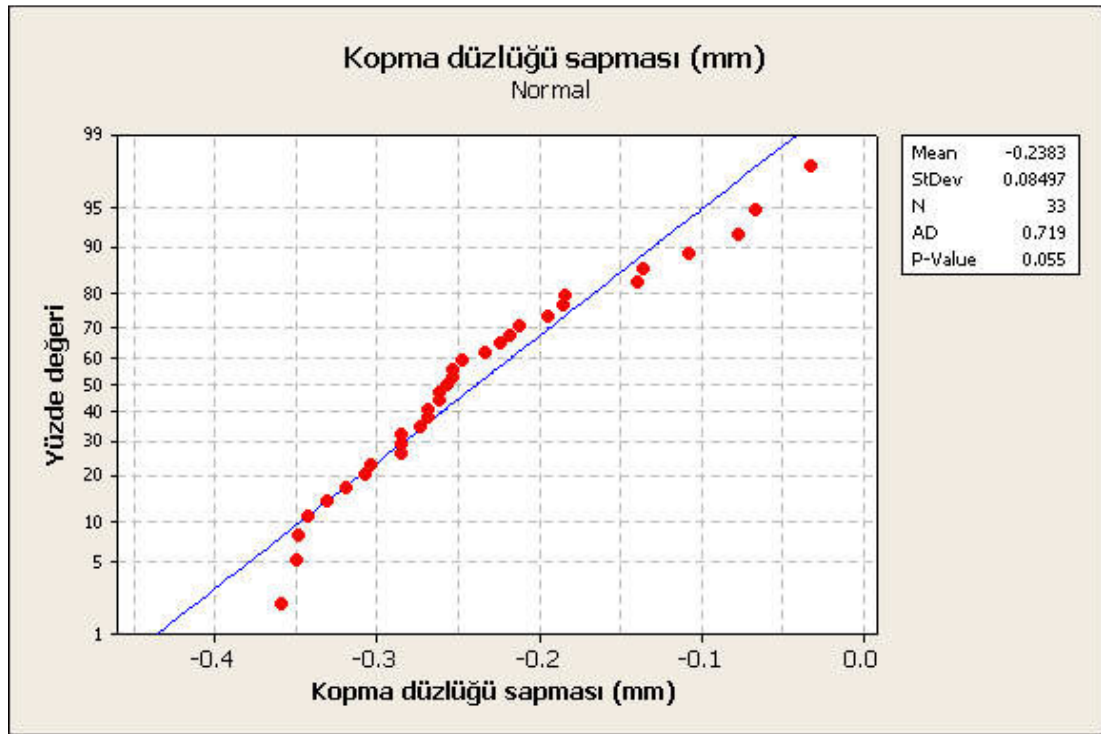
Paslanmaz sac 2,3 ve 4 mm kalınlıklarında apak oluşumu gözlenmediği için eğitim işlemleri yapılamamıştır. Bu nedenle paslanmaz sac numuneleri ile ilgili tahmin yapılmamıştır.

Giriş katmanından gizli katmana, geçişler logsig transfer fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Gizli katmandan çıkış katmanına geçişler ise tansig geçiş fonksiyonu ile yapılmıştır. şekil 7.8’de geçiş fonksiyonları gösterilmiştir.

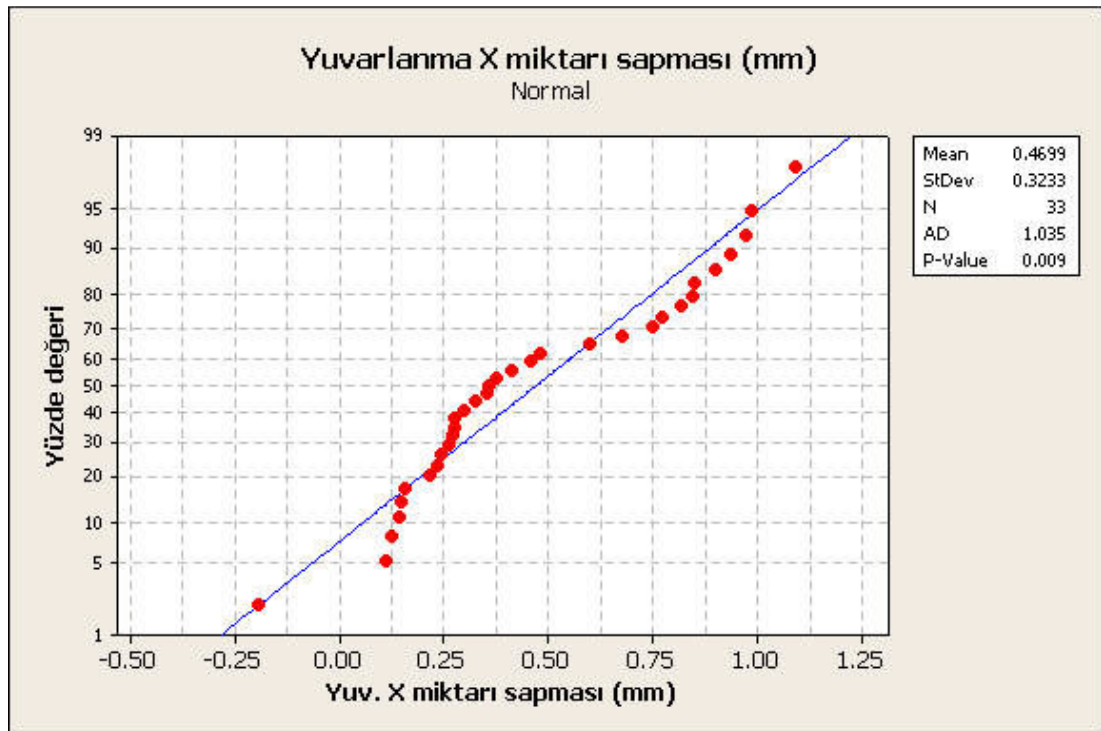
Eğitimler sonucunda bulunan veriler ile deneysel veriler arasındaki korelasyon katsayıları paslanmaz malzemede kesme düzlüğü için % 99.2, kopma düzlüğü için % 96.5, yuvarlanma x değeri için % 96.8 ve yuvarlanma y değeri için % 94.9 olarak bulunmuştur. Ayrıca hata değerleri bulunarak bu değerlere normalize testi uygulanarak, sapmalar grafikler halinde gösterilmiştir. Normalize testlerde görüleceği gibi, testi anlamlı kılan p değişkeni sıfıra yakın bulunmuştur buda 0,05 t^2 hipotezini doğrulamaktadır.



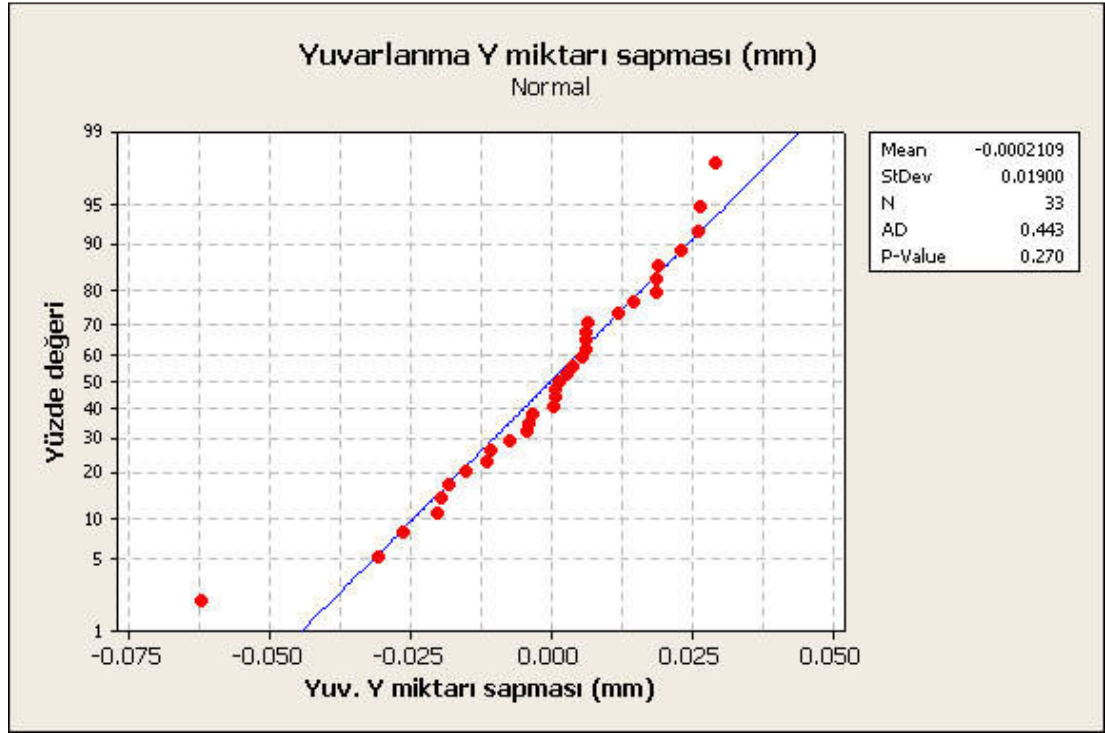
şekil 7.38. Paslanmaz malzemesi kesme düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.39. Paslanmaz malzemesi kopma düzlüğü tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.40. Paslanmaz malzemesi yuvarlanma X değeri tahminlerindeki sapmalar



Şekil 7.41. Paslanmaz malzemesi yuvarlanma Y değeri tahminlerindeki sapmalar

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucunda aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlar bulunmuştur;

- Pirinç malzemesinde sac kalınlığına göre ideal kesme boşluklarının 2 mm sac için 0,05 mm, 3 mm sac için 0,14 mm ve 4 mm sac için 0,21 mm alınması tavsiye edilmektedir. Bunların altındaki kesme boşluğu değerleri seçildiğinde kesme yüzeylerinde sıvanma ve zorlanmalar meydana getirmektedir.
- Numunelerin çapak miktarları malzeme ve kesme boşluklarına göre değişim göstermemiştir. Birbirlerine yakın değerlerde çapak oluşmuştur. Oluşan çapak miktarı ortalamaları ise 0,04 mm civarındadır. Max. Çapak miktarı 0,1 mm olarak ölçülmüştür.
- Pirinç malzemesi kesme numunelerindeki kesme düzlüğü mesafesinin sac kalınlığı arttıkça artması beklenmektedir. Ancak kesme numuneleri incelediğinde kesme düzlüğü ölçülerinin sac kalınlığına göre değişiklik göstermediği görülmüştür. Kopma yüzeyleri incelendiğinde ise bunun tersi bir durum görülmektedir, yani sac kalınlığı arttıkça kopma yüzeylerinin ölçüleri de artmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasının nedeni ise malzemenin yumuşak olmasıdır. Malzeme yumuşak olduğu için zımba tüm numunelerde yaklaşık ölçülerle parçaya battıktan sonra koparmakta ve buda parçalarda kesme düzlüğünün yaklaşık değerler almasına, kopma düzlüğünün ise farklı değerler almasına neden olmaktadır.
- Yuvarlanma ölçülerinin ise sert malzemelerden alınan değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Özellikle 4 mm pirinç numunelerde yuvarlanmaların neredeyse parçanın tüm yüzeyine yayıldığı gözlenmiştir.
- Çalışmalardan elde edilen deney verileri kullanılarak, geri beslemeli üç katmanlı ve dört katmanlı yapay sinir ağı modelleri kurulmuştur. Bu modellerle yapılan eğitim sonuçlarında hata oranları bulunarak hatanın 9×10^{-5} olacak şekilde eğitimi yapılmıştır.
- Eğitim modeli eğitime verilmeyen test verileri ile eğitilmiştir. Bu veriler toplam deney sayısının %5'ini içermektedir. Test verilerinin hata oranının genel hata oranından fazla olmaması sebebiyle model sonuçlandırılmıştır.

- Modele 5,6,7,8,9 ve 10 mm malzeme kalınlığı için tahmin yaptırılmıştır.
- Yaptırılan tahminler sonucunda elde edilen korelasyon değerleri ortalaması % 96,3 olarak görülmüştür. En düşük korelasyon değeri % 93,3 ve en yüksek korelasyon değeri ise % 99,2 olarak gerçekleşmiştir.
- Tahminler sonucunda elde edilen veriler geniş bir malzeme yelpazesi için kesme boşluğuna göre kesme düzlüğü, çapak, yuvarlanma ve kopma bölgelerini içeren grafikler haline dönüştürülmüştür.
- Yapılan çalışmada elde edilen veriler ışığında, kesme işlemi sırasında kesme yüzeylerinde oluşan kesme düzlüğü, kopma düzlüğü, yuvarlanmanın X,Y değerleri ve oluşan çapak miktarının yapay sınır ağları ile yeterli kesinlik derecesinde tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır.
- Deneylerde kullanılan malzemelerin ve kesme boşluğunun dışındaki malzemeler ve kesme boşluğu değerleri içinde tahmin yapılabilir duruma gelinmiştir.
- Deneylerde, kesme işlemlerindeki kesme kuvveti ölçülerek, eğitime eklenmesi halinde kesme boşluğuna göre kuvvetlerin oluşumu da incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Wadi, I., Balendra, R., "Using neural network to model the blanking process", *Journal of Materials Processing Technology*, 91:52-65 (1999).
2. Hambli, R., Guerin, F., "Application of a neural network for optimum clearance prediction in sheet metal blanking processes", *Finite Elements in Analysis and Design*, 28:42-56 (2000).
3. Hambli, R., "Prediction of burr height formation in blanking processes using neural network", *International journal of mechanical sciences*, 44:2089-2102 (2002).
4. Szecsi, T., "Cutting force modeling using artificial neural networks", *Journal of Materials Processing Technology*, 92-93:344-349 (1999).
5. Breitling, J., Pfeiffer, B., Altan, T., Siegert, K., "Process control in blanking", *Journal of Materials Processing Technology*, 71:187-192 (1997).
6. 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).
7. Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M., Kanıt, E., G., "Use of artificial neural networks for mapping of solar potential in Turkey", *Applied Energy* 77 (3): 273-286 (2004).
8. Sözen, A., Arcaklıoğlu, E., Özalp, M., "Performance analysis of ejector absorption heat pump using ozone safe fluid couple through artificial neural networks", *Energy conversion and management* 45 (13-14): 2233-2253 (2004).
9. Kahraman E., "Sac metal malzemelerin kalıpta kesilebilme özelliklerine kesme boşluğunun etkisi" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 41-158 (2006).
10. Uzun, I., Erişkin, Y., "Sac Metal Kalıpcılığı", *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul, 80-125 (1983).
11. Güneş, A.T., "Pres işleri tekniği", *Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, 25-120 (1989).
12. Ataşımşek, S., "Sac Kalıpları", Bursa, 5-150 (1977).
13. Kurt, H., "Kalıpcılık Tekniği ve Kesme Kalıplarının Tasarımı", *Birsen Yayınevi*, 10-52 (1999).

14. Yurtoğlu, H., “Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği”, Uzmanlık Tezi, **Devlet Planlama Teşkilatı**, 19-75 (2005).
15. Tuzcuoğlu, H., “Yapay zeka teknikleri, depremde kullanılması ve küme kuramları”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 5 (1): 73-88 (2003).
16. Keleşoğlu, Ö., Ekinci, C. E., Fırat, A., “Yalıtım hesaplarında yapay sinir ağlarının kullanımı”, **Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, 3:58-66 (2005)
17. Fırat, M., Güngör, M., “Askı madde konsantrasyonu ve miktarının yapay sinir ağları ile belirlenmesi”, **İMO Teknik Dergi**, 219: 3267-3282 (2004).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TRAŞ, Mehmet Ozan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 26.07.1980, Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 286 41 15
 Faks : 0 (312) 589 21 21
 e-mail : mehmet.tras@arcelik.com, ozantras@mynet.com

Eğitim

Derecesi	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kalıpçılık Öğretmenliği Bölümü	2003
Lise	Balgat Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-2007	Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi	Yapısal Tasarım

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilardo, Bilgisayar teknolojileri, Bowling, Futbol