

**KESME ZİMBALARINDAKİ AŞINMA TİPLERİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Ferhat AKYÜREK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2010
ANKARA**

Ferhat AKYÜREK tarafından hazırlanan “KESME ZİMBALARINDAKİ AŞINMA TİPLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Zafer TEKİNER

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Ahmet ÖZDEMİR

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Zafer TEKİNER

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Mehmet TÜRKER

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Ferhat GÜL

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 27/10/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Ferhat AKYÜREK

KESME ZİMBALARINDAKİ AŞINMA TİPLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ferhat AKYÜREK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2010

ÖZET

Bu tez çalışmasında, delme kalıplarındaki kesme boşluğunun ve zimba sertliğinin zimba aşınmasına ve bu aşınmanın sac malzeme kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma için sac malzeme olarak 2mm kalınlığında ST37 sac malzeme, zimba malzemesi olarak 50 RC, 55 RC, 60 RC sertliğindeki 1.2379 çelik kullanılmıştır. 3 farklı sertlikteki zimba malzemesi için 0,03 - 0,05 ve 0,08 oranlarında 3 farklı kesme boşluğu belirlenmiştir. Modüler bir delme kalıbı hazırlanıp, 3 farklı sertlikteki zimbalarla 3 farklı kesme boşluğunda pres tezgahında 2000-4000-600-8000 adet baskı yapılmıştır. Zimbalarda oluşan aşınma miktarları baskı sayısına göre belirlenmiştir. Aşınma miktarlarının sac malzemedeki çatlak oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Zimba aşınmasının çatlak oluşumunu hızlandırdığını ve sac malzemelerde kesme düzlüğünü azalttığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Aşınma tipleri, Zimbalar, Kesme kalıpları, malzeme
Sayfa Adedi : 68
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Zafer TEKİNER

**AN EXPERIMENTAL STUDY OF WEARING TYPES
IN CUTTING PUNCHES**

(M.Sc.Thesis)

Ferhat AKYÜREK

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2010

ABSTRACT

In this thesis study, the effects of cutting die clearance and punch hardness to the punch wear are determined. ST37 sheet metal with 2mm thickness and 1.2379 steel material with 50 RC, 55 RC, 60 RC hardness are used as the sheet metal and punch material respectively for this study. 3 different cutting die clearance with the ratio of 0.03 – 0.05 and 0.08 are determined for the punch material in 3 different hardness properties. A modular punch die is prepared and 2000, 4000, 6000 and 8000 samples are pressed with press by using the punch material in 3 different hardness properties that has 3 different cutting die clearance.

Science Code : 708.3.028
Keywords : Wear types, Punch, Cutting die, Material
Page Number : 68
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Zafer TEKİNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca her türlü yardımı esirgemeyerek beni yönlendiren değerli Danışmanım Doç. Dr. Zafer TEKİNER'e, deneyleri gerçekleştirmem için gerekli ekipman yardımını sağlayan Tübitak-Sage'ye, emekli öğretim görevlisi Latif KARA'ya, çalışma arkadaşlarım Sn. Mesut ÖZEL, Sn. Mustafa BAŞALTIN ve Sn. Aziz Egemen VARLI'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. DEFORMASYON KRİTERLERİ.....	2
2.1.Deneysel ve yarı deneysel modeller kullanarak çatlak kriterlerinin belirlenmesi	3
2.2. Teorik yöntemler kullanılarak hasar kriterlerinin belirlenmesi.....	4
3. SAC METAL KALIPÇILIĞI.....	15
3.1. Sac Metal Kalıpları	15
3.1.1.Kalıpta kesme ve delme.....	17
3.1.2.Kesme boşluğu	22
3.1.3.Kesme boşluğunun belirlenmesi	24
3.2.Kalıp Ömrü	26
3.2.1.Kalıp ömrünü etkileyen fazla aşınma nedenleri.....	27
3.3.Aşınma	27
3.3.1.Abraziv aşınma.....	28

Sayfa

3.3.2.Difüzyon aşınması.....	28
3.3.3.Oksidasyon aşınması	28
3.3.4.Yorulma aşınması.....	28
3.3.5.Adeziv aşınma	28
3.4. Ağız Dökülmesi	29
3.5. Sıvanma	29
3.6. Plastik Deformasyon	29
3.7. Ondülasyon.....	30
3.8. Form Yırtılması.....	30
3.9. Sac İncelmesi	30
4. MATERYAL VE METOD	31
4.1. Pres Tezgahı.....	31
4.2. Deneyde Kullanılan Kalıp Seti	32
4.3. Kalıp Setinin Prese Bağlanması.....	34
4.4. Ölçüm Cihazları.....	34
4.5. Deneyde Kullanılan Sac Malzeme.....	36
4.6. Deneyde Kullanılan Zimba Malzemesi.....	38
4.7. Deneyde Kullanılan Kesme Boşluklarının Hesaplanması.....	38
4.8. Deneysel Metot	39
4.9. Zımbalardaki Aşınma Değerlerinin Ölçülmesi.....	41
5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	42
5.1. St-37 Sac Malzeme Numuneleri	42
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64

Sayfa

KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ	68

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3. 1. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu çizelgesi	26
Çizelge 4. 1. Dirinler marka presin teknik özellikleri	32
Çizelge 4. 2. Dişi kalıp üzerindeki delik ölçüm sonuçlar	35
Çizelge 4. 3. ST-37 çelik sac malzeme kimyasal özellikleri.....	36
Çizelge 4. 4. 1.2379 soğuk iş takım çeliği kimyasal özellikleri.....	38
Çizelge 4. 5. Kesme boşluğu hesaplama çizelgesi	39
Çizelge 4. 6. Kullanılan zımba ve kesme parametreleri çizelgesi.....	40

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Kachanov deformasyon tanımlaması	5
Şekil 2. 2. Basit deformasyon oluşan yüzey modeli.....	6
Şekil 3. 1. Bir sac metal kesme kalıbının temel parçaları	16
Şekil 3. 2. Kalıpta kesme işlemindeki üç evre	17
Şekil 3. 3. Kesme işleminin şerit malzemede gösterimi	19
Şekil 3. 4. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı	20
Şekil 3. 5. Kesme kalıplarında batma olayı	20
Şekil 3. 6. Kesme kalıplarında kopma olayı	20
Şekil 3. 7. Kesme işleminde malzeme içerisinde oluşan gerilmeler	21
Şekil 3. 8. Kesme işleminde oluşan gerilimlerin dağılımı	22
Şekil 3. 9. Tek taraflı kesme boşluğu	23
Şekil 3. 10. Kalıp boşluğunun dişi kalıp ve zimbaya uygulanışı	24
Şekil 4. 1. Deney kalıbı görüntüsü	33
Şekil 4. 2. Deney numunesi yatay çekme testi grafiği.....	37
Şekil 4. 3. Deney numunesi dikey çekme testi grafiği	37
Şekil 5. 1. %3 kesme boşluğunda 50RC, 55RC, 60RC sertliğindeki zimbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği	42
Şekil 5. 2. %3 kesme boşluğunda 50RC, 55RC, 60RC sertliğindeki zimbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği.....	43
Şekil 5. 3. %5 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zimbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği	46
Şekil 5. 4. %5 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zimbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği.....	47

Şekil	Sayfa
Şekil 5. 5. %8 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği	50
Şekil 5. 6. %8 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği.....	51
Şekil 5. 7. 50 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği	54
Şekil 5. 8. 50 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği.....	55
Şekil 5. 9. 55 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği	55
Şekil 5. 10. 55 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği.....	56
Şekil 5. 11. 60 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği	56
Şekil 5. 12. 60 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği.....	57
Şekil 5. 13. 55HRC sertliğindeki zımbanın ortalama aşınma değerleri	59
Şekil 5. 14. 55 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi	61
Şekil 5. 15. 60 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi	62
Şekil 5. 16. 50 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi	62

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4. 1. Dirinler marka pres.....	31
Resim 4. 2 Kalıbın prese bağlanması	34
Resim 4. 3 Üç boyutlu ölçüm cihazı görüntüsü	34
Resim 4. 4. Dişi plakada kesme boşluklarının ölçülmesi	35
Resim 4. 5. Deney kalıbı markalama görüntüsü	35
Resim 4. 6. Çekme test cihazı	36
Resim 4. 7. Kenar aşınma değerlerinin elde edilmesine ait görüntü	41
Resim 4. 8. Yüzey aşınma değerlerinin elde edilmesine ait görüntü	41
Resim 5. 1. %3 kesme boşluğunda 8000 baskı sonucunda elde edilmiş numune	43
Resim 5. 2. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60 HRC sertliğindeki zımba	44
Resim 5. 3. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba	45
Resim 5. 4. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba	45
Resim 5. 5. %5 kesme boşluğunda 8000 baskı sonucunda elde edilmiş numune	47
Resim 5. 6. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60HRC sertliğindeki zımba	48
Resim 5. 7. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba	49
Resim 5. 8. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba	49
Resim 5. 9. %8 kesme boşluğunda 8000 baskının sonunda elde edilmiş numune.....	51
Resim 5. 10. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60 HRC sertliğindeki zımba ...	52
Resim 5. 11. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba ...	53
Resim 5. 12. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba ...	53
Resim 5. 13. %3 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı.....	58

Resim	Sayfa
Resim 5. 14. %5 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı.....	58
Resim 5. 15. %8 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı.....	58
Resim 5. 16. %5 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi.....	60
Resim 5. 17. %8 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi.....	60
Resim 5. 18. %3 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
$\bar{\sigma}$	Efektif gerilme
Σ_1	Enbüyük kopma gerilmesi
$d\bar{\varepsilon}$	Efektif gerilme artışı
δS	Düzlemdeki toplam kesişim alanı
m	Kütle
n	Yüzeyin dik (normal) vektörü
x	n doğrultusundaki eksen
f	Bağıl yoğunluğun bir fonksiyonudur
p	Malzeme yoğunluk oranı
$\bar{\varepsilon}_i$	Kırılmanın başladığı noktadaki gerinme

1. GİRİŞ

Otomotiv ve beyaz eşya sektörleri başta olmak üzere presle sac şekillendirme prosesi seri imalat için oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Dolayısıyla sac metal kalıplarında yapılacak geliştirmeler daha hassas ve daha ucuz parça imalatını mümkün kılarak sektörlerin ihtiyaç duyduğu rekabeti desteklemiş olacaktır. Sac metal kalıpçılığı endüstrisinin ihtiyaç duyduğu temel maddelerin önemli bir bölümünü kalıp yapımında kullanılan belli başlı çelikler oluşturmaktadır. Metal malzemelerin kullanımında malzemenin ömrü çok önemli bir yer tutmaktadır. Genel özellikleri belirleyen fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerin yanında yüzey bölgesi özellikleri, malzemelerin aşınma, sürtünme, korozyon ve yorulma dayanımını büyük oranda etkiler.

Sac metal şekillendirme kalıplarında gözlenen tribolojik problemler kalıp tasarımında ve kalıp malzemesinde teknolojik iyileştirmeler yaparak daha hassas, aşınma direnci ve yorulma dayanımı yüksek kalıp yüzey bölgelerinin imalatını gerekli kılmıştır. Malzemelerin yüzey bölgesi özelliklerinin anlaşılması ve bu özellikleri değiştirmeye yönelik çalışmalar yüzey bilimi ve teknolojisi başlığı altında hızla gelişmektedir.

Kalıp yüzey bölgelerinin istenilen özelliklere sahip olabilmesi kalıp yüzeylerinde yapılan modifikasyonlarla gerçekleştirilebilmektedir. Malzeme yüzey bölgesinin sert, aşınmaya dayanıklı ve yeterli mukavemette olması istenildiğinde kesilecek malzemeye uygun yüzey sertleştirme işlemi uygulanmalıdır.

Bu deneysel çalışmada kesme kalıplarında kullanılan kesme boşluğunun sabit bir sac malzeme ile farklı sertlikteki zımbaların kombinasyonları yapılarak en ideal kesme boşluğunun bulunması ve uygun olan zimba sertliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu araştırma sonuçları kesme kalıbı üretiminde iyi bir ürün kalitesi yakalayabilmek için uygun kesme boşluğunun belirlenmesi ve en uzun zimba ömrü için uygun sertlik değerinin belirlenmesine katkıda bulunacaktır.

2. DEFORMASYON KRİTERLERİ

Günümüze kadar deformasyon mekanizmalarının oluşumu hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıda deformasyon mekanizmaları konusunda çalışan ve deformasyon esnasında çatlak oluşumu konularına açıklık getiren araştırmalar özetlenmiştir. Deformasyon aşamalarını maddeler halinde sunan lemaitre çatlak oluşumunu üç aşamalı olarak açıklamıştır [1].

- Yüzeylerde ve malzeme arayüzlerinde meydana gelen mikro gerilmelerin yüzeyde toplanması,
- Mikro çatlakların birleşerek büyümesi ve orta seviyede bir çatlağın başlaması,
- Makro seviyede bir çatlağın gelişimi.

İlk iki aşamada malzeme formunu korurken üçüncü aşamaya geçtiğinde kalıcı deformasyon gözlenebilmektedir.

Literatürde çatlağın oluşumunu tesbit etmek için çeşitli formülizasyonlar tanımlanmıştır ve bu formülasyonlar çatlak oluşum deformasyon değerlerini elde etmek için kullanılmaktadır. Plastik deformasyonu oluşturan kriterlerin temelinde şunlar vardır. Çatlama; hasar parametreleri kritik bir değere ulaştığında meydana gelir. Bu kritik değer malzemeye ve çalışma koşuluna göre değişir. Çatlama iki bölümde incelenebilir.

- Anlık hasar kriterleri

Bu kriterde çatlamanın başlangıcını tespit etmek için kesin bir kritik değer aranır. Bu kritik değeri tespit etmek içinse süreç içerisindeki kesin parametrelere bakılır.

- Toplam hasar kriterleri

Bu kriterde çatlamanın hesaplanması için belli bir süreçteki tüm parametrelerin toplamını hesaba katar. Bu kriterlerin çoğu, gerinmedeki değerleri toplayarak hesaplanır.

Çatlak tespit metotlarının bir başka sınıflandırılma şeklini ise Shabara ve bir çok araştırmacı aşağıdaki eşitliklerle tanımlamıştır. Bunlar; deneysel, yarı deneysel ve teorik yöntemlerdir [2].

2.1. Deneysel ve yarı deneysel modeller kullanarak çatlak kriterlerinin belirlenmesi

Bu aşınmalar gerilme, basma ve gerinme oranlarının birlikte incelenmesine dayanır. Birlikte incelenen bütün gerilme-gerinim kriterleri deneysel ve yarıdeneysel metotlara dayanır. Bunlarda Freudenthal'ın tanımladığı birim hacimdeki yapılan kritik plastik deformasyon kriterlerinin değişik bir versiyonudur ve aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır;

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \bar{\sigma} d\bar{\epsilon} = C_1 \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte, $\bar{\sigma}$: Efektif gerilme, $d\bar{\epsilon}$: efektif gerilme artışı, $\bar{\epsilon}_f$: çatlamaya neden olan efektif gerinme dir. C_1 ise eşitliğin çözümünden elde edilen kritik değerdir.

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \sigma_1 d\bar{\epsilon} = C_2 \quad (2.2)$$

C_2 kopma gerilmeleri kullanılarak hesaplanan bir toplam gerilme teoremi.

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \frac{\sigma_1}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon} = C_3 \quad (2.3)$$

σ_1 =Enbüyük kopma gerilmesi, C_3 = normalize edilmiş kopma gerilmesidir.

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \frac{2\sigma_1}{3(\sigma_1 - \sigma_m)} d\bar{\epsilon} = C_4 \quad (2.4)$$

σ_m =Maksimum kopma gerilmesi ile hidrostatik gerilme oranıdır, C_4 =kopma gerilmesi ile hidrostatik gerilmenin oranlanmasıdır. C_5 = Hidrostatik gerilmenin efektif gerilmeye oranlanması

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon} = C_5 \quad (2.5)$$

2.2. Teorik yöntemler kullanılarak hasar kriterlerinin belirlenmesi

Metaller düzenli yerleşmiş moleküler atomlardan oluşur. Bu düzen içerisinde bazı düzensizlikler'de görülebilir. Bazı atomlar eksik olabilir veya düzensiz yapıda olabilir. Kayma gerilmesi uygulandığında bu düzensiz yapılar sınır boyunca deplasman gösterir ve plastik gerilmeye yol açabilir.

Sınır tabakanın bozulması hasar sürecinin başlama noktasıdır. Yapı içerisindeki düzensiz atomların yer değiştirmesi ve sonunda durması malzeme içinde sıkıştırılmış bir alan oluşturur ve bu alanda bir başka bozulmayı durdurabilir. Bu süreç mikro çatlakların oluşumuna neden olabilir [1].

Elastisite, hasardan doğrudan etkilenir. Atomların düzenlerinin bozulması sebebiyle elastisite değeri düşer.

Plastisite, kaymayla direk olarak orantılıdır metallerde eksik atomlar yüzünden kayma meydana gelir. Hasar plastik gerilmeyi etkiler, çünkü sınırlardaki atomların sürekli olması malzemenin temel dayanımını düşürür.

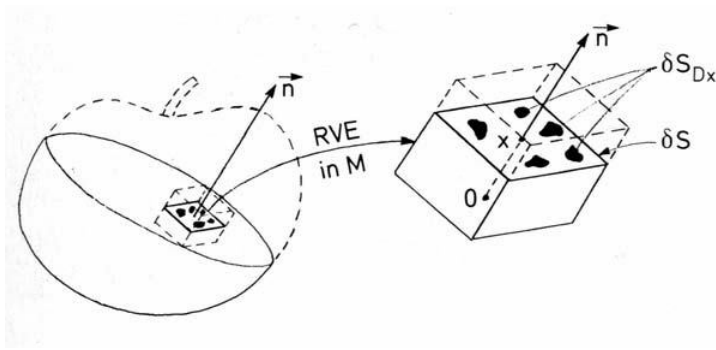
Mikro yüzeylerdeki süreksizlikler nedeniyle hasar bölünebilir. Orta ölçekte mikro seviyede oluşan çatlakların davranışlarını kestirebilmek için malzeme üzerinden örnek bir hacim seçilir ve hesaplamalar malzemenin geneline yayılabilir.

Lemaitre literetürde belirttiği gibi Kachanovun bir boyutlu yüzey gerilme değişkenleri ile oluşan deformasyonu, bir yapıdan alınan örnek hacim elemanı ile bir boyutlu değişkenlik gösteren yüzeysel deformasyon şeklinde aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

M= Kütle

n= Yüzeyin normal vektörü

x= n Doğrultusundaki eksen



Şekil 2. 1. Kachanov deformasyon tanımlaması [1]

Deformasyon değeri $D(M, \vec{n}, x)$

$$D(M, \vec{n}, x) = \frac{\delta S_{Dx}}{\delta S} \quad (2.6)$$

S_{Dx} = Alınan kesitteki kesişim yüzeyinin alanı

n= x eksenindeki dik kesit

δS = düzlemdeki toplam kesişim alanı

X yönünde değişen bütün yüzeyler arasındaki en fazla deformasyon oluşmuş yüzey aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

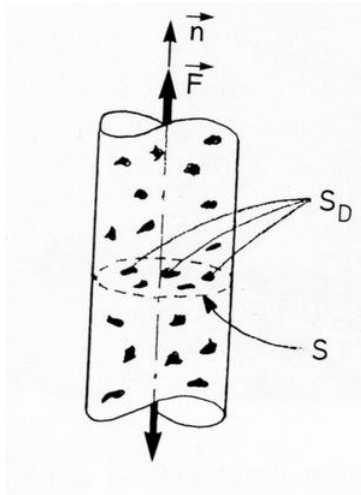
$$D(M, \vec{n}) = \text{Max}_{(x)} [D(M, \vec{n}, x)] \quad (2.7)$$

Denklemden x değişkenini yok sayılırsa,

$$D(M, \vec{n}) = \frac{\delta S_D}{\delta S} \quad (2.8)$$

Basit boyutlu bir problem için homojen deformasyon dağılımı yapılarak Şekil 2.1 deki durum göz önünde bulundurulursa, aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$D = \frac{S_D}{S} \quad (2.9)$$



Şekil 2. 2. Basit deformasyon oluşan yüzey modeli [1]

Deformasyon (D) aşağıdaki gibi kısıtlanabilir.

$$0 \leq D \leq 1 \quad (2.10)$$

$D = 0$ Durumu için örnek hacim hiç hasar görmemiştir. $D=1$ Durumu için ise hacim kırılarak iki parçaya bölünmüştür. $D < 1$ İçin atomların kısıtlanmış alanlarda sıkışmasından dolayı düzensiz bir süreç dahilinde kırılma gerçekleşir. Bu kırılma kritik bir değere tekabül eder ve bu değer D_C olarak anılacaktır. D_C malzeme ve yük durumuna bağlıdır.

$$0 \leq D \leq D_C \quad (2.11)$$

Hasarın ölçülme yöntemleri aşağıdaki yöntemler ile sınıflandırılabilir.

- a) *Direk ölçüm*: Bu mikro çatlak resimleri ile yapılır.
- b) *Elastisite modülündeki değişim*: Bu elastisite üzerindeki etkiye bağlı dolaylı bir yöntemdir.

$$\varepsilon_{el} = \frac{\sigma}{E(1-D)} \quad (2.12)$$

Bu yöntem kesin bir gerinim ölçümü gerektirir. Genellikle strengeler kullanılır ve E değeri yükleme bittikten sonra ölçülür. Eğer $\bar{E} = E(1-D)$ durumu düşünülürse deformasyon aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$D = 1 - \frac{\bar{E}}{E} \quad (2.13)$$

- c) *Mikro sertliğin değişimi*: Plastisitedeki hasarın ölçülmesine dayanan dolaylı bir yöntemdir.
- d) *Yoğunluktaki değişim*: Burada kalıcı hasarın başlama noktasını tesbit etmek için, malzeme üzerindeki boşluklar küresel olarak kabul edilerek, hacimde meydana gelen artışın hesaplanmasına dayanan bir yöntemdir.
- e) *Elektriksel direncin değişimi*.
- f) *Akustik emisyon*: Hasarlı bölge tespit edilebilir ama sonuçlar deformasyonu tesbit etmek için yeterli değildir.

Rabotnov efektif gerilme formülünü 1968' de aşağıdaki gibi sunmuştur: Eğer Şekil 2.2 deki örnek hacim kullanılırsa, $\bar{F} = F\bar{n}$ efektif gerilme olmak şartıyla aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{S} \quad (2.14)$$

Eğer bütün mikro çatlaklar ve mikro boşluklar S_D ile gösterilecek olursa kopma durumundaki efektif stres aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{S - S_D} \quad (2.15)$$

Giriş hasar parametresi $S = S_D / S$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{S(1 - \frac{S_D}{S})} \text{ veya } \bar{\sigma}_t = \frac{\sigma}{1 - D} \quad (2.16)$$

Kopma durumundaki efektif gerilmeyi ifade eder. Sıkıştırılma durumunda $S - S_D$ yüzey gerilme direncinden küçük olduğu sürece yüzey yüke direnç gösterir. Malzeme tamamen deformasyona yakınsa efektif stres sıkışma durumundaki efektif strese eşittir.

Lamaitre gerinme eşitliği prensibini 1971 de aşağıdaki gibi belirtmiştir:

$$0 < D < D_c \quad \varepsilon = f\left(\frac{\sigma}{(1 - D)}\right) \quad (2.17)$$

Malzemedeki kırılma büyük çaptaki kırılmalardan ve mikroskobik boyuttaki çatlakların birleşmesinden oluşur. McClintock çalışmalarına göre boşluklar ve çatlakların kırılmayı oluşturacak kritik bir değeri vardır. Bu eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\int_0^{\bar{\varepsilon}_f} \left[\frac{\sqrt{3}}{2(n-1)} \sinh \left\{ \frac{\sqrt{3}(1-n)}{2} \frac{\sigma_a + \sigma_b}{\bar{\sigma}} \right\} + \frac{3}{4} \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\bar{\sigma}} \right] d\bar{\varepsilon} = C_6 \quad (2.18)$$

n: gerinme sertliği sabiti σ_a ve σ_b asal gerilmelerdir.

Eastiksel olarak rijit, sıkıştırılmaz ve boşluklu bir yapıya sahip plastik bir malzemenin akış alınındaki temel değişimlerini karakterize etmiştir. Boşlukların artması ortalama gerileme ve kopma gerilmesi oranı ile eksponansiyel olarak bağlantılıdır [3].

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} e^{\left(\frac{A\sigma_m}{\bar{\sigma}}\right)} d\bar{\epsilon} = C_7 \quad (2.19)$$

A= Deneylerle tespit edilen malzeme sabitidir

Daha öncede bahsedildiği gibi metal şekillendirme süreci gerileme gerinim yöntemlerine dayalıdır. Başka bir deyişle hidrostatik gerilmeye dayalıdır. Hidrostatik gerilme çatlama gerilmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu yüzden çatlama gerinimi metal şekillendirme yöntemleri arasında değişiklik arz eder.

Malzeme deforme olduğu zaman boşluklar malzeme üzerinde ϵ_i gerilme değerinde başlarlar malzemenin mekanik özellikleri çatlağı ilerletmek için yeterli bir etken değildir. Bu yüzden çalışma limitini belirlemek mümkün değildir. Basitleştirecek olursak kırılma gerinimi ϵ_f gözle tespit edilemez.

Kırılma gerinimi hesaplamaları için kabul edilebilir kriterler gerinme terimleri ile ifade edilir. Plastik deformasyon boyunca boşluklar sayı ve ebad olarak büyüdüğünden malzemenin yoğunluğu azalır. Sonuç olarak oluşan çatlak ve kırıkların toplamı malzemenin kırılmasına neden olur. Malzemedeki değişim veya hacimsel gerinme kopma noktasını ölçmek için iyi bir yöntemdir. Hacimsel gerinme belirli bir değere ϵ_v geldiğinde malzemenin yapısında bozulma oluşur ϵ_v malzemenin tipine bağlıdır. Aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\int_0^{\varepsilon_{vf}} f^2 p^{2n-1} d\varepsilon_v = v \int_{\bar{\varepsilon}_i}^{\bar{\varepsilon}_f} \left(A + \frac{\sigma_m}{\sigma} \right) d\bar{\varepsilon} \quad (2.20)$$

f: Bağlı yoğunluğun bir fonksiyonudur

p: Malzeme yoğunluk oranı

n: Malzeme sabiti.

$\bar{\sigma}$: Eşdeğer gerilme

σ_m : Hidrostatik gerinme

$\bar{\varepsilon}_i$: Kırılmanın başladığı noktadaki gerinme

A: Malzeme sabiti

Yukarıdaki eşitliğin sol tarafı sadece malzemeye bağlıdır. Bu yüzden sol tarafa ‘C’ dersek denklem aşağıdaki şekli alır.

$$\int_{\bar{\varepsilon}_i}^{\bar{\varepsilon}_f} \left(1 + \frac{\sigma_m}{A\bar{\sigma}} \right) d\bar{\varepsilon} = C \quad (2.21)$$

C: malzeme sabiti

Örneğin;

$$C = \frac{1}{A} \int_0^{\varepsilon_{vf}} f^2 p^{2n-1} d\varepsilon_v \quad (2.22)$$

Çatlağın başladığı notadaki gerinme basınca bağlıdır.

$\varepsilon_{eq,i} = 0$ kabul edersek aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$\int_0^{\bar{\varepsilon}_f} \left(1 + \frac{\sigma_m}{A\bar{\sigma}}\right) d\bar{\varepsilon} = C \quad (2.23)$$

Malzeme sabiti silindirik bir hacim elemanı ile tahmin edilir. Eksenel ve silindirik gerilmeler silindirin orta noktasındaki bozulmalardan ve kaymalardan hesaplanabilir. Eğer bir çatlak çıplak gözle görülebilir seviyede ise örnek elemandaki $\bar{\varepsilon}_f$ aşağıdaki gibi yazılabilir [4].

$$\bar{\varepsilon}_f = -\frac{1}{A} \int_0^{\bar{\varepsilon}_f} \frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}} d\bar{\varepsilon} + C \quad (2.24)$$

Lineer yaklaşımla malzeme sabiti $y = mx + n$ malzeme sabiti A eğrinin eğiminden hesaplanabilir.

$$m = -\frac{1}{A} \quad (2.25)$$

Malzeme sabiti C orta hat ve yukarıda hesaplanan eğrinin y eksenini ile kesişimidir.

$$C = n \quad (2.26)$$

Yukarıdaki eşitlikleri kullanarak sac malzemenin çatlak oluşumunun başladığı yüzde sac kalınlığı, stres ve strain değerleri üzerine çalışan bir çok araştırmacıya literatürde raslamak mümkündür.

Myo Hla Myint ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarında y-tzp ve tungusten karpit zımbaların aşınmalarını incelemişlerdir. 0-100-1000-10000-50000-109000 baskı yaparak zımbaları karşılaştırmışlar ve alın yüzey ve yan yüzey aşınmasında wc/co (wolfram carbide/cobalt) zımbanın daha üstün olduğunu görmüşlerdir. Zircona zımbada plastik deformasyon oluşumunu veren eşitlikler yardımıyla malzeme sabitlerini bulmuşlardır [5].

Dae-Cheol Ko ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarında delme kalıplarında TiN kaplamalı zımbanın sonlu elemanlar yöntemiyle analizini yapmışlardır. Bu araştırmada delme zımbalarında TiN kaplama ve çalışma derinliği mekanizmasını sonlu elemanlar medodu ile inceleyerek bilgisayar modeli hazırlanmıştır. Archard ın kaplama modeli ve çalışma derinliği değeri adım adım arttırılarak deney sonuçları sonlu elemanlar yöntemi ve Mc Clintock eşitlikleri kullanılarak bulunmuştur [6].

Zeng ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarında pul üretiminde kullanılan kesme kalıbı için 4 farklı zımbanın baskı sayısına bağlı olarak uygulanan güç değişimi karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu dört farklı zımba ise şöyledir;

- CrTiN(krom titanyum nitrür) kaplanmış
- TiN/NbN kaplanmış
- Çok katmanlı kaplanmış karbon kompozit
- Kaplanmamış

Tüm kaplamalar SKH52 çelik zımbalar üzerine magnetron sputtering stili ile yapılmıştır. Parametrik çalışmalar ışığında, şekil değiştirme basıncı, kompozisyon ve yapısı kaplamaların performansını ve optimum zımba ömrünü belirlemek için yol göstermiştir. 25 tonluk preste pul kesimi soğuk karbon çeliği kullanılarak yapılmıştır. Kaplanmış zımbalar kaplanmamış zımbalarla karşılaştırılmıştır. Optik mikroskopta elde edilen görüntülerle güç grafikleride çözümlenmiştir. Sonuçlar, kaplama uygulamasının zımbanın ömrünü artırdığını göstermiştir. Ayrıca kaplamalar arasında CrTiN kaplama düşük sürtünme katsayısı ve yüksek sertliği nedeniyle diğer iki kaplamanında önüne geçmiştir [7].

Hernandez ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarında paslanmaz çelik parçaların form hatalarına takım aşınmasının etkilerinin deneysel analizini yapmışlardır. Çalışmada 6 ve 8 mm AISI 304-A2 zımba ve 1mm AISI304 paslanmaz çelik sac kullanılmıştır. 10000-15000-.....-40000 baskı yapılmıştır. %5-8-11-14 kesme

boşluğu zımba ve dişiye hesaplanan belli ölçüde pahlar kırılmıştır ve baskı sayısı radyal aşınma boyu grafiği, eksenel aşınma boyu baskı sayısı gibi grafikler çıkartılmıştır. Çatlak oluşumu incelenmiş ve deneysel eşitliklerle kıyaslanmıştır [8].

Ridha Hambli ve arkadaşları, yaptıkları araştırmalarında kesici uçlara nitrasyon (koruyucu kaplama) yaparak, kesme boşluğunun, kesici ucun aşınmasını, sac kalınlığının kalıplama kuvveti üzerindeki etkileri üzerine çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda, optimum bir kesme boşluğunun olmadığını, kesme boşluğunun %5 ile %7 arasında alınmasının kalıpçıların deneyimlerine bağlı olduğunu savunmuştur[9].

S.Y. Luo, yaptığı çalışmada, kalın çelik plakalarda, farklı çaplarda delme işlemini araştırmıştır. Konveks kesme açıları, konveks uzunluklar ve yüzey işlemleri kullanarak kalıplarda kesme işlemi sırasında zımba aşınmasını incelemiştir. Kesme işlemi sırasında zımbalardaki aşınmanın, genellikle kenar aşınması, yüzey aşınması ve çatlamlar şeklinde olduğunu bulmuştur [10].

Ridha Hambli, yaptığı çalışmada sac metal kesme-delme işlemlerinde, sonlu elemanlar yöntemi kullanarak zımbanın aşınma durumunu önceden tahmin etmeyi amaçlamıştır. Aşınmayı tahmin etme modeli, zımba aşınmasının normal kuvvet ile bazı malzeme parametre fonksiyonunun zımba aşınmasına denk düştüğü kesin bir eleman kodunda bulunmaktadır. Aşınma modeli, çatlama başlangıcını ve yüzeye yayılmasını izah etmek amacıyla kullanılmıştır. Zımba aşınmasının zımba profilinde dağılımı elde edilerek endüstriyel gözlemlerle karşılaştırılır. Bundan başka, çapak oluşumunda zımba aşınmasının etkisi araştırılmak için rakamsal bir araştırma da gerçekleştirilmiştir. Aşınmaya göre çatlak oluşumu ve açısı aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmıştır.

$$\beta = \frac{c}{1 + R_{wp} / t - \alpha_d (\beta_d + Rwp / (0,01tc))} \quad (2.27)$$

eşitliğe göre β çatlak oluşum açısı, α_d ve β_d malzeme sabiti, R_{wp} zımba kesici kenar radüsü, t sac kalınlığı ve c kesme boşluğudur.

$$Har = 1 + \frac{R_{wp}}{t} - \alpha_d \left(\beta_d + \frac{R_{wp}}{0,01tc} \right) \quad (2.28)$$

Har , çatlak oluşum derinliğidir [11].

Bu çalışmada aşınma miktarı zımbalara yarıçap değeri olarak verilerek yukarıdaki eşitlik ile çatlak başlama derinliği ve açısı bulunmuştur. Bu değerler deneysel sonuçlarla kıyaslanmıştır.

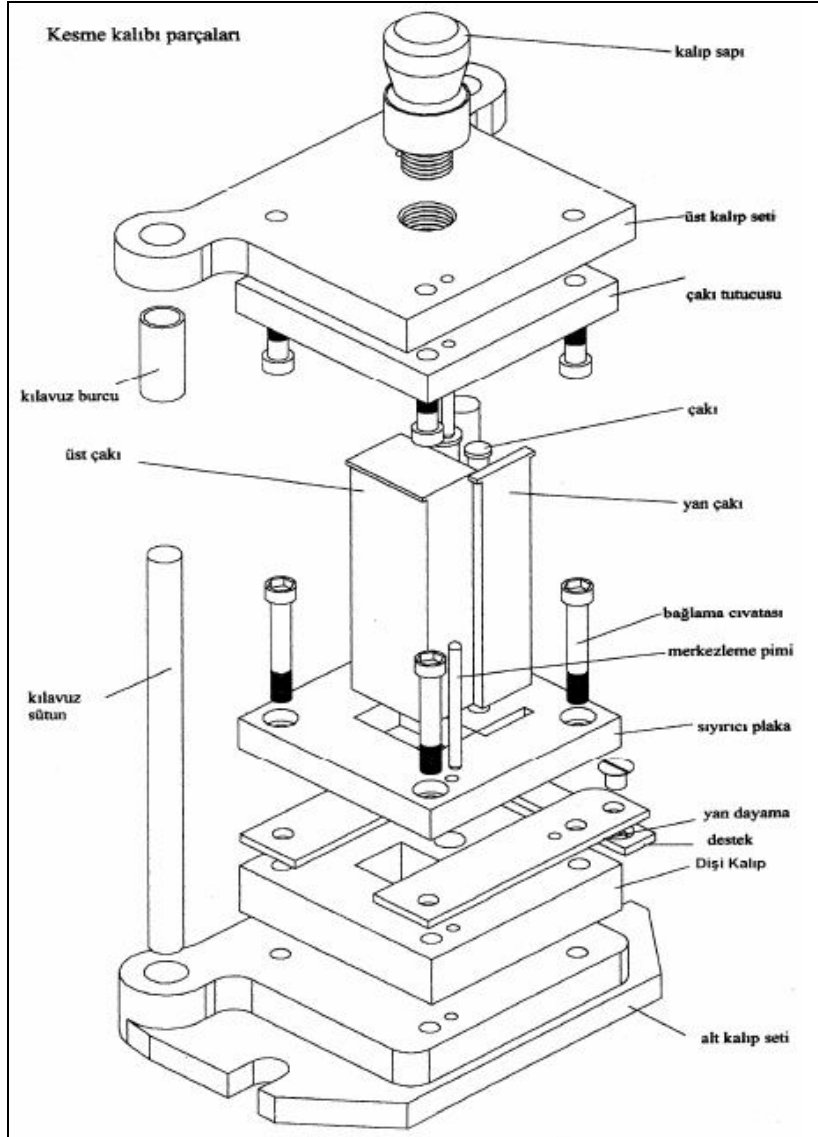
3. SAC METAL KALIPÇILIĞI

Dünyanın sanayileşmiş ülkelerinde, özdeş ve imalat sayısı fazla olan parçalar, kullanım alanlarına göre sac metal veya hacim kalıplarıyla seri halde üretilmektedirler. Teknolojinin ilerlemesi, imalat kalitesinin yükselmesi ve bunlara bağlı olarak üreticilerin rekabet içerisinde kalabilmeleri için devamlı suretle, eski yöntemlerin ve pratik bilgilerin ışığında, kalıp yapımını geliştirme zorunlulukları nedeniyle imalat yöntemlerinde yenilikler meydana gelmiştir.

Sac metal kalıpçılığı ile imal edilmiş birçok parçayı günlük hayatımızda kullanmaktadır. Bu yüzden dünya teknolojisi ile rekabet edilmesi ve imalat maliyetlerinin düşürülmesi önemli bir konudur. Bunlar dikkate alınarak ülkemizde de kalıpçılık mesleğine büyük önem verilmekte ve bu konuda ülkemiz koşulları da göz önüne alınacak olunursa üstün çabalar sarf edilmektedir. Kalıpçılık mesleğini bilen kişiye “Kalıpçı”, çalışma alanlarına göre metal veya metal olmayan malzemelerden seri bir şekilde ve çok sayıda özdeş parça imalatında kullanılan makine parçalarına da “Kalıp” denmektedir. Bunlardan sac metal kalıpçılığı; çelik, bakır, alüminyum vb. malzemelerin, plastik deformasyon özelliklerinden yararlanılarak metaller üzerine kesme, bükme, çekme vb. biçimlendirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir.

3.1. Sac Metal Kalıpları

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi sac metal kesme kalıpları zimba, alt kalıp, sıyırıcı plaka, zimba tutucu plaka, kılavuz sütun, burç gibi temel kalıp parçaları ve bağlantı elemanları, dayanıncılar, pimler gibi yardımcı elemanlardan oluşur. Sac metal kesme kalıplarının geometrik yapısı etüt edilmeden, kuvvet analizi yapılmadan, elemanları seçilmeden ve bütün bunlar birbiri ile ilişkilendirilmeden uygun bir tasarım yapılması mümkün değildir.



Şekil 3. 1. Bir sac metal kesme kalıbının temel parçaları [15]

Sac metal kesme kalıbı yapımında pimler mümkün olduğu kadar birbirinden uzağa yerleştirilmeli ve bağlantılar en az iki cıvata kullanılmak suretiyle sağlanmalıdır [12].

Kalıp tasarımı sırasında dişi kalıp kalınlığına bağlı olarak, kalıp içerisinde oluşturulacak boşluklar, sisteme ait değerler kullanılarak çizelgelerden belirlenmelidir [13].

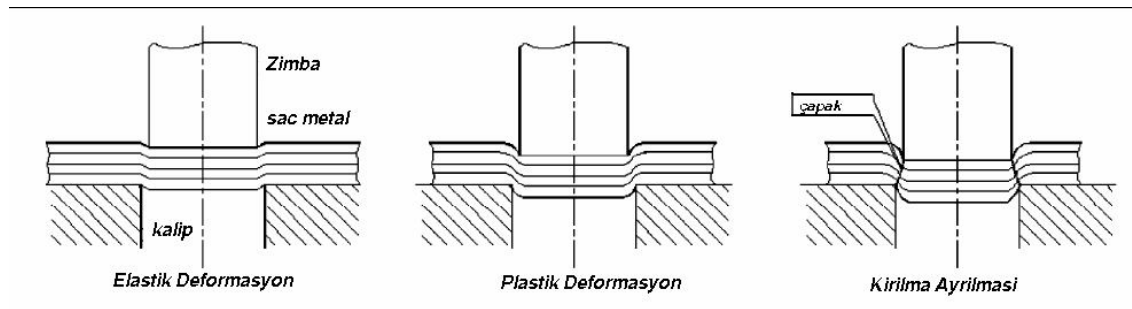
Ayrıca çok büyük ve karmaşık kalıpların tasarımında içerdeki boşluğun kenara olan mesafe miktarları kalınlığın iki yada üç katı alınması ile basitçe çözümlenebilir [14].

3.1.1. Kalıpta kesme ve delme

Zımba ile dişi kalıp arasındaki şerit malzemenin kuvvet uygulanarak birbirinden ayrılmasına kesme denir [15].

Kesme ve delme kalıbı denilen zımba ve dişi kesiciden oluşan düzenlerle yapılan kesme işlemidir. Kalıpta kesme ve delme işleminde zımba ve kalıp, makaslardaki bıçakların görevini yapmaktadır. Kalıpta kesme işlemi, klasik elasto-plastik deformasyon olayıdır. Şekil 3.2.'de de görüldüğü gibi kesme işlemi değişik fiziksel özelliklerin sergilenmesinden ötürü üç evrede incelenmektedir. İlk evre elastik deformasyonun gerçekleştiği evredir. Zımba sac malzemeye temastan sonra sac metali sıkıştırmaya başlayacaktır ve sac metal zamanla elastik sıkışma, gerilme ve eğilme deformasyonuna maruz kalacaktır. Zımbanın malzemeye daha da batmasıyla sac metal malzemesi elastik limiti aşacak ve ikinci evre olan plastik deformasyon başlayacaktır. Bu evrede, deformasyon alanındaki gerilmeler artacak ve malzeme akma sınırına ulaşacaktır. Kesme kuvveti, kesme kenarlarında çapak oluşuncaya kadar devam etmektedir.

Çapakların oluşumu görüldükten sonra bu evre sona erer ve kırılma ayrılması diye adlandırılan üçüncü evre başlar. Zımba, malzeme içerisine dalma işlemini devam ettirerek kesme işlemi tamamlamaktadır [16].

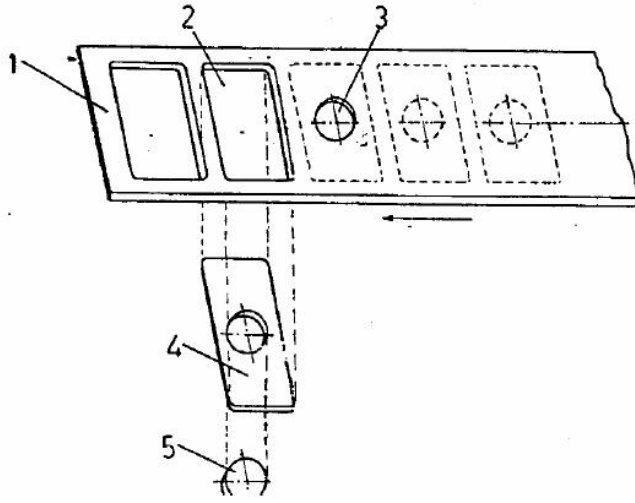


Şekil 3. 2. Kalıpta kesme işlemindeki üç evre [16]

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 ve boyutları istenilen ölçülerde 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 [17].

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 yapılan dişi kalıba bağlıdır. Kalıp imal edilirken 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 [18].

Kısmen bitirilmiş veya tamamen bitirilmiş parçalar ve artık malzeme, zımba ile kesme operasyonun şerit malzemedeki sonucudur. Zımba işlenmemiş malzemeyi kestiği zaman iş parçası ve artık malzeme oluşur, bu işleme boşaltma işlemi denir. Eğer artık malzeme iş parçasından elde edilmiş ise, bu işleme zımbayla delme denir. Kesme, her iki operasyonun birlikte olduğu hallerdeki işleme verilen addır. Kesme teorisi kendince bir bütün olarak ele alınan işlemdir. Genellikle boşaltma işleminin sonucunda elde edilen iş parçası, delme işleminin sonucunda elde edilen artık malzemedir. Bu durumlar Şekil 3.3 de gösterilmiştir [19].

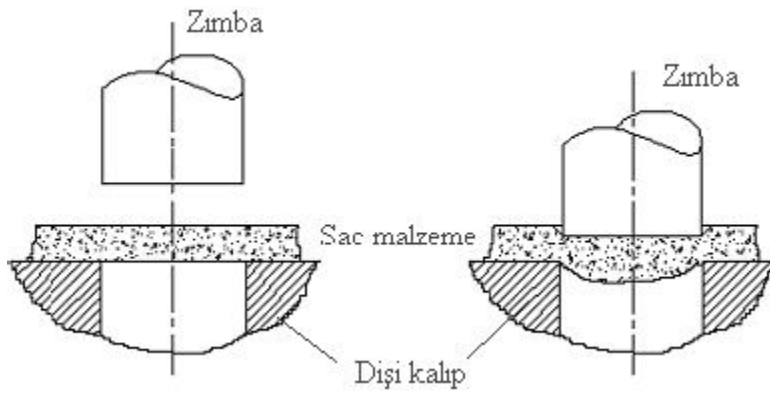


1.Artık şerit 2.Boşluk 3.Parça
4.İş parçası 5.Artık malzeme

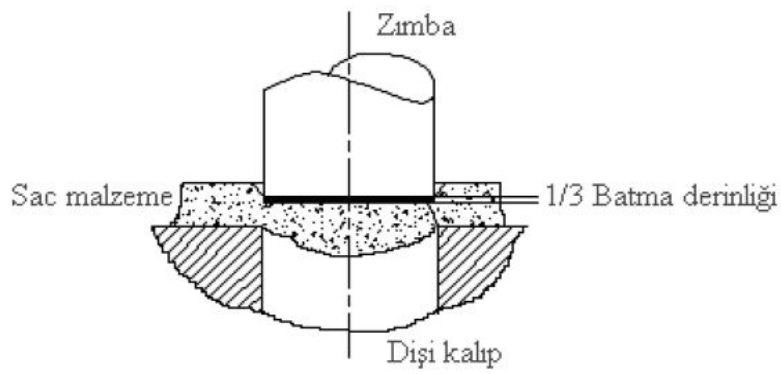
Şekil 3. 3. Kesme işleminin şerit malzemede gösterimi[19]

Kesme olayını üç aşamada incelendiğinde öncelikle kesmeye başlangıç kısmında zımba malzemeye temas eder ve basınç tesiri yapar. Zımba basınç yapmaya devam ederse malzeme elastikiyet sınırına ulaşır (Şekil 3.4). 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 3.5).

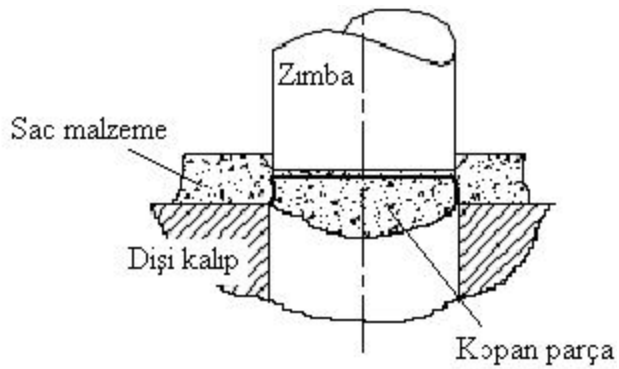
Zımba malzeme kalınlığının 0,5 katı kadar ilerlemeye devam eder daha sonra malzemeyi yığılmaya zorlar ve uygun miktardaki malzeme kalıp boşluğuna itilir. Esas kesme bu kısımda meydana gelmektedir (Şekil 3.6). Son aşamada zımba malzemeye, kalınlığının yaklaşık 0,6 katı kadar dalmakta ve kesme işlemi için güç tüketimi durmaktadır. Bu andan itibaren zımba, malzemeyi sadece kalıp deliğinden aşağıya itip değişmektedir [20].



Şekil 3. 4. Kesme kalıplarında plastik deformasyon olayı [25]

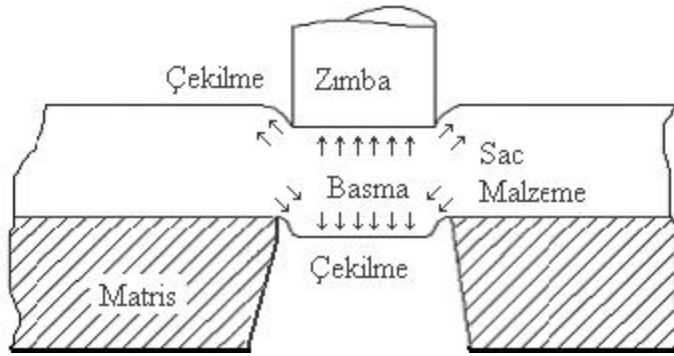


Şekil 3. 5. Kesme kalıplarında batma olayı [25]



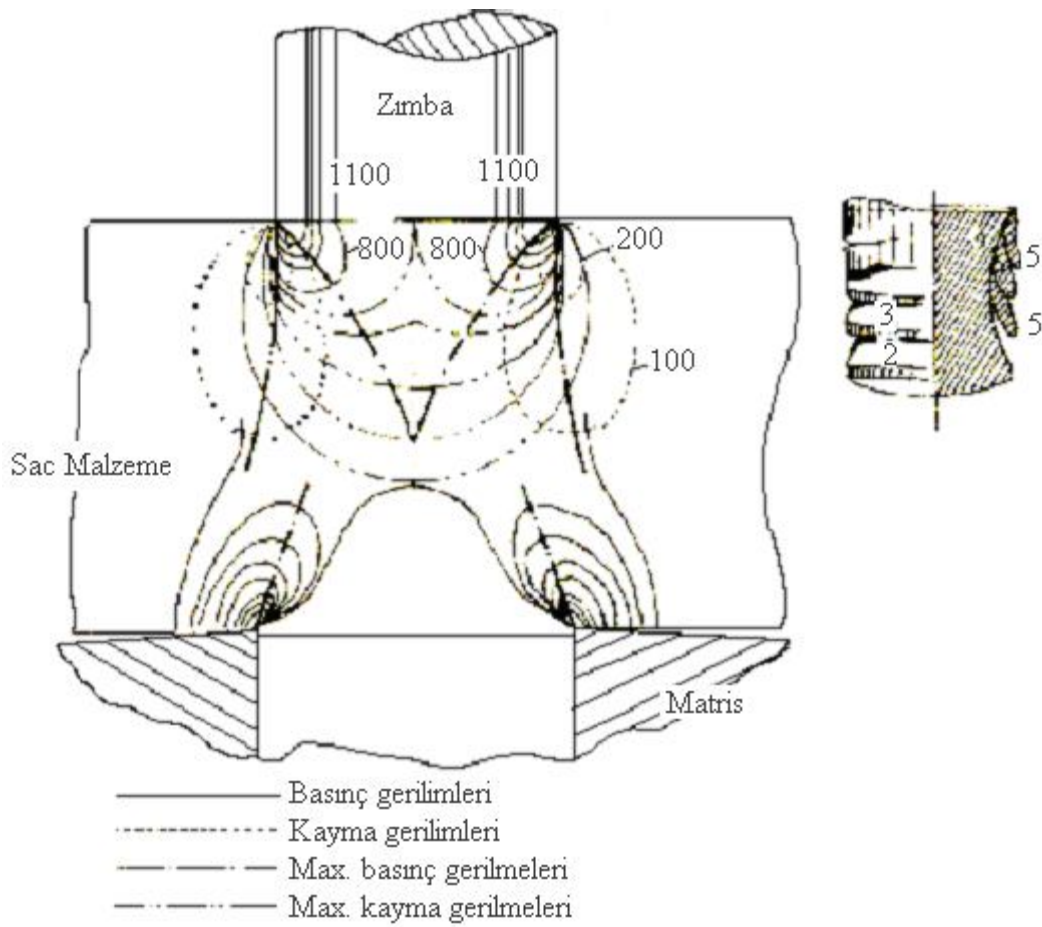
Şekil 3. 6. Kesme kalıplarında kopma olayı [25]

Şerit malzemelerden elde edilen (kalıplanan) parçalar, dişi kalıp ve zımba arasında tam olarak kesilemez. Dişi kalıp ve zımba arasındaki şerit malzemeden kalıplanacak parça, iki kesme kenarı arasında en büyük kesme direncini gösterir. Aynı zamanda, zımba malzemeye batar ve malzeme akma sınırına gelinceye kadar kesme yapar. Enbüyük dirençten sonra malzeme dayanımını kaybeder ve akmaya başlar. Akma sınırını aşınca parça kopmaya uğrar. Şekil 3.7’ deki kesme kalıbında, şerit malzeme üst yüzeyi ve kalıplanan parçanın alt yüzeyinde çekme gerilmesi, kalıplanan parçanın zımba dokunma yüzeyinde basma gerilmesi olduğu gösterilmektedir [18].



Şekil 3. 7. Kesme işleminde malzeme içerisinde oluşan gerilmeler [21]

Kesilen malzemede oluşan gerilmeler, kalıplama (kesme) kuvvetinin tayini için önem taşımaktadır. Kesme sırasında kalıplanan malzemenin dişi kalıp deliğine temas eden alt yüzeyinde basma, zımba çevresine temas eden üst yüzeyinde ise, hem kesme hem de basma gerilimleri meydana gelmektedir. Bu gerilimlerin dağılımı Şekil 3.8’de gösterilmektedir [21].



Şekil 3. 8. Kesme işleminde oluşan gerilmelerin dağılımı [21]

3.1.2. Kesme boşluğu

Kesme boşluğu, zımba ile dişi kalıp arasındaki tek taraflı verilen ölçü farkıdır. Toplam kalıp boşluğu, zımba ölçüsü ile dişi kalıp ölçüsü arasındaki fark. Şekil 3.9’ da kalıplanan parça ve tek taraflı kesme boşluğu gösterilmektedir [18].

Kesme kenarları arasındaki kesme boşluğunun amacı, kesme kenarlarında meydana gelen kırılmaların birbirlerini karşılamasını ve kesme kenarlarına temiz bir görünüş elde edilmesini sağlamaktır [21].

Sağlıklı bir kesme işleminde zımbanın malzemeye, sac kalınlığının $1/3$ 'ü kadar batması beklenmektedir. Bu batma derinliğine “Yüzde Zımba Batma Oranı” (% Z.B.O) olarak tanımlanmıştır.

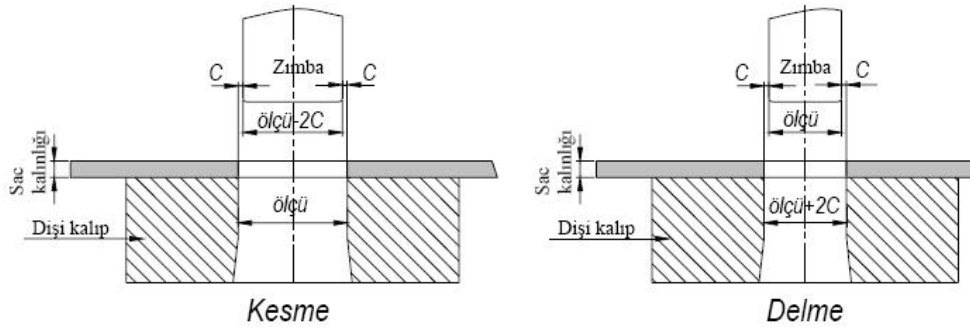
Zımba batma derinliğinin fazla olduğu kesit yüzeyinde, kesmeden dolayı parlak bir şerit bant oluşur. Dişi kalıp ve zımba arasındaki boşluk, kalıplanan malzemenin cinsi, kalınlığı ve boyutlarına göre tam olarak seçilirse, kesme kenarında meydana gelecek parlak yüzeyin düzgünlüğü artar ve kalıplanan parçanın kenarındaki çapak miktarı azalır.



Şekil 3. 9. Tek taraflı kesme boşluğu [18]

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 azalır. Bu durumda zımba ve dişi kalıp çok erken aşınırlar. Sert malzemelerin kalıplanmasında alınan kesme boşluğu standart boşluktan fazla olmalıdır. Hatalı veya homojen olmayan kesme işlemlerinde uygun olsa dahi, kesilen parça çevresinde çapaklar oluşur. Eğer kesme boşluğu literatüre uygunsa, 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 çapağın mevcut olacağı kabul edilmelidir [20].

Kalıp boşluğunun delme veya kesme işlemine göre dişi kalıba veya zımbaya tam olarak uygulanışı Sekil 3.10' da gösterilmektedir. Kalıplanacak parçanın ölçüsünün tamlığına göre parça üzerindeki delme işleminde zımba ölçüsü (anma ölçüsü) sabit kalır, dişi kalıp ölçüsü toplam kalıp boşluğu (C) kadar arttırılır. Dış çevrenin kesilmesinde dişi kalıp ölçüsü sabit tutulur, toplam kesme boşluğu $2.C$, zımba anma ölçüsünden çıkarılır [18].



Şekil 3. 10. Kalıp boşluğunun dişi kalıp ve zımbaya uygulanışı [18]

3.1.3. Kesme boşluğunun belirlenmesi

Parçanın hassasiyeti, malzemenin cinsi, malzemenin kalınlığı gibi değerler kalıpta kesme boşluğunun belirlenmesinde etki eden faktörlerdir. Zımba ile dişi kalıp arasındaki mesafeye tek taraflı kesme boşluğu denir. Kalıplarda kesme boşluğu verilmezse, özellikle zımba gereğinden fazla zorlanır ve düzgün bir kesme yapılamaz. Kesme boşluğu kesme ağızları boyunca her tarafta eşit olmalıdır. Böylece istenmeyen çapaklar oluşmaz ve kalıp ömrü uzar. Delme işleminde kesme boşluğunu dişiye verilmesi gerekir, yani dişi, esas ölçüsünden kesme boşluğu kadar büyük yapılır. Burada kesmeyi zımba yapar dolayısıyla parçanın ölçüsünü zımbanın ölçüsü tayin eder. Kesme işleminde ise kesme boşluğunu zımbaya verilmesi gerekir. Zımba kesme boşluğu kadar küçük yapılır [22].

Deneysel çalışmalardan hareketle önerilen kesme boşluğu eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

$t \leq 3$ mm (ince saclar için)

C = Tek taraflı kesme boşluğu ...mm.

$$C = x.t.\sqrt{\tau} \quad x=\text{Katsayı} \dots (0,005-0,035)$$

τ = Malzeme kesme gerilmesi...kg/mm²

t = Sac kalınlığı mm.

$t > 3$ mm (kalın saclar için)

$$C = \left[(1,5.x.t - 0,015).\sqrt{\tau} \right] \quad (3.1)$$

Hassas kesmelerde temiz yüzeyler için $x = 0,005$

Yüzey önemli değilse $x = 0,035-0,04$

Genel amaçlı kalıplarda $x = 0,01$ alınır.

Örnek

Kalınlığı 2 mm, kesme gerilmesi 30 kg/mm² olan sac plakayı kalıplarken ne kadar kesme boşluğu verilmelidir? (genel amaçlı kalıp)

$t = 2$ mm

$\tau = 30$ kg/mm²

$$C = x.t.\sqrt{\tau} \quad C = 0,01.2.\sqrt{30} \quad C = 0,11 \text{ mm}$$

Diğer taraftan çeşitli kaynaklarda yer alan ve hazır kullnılan çizelgeler aracılığıyla kesme kalıplarında kullanılacak olan kesme boşluğu değerleri belirlenebilmektedir. Çizelge 3.1' de malzeme çekme dayanımları ve sac kalınlığı değerlerine göre kesme boşlukları verilmiştir. Bu çizelge kullanılarak uygun kesme boşluğu değeri seçilip, kalıp için kullanılabilir.

Çizelge 3. 1. Çekme dayanımlarına göre tek taraflı kesme boşluğu çizelgesi [18]

Sac Malzeme Kalınlığı	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

3.2. Kalıp Ömrü

Bir kalıbın ömrünü; parçayı üretmeye geçtikten ve her taşlama işlemi sonrasında parça üretemez hale gelene kadar ürettiği parçaların sayısı olarak düşünmek gerekir [20].

Bir kalıbın üretim kapasitesi, kalıbın yeni durumundan itibaren kullanılmaz hale gelinceye kadar üretebileceği parçaların miktarı olarak düşünülür. Dolayısıyla, her kalıbın üretim kapasitesinin, kalıplanacak iş parçasının malzeme cinsine göre değişken olması gerekir.

Örneğin, verilen bir kalıbın 0,20 karbonlu soğuk haddelenmiş çelik şerit malzemedan üretebilecek parça sayısı pirinç malzemedan üretilcek parça sayısından azdır [15].

3.2.1. Kalıp ömrünü etkileyen fazla aşınma nedenleri

Hızlı aşınma, aşağıdaki şartlardan herhangi biri tarafından meydana gelebilir.

- Kesme boşluğunun küçük olması.
- Zımbanın dişi kalıp içerisinde fazla olması.
- Zımbaların birbirine yakın çalışması.
- Zımbanın kesit alanıyla orantılı olmayan boyu.
- Zımbaya sıvanmanın olması.
- Zimba veya dişi kalıp kesme kenarlarının temiz ve pürüzsüz taşlanmamış olması.
- Zimba veya dişi kalıp malzemelerinin ve sertliklerinin uygunsuzluğu.
- Zimba ve dişi kalıp işleme izlerinin aşınmayı arttıracak yönde olması.
- Kalıbın montajından kaynaklanan hatalar.
- Bileme sonrasında çok fazla parça üretilmesi.
- Makinaların fiziki olumsuzlukları.
- Kalıbın pres tablasına bağlama kusurları [22].

3.3. Aşınma

Aşınma mekanizmalarını aşındırıcı aşınma, nüfuz aşınması, oksidasyon aşınması, yorulma aşınması (statik veya dinamik) ve yapışma aşınma olarak beş temel tipte inceleyebiliriz [23].

Misra'ya göre aşınma olayına etki eden bir yada aynı anda birkaç faktör değişik aşınma mekanizmalarını ortaya çıkarır. Bu aşınma mekanizmalarına endüstride %50 abraziv aşınma, %15 adeziv aşınma, %8 eroziv aşınma %8 sertlik aşınması, %5 kimyasal aşınma ve %14 diğerleri şeklinde değişen oranlarda karşılaşılır [24].

3.3.1. Abraziv aşınma

Sistemin çalışması esnasında sürtünme çiftlerinden sert olanın diğer elemanın içine yüzey pürüzlülüğü mertebesinde girerek derin izler bırakması veya daha önceki çalışma koşulları esnasında kopan parçacıkların neden olduğu bir aşınma mekanizmasıdır. Malzeme (veya kalıp) yüzey bölgesinin sertleştirilmesi ile aşınmanın etkisi azaltılabilir.

3.3.2. Difüzyon aşınması

Sürtünme çiftleri arasındaki afiniteye (kimyasal ilgi) bağlı olarak gelişen bir aşınma mekanizmasıdır. Tribosistemin sıcaklığı aşınmayı artırıcı bir faktördür. Sistemde soğutucu yağ veya soğutma tertibatı kullanılarak aşınma etkisi azaltılabilir.

3.3.3. Oksidasyon aşınması

Yüksek sıcaklıklara ulaşan malzeme (veya kalıp) yüzey bölgesinin oksijenle olan reaksiyonu olarak özetlenebilir. Bu reaksiyonun hızı tribolojik zorlamaların etkisi ile artar.

3.3.4. Yorulma aşınması

Tribosistemin yüzey bölgesinde tekrarlı ve değişken yüklemelerin ve değişken sistem sıcaklığının etkisi ile meydana gelen mikro çatlakların oluşması, büyümesi ve mikro veya makro boyutta parçaların kopması şeklin de gerçekleşen bir aşınma mekanizmasıdır.

3.3.5. Adeziv aşınma

Sürtünme çiftlerinin yüzey bölgelerinde yükleme ve izafi hareketin bir fonksiyonu olarak yüksek mekanik gerilmeler meydana gelir. Yüzey bölgesindeki yüksek basıncın ve gerilmelerin etkisi ile atomsal bağlantılar ve mikrokaynaklar oluşur.

Tribo sistemin çalışması esnasında koparılan bu mikro kaynaklar sürtünme çiftleri arasında malzeme transferine vedahi mikrokaynağın her iki elemandan da koparak partükül şeklinde sistem içerisinde kalması abraziv aşınmayı oluşturarak aşınmanın boyutunu artırır.

3.4. Ağız Dökülmesi

Kısa süreli yorulma aşınması olarak tanımlayabileceğimiz ağız dökülmesi; Özellikle kesme kalıplarında, kalıbın çalışan kenarında oluşan mikro çatlakların kısa sürede büyümesi ile oluşur. Kalıp kenarlarından parça kopmalarının oluşması ile sonuçlanır. Sac parça kesme konturunda çapak oluşması, ölçüsel tolerans dışına çıkılması, görünüm ve dış panel parçalarında çizilmeye neden olur. Sac parça kalınlığı, işlem tonajı ve darbeli çalışma problemin oluşmasında katalizörlük yapar.

3.5. Sıvanma

Kalıp malzemesine göre daha yumuşak olan sac malzemenin form verme veya kesme işlemleri esnasında kalıp yüzeylerine yapışması olarak özetleyebileceğimiz bir problemdir. Yapışan malzemenin işlem parametrelerinin etkisi ile yüzey veya köşede sertleşmesi ve bir sonraki işlemde kopması ile gelişir. Koparken kalıp kenar ve yüzeylerinden de parça koparması nedeni ile kalıp boyutsal toleransının bozulmasına ve kalıp yüzeylerinin çizilmesine neden olur. Müşteri spesifikasyonlarını karşılayamayan üretim, ek işçilik maliyetlerini ve kalıp bakım veya yeniden imalatını gerektirir.

3.6. Plastik Deformasyon

Kalıp yüzey ve kenarlarının çökmesi şeklinde oluşan problem kullanılan kalıp malzemesinin yeterli akma dayanımına sahip olmaması veya kalıbın çalışma koşulları dışında çalıştırılması ile gelişmektedir. Kalıp malzemesinin sertliğinin de yetersiz olması işlemin oluşma sürecini hızlandırmaktadır.

Özellikle fikstür montajı yapılan parçaların form kalıplarında parçanın istenilen formu tam olarak almaması nedeni ile hat duruşlarına neden olan bir problemdir.

3.7. Ondülasyon

Kalıp yüzeylerinde oluşan lokal aşınmalar kalıp form yüzeylerine iş parçasının sıvanması esnasında malzeme akışını engelleyip parçanın bölgesel olarak toplanmasına neden olmaktadır. Problemin çözümü için pratik uygulamada sıvama yağı ve naylon kullanımı ile problem aşınmaya çalışılmakta fakat hem işlemin tatbiki hem de işlem sonrası malzemenin temizliği için gereken ek işçilik maliyetleri endüstride yaygın olarak kullanılan bu iki yöntemi verimsiz hale getirmektedir.

3.8. Form Yırtılması

Form ve sıvama kalıplarında sac parça malzemesinin kalıp yüzeyindeki sürtünmenin etkisi ile gereğinden fazla boyutsal değişime maruz kalması veya lokal sürtünmeler nedeni ile kalıp yüzeyinden kurtulamayıp uzamaya devam etmesi ile oluşur. Malzeme kesme konturunda oluşan ve gözle görülemeyen yırtık başlangıcı veya mikro çatlaklar sac parçanın ısı gerilmelere maruz kaldığı kaynak, boya, katoferez gibi işlemler sonrasında yırtığa dönüşebilmektedir.

3.9. Sac İncelmesi

Form ve sıvama kalıplarında sac parça malzemesinin kalıp yüzeyindeki sürtünmenin etkisi ile gereğinden fazla boyutsal değişime maruz kalması veya lokal sürtünmeler nedeni ile kalıp yüzeyinden kurtulamayıp uzamaya devam etmesi ile oluşur. İncelme sac parçanın ısı gerilmelere maruz kaldığı kaynak, boya, katoferez gibi işlemler sonrasında yırtığa dönüşebilmektedir.

4. MATERYAL VE METOD

Deneylerde 2 mm kalınlığındaki St-37 kalite elik sac, Ø15mm 1.2379 kalite çeliğe ısıtıl işlem uygulanarak 50HRC, 55HRC, 60HRC olan 3 farklı sertlikte elik zımbalar elde edildi ve bu zımbalar kullanılarak, 0,06 mm, 0,1 mm, 0,16 mm olarak 3 farklı kesme boşluğunda 2000-4000-6000-8000 baskı yapılmış ve 8000 baskı sonunda zımbalar incelenerek aşınma davranışları ortaya konmuştur.

4.1. Pres Tezgahı

Baskı işlemleri “dirinler” marka preste gerçekleştirilmiştir (Resim 4.1).



Resim 4. 1. Dirinler marka pres

Bu tezgaha ait teknik özellikler ise Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. Dirinler marka presin teknik özellikleri

Kapasite	15 ton
Anma tonaj ı yüksekliği	2,5 mm
En büyük kapalı kalıp yüksekliği	240 mm
Strok ayarı	10/57 mm
Vuruş adedi	180 adet/dak
Kalıp bağlama yuva çapı	30 mm
Boğaz derinliği	195 mm
Koç ayarı	45 mm
Koç ebadı	200x135 mm
Masa ebadı	500x355 mm
Masa delik çapı	140 mm
Presin yüksekliği	2000 mm
Presin derinliği	1075 mm
Presin genişliği	1050 mm

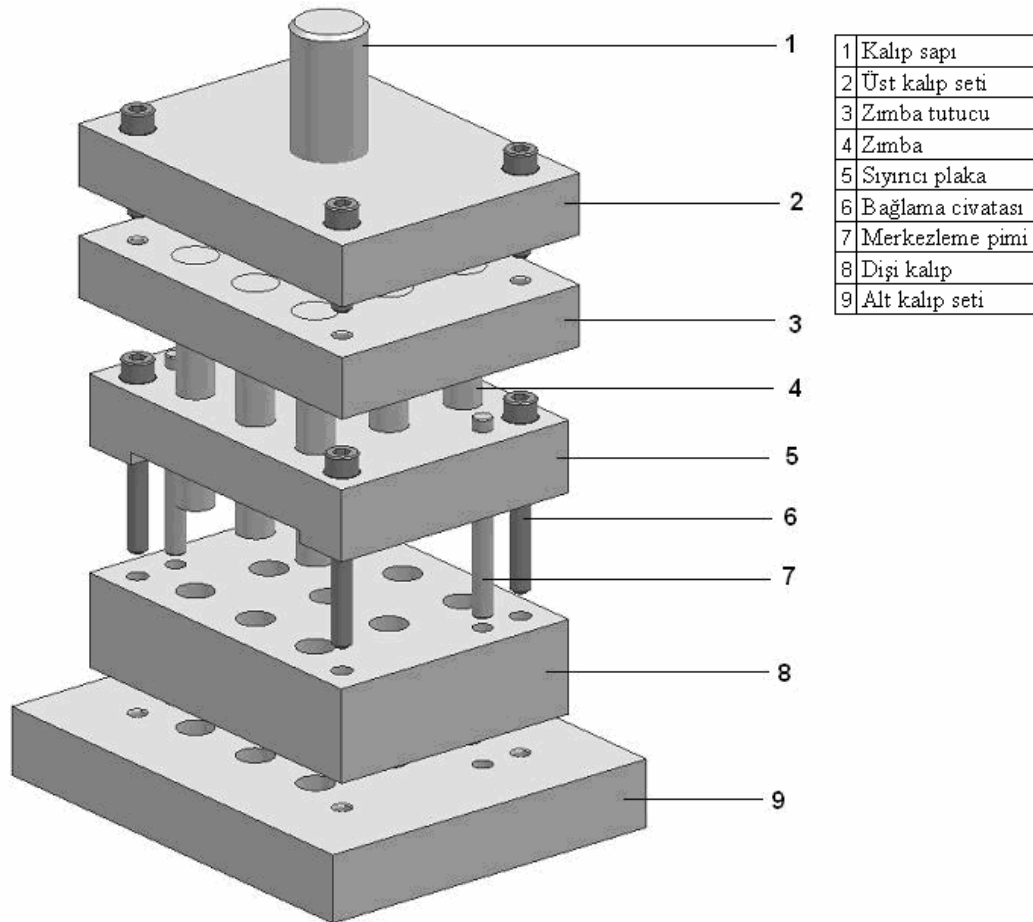
4.2. Deneyde Kullanılan Kalıp Seti

Kalıp elamanlarının hassasiyeti deneyi etkileyeceğinden kalıp setinin tüm elemanları çok hassas bir şekilde imal edilmiştir. (Özellikle zımbalar ve dişi kalıp ölçüleri ve baskı sonrasında zımba üzerinden alınacak fotoğrafların netliği açısından yüzey pürüzlülüğüne önem gösterilmiştir.) Kalıp tasarımı kaynaklardaki tasarım kıstaslarına uyularak ve formüller yardımıyla hesaplanan ölçüler ile üretilmiştir. Kalıp setinin plakaları CNC dik işleme tezgahında işlenerek ön ölçülerine getirilmiştir ve taşlama tezgahında plakalar nihai ölçüsüne indirilmiştir.

Daha sonra plakalar üst üste getirilerek bağlantı delikleri, klavuz delikleri ve tel erozyon kesimi için gerekli olan delikler LER VQ-80 marka CNC dik işleme merkezinde delinmiştir. Kalıp setinin zımbaları ise HARDINGE marka CNC torna tezgahında ölçüsüne uygun işlenmiştir.

Kalıp setinin plakalarını ve zımbalarının talaşlı imalat işlemleri sona erdiğinde baskı plakası, zimba destek parçası ve zımbalara ısıtıl işlem uygulanmıştır. Dişi kalıp sertliği 60 HRC olacak şekilde ısıtıl işlem uygulanmıştır. Sertleştirme işleminden sonra plakalar tel erozyon tezgahında daha önceden delinmiş olan klavuz delikler yardımı ile istenilen kesme boşluğu ölçüleri verilerek delikler delinmiştir.

Isıl işleminden çıkan zımbalar ve tel erozyonda kesilen plakalara son olarak bir taşlama işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerin ardından kalıp elemanları gerekli bağlantı elemanları yardımı ile Şekil 4.1. de verildiği gibi bir araya getirilerek baskıya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4. 1. Deney kalıbı görüntüsü

4.3. Kalıp Setinin Prese Bağlanması

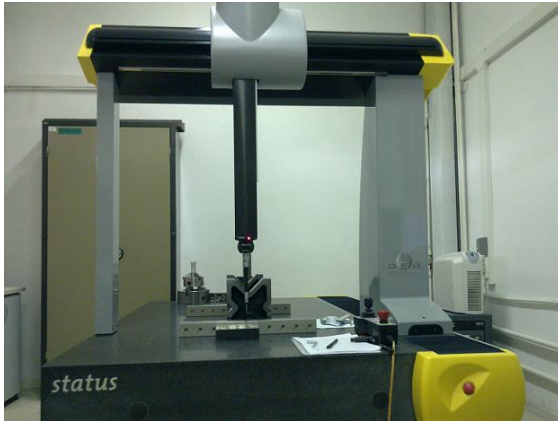
Kalıp seti pabuçlar yardımı ile Şekil 4.4 deki gibi prese bağlanıp istenilen kurs boyu ayarlanmıştır.



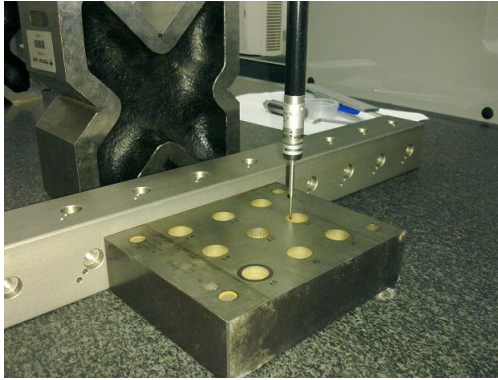
Resim 4. 2 Kalıbın prese bağlanması

4.4. Ölçüm Cihazları

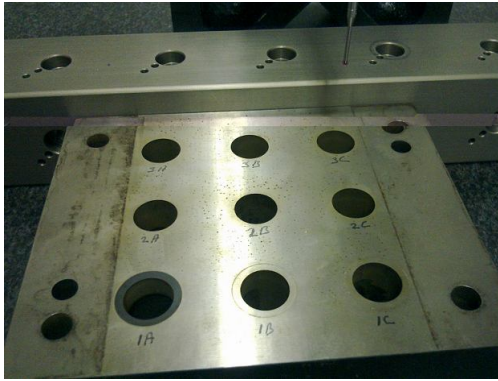
Dişi kalıp kesme boşlukları Şekil 4.5. te görülen STATUS marka üç boyutlu kordinat ölçüm cihazında ölçülmüştür ve ölçüm sonuçları Resim 4.4. ve Resim 4.5. de görülen markalamaya uygun olarak rapor haline getirilmiştir.



Resim 4. 3 Üç boyutlu ölçüm cihazı görüntüsü



Resim 4. 4. Dişi plakada kesme boşluklarının ölçülmesi



Resim 4. 5. Deney kalıbı markalama görüntüsü

Üç boyutlu kordinat ölçme cihazında alınan ölçüler ve ölçüdeki sapma değerlerini içerecek şekilde bir rapor hazırlanmıştır. Raporun önemli olan kısmı Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Dişi kalıp üzerindeki delik ölçüm sonuçlar

DELİK KODU	ÖLÇÜLEN DEĞER	OLMASI GEREKEN DEĞER	SAPMA
1A	15,067	15,06	0,007
2A	15,064	15,06	0,004
3A	15,069	15,06	0,009
1B	15,108	15,1	0,008
2B	15,112	15,1	0,012
3B	15,106	15,1	0,006
1C	15,167	15,16	0,007
2C	15,165	15,16	0,005
3C	15,171	15,16	0,011

4.5. Deneyde Kullanılan Sac Malzeme

Gerçekleştirilen çalışmada, deney malzemesi olarak 2 mm kalınlığında St-37 çelik sac malzeme tercih edilmiştir. St-37 malzeme kullanıldığı yerde sıcak galvanizlemeye maruz kalacağından içyapısı da buna uygun olmalıdır. Bunun için içindeki silisyum (Si) oranı önemlidir. Bu değerin düşük olması istenir. Malzemenin kimyasal özellikleri Çizelge 4.3’ te verilmektedir. St-37 malzemesinin firma tarafından verilen rapordaki akma mukavemeti $33,8 \text{ kg/mm}^2$, çekme mukavemeti ise $42,4 \text{ kg/mm}^2$ ’ dir.

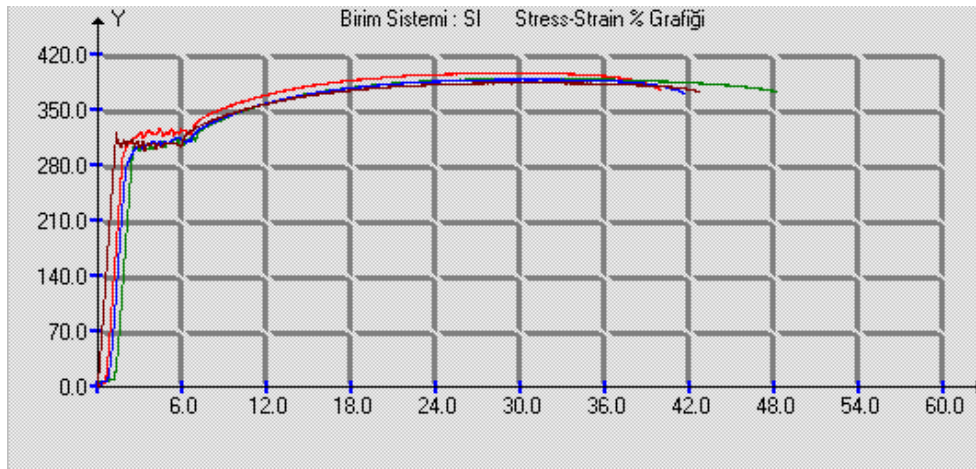
Çizelge 4. 3. ST-37 çelik sac malzeme kimyasal özellikleri

MALZEME NORMU	ST 37											
ELEMENTLER	C	Mn	P	S	Si	Al	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Ti
ELEMENT ORANLARI%	0,047	0,558	0,006	0,003	0,196	0,046	0,047	0,037	0,06	0,011	0,001	0,001

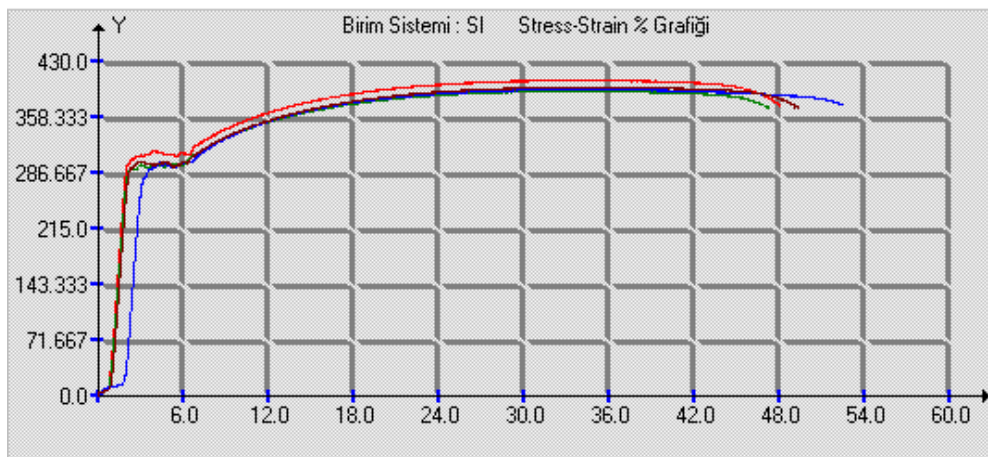
Sac malzemenin üzerinden hem dik hem yatay yönde çekme testi numuneleri alınarak, Resim 4.6’ da görülen INSTRON 1185 marka test cihazında çekme testi uygulanmıştır. Çekme testi sonuçları Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’ de detaylı olarak verilmiştir.



Resim 4. 6. Çekme test cihazı



Şekil 4. 2. Deney numunesi yatay çekme testi grafiği



Şekil 4. 3. Deney numunesi dikey çekme testi grafiği

Çekme deney numunesi olarak St-37 sacdan haddeleme yönüne yatay ve dikey yönde çıkartılan parçalar kullanılmıştır. Çekme testi F638-10 normuna göre yapılmıştır. Çekme test grafiği Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’ de verilmiştir. Yapılan çekme testine göre deney numunesi yatayda % 39,965 dikeyde % 43,954 ortalama uzama ve yatayda 25743 Newton dikeyde 25616 Newton en büyük çekme dayanımı sergilenmiştir.

4.6. Deneyde Kullanılan Zımba Malzemesi

Yüksek karbon ve krom içeren, mikroyapısında yüksek miktarda karbür içermesi sebebiyle mükemmel aşınma direncine ve tokluğa sahip, basınca dayanıklı, derinlemesine sertleşebilen, yüksek sıcaklıklarda sertliğini kaybetmeye karşı yüksek dirence sahip ve ısıtıl işlem esnasında oldukça iyi boyutsal kararlılık gösteren soğuk iş takım çeliğidir. Tel erezyon kesimine, paslanmaz sac malzeme kesimine, nitrürasyon yapılmaya ve darbeli işlerde kullanılmaya uygundur. Kullanılan çeliğe tübitak-sage bünyesinde malzeme analiz yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. 1.2379 soğuk iş takım çeliği kimyasal özellikleri

MALZEME NORMU	1.2379								
ELEMENTLER	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
ELEMENT ORANLARI %	1,59	0,387	0,356	0,021	0,008	11,68	0,66	0,205	0,019
ELEMENTLER	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	Mg
ELEMENT ORANLARI %	0,011	0,123	0,025	0,004	0,88	0,012	0,004	0,002	0,013
ELEMENTLER	As	Zr	Ca	Ce	Ta	B	Zn	La	Fe
ELEMENT ORANLARI %	0,003	0,002	0,001	0,019	0,008	0,001	0,027	0,004	83,94

4.7. Deneyde Kullanılan Kesme Boşluklarının Hesaplanması

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 değerlerde hesaplanabilmektedir. Çalışmalar sonucunda, genel olarak kesme boşluğu değerinin, sac kalınlığının % 5’i ile % 7’si arasında kaldığı belirlenmiştir.

Bu nedenle tez çalışmasında kullanılacak olan kesme boşluğu değerleri, belirtilen oranların tamamını kapsayacak şekilde sac kalınlığının % 3’ü, % 5’i, ve % 8’i olarak alınmıştır. Bu oranlar dikkate alınarak 2 mm sac kalınlığı için değerler belirlenmiştir.

Kesme boşluğu değerlerinin belirlenmesinde kullanılan değerler Çizelge 4.5’ de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kesme boşluğu hesaplama çizelgesi

SIRA NO	KESME BOŞLUĞU ORANI		SAC KALINLIĞI(mm)	SIRALANMIŞ KESME BOŞLUĞU DEĞERLERİ (mm)
1	0,03	X	2	0,06
2	0,05	X	2	0,1
3	0,08	X	2	0,16

Çizelge 4.6’daki değerler kalıp setinde kesme boşluğu olarak uygulanmıştır.

4.8. Deneysel Metot

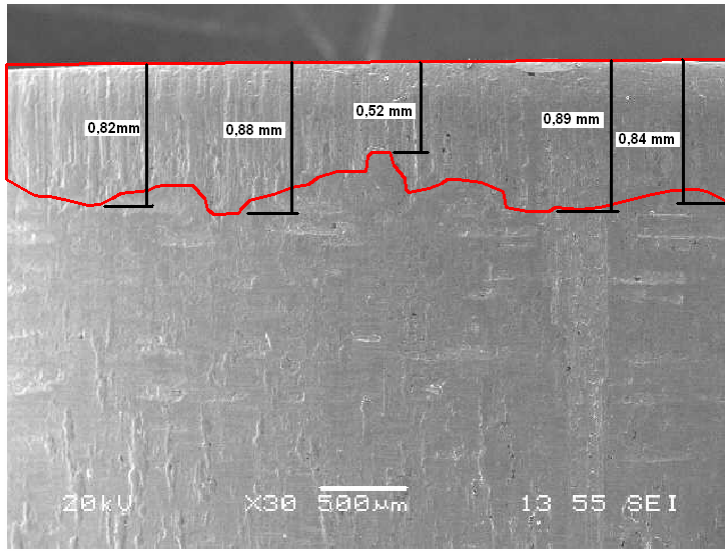
St-37 kalite sac malzeme, AISI 2379 kalite soğuk iş takım çeliğinden yapılan farklı sertliklerdeki zımbalar ile 3 farklı kesme boşluğunda kesme işlemi yapılmış ve kesme boşluğu, kesici zımba sertliği değerlerinin aşınmayla ilişkisi incelenmiştir. Bu amaçla zımbalar 50 HRC, 55 HRC ve 60 HRC sertlik değerlerine getirilmiştir. Kesme boşlukları 0,06; 0,1; 0,16 mm olarak kalıbın dışına verilmiştir. 2 mm kalınlığındaki St-37 kalite sac malzemeye, 3 farklı kesme boşluğu ve 3 farklı sertlikteki zımba kombinasyonları yapılarak 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapılmıştır. Baskı işlemi yapılırken her 1000 baskıda bir periyodik olarak yağlama işlemine tabi tutulmuştur. Deney sonunda incelenecek olan 36 adet zımbanın hepsi numaralandırılmıştır. Grafikler bu numaralar esas alınarak oluşturulmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 6. Kullanılan zımba ve kesme parametreleri çizelgesi

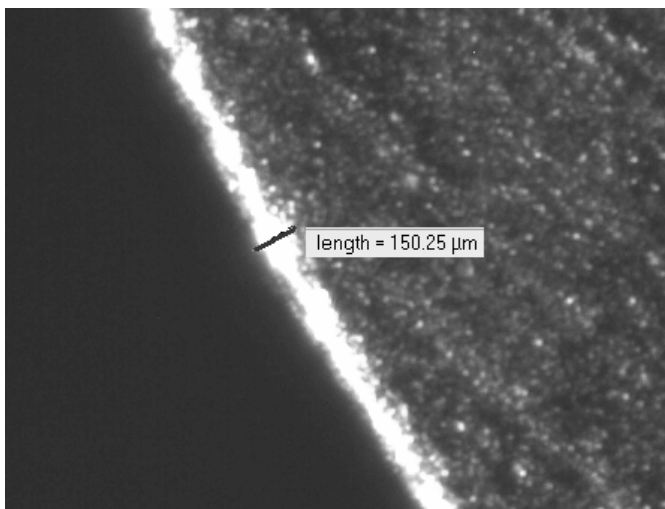
ZIMBA NO	MALZEME	ZIMBA GEOMETRİSİ	ZIMBA MALZEMESİ	SERTLİK	KESME BOŞLUĞU	BASKI SAYISI
1	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,06	2000
2	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,06	4000
3	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,06	6000
4	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,06	8000
5	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,10	2000
6	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,10	4000
7	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,10	6000
8	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,10	8000
9	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,16	2000
10	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,16	4000
11	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,16	6000
12	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	50RC	0,16	8000
13	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,06	2000
14	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,06	4000
15	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,06	6000
16	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,06	8000
17	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,10	2000
18	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,10	4000
19	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,10	6000
20	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,10	8000
21	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,16	2000
22	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,16	4000
23	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,16	6000
24	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	55RC	0,16	8000
25	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,06	2000
26	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,06	4000
27	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,06	6000
28	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,06	8000
29	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,10	2000
30	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,10	4000
31	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,10	6000
32	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,10	8000
33	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,16	2000
34	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,16	4000
35	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,16	6000
36	ST37(2mm)	Ø15	AISI 2379	60RC	0,16	8000

4.9. Zımbalardaki Aşınma Değerlerinin Ölçülmesi

Belirlenen baskı sayısını tamamlayan zımbaların aşınma yüzeylerinin belirlenmesi için optik mikroskopta kenar, yüzey ve alın fotoğrafları çekilmiş ve birbirleri ile aşınan bölgelerin çevresel enbüyük ve enküçük aşınma yükseklikleri ölçülmüştür. Fotoğraflar çekilmeden önce asetonla temizlenmiştir.



Resim 4. 7. Kenar aşınma değerlerinin elde edilmesine ait görüntü



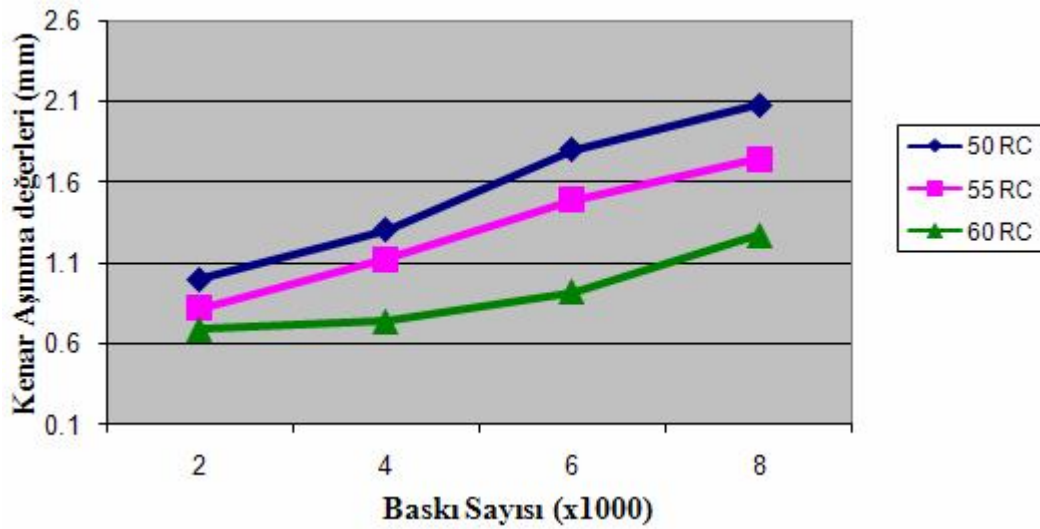
Resim 4. 8. Yüzey aşınma değerlerinin elde edilmesine ait görüntü

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneylemler sonucunda zımbalar ve kesilen parçaların kesilme kenarları incelenmiştir. Bu inceleme sonucundaki resimler ve grafikler aşağıda sonuçları tartışılarak verilmiştir.

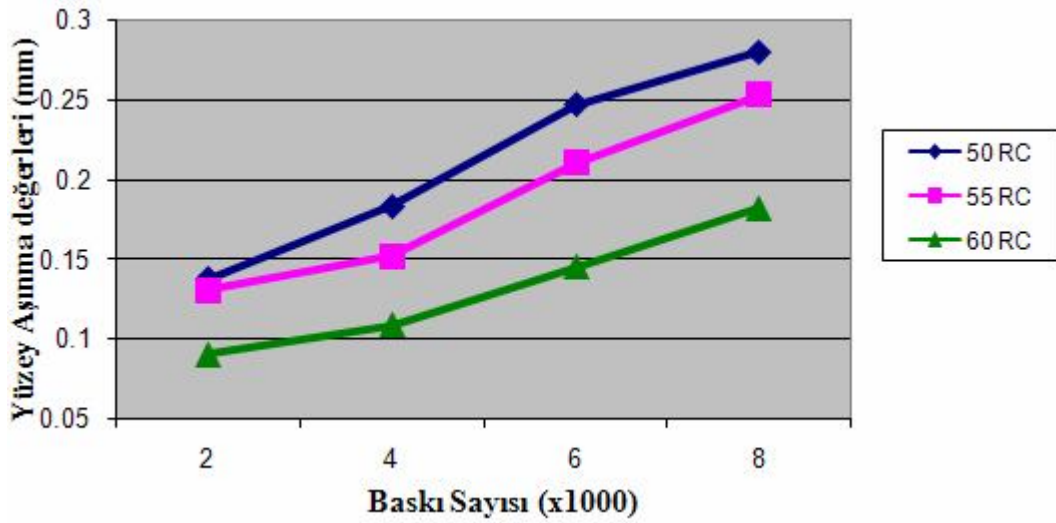
5.1. St-37 Sac Malzeme Numuneleri

2 mm kalınlığındaki St-37 sac malzeme için %3.T, %5.T, %8.T olarak üç değişik kesme boşluğunda 2000, 4000, 6000 ve 8000 baskı uygulanmıştır. Bu farklı kombinasyonlarda 36 adet zımba ile baskı yapılmıştır elde edilen bu 36 adet zımba incelenerek aşınma değeri elde edilmiştir. Yapılan ölçümlerin ortalamaları tablo ve grafikler halinde verilmiştir.



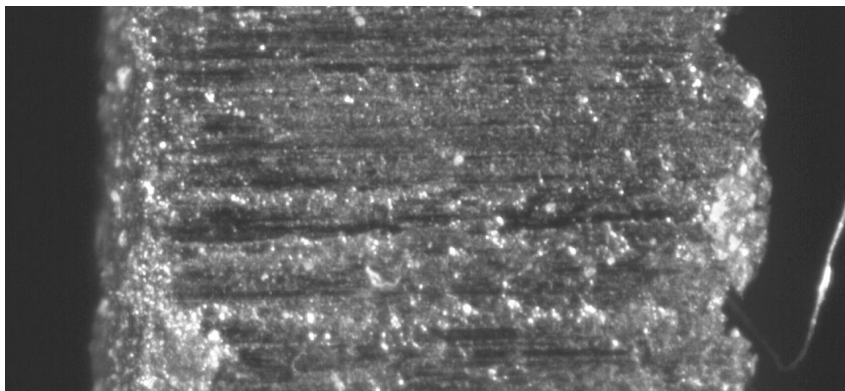
Şekil 5. 1. %3 kesme boşluğunda 50RC, 55RC, 60RC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği

Zımbaların kenar aşınmaları, zımbaların sertlik değeri arttıkça azalmıştır. 50 HRC ve 55 HRC sertlik değerindeki zımbalardaki aşınma değeri birbirine yakınken 60 HRC sertliğindeki zımbanın aşınma değeri diğer zımbalara göre daha düşük çıkmıştır. 4000 baskı sayısına kadar zımbaların aşınma miktarları birbirlerine yakın iken 4000 baskı sayısından sonra kenar aşınmasında artışlar gözlenmiştir.



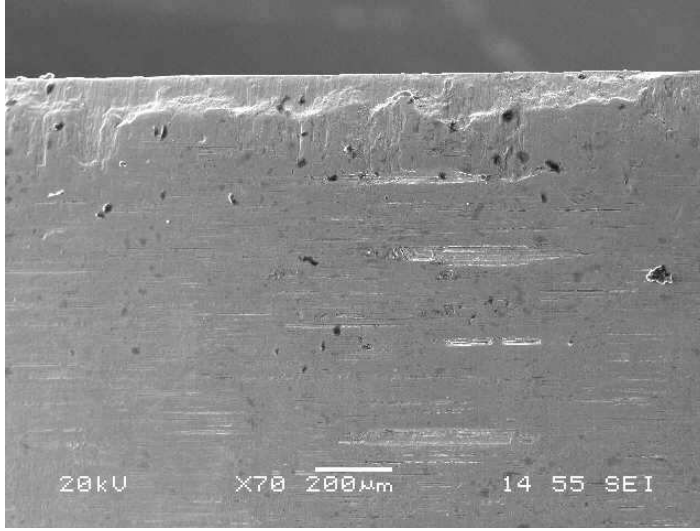
Şekil 5. 2. %3 kesme boşluğunda 50RC, 55RC, 60RC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği

Zımbaların yüzey aşınma değerleri %3 kesme boşluğuna göre incelendiğinde 50RC ve 55RC sertlik değerindeki zımbalardaki aşınma değerleri birbirine yakinken 60 RC sertliğindeki zımbanın aşınma değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Mikroskop ile zımbalar incelendiğinde 60 RC sertliğindeki zımbanın kesme kenarlarında çatlaklar gözlenmiştir. Bu çatlaklar zımbanın ömrünün azalmasına neden olacaktır. 60 RC sertliğindeki zımbanın yüzey ve kenar aşınmasının 4000 baskı sayısından sonra aşınma değeri çizgisinin eğiminin artışı baskı sayısının artmasıyla aşınmanında artacağını göstermektedir.



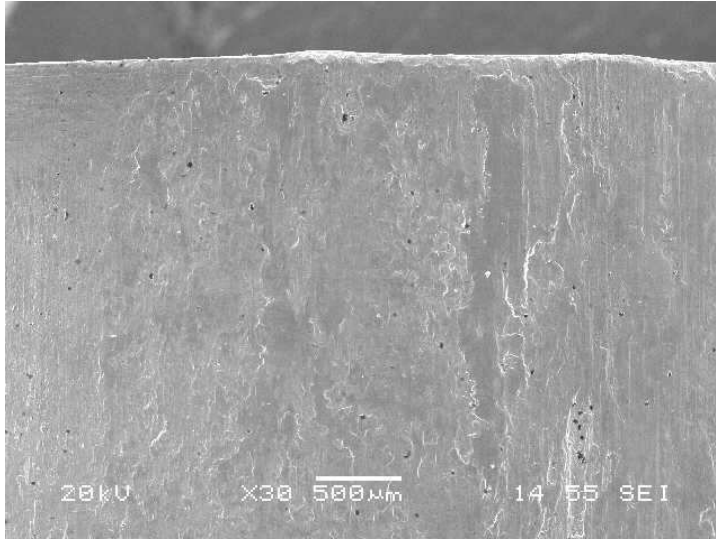
Resim 5. 1. %3 kesme boşluğunda 8000 baskı sonucunda elde edilmiş numune

Yukarıdaki 8000 baskı sonundaki %3 kesme boşluğu ile kesilmiş parçanın yüzeyi incelendiğinde malzemenin yüzeye sıvandığı ve kesme bölgesiyle kopma bölgesinin birbirine karıştığı görülmektedir. Bu durum, kesme boşluğunun az olduğunu ve zımba kenar ve yüzey aşınmalarından dolayı kaliteli bir kesmenin yapılmadığını göstermektedir. Bu parçanın kesilme yüzeyi incelendiğinde çatlak oluşum yüzdesinin belirlenmesi mümkün olmamaktadır.



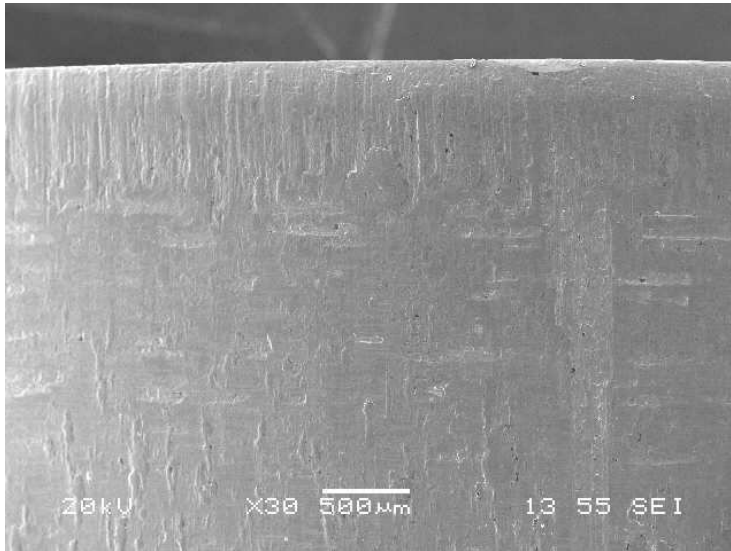
Resim 5. 2. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60 HRC sertliğindeki zımba

Zımbaların yüzey ve kenar aşınmalarının yanında kesme kenar kırılması veya çatlak oluşumu da çok önemlidir. Zımbaların 8000 baskı sonucunda kenarlarında çatlak ve kırılma oluşup oluşmadığı SEM mikroskobu ile incelenmiştir. 60 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenarlarında kırılmalar ve malzeme kayıpları görülmektedir. %3.T kesme boşluğunda 60 HRC sertliğinin St-37 malzemeninin kesilmesi işleminde fazla bir sertlik olduğu görülmektedir. Zımbanın tokluk değerinin arttırılması için sertlik değerinin azaltılması gerekmektedir.



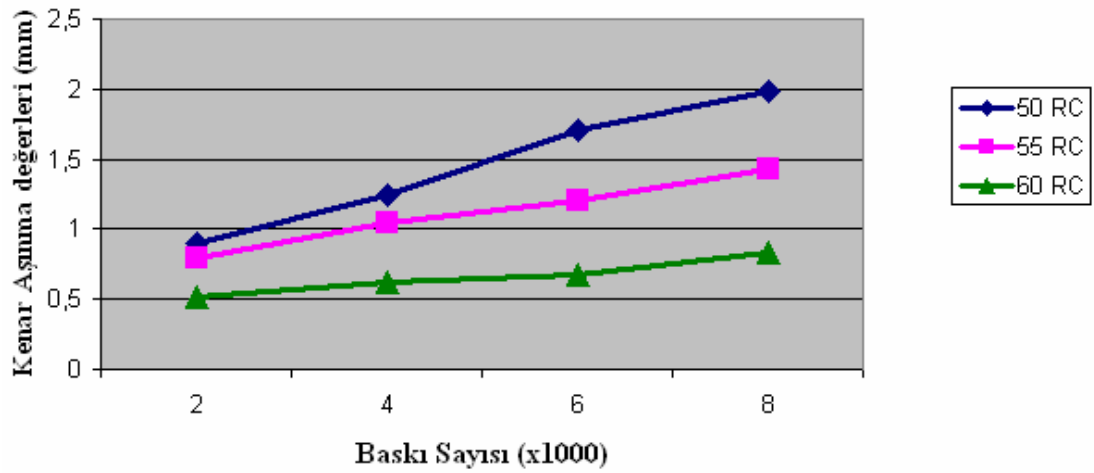
Resim 5. 3. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba

55 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenarı incelendiğinde 60 HRC sertliğindeki zımbaya göre kırıkların ve malzeme kaybının nispeten daha az olduğu görülmektedir. Kesme kenar aşınması dikkate alındığında 55 HRC sertliğin 60 HRC sertliğe göre St-37 malzemesinin kesilmesi işlemine daha elverişli olduğu görülmektedir.



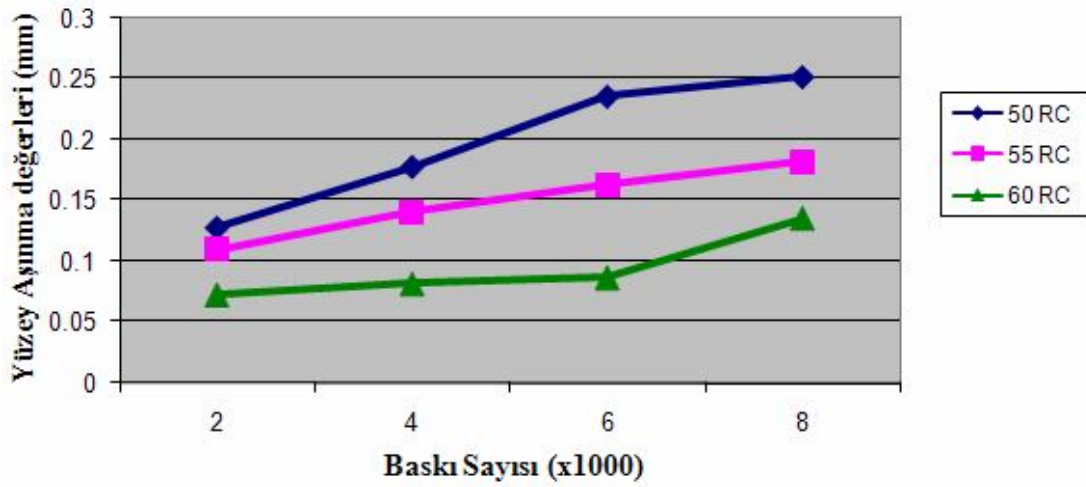
Resim 5. 4. %3 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba

50 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenarlarında kırıklar görülmemektedir. Fakat yüzey aşınmasının fazla olması kesme kenarının da aşınmasına neden olmaktadır. %3 kesme boşluğunun düşük olması sürtünmenin ve aşınmanın artmasına neden olmaktadır. %3 kesme boşluğuna göre 50 HRC sertlik değeri St-37 cinsi malzemenin kesilmesi işlemi için yeterli bir sertlik olmadığı gözlenmiştir.



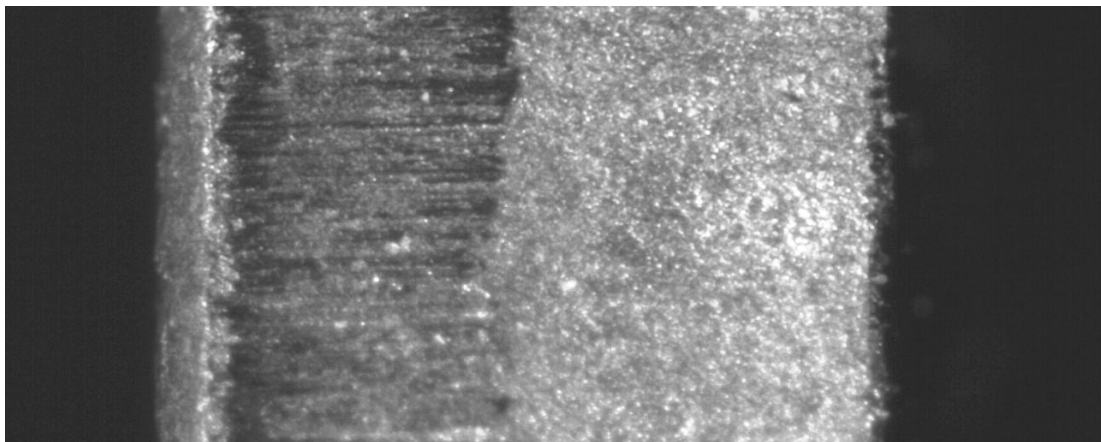
Şekil 5. 3. %5 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği

Şekil 5.3'te görüleceği gibi %5 kesme boşluğuna sertlik değeri arttıkça aşınma miktarı azalmıştır. %3 kesme boşluğunda olduğu gibi kenar aşınması 60 HRC sertlik değerinde en az gerçekleşmiştir. Kenar aşınma miktarları %3 kesme boşluğuna göre daha az olduğu görülmektedir.



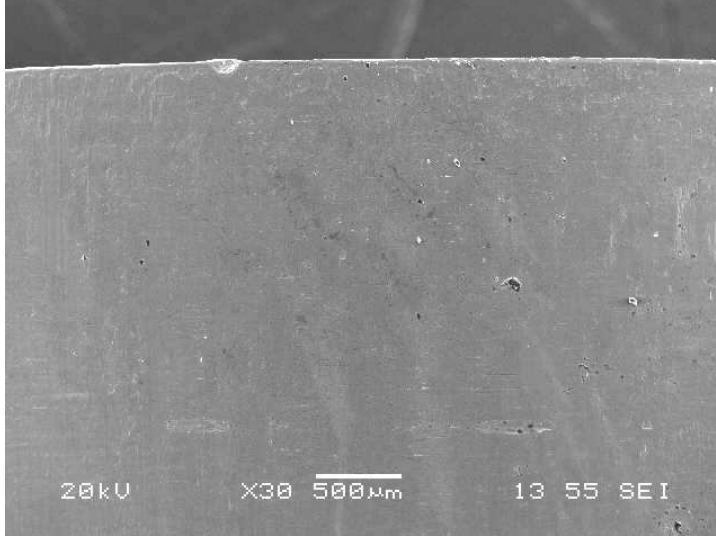
Şekil 5. 4. %5 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği

%5 kesme boşluğun da ölçülen yüzey aşınması %3 kesme boşluğunda ölçülen değerlere göre daha az bulunmuştur. Zımbanın sertliği kenar ve yüzey aşınmalarını olumlu yönde etkilemektedir. Sert zımbada aşınma miktarı daha az olmaktadır. Resim 5.5' de %5 kesme boşluğunda 8000 baskı sonunda alınan parçanın kesme kenarı incelendiğinde %3 kesme boşluğuna göre daha düzgün yüzey elde edildiği görülmektedir. Ayrıca kesme ve kopma bölgeleri belirgin olarak görülmektedir. Bu yapı sağlıklı bir kesmenin oluştuğunu göstermektedir.



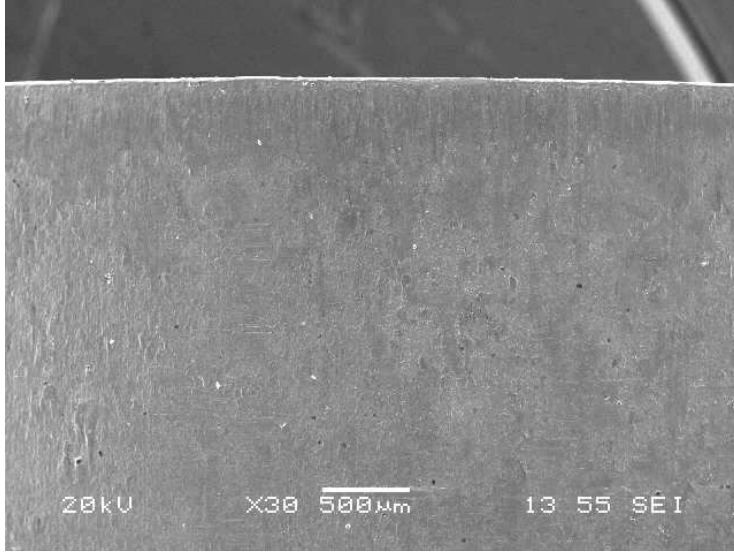
Resim 5. 5. %5 kesme boşluğunda 8000 baskı sonucunda elde edilmiş numune

Yüzey aşınma miktarları değerlendirilirken aynı zamanda kenarlarda oluşan çatlaklar ve malzeme kayıplarında değerlendirmeye alınmalıdır. %5 kesme boşluğundaki kesme işleminde zımbalarda oluşan kesme kenarları aşağıdaki SEM görüntüleri ile incelenmiştir.



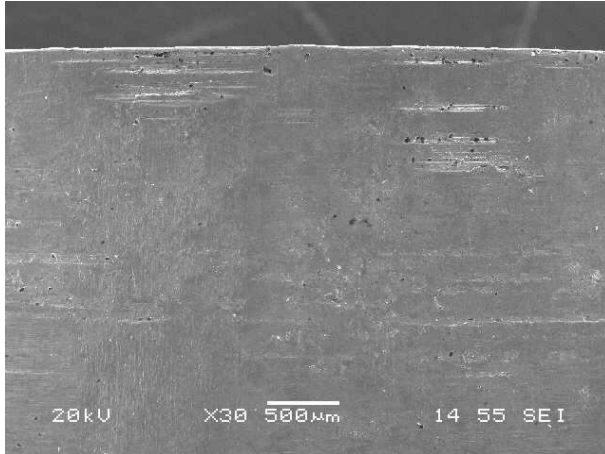
Resim 5. 6. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60HRC sertliğindeki zımba

60 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenar aşınması incelendiğinde bazı bölgelerde küçük çatlakların oluştuğu görülmüştür. Baskı sayısı artığında bu çatlakların kırılmalarına neden olacağı tahmin edilebilir. 60 HRC zımbanın sertliğinin %5 boşluk için fazla olduğu görülmektedir.



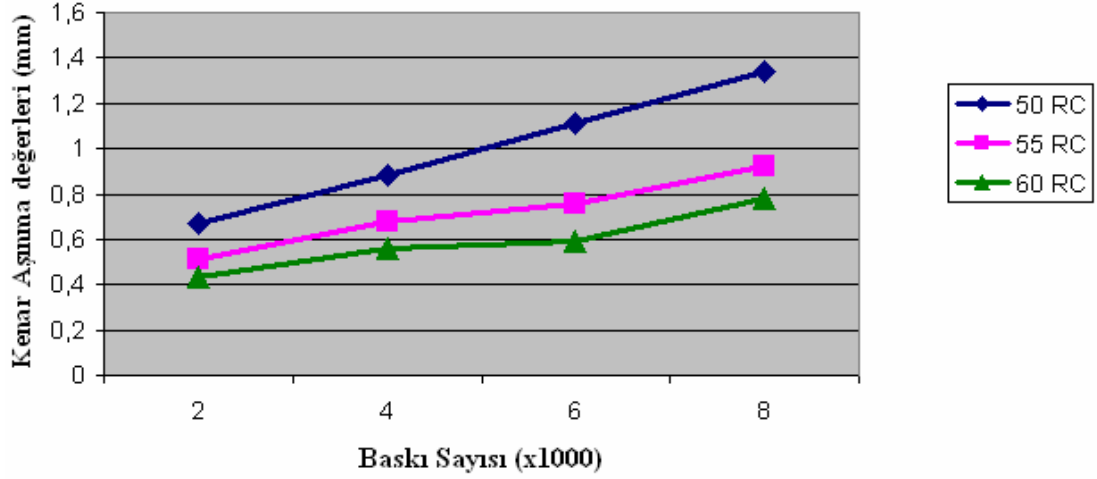
Resim 5. 7. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba

55 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenar aşınması incelendiğinde çatlamların olmadığı görülmektedir. Kesme kenarında doğrusal bir aşınma olduğu görülmektedir. Bu durumun kesilen parçanın kesme kenarında daha sağlıklı kesme kenarı oluşturacağı söylenebilir.



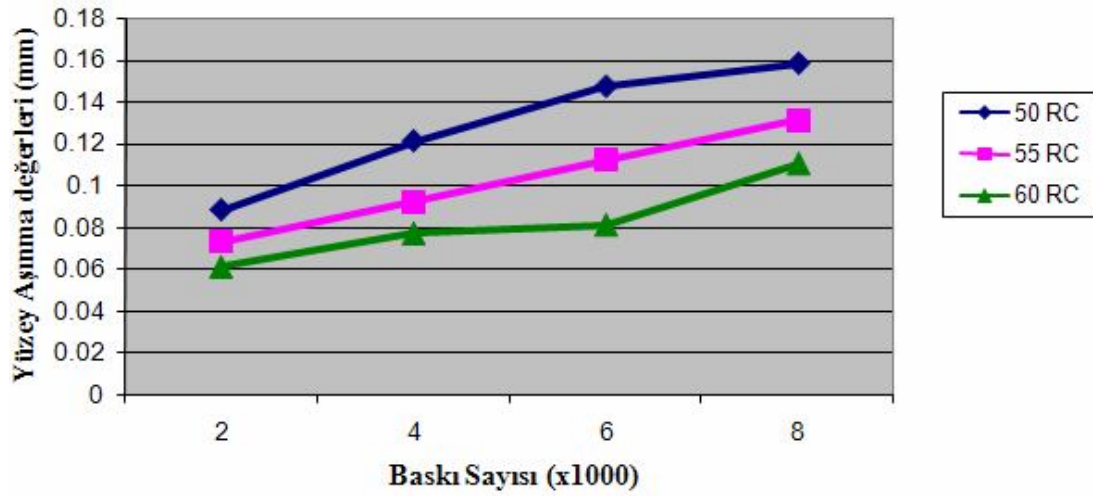
Resim 5. 8. %5 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba

50 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenarında derin aşınmalardan oluşan bölgesel malzeme kayıplarının olduğu görülmektedir. Bu durum malzemenin sertliğinin az olduğu ve basınç altında aşınmaların arttığını göstermektedir. %5 kesme boşluğu için zımba sertliğinin az olduğu görülmektedir.



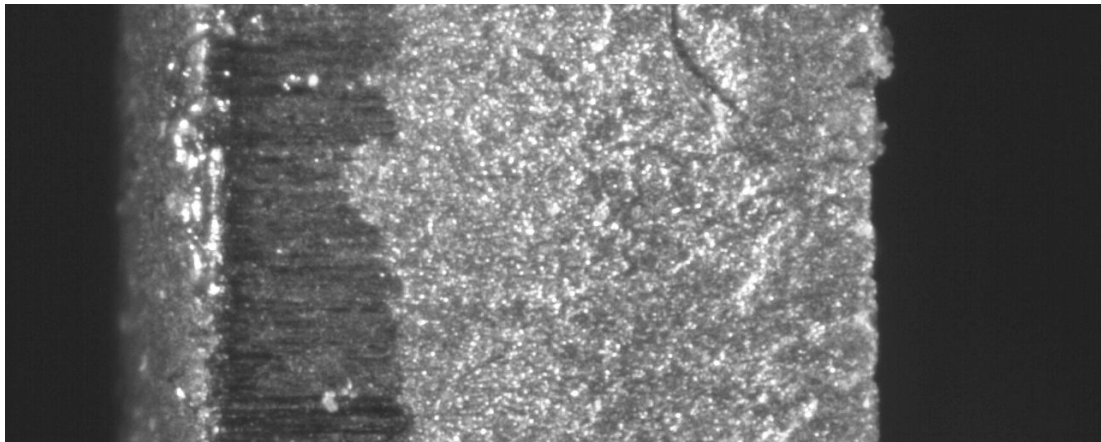
Şekil 5. 5. %8 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre kenar aşınması grafiği

Yukarıdaki grafikte görüleceği gibi kesme boşluğu değeri arttıkça aşınma değerlerinde azalmalar görülmektedir. Farklı sertlikteki zımbalardaki kenar aşınmalarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.



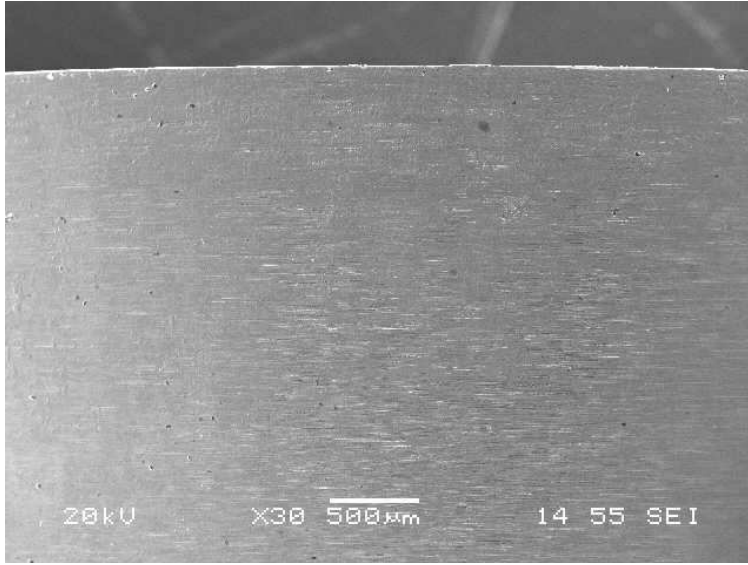
Şekil 5. 6. %8 kesme boşluğunda 50HRC, 55HRC, 60HRC sertliğindeki zımbaların, baskı sayısına göre yüzey aşınması grafiği

%8 kesme boşluğunda kesme işlemine maruz kalan zımbalardaki yüzey aşınmalarının %3 ve %5 kesme boşluğundaki yüzey aşınmalarına göre daha az olduğu görülmektedir. Bu durum boşluğun artmasıyla kesme kuvvetlerindeki azalmayla açıklanabilir. %8 kesme boşluğunda kesilen parçanın kesme kenarı incelendiğinde, zımbanın parçaya batma esnasında parça kenarında yuvarlanma olduğu görülmektedir. Bu durum parça ile zımba temas alanını azaltmaktadır. Temas alanının azalması aşınmanın da azalmasına neden olmaktadır.



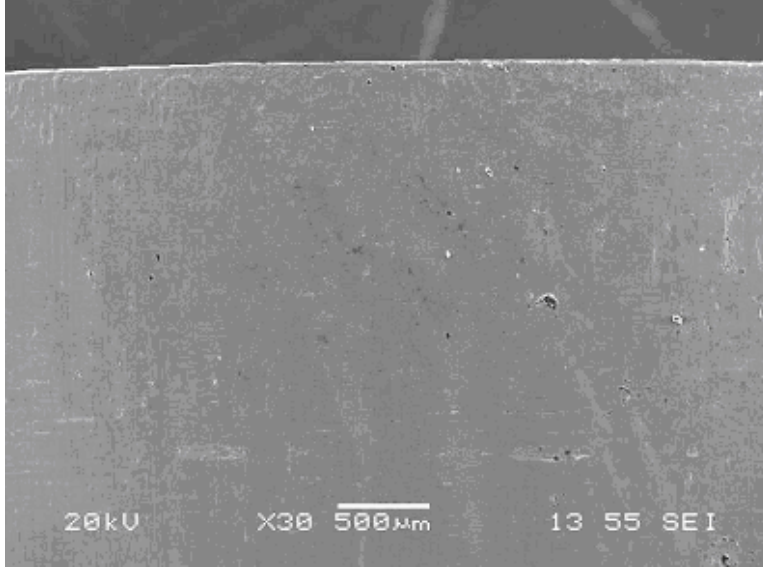
Resim 5. 9. %8 kesme boşluğunda 8000 baskının sonunda elde edilmiş numune

Parçanın kesilme yüzeyi incelendiğinde yuvarlanmanın arttığı, düzlük bölgesinin azaldığı ve kopma bölgesinin arttığı görülmektedir. Kesme düzlüğü bölgesinin azalması ürün kalitesinin azalmasına neden olacaktır. Bu yüzden aşınmaların az olmasına rağmen %8 kesme boşluğu ürün kalitesi açısından fazla bir kesme boşluğudur.



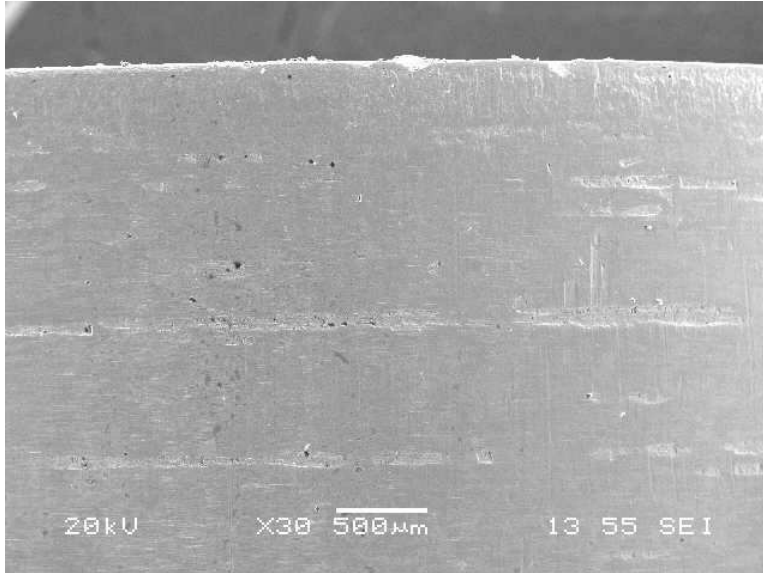
Resim 5. 10. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 60 HRC sertliğindeki zımba

60 HRC sertliğindeki zımbanın %8 kesme boşluğunda diğer zımbalara göre kesme kenar aşınma değerinin fazla görülmektedir. Kesme boşluğunun artması aşınma miktarında azalmaya neden olarak zımbanın kesme ömrünü arttırmaktadır.



Resim 5. 11. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 55 HRC sertliğindeki zımba

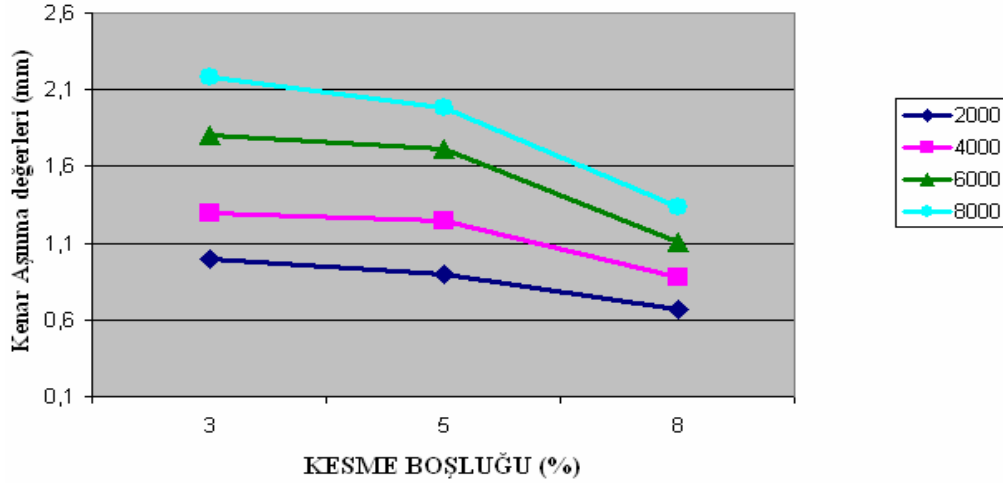
55 HRC sertliğindeki zımbadaki kesme kenar aşınması 60 HRC sertliğindeki zımbada fazla olduğu görülmemektedir. Aşınma değerlerinin azalması %8 kesme boşluğu için yeterli sertlikte olduklarını göstermektedir.



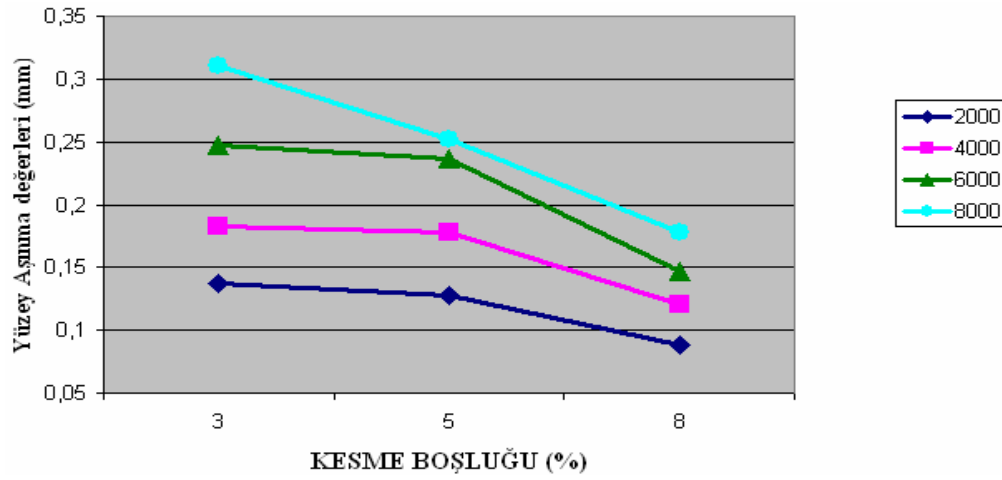
Resim 5. 12. %8 kesme boşluğunda 8000 baskıdaki 50 HRC sertliğindeki zımba

50 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenarı incelendiğinde 60 ve 55 HRC sertliğindeki zımbaların aksine bölgesel aşınmaların olduğu gözlenmiştir. Zımba sertliğinin %8 kesme boşluğuna göre yetersiz olduğu görülmektedir.

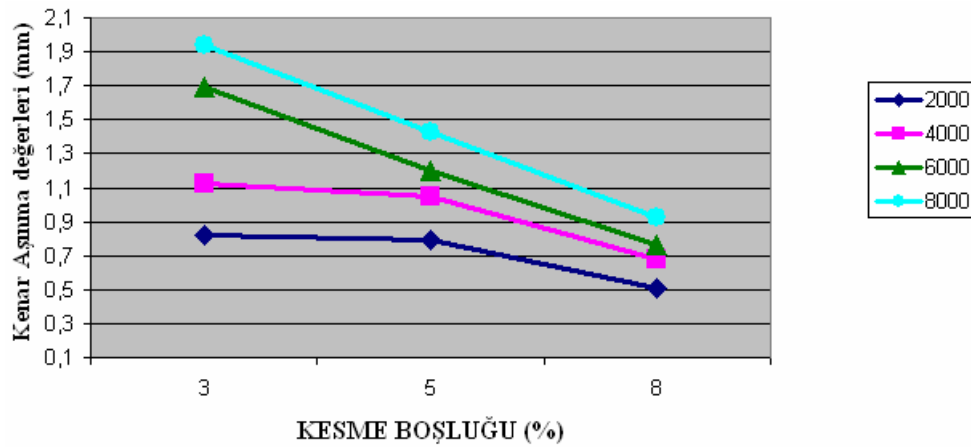
%3, %5 ve %8 kesme boşluğunda çalışan 60, 55 ve 50 HRC sertliğe sahip zımbaların 2000, 4000, 6000 ve 8000 baskı sayısındaki aşınma değerleri aynı grafik altında verilerek karşılaştırmasının yapılması sağlanmıştır. Baskı sayısının ve kesme boşluğunun etkisi aşağıdaki grafiklerde kolayca görülebilir.



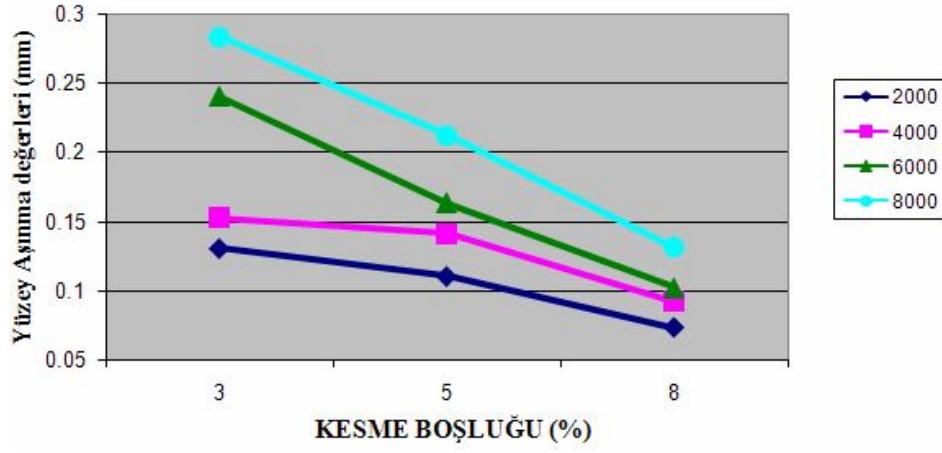
Şekil 5. 7. 50 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği



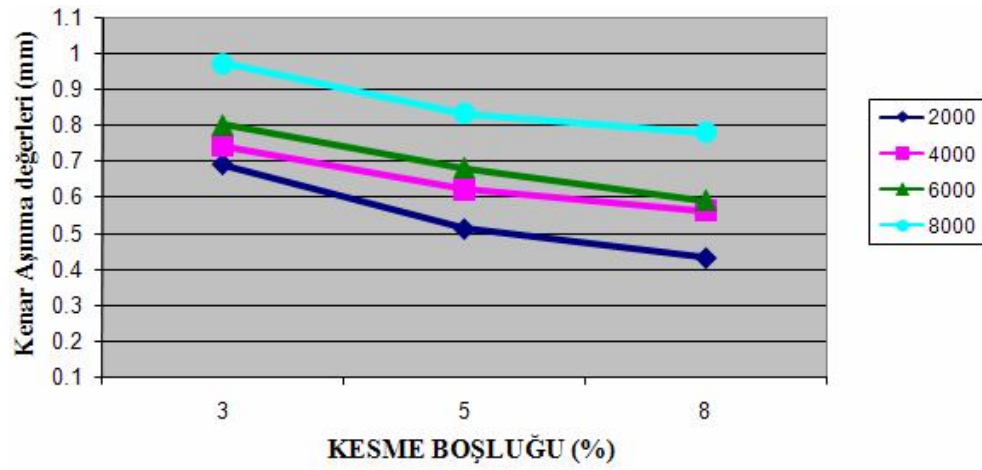
Şekil 5. 8. 50 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği



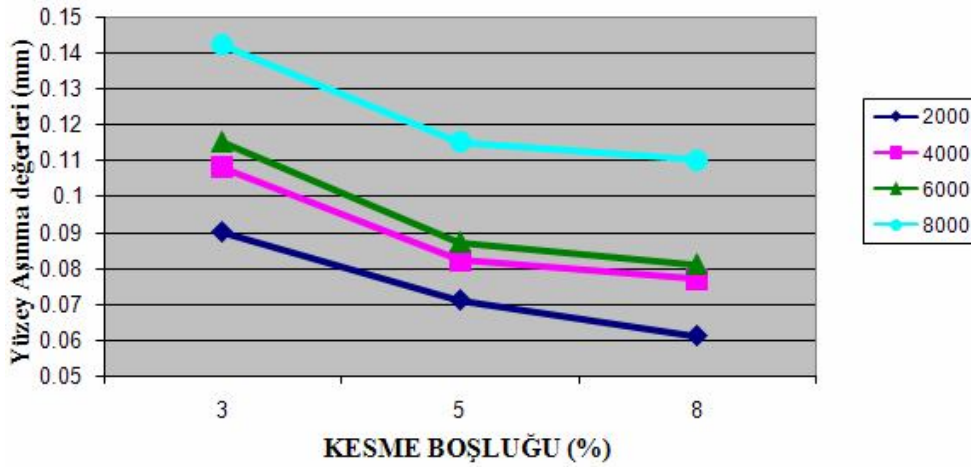
Şekil 5. 9. 55 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği



Şekil 5. 10. 55 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği



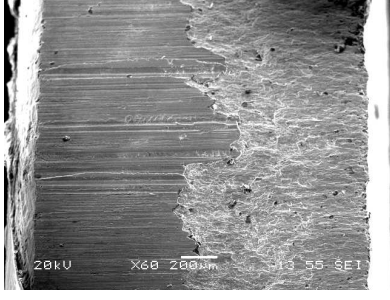
Şekil 5. 11. 60 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre kenar aşınması grafiği



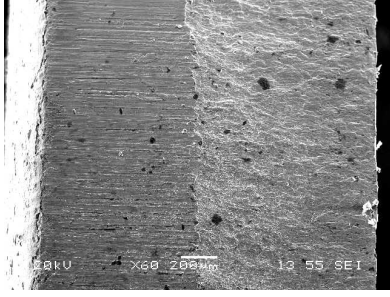
Şekil 5. 12. 60 HRC sertlikte, 2000, 4000, 6000, 8000 baskı yapan zımbaların, kesme boşluğu değerlerine göre yüzey aşınması grafiği

8000 baskı yapmış olan 50 HRC, 55 HRC ve 60 HRC sertliğindeki zımbalar %3, %5 ve %8 kesme boşluğundaki aşınma değerleri karşılaştırılınca %8 kesme boşluğundaki aşınma miktarının %3 ve %5 kesme boşluğunda çalışmış zımbalardan az aşındığı görülmektedir. Ayrıca sertliğin artışıyla aşınmanın azaldığı birkez daha görülmektedir. Baskı sayısı ile doğru orantılı olarak aşınma miktarıda artmaktadır.

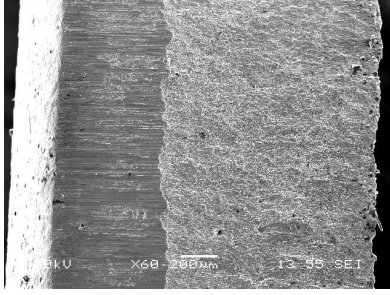
Kesme boşluğunun aşınma faktörünü dikkate almadan parçanın kesme yüzeyine etkisini araştırmak amacıyla ilk baskıların SEM görüntüleri aşağıda verilmiştir. Kesme boşluğu arttıkça kesme düzlüğünde azalma görülmektedir. Ayrıca kesme boşluğunun az olması takım yüzeyinde sıvanmaya neden olmaktadır (Şekil 5.13). Bu sıvanma kesme kuvvetini arttıracığından aşınmanın da hızlanmasını sağlayacaktır. Kesme boşluğunun artması, zımbanın parçaya girmesiyle yuvarlanma bölgesinin derinliğini arttırmaktadır. Yuvarlanma bölgesinin artışı kesme düzlüğü bölgesini azaltmaktadır.



Resim 5. 13. %3 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı

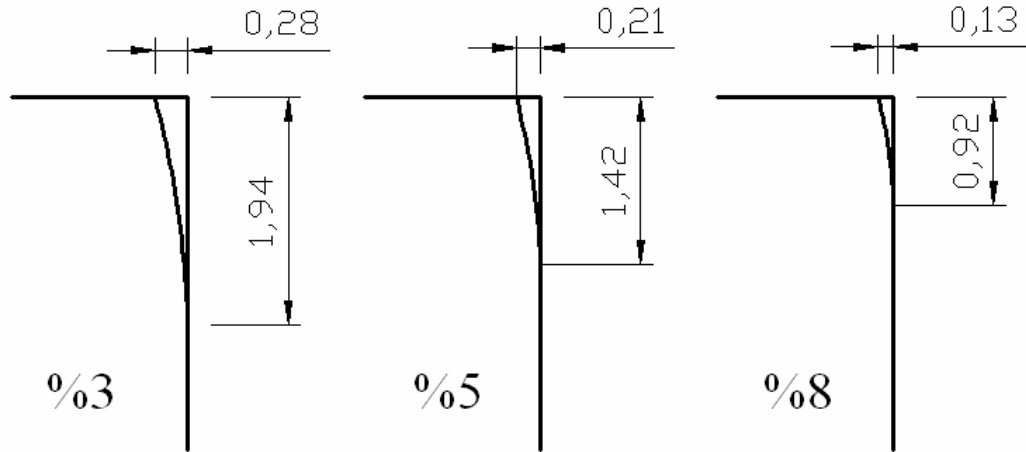


Resim 5. 14. %5 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı



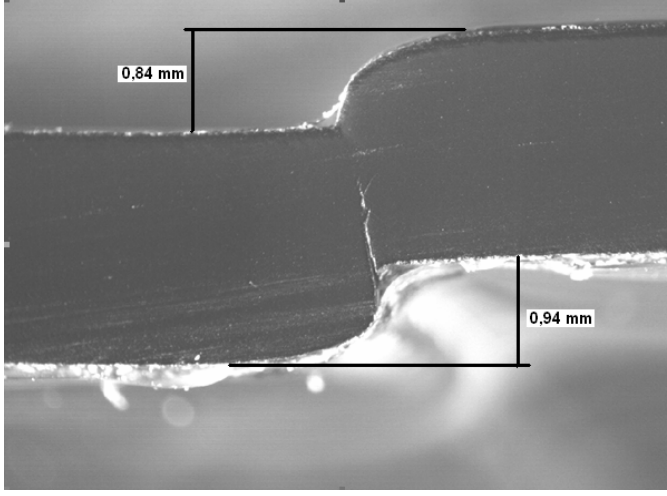
Resim 5. 15. %8 kesme boşluğu ile üretilmiş numunenin yan yüzey fotoğrafı

Literatürdeki çatlak başlama mesafesi formülleriyle yapılan bu araştırma sonuçlarını kıyaslamak amacıyla sac malzemenin çatlama mesafeleri farklı bir kesme aparatı ile belirlenmiştir. 55 HRC sertlikte %3, %5, %8 kesme boşluğunda 8000 baskı sonucunda elde edilen değerler aparatın zımbasına Şekil 5.13' teki gibi aktarılmıştır. Aşınma miktarları parçaların kesilme yüzeyleri incelendiğinde St-37 malzemesi için ideal zımba sertliği olarak 55 HRC bulunmuştur. Malzemenin çatlama başlama noktasını belirlemek için 3 farklı kesme boşluğunda 8000 baskı yapmış 55 HRC sertliğindeki zımbalar ile sac malzeme kalınlığının %5'i olan 0.1 mm aralıklarla zımba batma oranları uygulanmıştır. Deney sonunda 3 farklı aşınma miktarı için 3 farklı kesme boşluğunda 3 adet deney numunesinde çatlak başlama mesafesi tesbiti yapılmıştır.



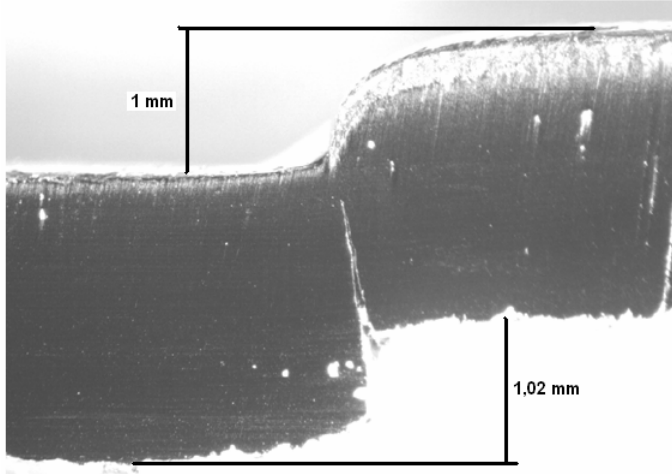
Şekil 5. 13. 55HRC sertliğindeki zımbanın ortalama aşınma değerleri

55 HRC sertliğindeki 8000 baskı yapmış olan zımbanın aşınma miktarının yansıtıldığı zımba ile %3, %5 ve %8 kesme boşluğundaki çatlak başlama mesafesi tesbiti yapıldı.



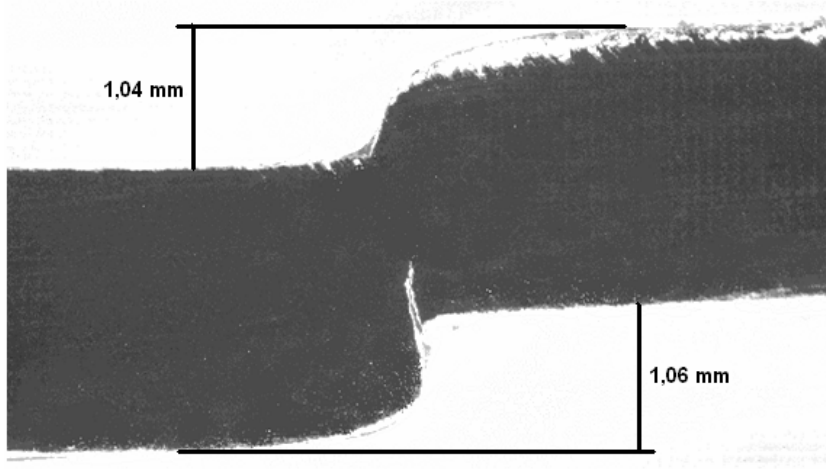
Resim 5. 16. %5 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi

%5 kesme boşluğunda yapılan deneyde malzeme 0,84 mm de çatlamaya başlamıştır.



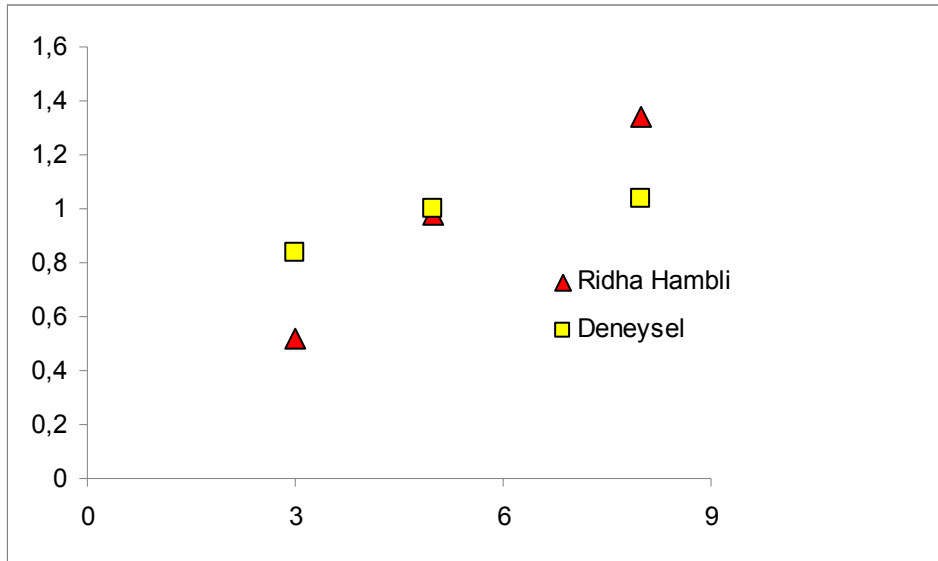
Resim 5. 17. %8 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi

%8 kesme boşluğunda yapılan deneyde malzeme 1 mm de çatlamaya başlamıştır.



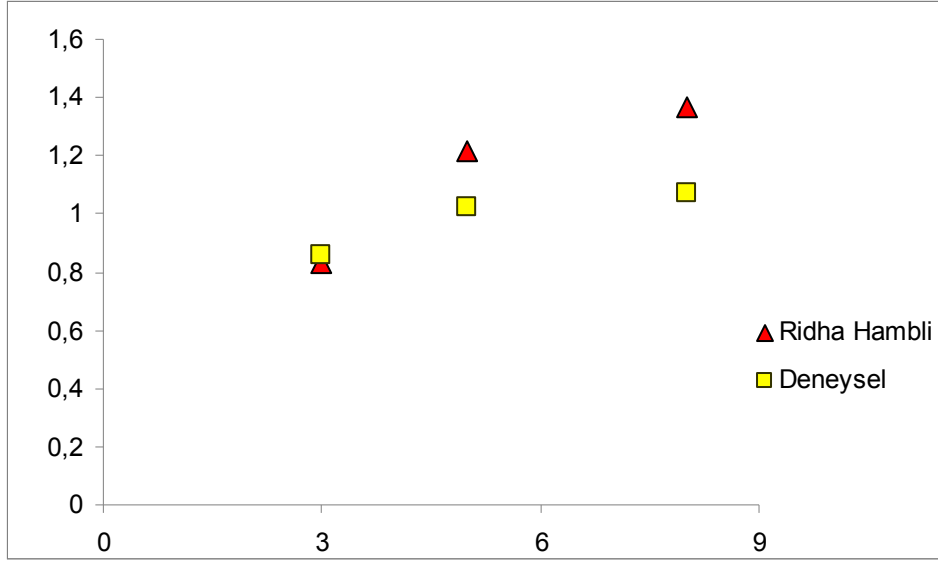
Resim 5. 18. %3 kesme boşluğunda çatlak başlama mesafesi

%3 kesme boşluğunda yapılan deneyde malzeme 1,04 mm de çatlamaya başlamıştır.



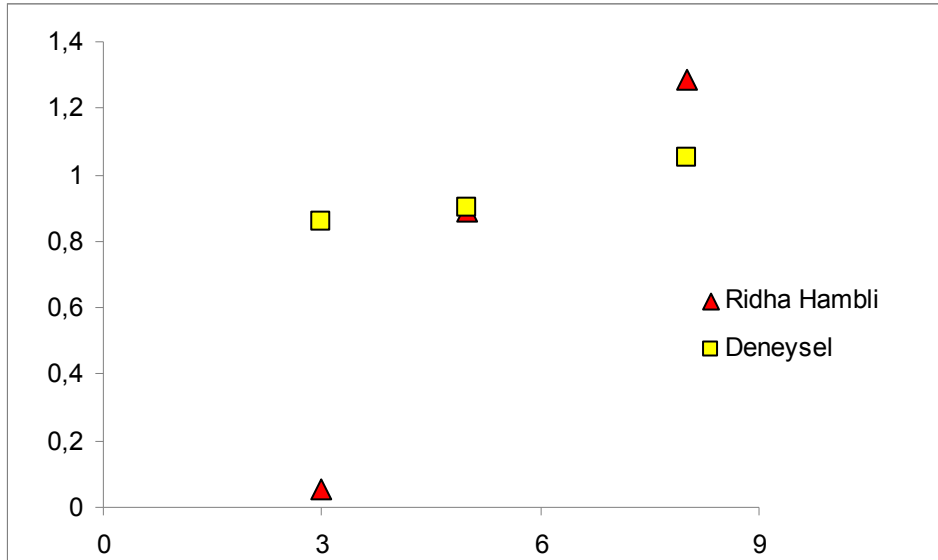
Şekil 5. 14. 55 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi

55 HRC sertliğindeki zımbanın 8000 baskı sonucunda bulunan yüzey aşınma değerleri ile yapılan deney sonucunda bulunan çatlak mesafeleri ile literatürde önemli bir yeri olan Ridha Hambli eşitlikleriyle karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarla eşitliklerin %3 ve %8 kesme boşluğunda sapma gösterdiği fakat %5 kesme boşluğunda oldukça yakın değerler verdiği görülmüştür.



Şekil 5. 15. 60 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi

60 HRC sertliğindeki zımbanın 8000 baskı sonucunda bulunan yüzey aşınma değerleri ile yapılan deney sonucunda bulunan çatlak başlama mesafeleri ile literatürde önemli bir yeri olan Ridha Hambli eşitlikleriyle karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarla eşitliklerin %5 ve %8 kesme boşluğunda sapma gösterdiği fakat %3 kesme boşluğunda yakın değerler verdiği görülmüştür.



Şekil 5. 16. 50 HRC sertliğindeki zımba için çatlak başlama mesafesi

50 HRC sertliğindeki zımbanın 8000 baskı sonucunda bulunan yüzey aşınma değerleri ile yapılan deney sonucunda bulunan çatlak başlama mesafeleri ile literatürde önemli bir yeri olan Ridha Hambli eşitlikleriyle karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarla eşitliklerin %3 ve %8 kesme boşluğunda sapma gösterdiği fakat %5 kesme boşluğunda yakın değerler verdiği görülmüştür.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

Sonuçlar

- Zımbanın sertliği arttıkça yüzey ve kenar aşınmalarında azalma görülmüştür.
- 60 HRC sertliğindeki zımbanın kesme kenar incelemesinde %3 ve %5 kesme boşluklarında kırılmalar gözlenmiştir. 60 HRC sertlik değeri %3 ve %5 kesme boşlukları için uygun değildir.
- 55 HRC sertliğindeki zımbanın %3 ve %5 kesme boşluklarında kesme kenardaki kırılmalar 60 HRC sertliğindeki zımbaya göre daha az gerçekleşmiştir.
- 55 HRC sertlikte zımbanın, %5 kesme boşluğunda St-37 malzemesinin kesme işleminde uygun değerler olduğu görülmüştür.
- Kesme boşluğu arttıkça aşınma miktarı azalmıştır.
- %8 kesme boşluğunda parçanın kesme kenarındaki kesilme düzlüğünde azalma görülmüştür.
- %5 kesme boşluğunda %3 ve %8 kesme boşluklarına göre kesme düzlüğü daha fazla bulunmuştur.
- Kesme boşluğunun küçük seçilmesi durumunda kesme yüzeylerinde sıvanma ve zorlanmalar oluşmaktadır.
- Ayrıca kesme boşluğu değerinin küçük olması zımbanın ömrünü azaltmaktadır.
- Kesme boşluğunun minimum tutulması durumunda sürtünmeden dolayı kesme kuvvetinin artacağı, zımbanın kuvvete maruz kalacağı ve pres kuvvetinin artacağı göz önüne alınmalıdır.
- Aşınmanın artması çatlak oluşum derinliğini azaltmaktadır. Bu durum kesme düzlüğün azalmasına neden olmaktadır.
- Kesme boşluğunun artması çatlak oluşum derinliğini azaltmaktadır.

Öneriler

- Zimba yüzeyine değişik kaplama türleri uygulanarak aynı çalışma yapılabilir.
- Daha fazla kesme boşluğunda ve zimba sertliğinde yapılacak deneyler ile daha hassas kesme boşluğu ve zimba sertlik değerleri bulunabilir.
- Farklı kalınlıkta ve türde sac malzemeler için benzer çalışmalar tekrarlanabilir.
- Kesme boşluğunun 20000, 60000, 80000 gibi yüksek baskılarda takım aşınmasına olan etkisi incelenebilir.
- Bu çalışmada sadece zimbada bulunan aşınma tipleri dikkate alınmıştır. Ayrıca dişi plakanın kesme kenarında oluşan aşınma mekanizmaları da incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Lemiatre, J., "A Course On Damage Mechanics", **Springer Verlag**, Berlin, 3-41, (1998).
2. Shabara, M.A., El-Domiaty, A.A., Kandil, A., "Validity Assessment of Ductile Fracture Criteria in Cold Forming", **Journal of Materials Engineering and Performance Contents**, 5:478-488 (1996).
3. Rice, J.R., Tracey, D.M., "On the Ductile Enlargement of Voids in Triaxial Stress Fields", **Journal of Mech. Phys. Solids**, 17: 201-217 (1969).
4. Oyane, M., Sato, T., Okimoto, K., Shima, S., "Criteria for Ductile Fracture and Their Applications", **Journal of Mechanical Working Technology**, 4: 65-81 (1980).
5. Myint, M.H., Fuh, J.Y.H., Wong, Y.S., Lu, L., Chen, Z.D., Choy, C.M., "Evaluation of wear mechanisms of Y-TZP and tungsten carbide punches", **Journal of Materials Processing Technology**, 140: 460-464 (2003).
6. Ko, D.C., Kim, D.H., Kim, B.M., "Finite element analysis for the wear of Ti-N coated punch in the piercing process", **Wear**, 252: 859-860 (2002).
7. Zeng, X.T., Zhang, S., Muramatsu, T., "Comparison of three advanced hard coatings for stamping applications", **Surface and Coatings Technology**, 127: 38-42 (2000).
8. Hernandez, J.J., Franco, P., Estrems, M., Fuara, F., "Modelling and experimental analysis of the effects of tool wear on form errors in stainless steel blanking", **Journal of Materials Processing Technology**, 180: 143-150 (2006).
9. Hambli, R., Potiron, A., Kobi, A., "Application of Design of Experiment Technique for Metal Blanking Processes Optimization", **Mecanique & Industries**, 4: 175-180 (2003).
10. Luo, S.Y., "Effect of the Geometry and the Surface Treatment of Punching Tools on the Tool Life and Wear Conditions in the Piercing of Thick Steel Plate", **Journal of Materials Processing Technology**, 88: 122-133 (1999).
11. Hambli, R., "Blanking Tool Wear Modeling Using the Finite Element Method", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 41:1815-1829 (2001).
12. Hoffman, E.G. "Fundamentals of tool design", 2nd ed., **Society of Manufacturing Engineers**, Michigan, 293-364 (1984).

13. Büyükbaş, H., “Computer aided strip layout and die design for sheet metal pres cutting operations”, A Masters Thesis, **METU Mechanical Eng.**, Ankara, 23-66 (1997).
14. Kafkasyalı, İ., “Computer aided design of progressive press dies for cutting operations”, A Masters Thesis, **METU Mechanical Eng.**, Ankara, 1-76 (1990).
15. İnternet: Megep “Kesme Boşluğu”
http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/makinetek/moduller/kilavuz_kolonlu_delme_kesme_kaliplari1.pdf (2006).
16. Gang, F., 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).
17. Breitling, J., Preiffer, B., Altan, T., Siegert, K., “Process control in blanking”, **Journal of Materials Proccessing Technology**, 71: 187-192 (1997).
18. Uzun, I., Erişkin, Y., “Sac Metal Kalıpcılığı”, **Milli Eğitim Basımevi**, İstanbul, 80-125 (1983).
19. Mendi, F., “Kesme Kalıplarının Bilgisayar Yardımıyla Tasarımı Ve Tasarım Süresinin Etüdü”, **Teknoloji**, 1: 127-137 (2001).
20. Ataşımşek, S., “Sac Kalıpları”, Bursa, 5-150 (1977).
21. Kahraman, E., “Sac metal malzemelerin kalıpta kesilebilme özelliklerine kesme boşluğunun etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 41-158 (2006).
22. Ostergaard, D.E., “Temel Kalıp Yapımı”, Çeviri Editörleri, **Mustafa Bağcı, İlhan Sezgin, Fevzi Ercan, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Matbaası**, Ankara, 100-107 (1977).
23. Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, **Vipaş**, Bursa , 82 (1999).
24. Sarı, N.Y., Tülbentçi K. “Modern Yüzey İşlemleri İle Aşınma Direncinin İyileştirilmesi”, **7. Denizli Malzeme Sempozyumu**, Denizli, 2-3-4 Nisan, 370-377(1997).
25. Kurt, H., “Kalıpcılık Tekniği ve Kesme Kalıplarının Tasarımı”, **Birsen Yayınevi**, 10-52 (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : AKYÜREK, Ferhat
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 19.02.1983 AKSARAY
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0312 590 93 59
 e-mail : ferhatakyurek@yahoo.com

Eğitim Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makina Eğitimi	-
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Talaşlı Üretim Eğitimi	2004

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

2004-2007	Aslan Makine İmalat San.Tic.A.	Cad/Cam uzmanı
2007- -	Tübitak-Sage	Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Torna tezgahlarında kullanılan seramik kesici takımların incelenmesi

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, yüzme