

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**ARDIŞIK KALIPLARDA KALIP MALZEMESİNİN KALIP  
AŞINMASI İLE ÜRÜN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ ÖZCAN**

**DENİZLİ, KASIM - 2018**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**



**ARDIŞIK KALIPLARDA KALIP MALZEMESİNİN KALIP  
AŞINMASI İLE ÜRÜN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ ÖZCAN**

**DENİZLİ, KASIM - 2018**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**ALİ ÖZCAN** tarafından hazırlanan “ARDIŞIK KALIPLARDA KALIP MALZEMESİNİN KALIP AŞINMASI İLE ÜRÜN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 09.11.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Erkan ÖZTÜRK

.....

Eş Danışman

Doç. Dr. İsmail OVALI

.....

Üye

Prof. Dr. Erdinç Şahin CONKUR  
Pamukkale Üniv. Mühendislik Fak.

.....

Üye

Prof. Dr. Osman ASİ  
Uşak Üniv. Mühendislik Fak.

.....

Üye

Doç. Dr. Gökmen ATLIHAN  
Pamukkale Üniv. Teknoloji Fak.

.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez alışması PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL  
ARAŞTIRMA PROJELERİ BİRİMİ tarafından 2017FEBE023 nolu proje  
ile desteklenmiŐtir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

ALİ ÖZCAN

## ÖZET

**ARDIŞIK KALIPLARDA KALIP MALZEMESİNİN KALIP AŞINMASI İLE  
ÜRÜN GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ALİ ÖZCAN  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. ERKAN ÖZTÜRK)  
(EŞ DANIŞMAN:DOÇ. DR. İSMAİL OVALI)  
DENİZLİ, KASIM - 2018**

Ardışık kalıplar otomotiv sektöründen tekstil sanayisine kadar geniş bir alanda kullanılmakta olup hem zaman hem de maliyet açısından önem arz etmektedir. Kalıp aşınmaları özellikle ürün boyutlarında farklılıklara sebep olmaktadır. Kullanılan kalıp malzemesi seçimi oluşacak aşınmaların belirli bir sürece yayılmasına olanak sağlar. Bu çalışma ile kalıp malzemesi olarak seçilen 1.2767, 1.2379 ve CPOH soğuk şekillendirme çelikleri kullanılarak belirli adetlerde yapılan üretim sürecinde ürün yüzey kalitesi ve kalıp aşınmaları incelenmiştir. Tasarlanan ürün kalıbı tüm çeliklere 0.01 mm hassasiyetinde uygulanmış ve 10000 adet ürün üretilerek bu ürünlerin birinci, bininci, beş bininci ve on bininci örnekleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bununla birlikte kalıp çeliklerindeki aşınmalar da değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda kalıp malzemesi olarak CPOH çeliğinin kullanılması ürün boyutlarını standartlaştırılması ve daha uzun üretim sürecine dayanabilmesi açısından avantajlı olduğu görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELEER:Ardışık kalıp, Geometrik özellikler, Aşınma, Yüzey kalitesi**

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION THE EFFECTS ON GEOMETRIC PROPERTIES OF PRODUCT AND WEARING IN PROGRESSIVE DIE**

**MSC THESIS  
ALİ ÖZCAN**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
MECHANICAL EDUCATION**

**(SUPERVISOR:DOÇ. DR. ERKAN ÖZTÜRK)  
(CO-SUPERVISOR:DOÇ. DR. İSMAİL OVALI)  
DENİZLİ, NOVEMBER 2018**

Progressive dies are used in a wide range from the automotive sector to the textile industry and are important in terms of both time and cost. Surface abrasions cause especially the differences in product dimensions. The selection of die material makes possible the spread over time of abrasions. In this study, product surface quality and die abrasion were investigated by using 1.2767, 1.2379 and CPOH cold forming steels selected as die materials in certain production processes. The form of chosen design has been molded to all steels at a precision of 0.01 mm and 10.000 samples were produced and then the first, thousandth, fifth thousand and tenth thousand product samples were examined comparatively. In addition, the abrasions on dies have been evaluated. As a result of these evaluations, it has been found out that the use of CPOH steel is advantageous in terms of the standardization product dimensions and the longer lifetime.

**KEYWORDS:**Progressive die, Geometric properties, Abrasion, Surface quality

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özetleri .....	2
1.2 Tezin Amacı .....	11
1.3 Tarihsel süreç .....	11
1.4 Tanımı .....	13
<b>2. KALIPÇILIKTA KULLANILAN EKİPMANLAR .....</b>	<b>15</b>
2.1 Presler.....	15
2.1.1 Mekanik presler.....	15
2.1.2 Hidrolik presler .....	17
2.2 Kesme kalıpları .....	18
<b>3. ARDIŞIK KALIP ELEMANLARI.....</b>	<b>20</b>
3.1 Sac Metal Kalıp Elemanları .....	20
3.1.1 Kalıp alt ve üst tablaları .....	20
3.1.2. Kalıp Alt ve Üst Çelikleri .....	21
3.1.3. Kalıp Üst İz Yapma Çeliği .....	22
3.1.4. Kalıp Yollukları .....	23
3.1.5. Kalıp Zımba Tutucusu .....	23
3.1.6. Kalıp Üst Delme Zımbası .....	24
3.1.7. Kalıp Sıyırıcı Tablası.....	24
3.2 Sac metal kalıp standart elemanları.....	25
3.2.1. Şapkalı Burç.....	25
3.2.2. Ortadan Şapkalı Burç.....	26
3.2.3. Ortadan Şapkalı Kolon .....	26
3.2.4. Üstten Şapkalı Burç .....	27
3.2.5. Yay Ayar Cıvatası.....	27
3.2.6. Ağır Yük Yayı .....	28
3.3 Kalıp Montajında Kullanılan Elemanlar .....	28
3.3.1 Kalıp montaj vidaları .....	28
3.3.2 Kalıp montaj pimleri.....	30
<b>4. KALIP MALZEME ÖZELLİKLERİ İLE ISIL İŞLEMLER.....</b>	<b>31</b>
4.1 İmalat çelikleri.....	31
4.2 Soğuk iş takım çelikleri .....	31
4.3 Çeliklerin tabii tutulduğu ısıl işlemler .....	32
4.4 Malzeme Soğutma Ortamları .....	34
<b>5. TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kalite Kontrol Amaçlı Lazer Tarama.....	37
5.2 Tersine Mühendislik Amaçlı Lazer Tarama.....	38



<b>6. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>40</b>
6.1 Ürün Modelinin Oluşturulması .....	40
6.1.1 Tasarımda kullanılan programlar ve donanımlar.....	41
6.2 Bant tasarımı.....	42
6.3 Kalıp ölçülerinin belirlenmesi .....	43
6.4 Kalıp modelinin üç boyutlu tasarım ve montajı .....	45
6.5 Kalıp İmalatı.....	46
6.6 Kalıp Çeliklerinin Sertlik Değerleri .....	50
6.7 Kalıp Montajı .....	53
6.8 Sac Ürün Malzemesi ve Üretim Süreci .....	55
6.9 Lazer Tarama ile geometrik özellik ölçümleri .....	57
<b>7. DENEYSEL SONUÇLAR.....</b>	<b>58</b>
7.1 Ürünlerdeki boyutsal değişimler .....	58
7.2 Kalıplardaki boyutsal değişimler .....	74
7.3 Görsel değerlendirmeler .....	83
7.4 Maliyet analizi.....	85
<b>8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>88</b>
<b>9. KAYNAKLAR.....</b>	<b>90</b>
<b>10. EKLER.....</b>	<b>93</b>
EK A Nominal veri 1 .....	93
EK B Nominal veri 2.....	93
EK C Nominal veri 3.....	94
EK D Nominal veri 4.....	94
EK E Tarama verisi 1 .....	95
EK F Tarama verisi 2 .....	95
EK G Tarama verisi 3.....	96
EK H Tarama verisi 4.....	97
EK I Görsel Tarama .....	98
<b>11. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>99</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Eski çağlarda geliştirilmiş olan kalıp formatları .....	12
Şekil 1.2: Kalıpcılığın sınıflandırılması... ..	14
Şekil 2.1: Eksantrik pres .....	16
Şekil 2.2: Hidrolik pres.....	17
Şekil 2.3: Kesme kalıbı.....	19
Şekil 3.1: Kalıp alt tablası.....	20
Şekil 3.2: Kalıp üst tablası.....	21
Şekil 3.3: Kalıp alt çeliği .....	22
Şekil 3.4: Kalıp üst çeliği .....	22
Şekil 3.5: Kalıp üst iz yapma çeliği .....	23
Şekil 3.6: Kalıp yolukları.....	23
Şekil 3.7: Kalıp zımba tutucusu.....	24
Şekil 3.8: Kalıp üst delme zımbası .....	24
Şekil 3.9: Kalıp sıyırıcı tablası.....	25
Şekil 3.10: Sertleştirilmiş hassas şapkalı burç.....	26
Şekil 3.11: Sertleştirilmiş hassas ortadan şapkalı kolon.....	27
Şekil 3.12: Yay ayar cıvatası .....	27
Şekil 3.13: Ağır yük yayı.....	28
Şekil 3.14: Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart altı köşe başlı cıvatalar .....	29
Şekil 3.15: Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart imbus başlı cıvatalar .....	29
Şekil 3.16: Kalıp montaj pimi.....	30
Şekil 5.1: Üç boyutlu lazer tarama kol mekanizması .....	36
Şekil 5.2: Lazer tarama ile kalite kontrol rapor örneği .....	37
Şekil 5.3.a: Tersine mühendislik uygulama birinci örneği.....	39
Şekil 5.3.b: Tersine mühendislik uygulama ikinci örneği.....	39
Şekil 6.1: İki boyutlu çizim .....	40
Şekil 6.2.a: Alt kesme ve iz yapma kalıbı .....	41
Şekil 6.2.b: Üst iz yapma kalıbı.....	41
Şekil 6.2.c: Alt iz yapma kalıbı .....	41
Şekil 6.3: Bant tasarımları .....	42
Şekil 6.4: Zımba tutucu .....	43
Şekil 6.5: Alt tabla .....	43
Şekil 6.6: Alt çelik yuvası.....	44
Şekil 6.7: Üst kesme ve üst iz yapma çeliği .....	44
Şekil 6.8: Alt iz yapma ve kesme çeliği .....	45
Şekil 6.9: Alt tabla ve alt çelik montajı .....	46
Şekil 6.10: Üst tabla ve zımba tutucu montajı.....	46
Şekil 6.11: Üniversal freze tezgahı.....	48
Şekil 6.12: CNC dik işlem merkezi .....	48
Şekil 6.13: CNC tel erezyon tezgahı .....	49
Şekil 6.14: CNC tezgahında alt iz yapma ve kesme çeliğinin işlenmesi.....	49
Şekil 6.15: Çeliklerin tezgahlarda işlendikten sonraki son halleri .....	50
Şekil 6.16: Isıl işlem uygulanan alt çelik kalıpları .....	51

<b>Şekil 6.17:</b> Sertlik ölçüm cihazı.....	51
<b>Şekil 6.18:</b> CPOH sertlik ölçümü .....	52
<b>Şekil 6.19:</b> 1.2767 sertlik ölçümü.....	52
<b>Şekil 6.20:</b> 1.2379 sertlik ölçümü.....	53
<b>Şekil 6.21.a:</b> Alt tabla ve alt çelik montajı .....	53
<b>Şekil 6.21.b:</b> Üst tabla ve sıyrıcı montajı .....	53
<b>Şekil 6.22:</b> Ardışık kalıp setinin prese bağlanması.....	54
<b>Şekil 6.23:</b> Ardışık kesme kalıp montajının numaralandırması .....	54
<b>Şekil 6.24:</b> Pres tezgahı.....	56
<b>Şekil 6.25:</b> Sac rulo açıcısı ve sürücüsü .....	56
<b>Şekil 6.26:</b> Lazer tarama sistemi.....	57
<b>Şekil 7.1:</b> 1.2767 birinci ürünün lazer taraması.....	58
<b>Şekil 7.2:</b> 1.2767 bininci ürünün lazer taraması .....	60
<b>Şekil 7.3:</b> 1.2767 beş bininci ürünün lazer taraması.....	61
<b>Şekil 7.4:</b> 1.2379 birinci ürünün lazer taraması.....	63
<b>Şekil 7.5:</b> 1.2379 bininci ürünün lazer taraması .....	64
<b>Şekil 7.6:</b> 1.2379 beş bininci ürünün lazer taraması.....	66
<b>Şekil 7.7:</b> CPOH birinci ürünün lazer taraması .....	67
<b>Şekil 7.8:</b> CPOH bininci ürünün lazer taraması.....	69
<b>Şekil 7.9:</b> CPOH beş bininci ürünün lazer taraması .....	70
<b>Şekil 7.10:</b> 1.2379 onbininci ürünün lazer taraması .....	72
<b>Şekil 7.11:</b> CPOH on bininci ürünün lazer taraması .....	73
<b>Şekil 7.12:</b> 1.2767 malzemesinin alt kalıp lazer taraması .....	75
<b>Şekil 7.13:</b> 1.2379 malzemesinin alt kalıp lazer taraması .....	76
<b>Şekil 7.14:</b> CPOH malzemesinin alt kalıp lazer taraması.....	78
<b>Şekil 7.15:</b> 1.2767 malzemesinin üst kalıp lazer taraması.....	79
<b>Şekil 7.16:</b> 1.2379 malzemesinin üst kalıp lazer taraması.....	81
<b>Şekil 7.17:</b> CPOH malzemesinin üst kalıp lazer taraması .....	82
<b>Şekil 7.18:</b> Alt kesme ve iz yapma çeliklerinin fotoğrafları .....	83
<b>Şekil 7.19:</b> Üst kesme çeliklerinin fotoğrafları.....	84
<b>Şekil 7.20:</b> Üst iz yapma çeliklerinin fotoğrafları .....	85

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1:</b> Standart altı köşe başlı cıvataların ölçüleri .....	29
<b>Tablo 3.2:</b> Standart imbus başlı cıvataların ölçüleri.....	29
<b>Tablo 4.1:</b> Soğuk iş takım çelikleri ve özellikleri .....	32
<b>Tablo 5.1:</b> Lazer tarama ölçüm değerleri .....	38
<b>Tablo 6.1:</b> Ardışık kalıp elemanlarının özellikleri .....	45
<b>Tablo 6.2:</b> 1.2379, 1.2767 ve CPOH soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi.....	47
<b>Tablo 6.3:</b> Ardışık kesme kalıbına ait malzeme listesi .....	55
<b>Tablo 7.1:</b> 1.2767 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri.....	59
<b>Tablo 7.2:</b> 1.2767 malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri.....	60
<b>Tablo 7.3:</b> 1.2767 malzemesinin beşbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	62
<b>Tablo 7.4:</b> 1.2379 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri.....	63
<b>Tablo 7.5:</b> 1.2379 malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri.....	65
<b>Tablo 7.6:</b> 1.2379 malzemesinin beşbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	66
<b>Tablo 7.7:</b> CPOH malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	68
<b>Tablo 7.8:</b> CPOH malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	69
<b>Tablo 7.9:</b> CPOH malzemesinin beşbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	71
<b>Tablo 7.10:</b> 2379 malzemesinin onbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	73
<b>Tablo 7.11:</b> CPOH malzemesinin onbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri .....	74
<b>Tablo 7.12:</b> 1.2767 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri .....	75
<b>Tablo 7.13:</b> 1.2379 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri .....	77
<b>Tablo 7.14:</b> CPOH malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri.....	78
<b>Tablo 7.15:</b> 1.2767 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri.....	80
<b>Tablo 7.16:</b> 1.2379 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri.....	81
<b>Tablo 7.17:</b> CPOH malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri.....	82
<b>Tablo 7.18:</b> Hammadde çelik fiyatları.....	86
<b>Tablo 7.19:</b> Isıl işlem fiyatları .....	86
<b>Tablo 7.20:</b> Makine işçilik fiyatları.....	86
<b>Tablo 7.21:</b> Çelik toplam maliyet fiyatları .....	86
<b>Tablo 7.22:</b> Ardışık kalıp toplam maliyet fiyatları.....	87

## SEMBOL LİSTESİ

<b>d</b>	:	Anma çapı
<b>p</b>	:	Diş adımı
<b>k</b>	:	Kafa yüksekliği
<b>sw</b>	:	Anahtar ağızı
<b>e</b>	:	Köşegen
<b>b</b>	:	Diş uzunluğu
<b>dk</b>	:	Kafa çapı

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamda öncelikle her zaman destekleriyle benim yanımda olduklarını hissettiren eşim ve kızlarıma, destek ve katkıları sebebiyle Doç. Dr. Erkan ÖZTÜRK ve Doç. Dr. İsmail OVALI' ya, ayrıca Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine maddi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Endüstriyel alandaki teknolojik ilerlemeyle üretim miktarlarındaki artış, seri imalat yöntemlerine geçilerek daha kaliteli ve daha ucuz imalat yöntemlerine olan ihtiyacı rekabetin vazgeçilmez unsuru durumuna getirmiştir.

Standart parçaları minimum insan gücünün yanı sıra en yüksek verimle ürün haline getiren üretim tekniklerine kalıpcılık adı verilmektedir. Kalıpcılığın metal ürün imalat yöntemlerinden birisi de sac metal kalıpcılığıdır. Kalıpcılık günlük ve iş hayatımızda kullandığımız birçok malzemenin üretilmesini sağlayan en önemli meslek dallarındandır. Bu malzemeler üretilirken ekonomik ve ölçü tamlığı içerisinde olmasını amaçlayan çalışmalar kalıpcılık mesleği olarak adlandırılmaktadır.

Sac metal kalıpcılığı seri üretim teknikleri içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. Otomotiv sektöründen elektronik sanayisine, beyaz eşya sektöründen tekstil sanayisine kadar yaşantımızın her alanında sac metal kalıp ürünlerine rastlamak mümkündür. Kullanım alanları bu kadar çeşitli ve çok olan sac metal ürün imalatının hem ihtiyaç miktarının karşılanabilmesi hem de fiyat ekonomikliğini sağlanabilmesi adına kalıp sektöründe otomasyon teknolojisinin geliştirilmesi ve sektöre uyum sağlaması önemlidir.

Ardışık kalıplarla imalat sac metal üretim maliyetlerinin minimum seviyelere indirilmesini sağladığı gibi ürün kalitesinde de tekli kesme ve bükme kalıplarına göre avantajları oldukça yüksektir. Bir sac metal ürünü iki veya daha fazla kalıpla daha fazla sayıda pres tezgahı ve insan gücü kullanarak imalatını gerçekleştirmek yerine bir ardışık kalıpla yapmak daha yalın ve ekonomik olmaktadır. Bu şekilde hem pres hem insan gücü hem de zaman minimuma çekilmiş olmaktadır. Dolayısıyla ürün maliyetinin de düşürülmesi sağlanmış ve üretim alanındaki rekabette birkaç adım öne geçilmesi sağlanmış olunur.

Fakat bununla beraber ardışık (prograsif) kalıpların üretim maliyetlerinin ilk yapılış aşamasında yüksek olması adetleri az olan sac malzemelerde bu kalıpların tercih edilmeme sebeplerinin başında gelmektedir. Bu durum uygun çelik

maliyetleriyle belirli sayıda üretilecek ürünlerde de ardışık kalıp kullanımını ön plana çıkarmaktadır.

Üretimin ölçütlerinden olan kalite ve maliyet, birbiriyle ilişkili iki faktördür. Kaliteli ürün doğru üretim teknikleri uygulandığı takdirde meydana gelir. Maliyet ise üretim teknikleriyle ilişkili olarak malzeme, teçhizat, işçilik ve zamanın kullanılmasıyla orantılı olarak ortaya çıkmaktadır. Tasarımı ve imalatı iyi hazırlanmış bir sac metal ardışık kalıp üretim yapan firmaya yalın, kaliteli ve ekonomik kalıp imalatı yapılmasında olumlu faydaları olacaktır. Sac metal kalıpcılığında üründe aşınma ve çapak oluşumuna kalıp malzemesinin etkileri ve ayrıca ulaşılabilecek ürün adedi bazında maliyet analizi üzerine literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, sac metal ardışık kalıplarının farklı adetlerdeki ihtiyaçları için kullanılan kalıplarda üretim miktarına göre çelik seçiminin; maliyetlere olan etkileri ile istenen yüzey kalitesinin minimum maliyetle elde edilmesi araştırılmıştır. Ardışık bir kalıp tasarlanmış, farklı özellik ve maliyete sahip soğuk iş takım çeliklerinden en çok tercih edilen malzemeler kullanarak, sac ürün imalatı sürecinde çeliklerdeki aşınma ve kesim yüzey kalitesi deneysel olarak incelenmiştir. Ürünle ilgili işlem planlaması yapılarak üretimin iyileştirilmesi ve aynı kalıptan çıkan farklı malzemelere sahip ürünler karşılaştırılmıştır.

## **1.1 Literatür Özetleri**

Ardışık kalıpların geliştirilmesi ve otomasyon sistemlerinin kalıpcılığa uygulanmasıyla sac metal kalıpcılığı endüstride önemli bir yer edinmiştir. Bu sayede daha az insan gücüyle daha çok sayıda ve kaliteli üretim yapılabilmektedir. Endüstride kalıpcılık sektörünün daha fazla kullanımı yaygın hale gelmektedir.

Sac metal şekillendirme ile ilgili yapılan çalışmalar nihai ürünün istenilen ölçü tamlığı ve geometrik düzgünlüğü üzerine yapılmaktadır. Sac ürün imalatı uzun ve maliyetli bir süreçtir. Ürün sayılarının fazla olması sebebiyle kalıplardaki değişiklikler maliyeti artırmaktadır. Bu süreçteki hata paylarının en az seviyede tutulmasının önemli sebeplerinden birisi de budur.



Sac metallerde şekillendirme işlemlerinden derin çekme hakkında bugüne kadar birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde çalışmaların malzeme ve işlem değişkenlerinin şekillendirmeye etkileri üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Ayrıca, gelişen teknolojiyle beraber yapılan çalışmaların sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan simülasyon programlarıyla desteklendiği belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Sac metal üzerindeki geri esneme payları da dikkat edilmesi gereken önemli bir unsurdur. Bu konu ile ilgili bir çalışmada Gantar ve ark. [1], sac metal kalıpcılığının uygulamaları arasında olan otomotiv endüstrisiyle ilgili bir çalışma ele almışlardır. En iyi ürün şekli, deformasyon ve geri esneme miktarlarını araştırmışlardır. Bilgisayar programlarıyla önceden tasarımı gerçekleştirilmiş olan modelleri simülasyonlarındaki hata paylarını gözlemleyerek üretim aşamasında bu hata paylarını en aza indirilebileceği belirtilmiştir.

Sac metal kalıplarının bilgisayar ortamında ön çalışmalarının yapılması üretim aşamasının zaman ve maliyet iyileştirilmesi açısından katkıları oldukça fazladır. Fakat bu yapılan ön çalışmaların hata paylarının fazla olması önemli bir dezavantaj olmaktadır. Papeleux ve Ponthot [2], benzer simülasyon programlarını incelemiş, esneme miktarlarının pratikte güvenilirliğinin tam sağlanamamış olmasından yola çıkarak farklı malzemelerin fiziksel parametrelerinin geri esnemeye olan etkilerini uygulamalı olarak araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda birçok sayısal parametreden kalınlık, birleşme noktaları, malzeme özelliği, temas açısı yönlerinin geri esneme ölçüsü üzerindeki etkilerini detaylı olarak analiz etmişlerdir. Araştırmalarının neticesinde simülasyon programlarında geri esneme miktarları belirlenirken farklı parametrelerin kullanılmasının hata miktarlarını en aza indirdiğini tespit etmişlerdir.

Sac metal malzemelerdeki şekillendirme ile ilgili bir diğer çalışma Michel ve Picart [3] tarafından yapılmıştır. Sac malzemenin fiziksel özelliklerinin boyut ve uzunluk üzerinde ilişkisi olmadığını ve bu nedenle metal şekillendirme süreçlerinde boyutsal etkilerin incelenmesinin uygun olmayacağı konusunda hem fikir olmuşlardır. Parçaların sac metal şekillendirmeleri için malzeme davranışları için teori geliştirmişler ve yapısal parametre uzunluğunu etkin plastik gerilim oranına ilişkilendirerek, bu oranı her bir birleşim noktasında kalınlık boyunca birleşim

noktalarının koordinatlarında bağımlı olarak hesaplanmışlardır. Kalınlık boyunca etkin olan gerilme değişiminin, iteratif olarak çözümlenebileceğini belirtmişlerdir.

Kim ve ark. [4], sac metal malzemelerde çekme özellikleri ile gerilme oranını etkileyen faktörleri analiz etmişler, bunun için CQ ve DP590 malzemeleri için standart ve yüksek hızda şekillendirme deneylerini uygulamalarıdır. Çalışmalarını yay biçimli ve kare şekilli malzeme örnekleri üzerinde ele almışlar ve şekillendirme sınır diyagramındaki değişimleri incelemişlerdir. CQ ve DP590'ın r-değeri, hızlanma oranına göre yüksek hızlı bir kamera ile ölçülmüştür. Kullanılan malzemelerle gerçekleştirilen uygulamalarda uzama ve gerilim sertleşme katsayısının gerilim hızı arttıkça azaldığı bulgularına ulaşmışlardır. Araştırmalarında gerilim oranının çelik levhaların şekillendirilebilirliği üzerinde önemli ölçüde bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda şekillendirme sınır diyagramının normal ve yüksek hızda şekillendirmede gerilme oranının çeliklerin şekillendirilebilmesini etkilediği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle, bir sac şekillendirme işleminde yüksek hızlı sac metal şekillendirme süreçlerinin tasarımında oluşturma hızını belirlerken şekillendirilebilirliğin gerilme oranına göre nasıl değiştiğini dikkate alınması gerekir.

Sac şekillendirmede baskı kuvveti, zımba hızı, malzeme cinsi ve yağlama gibi faktörler imalat verimliliğini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörlerin imalat için önemine rağmen, az sayıda standartlar ortaya çıkartılmıştır. Karthink ve ark. [5], çalışmalarında farklı şartlarda 409, 439 ve 18Cr-Cb alaşımları için sac şekillendirme uygulamaları yapmışlardır. Yağlama, zımba hızı, baskı kuvveti ve sac kalınlığının etkilerini incelemişlerdir. Test edilen üç paslanmaz çelik için, enine yönde şekillendirilebilirlik olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Seth ve ark. [6] tarafından yapılan çalışmada yüksek hızda deformasyonun şekillendirmeye etkilerini araştırmışlardır. 50–220 m/s hızlara da şekillendirilmesini kamera yardımıyla inceleyerek, ihtiyaç duyulan enerjinin neredeyse lineer bir davranış gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, şekillendirilebilmeyi, takım ve zımba geometrisini de etkilediğini belirtmişlerdir.

Wu ve ark. [7] sac malzeme şekillendirilebilirliğine etki eden faktörleri incelemişlerdir. Çalışmada, 0.6 mm kalınlığında LZ61 alaşımlı sac için şekillendirme sınır diyagramı belirlenmiştir. Şekil değiştirme karakteristiklerinde, anizotropi ve

sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Ortalama plastik uzama oranı, anizotropi ve şekil değiştirme sertleşmesi üssü gibi şekillendirilebilirlik değişkenleri, çekme testi sonuçlarından belirlenmiştir. Bütün test sıcaklıklarındaki mekanik özelliklerde anizotropinin etkisi gözlenmiştir. Çekme özellikleri ve şekillendirilebilirlik değişkenleri şekillendirme sınır diyagramı ile ilişkilendirilmiştir.

Narayanasamy ve ark. [8], sac malzemelerin şekillendirilebilirliğini ifade eden değişkenlerin incelemesini yapmışlardır. Çekme testlerinden, bütün “IF” çeliklerin, yüksek “n”, ”K” ve iyi süneklik sergilediği gözlenmiştir. Normal anizotropi “r”, sacların şekillendirilebilirliği ile ilişkilendirilmiştir. Bütün saclar iyi şekillendirilebilirlik sergilemektedir. Sacların çekilebilirliği, “n” ve “r” değerlerinden etkilenmektedir. 0.85 mm kalınlığındaki “IF” çeliği, yüksek “r” değeri sergilemiştir. “r” değerinin yüksek olması yüzünden, diğer saclar ile karşılaştırıldığında, bu sacın çekme-basma bölgesinde şekillendirilebilirliği yüksek olmaktadır. “r” değeri arttığı için, herhangi bir küçük uzama değerinde, çekme basma bölgesindeki maksimum büyük uzama değerinin arttığı gözlenmiştir.

Şekil değiştirme sertleşmesi üssü ve ortalama anizotropinin sac metallerin şekillenebilirliğini etkilediğini belirten, Meriç ve ark.[9], alüminyum alaşımı sac malzemelerin şekillenebilirliğini incelemişlerdir. Çalışmada, alüminyum alaşımları test edilmiştir ve elde edilen değerler birbirleri ile mukayese edilmiştir. Al99.0 alaşımı, yüksek “n” (pekleşme katsayısı) ve “r” (anizotropi) değeri sergilemiştir. Bu malzemenin diğerlerine göre, iyi akış ve derin çekme yeteneği gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer bir sonuç ise, AlMgCu alaşımının en az “ $\Delta R$ ” değerine sahip olduğudur. Buradan, bu malzemenin, diğer alaşımlara göre kulak oluşumuna karşı çok güvenli olduğu sonucu çıkmaktadır.

Narayanasamy ve ark. [10], üç farklı HSLA çelik sacın farklı gerilme-uzama oranları için, deneysel uzama değerlerinden elde edilen geliştirilmiş gerilme bazlı sac malzemelerin şekillendirilebilirliği ve kırılma sınır diyagramları üzerine çalışmışlardır. Çalışmada, üç sacın şekillendirme ve kırılma davranışları, mekanik özellikler ve içyapısı ile ilişkilendirilerek incelemişlerdir. Karbon-magnezyum çeliği, düzlem uzama ve germe-germe şartlarında iyi şekillendirilebilirlik sergilemiştir. Yüksek anizotropi ve “pancake” şeklinde içyapı sergileyen karbon-magnezyum çeliği, çekme operasyonlarına oldukça uygun bulunmuştur.

Chino ve ark. [11], farklı sıcaklıklarda, AZ31 magnezyum alaşımının, Erichsen testi kullanılarak, gerek şekillendirilebilirliğini incelemiştir. Oda sıcaklıklarında düşük “r” değerine ve yüksek “n” değerine sahip örnekler mükemmel şekillendirilebilirlik göstermiştir. Sıcaklık farkının tane büyüklüğünü etkilediği ve bu durumun şekillendirilebilirliği geliştirdiği görülmüştür.

Sac metal kalıpcılığı ile ilgili üretimi yalın hale getirirken maliyeti azaltma ile ilgili uygulama çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalardan Hambli [12] çalışmasında; sac metal şekillendirilmesindeki tasarımın ana amaçlarından birisi yeterli derecede kalıp tasarımını geliştirmek, kalıp ömrünü arttırmak, parça kalitesini arttırmak, daha sade hale getirmek ve üretim maliyetini azaltırken daha sistemli kalıp yerleşimi olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda sac metal kesme-delme işlemlerinde, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak zımbanın aşınma durumunu önceden kestirmeyi amaçlamıştır. Bununla beraber yapılan uygulamalarda zımba ile ilgili verimli çalışmalar yapmışlardır.

Hambli ve Potiron [13] çalışmalarında; delme kesme kalıplarında malzemeye göre kesme işleminin simülasyonunun doğrulanması için bir sonlu elemanlar yöntemi geliştirilmiş ve matematiksel bir model önerilmiştir. Batma, çatlama ve kopma bölgesi elastik-plastik deformasyon konularını incelemiştir. Çalışmada kesilen geometrinin değişik işlem parametreleri ve zımbanın kesme kuvveti değerlendirilerek bir hesaplama algoritması abaküs programı kullanılarak geliştirilmiştir. Sonuç olarak deneysel metotla sonlu elemanlar yöntemi simülasyonu aynı sonucu verdiği bulunmuştur.

Chan ve ark. [14] yılında yaptıkları çalışma ile sac kesme kalıplarında kesme işlemi esnasındaki deforme olan yüzeyleri incelemek için kalıp seti tasarlayarak farklı malzemeler ile uygulamalar yapmışlardır. Bu uygulamalar sayesinde nihai ürün üzerindeki çapak oluşumunu ve kaplama yüzeylerini incelemiştir.

Jochen ve ark. [15] yaptıkları çalışmalarında; dört farklı kesme boşluğu ve dört farklı zımbanın aşınma durumları deneysel olarak incelemiştir. Buradaki amaç kesme geometrisi, kesme kuvveti, sac malzeme kalınlığı, takım aşınması ve kesme boşluğu arasındaki etkinin değerlendirilmesidir. Sonuçlara göre en ideal kesme boşluğu değeri sac kalınlığının %5 ya da %10 değerlerine uyarlandığı zaman

kopma bölgesi derinli zımba kuvveti mevcut matematiksel modeller ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Lee ve ark. [16] çalışmalarında; hassas kesme işleminin katı-plastik sonlu eleman metoduyla teorik analizi sunulmaktadır. Hassas kesme işleminin karakterine göre, teorik analize uygun bir matematik model kurulmuştur. Modelin sonuçlarından Gerilim-Uzama değerlerinin dar aralıklı bölge diğer bölgelere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Deformasyon dar aralıklı bölgede yoğunlaşmıştır. Bu da pratik uygulama ve hassas kesme sürecinin karakteriyle uygunluk göstermektedir. Bununla birlikte gerilim değerleri zımba ve kalıp kenarlarında çok ciddi şekilde değişmekte özellikle uzama bu bölgede en fazla olmaktadır. Bunun sebebi operasyon sırasında malzeme en fazla bu bölgede deforme olmaktadır. Ayrıca işlem devam ettikçe uzama devamlı olarak artmaktadır. Zımba daha derine ilerledikçe deformasyon mertebesi de artmaktadır. Analiz sonuçları, Katı plastik sonlu eleman metodunun hassas kesme işlemlerinde kullanışlı ve pratik bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Kalıptaki problemlerin en önemli belirtisi çapak oluşumudur. Tekiner ve ark. [17], çapak oluşumu ve kesme kuvveti üzerine yapmışlardır. Çalışmalarında alüminyum sac malzemeler kullanmışlardır. Deneylerinde dört farklı çapta oluşturulan dairesel kesme kalıbında altı farklı kesme boşluğu denenmiştir. Çapak oluşumu ve zımba kuvvetinin kesme boşluk değeriyle ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

Derin çekme kalıplarının kullanıldığı hidrolik preslerin geliştirilmesi amacıyla birçok iyileştirilme önerilmiştir. Bunlardan Nakagawa, ve ark. [18] yaptıkları çalışmada sac metal malzemelerin ve kalıp maliyetlerin düşürmek için çalışmalar yapmıştır. Ekonomiklik araştırması ve geliştirilen hidrolik baskı sayaçlı derin çekme kalıbının özellikleri ve avantajları ortaya konulmuştur.

Günümüzde birçok IC cipi 200 150 mm'lik silikon yongalardan yapılmaktadır. Şu göstermektedir ki 200 veya 300 mm'lik yongalara geçiş kalıp maliyetini %30-%40 artırmaktadır. Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için silikon yonga üreticileri yüksek kaliteli 300 mm'lik yonganın düşük kalıp maliyetiyle üretilmesini araştırmaktadır. Pei [19], bu konu üzerine bir dizi çalışma yapmıştır. Kalıp elemanlarının taşlanması kaliteyi artırarak verimi artırmıştır.

Kalıp elemanı olan zımba ve matrisin işlem yapabilmesi için belli oranda sertleştirilmesi gerekmektedir. Bu sertliğin daha verimli olması için çalışmalar yapılmış ve iyon-nitrat ile sertleştirme yapılarak sertlik değerinin artırıldığı Sone ve Masui [20] tarafından çalışmalarında belirtilmiştir. Çalışmalarında malzeme sertliğinin ve aşınma direncinin artığı gözlenmiştir. Böylelikle kalıp elemanlarına yapılacak servis ömrü artmış ve kalıbın etkinlik ömrü de uzamıştır.

Kesme kalıpları sadece makine imalatında değil her türlü üretim aşamasında kullanılmaktadır. Elektronik makine olan “IC lead frame” parçasının üretiminde kesme ve bükme kalıpları kullanılmaktadır. Üretimde kullanılan kalıplar üzerinde Jimma ve ark. [21], incelemeler yapmışlardır. Benzeşim yöntemlerini kullanarak kalıp parçaları üzerinde deneysel incelemelerde bulunmuştur. Kesme, uzama ve büzülmenin kesme düzenine, köşe radiusuna, takım boşluğuna ve sıyırıcı kuvvetin etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Otomotiv sac parçalarının imalatında sac metal kalıp işlemlerine önem verilmektedir. Hazır kalıp setleri ve hızlı iş yapabilen kalıplar tasarlanmaktadır. FEM benzeşim yöntemi kullanarak Forcellese ve ark. [22], bu alanda çalışmalar yapmıştır. 6061/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/10p kompozit malzemesi sıcak şekillendirmede kullanılmıştır. Üretim kalitesi, üretim oranı, kalıp maliyeti, ısı maliyeti ve demir dövme yükü AHP metoduyla 3050C kalıp için hesaplanan etkileri ortaya koymuştur. Optimum karakterizasyon sonrası 400 C° sıcaklık ve 3m/s kalıp hızı bulunmuştur.

Kalıbın oluşumu sırasında tasarımı kadar imalatı da önemli olan karışık bir sistemdir. Tasarımı tamamlanan kalıbın hassas bir şekilde imali gerekmektedir. Günümüzde bu işlemleri CNC makineleri tarafından yapılmaktadır. Bu makineleri çalıştıran mantık ise NC komutlarıdır. Bu alanda asimetrik derin çekme işlemi için Park ve ark. [23], tarafından bir CAD/CAM sistemi geliştirilmiştir. Programı basit kullanıcı programlama dili ile yazmışlardır. Sistem bilgi tabanlı yaklaşımla çalışır. Son nesneden ilk nesne geometrisine doğru geliştirilerek CAD/CAM programı tarafından oluşturulup kalıp parçalarının taslağını oluşturmuştur.

Luo [24], yılında kalın çelik plakalarda, farklı çaplarda delme işlemini araştırmıştır. Konveks kesme açılı, konveks uzunluklar ve yüzey işlemleri kullanarak kalıplarda kesme işlemi sırasında zımba aşınmasını incelemiştir. Kesme

işlemi sırasında zımbalarda ki aşınmanın, genellikle kenar aşınması, yüzey aşınması ve çatlamlar şeklinde olduğunu bulmuştur.

Chen ve ark. [25], çalışmalarında; mevcut bulgulara dayanarak hassas kesme kalıplarında kesme hattının oluşması ve kesme sırasında oluşan izleri incelemişlerdir. Deneysel numunelerini, optik mikroskop ve SEM görüntülerini elde etmişlerdir. Sonuç olarak, yüksek derecede uzun dar alt tanecikler kesme hattı yönünde uzamışlardır. Hem beyaz asit ile oyulmuş desen izi hem de kesme hattındaki yüzey mikro sertlik dağılımı, hassas kesme işleminin geniş deformasyon ve yüksek derecede ısı gerektirdiğini işaret etmektedir. Her ne kadar zorlanma kesme hattında ciddi boyutlarda ise de, özellikle zımba ve zımba uçunun kenarlarına bitişik olan kısımda, hiçbir çatlama gözlemlenmemiştir. Özel olarak tasarlanmış hassas kesme kalıplarında baskı plakası ile yapılmış yüksek hidrostatik basıncın, kesilmiş yüzeylerdeki kesme bölgelerinde kırılma ve çatlamları engellediği gözlemlenmiştir.

Hambli ve ark. [26], yaptıkları çalışmalarında kesici uçlara nitrasyon (koruyucu kaplama) yaparak, kesme boşluğunun, kesici uçun aşınmasını, sac kalınlığının kalıplama kuvveti üzerindeki etkileri üzerine çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda, optimum bir kesme boşluğunun olmadığını, kesme boşluğunun %5 ile %10 arasında alınmasının kalıpçıların deneyimlerine bağlı olduğunu savunmuşlardır.

Vaz ve ark. [27], yaptıkları çalışmalarında; sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak genel bir nümerik simülasyon yapmışlardır. Delme kesme işlemi malzeme karakteristiğini içine alacak biçimde yaygınlaştırmış, deneysel çalışmalarda kesme işleminin üç aşamada oluştuğu görülmüştür. Temas bölgesi plastik deformasyon ve kopma bu bölgelerde birinci ve ikinci bölge öncelikli olarak kesme boşluğundan etkilenmektedir. Üçüncü bölge malzemenin çeşitliliğine göre değişmektedir. Çalışmalarında deformasyonun fazla olduğu birinci ve ikinci bölge sonlu elemanlar yöntemi ile tahmin edilerek deneysel çalışma ile karşılaştırmasını yapmışlardır.

Fang ve ark. [28], yaptıkları çalışmalarında; kesme boşluğu değeri, malzeme ve malzeme kalınlığına göre sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak optimize etmişlerdir. Bu çalışmada ki sonuçlar bir önceki deneysel çalışma sonuçları ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Maiti ve ark. [29], yaptıkları çalışmalarında; sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak 0.1 ile 1 mm kalınlığındaki orta karbonlu sac metal malzemelerin elastik-plastik analizini yapmışlardır. Delme çapını 1-4 mm arasında almışlardır. Çalışma kesme boşluğu, sürtünme, sac kalınlığı, zımba ve delik ölçüsünün etkilerini değerlendirmek için yapılmıştır. Ayrıca zımba üzerindeki kuvvet ve gerilim dağılımı da elde edilmiştir. Sonuç olarak kesme boşluğunun azaltılması kesme kuvvetini artırır. Kesme kuvvetini artırmak aynı zamanda sürtünme katsayısını artırmıştır. Bu sonuçlar daha büyük çaplar içinde aynı sonucu vermiştir. Bu etkiler çift ve tek taraflı kesme ile benzerlik taşımaktadır.

Samuel [30] çalışmasında; marc-2D programı kullanılarak yapılan sonlu elemanlar yöntemi ile deneysel sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Sert malzemeleri öncelikli olarak plastik gerilimleri Von Mises gerilimleri ve Vickers sertlikleri kesme bölgesi için bulunmuş, birkaç delme kesme simülasyonu ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Malzemenin özellikleri takım geometrisi ve kesme boşluğu dikkate alınarak gerçekleştirilen simülasyon sonucu ile deneysel sonuçların uyum içinde olduğu görülmüş, üstelik simülasyon sonuçlarından kuvvet strok eğrisi ile deneysel sonuçlardan elde edilen kuvvet strok eğrisi karşılaştırılmış ve aralarında %14 farklılık olduğu görülmüştür.

Derin çekme işlemi sac metal parçaların şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle, derin çekme hakkında bugüne kadar birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde çalışmaların malzeme ve işlem değişkenlerinin şekillendirmeye etkileri üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Ayrıca, gelişen teknolojiyle beraber yapılan çalışmaların sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan benzetim programlarıyla desteklendiği belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Chenot ve Massoni [31], tarafından yapılan çalışmada yeni metal şekillendirme işlemlerin sonlu elemanlar yöntemiyle modelleme ve kontrol konusunu incelemişlerdir. Malzemenin katı ve sıvı halde şekillendirilmesi için gerekli klasik formülleri kısaca, malzeme davranışı, sürtünme kanunu, sonlu elemanlar açısından irdeleyerek iş parçası ile takım arasındaki bağlantıyı tartışmışlar ve birçok yeni şekillendirme işleminin sayısal simülasyon teknolojisiyle çok daha etkili bir şekilde optimize edilebileceği sonucuna varmışlardır.



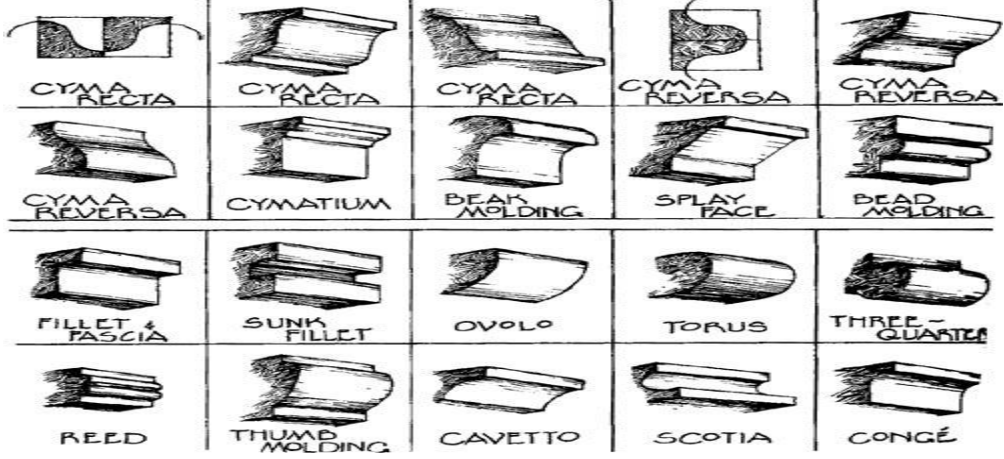
## 1.2 Tezin Amacı

Literatürde ki araştırmalar incelendiğinde sac şekillendirmeyi etkileyen birçok etken bulunduğu ve her farklı malzeme için bu etkenlerin incelemek için daha birçok farklı araştırma yapılabileceği görölmektedir. Aynı zamanda sac malzeme üretiminde ürün kalitesi yönünden ardışık kalıp tasarımı, kalıplarda kullanılan çelikler ve kalıp kesme boşluğunun önemi oldukça büyüktür. Bu konu üzerine yapılan araştırmalar genelde teoride kalmış uygulamada yeterince yerini almamıştır. Yapılan bu çalışma ile, literatürde görölen çalışmalardan farklı olarak, ardışık kalıplarında soğuk iş çelik malzemelerin cinsine bağlı olarak kullanım ömrü değişimleri ile ürün kalitesi deneysel olarak incelenmiştir.

## 1.3 Tarihsel süreç

“İnsanlık aslında ilk çağlardan itibaren kalıp adı verilen takımın farkında olmuştur. M.Ö 4000 yıllarında ilk olarak dövölen malzemeler bakır, altın ve gümüş olmuştur. M.Ö 1500-700 yıllarında da demir bronzdan silah, alet ve çeşitli donatımlar yapılmıştır.

Antik Yunanlılar, kalıpcılığı, evlerinde görsel bir ilgi yaratmak için yüzeyleri daha küçük parçalara ayırarak kullandılar. Romalılar, Yunanlılar’ın kalıplarını basite indirgeyerek küresel şekilleri temel aldılar. Bu iki stil sekiz klasik şekle dağıldı.” [32]. Bu tanımlamalar doğrultusunda eski çağlarda kullanılmış olan kalıp tasarımları Şekil 1.1’de görölmektedir.



Şekil 1.1: Eski çağlarda geliştirmiş olan kalıp formatları [33]

Günümüz kalıplarının benzer imalatlarının ilk gerçekleşmesi 18. yüzyılın son kısmında seri imalat endüstrisinin oluşmasıyla başlamıştır. Aynı zamanlarda kesme kalıplarında ilk kez çapak boşlukları verilmeye başlanmıştır. 19. yüzyılın başlarında özellikle otomobil sektöründeki gelişmeyle birlikte seri imalat ön plana çıkmaya başlamıştır. Kalıpcılık tekniklerini geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. 1945 yılından sonra kalıp imalatında otomasyon teknolojisi dönemi başlamıştır.

Kalıpcılıktaki seri imalat üretilen parçaların ölçü tamlığı ve görünüş benzerliğinin sağlanmasıyla birlikte ekonomik olması da ön plana çıkmaktadır. Kalıpcılıkta metal sac parçalardan talaş kaldırmadan istenilen geometrik şekil ve ölçüyü elde etmek çok daha ekonomiktir. Bu ekonomiklik piyasadaki arzı arttırmakla birlikte teknolojide önde olmak isteyen ülkeler için vazgeçilmez bir unsur halindedir.

Gelişmiş endüstri ülkeleri seri üretim tekniklerini 1950 yıllardan sonra sürekli iyileştirmeye yönelik araştırma ve geliştirmelerine önemli miktarlarda finans sağlayarak kalıpcılıkta otomasyona verdiklerini önemi göstermişlerdir. Asya ülkeleri de özellikle Çin, Kore, Tayvan ve benzeri ülkelerde son yıllarda kalıplardaki otomasyona ciddi yatırımlar yaparak piyasada söz sahibi olmaya başlamışlardır.

Kalıp imalatında otomasyonla alan mesafenin yanında kalıplarda kullanılan çeliklerin performansları da çok önem arz etmektedir. Çeliklerdeki iyileştirme üretim kalitesi, üretim adedine olumlu etkilerinin yanında kalıp söküp takma zamanlarını da minimumda tutmayı sağlar.

## 1.4 Tanımı

Standart parçaları, minimum insan gücünün yanı sıra en yüksek verimle ürün haline getiren üretim tekniklerine kalıpcılık adı verilmektedir. İnşaat sektörden iş ekipmanları sanayisine, mermer sektöründen plastik sanayisine kadar yaşantımızın her alanında sac metal kalıp ürünlerine rastlamak mümkündür. Endüstriyel ürünler incelendiğinde sac metal malzemeler plastik malzemelerle kullanımı da yaygın ve geniştir.

Kullanım alanı son yüzyılda artmış olan kalıpcılık sanayisi endüstriyel alanda ön emli faktörlerden birisidir. Sac metal ürünlerine etki eden faktörlerden birisi olan pres tezgahları da kalıpcılık sanayisine paralel olarak gelişimi sağlamıştır. Böylece kalıpcılık sanayisindeki modernleşme çalışmaları devam etmektedir.

Türkiye’de kalıpcılık teknolojisi de Dünyadaki kalıpcılık sektöründeki gelişmelerle birlikte ivme kazanarak gelişmektedir. Özellikle otomotiv ve beyaz eşya sektörü ve bu sektörlerin yan sanayisiyle birlikte kalıpcılık mesleği her geçen gün hızla modernleşmektedir. Sac metal kalıpcılığında esas olan malzeme sarfiyatını ve kullanılan insan iş gücünü minimuma indirmek bununla birlikte sac ürünün kalitesi arttırmaktır. Dolayısıyla kalıp otomasyonu ön plana çıkmaktadır.

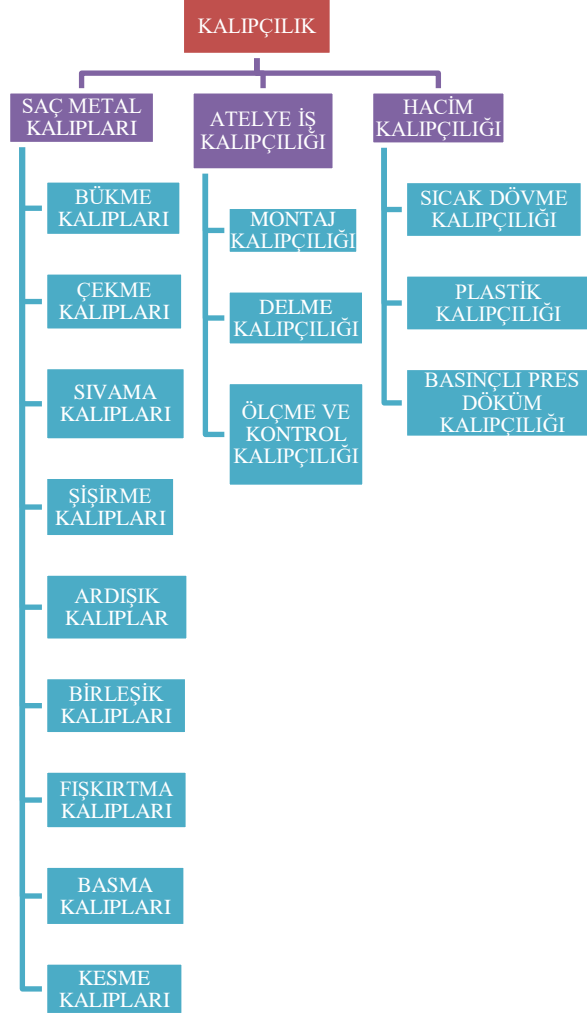
Yaptıkları iş bakımından farklılığı olsa da, temel amacı aynı olan kalıpcılık işlemleri;

- Sac metal kalıpcılığı
- Atölye iş kalıpcılığı ( iş kalıpları )
- Hacim kalıpcılığı.

olmak üzere üç ana sınıfta toplanır. Alt sınıflar ise Şekil 1.2’de görülmektedir. Bu sınıflar içerisinde kalıp işlemleri yapan kişiye “KALIPÇI”, bu işlemin yapılmasında kullanılan makine ekipmanlarına “KALIP” adı verilir.

Sac metal kalıpcılığı, sac malzemelerden istenilen geometrik parçaları talaş kaldırmadan üretme tekniğidir. İş kalıpcılığında delme kalıpları ve kalıp montajı olarak sınıflandırmak mümkündür. Hacim kalıpcılığında ise, dövülebilir

malzemelerden sıcak döverek ve metal olan veya metal olmayan malzemelerle plastik malzemelerden değişik metotlarla seri halde parçalar üretilebilmektedir.



Şekil 1.2: Kalıpçılığın sınıflandırılması [33]

Kalıplar iyi bir tasarım ve konstrüksiyon ögesine sahip olduğunda; kalıplanan parçaların yüksek üretim oranı, kolay ser üretim, insan gücü ihtiyacının azalması, otomatik üretime olanak, üretilen ürünlerin özdeşliği, küçük boyutlu parçalarda üretim kolaylığı, üretimin ekonomik olması, aynı kalıp ile farklı malzemeler üzerinde çalışabilme, ölçü tamlığına olanak sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır.

Bununla birlikte, kalıpların farklı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; yüksek kalıp maliyeti, kalıp üretiminde kullanılan tezgahların pahalı olması, üretimin kontrolünde kısmi zorluklar, mesleki yeterliliğe sahip kalıpcı eksikliği, kalite kontrolün uzun sürmesi, olası problemlere ait bilgi eksiklikleri, kalıp ömrünü etkileyen faktörlerin çeşitliliğidir.

## 2. KALIPÇILIKTA KULLANILAN EKİPMANLAR

Kalıp üretiminde çeşitli ekipmanlar kullanılmakta olup, bunlar; presler, kesme ve delme kalıplarıdır.

### 2.1 Presler

Kesme, çekme, delme ve bükme iş kalıplarını bağlayarak iş üretilmesini sağlayan ve talaş kaldırmadan malzemelerin form almasını sağlayan makinalara verilen genel isimlendirmedir. Bağlanan kalıplar yardımı ile çeşitli madeni ve plastik parçaların kesme, delme ve çekme işlemlerinde kullanıldığı gibi bazı parçaların birbirlerine sıkı geçirilmesi veya sıkı geçmiş parçaların birbirlerinden ayrılması işlemlerinde kullanılırlar. Seri imalatta çok sayıda parça üretilmektedir. Bu parçaların üzerlerinde çok sayıda karmaşık işlemler vardır. Bunların tek tek yapılması hem çok zor hem de zaman ve maliyet kaybına neden olmaktadır. Bugünün modern endüstrisinde ve rekabetin olduğu ortamda bu tür işlemleri pres tezgahları ve takımları sayesinde milyonlarca parçanın kısa sürede imalatı yapılabilmektedir. Pres tezgâhlarında iş parçasının şekli basma tesiriyle değiştirilir. Bu makinelerin üretimi başlı başına bir konudur. Bugünün endüstrisinde hemen hemen tüm makinelerin çoğu parçaları ve hatta sürekli kullandığımız eşyalara kadar hep kalıp ürünleri olduğuna göre pres tezgahlarının önemi çok daha iyi anlaşılmaktadır.

#### 2.1.1 Mekanik presler

Hareketini insan gücünden ve elektrik gücünden alan, çalışma sistemi tamamen mekanik olan küçük işler yapabilenler motorsuz çok büyük güç gerektirenler ise elektrik motorlu olan pres tezgahlarıdır.

## Eksantrik pres

Sac metal kalıplarından olan kesme ve delme kalıplarının bağlandığı ve çalıştırıldığı preslerdir. Şekillendirilecek metal parçaların kalınlıklarını delmek, kesmek her zaman kas gücü ile çalışan preslerde mümkün olmamaktadır. Böyle hallerde elektrik motoru ile çalışan eksantrik preslerden faydalanılır. Eksantrik mil üzerine takılı volanın momenti ve yine mile bağlı olan koçun ağırlığı ile büyük bir kuvvetle vurarak kesme ve delme işlemi yapmaktadır. Şekil 2.1'de eksantrik pres gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Eksantrik pres

Gövde; pres tezgahlarında önemli hususlardan birisi tezgahın gövdesinin şekli, gövdenin yapıldığı hammadde ve tasarımıdır. Ağırlıkları az olan pres tezgahlarının gövdeleri döküm, yüksek ağırlığı olan preslerin gövde tasarımları döküm ve çelik alaşımlı yapılıdır. Tabla; üzerine kalıpların bağlandığı elemandır. Sabit ve döner tip olanlar vardır. Genellikle dökümden yapılırlar.

Volan ve eksantrik mil; bir elektrik motorundan alınan, devamlı şekilde dönen düzgün dairesel hareket, volan ve volana bağlı eksantrik mil tarafından doğrusal harekete çevrilir. Volanın momenti ile doğrusal hareket anında büyük bir kuvvet oluşturur.

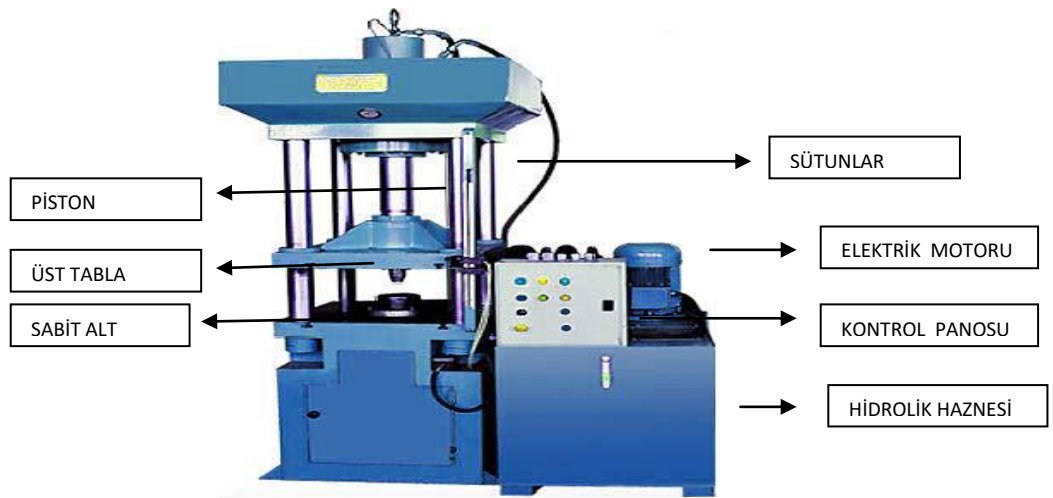
Pres başlığı; bükme, kesme, delme ve benzeri kalıpların sap kısmı diye adlandırılan kısmıyla bağlandığı yerdir. Biyel kol; eksantrik milinden alınan hareketi pres başlığına iletilen koldur. Kumanda pedalı; ayakla kumanda edilen kalıp işinin başlatılması istendiğinde presin harekete geçmesini sağlayan kısımdır. Ayaklar; presin titreşimsiz olarak çalışmasını sağlamak için zemine bağlanmasını sağlayan ve presin tüm ağırlığını taşıyan kısımdır.

### 2.1.2 Hidrolik presler

Hidrolik prensiplerle sessiz ve verimli çalışan bükme, derin çekme ve diğer pres tezgahlarında yapılan işlemlerinde yapıldığı preslerdir.

#### Ekipmanları

Şekil 2.2’de derin çekme işlemlerinde kullanılan hidrolik pres ve bu presin önemli kısımları verilmiştir.



Şekil 2.2: Hidrolik pres [34]

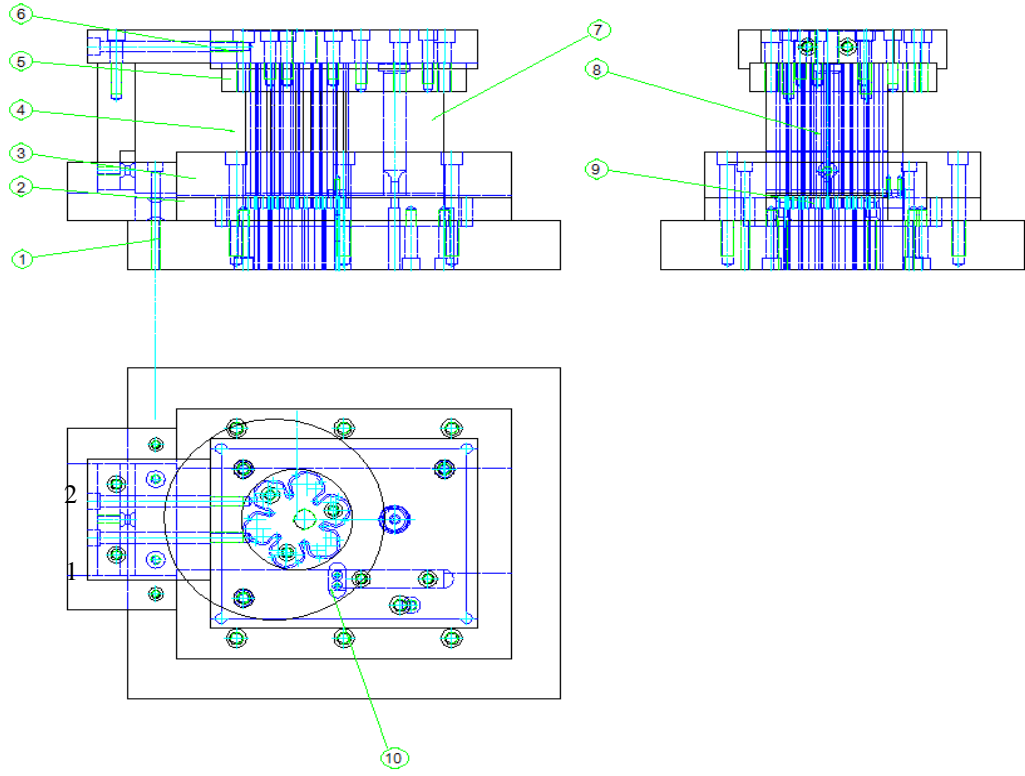
Alt gövde ve hidrolik haznesi; hidrolik pres sistemlerinde pres elemanlarının tamamını üzerinde bulunduran kısım olarak tanımlanır. Sistemde dolaşan hidrolik sıvının depolanmasını sağlayarak aynı zamanda presin zemine uygun şekilde montaj edilmesine yarayan ayak kısımlarını bulunmaktadır. Sabit alt tabla; çoğunlukla dökümden yapılan ve üzerinde “T” kanalları açılmış kalıpların güvenli bir şekilde sabitlenmesini sağlayan kısımdır. Hareketli tahta; kalıp sapının bağlı bulunduğu alandır. Pistona bağlı bir şekilde olarak piston hareketine göre sütunlar üzerinde yukarıya ve aşağıya hareket eden kısımdır. Üst gövde; sütunların ve pistonun sabitlendiği ayrıca bu elemanları güvenli bir durumda olmasını sağlayan kısımdır. Piston; hidrolik sistemden alınan gücü hareketli tablaya ileterek işin yapılmasını sağlayan en önemli kısımlardan birisidir. Sütunlar (kolonlar); hareketli tablaya kılavuzluk ve merkezleme yaparak yukarıya ve aşağıya güvenli bir şekilde hareketini sağlayan kısımlardır.

Besleme hidrolik haznesi; alt gövdede bulunan hidrolik yağının yetersiz kalarak sisteme yeterli hidroliği sağlayamadığı durumlarda sisteme ilave güç olarak hidrolik yağı sağlayan tank kısımdır. Alt tesir hareket tablası; malzemenin çekilmesi esnasında pot çember kısmına takviye ederek hareketli tabla kısmına ters etki yapmaya fayda sağlar. Aynı zamanda kalıp üzerine sabitlenen parçanın ayrılması sağlanır. Elektrik motoru; sistemde gerekli olan hidrolik basıncın meydana gelmesine olanak sağlar ve elektrik enerjisiyle çalışan kısımdır. Kontrol panosu; hidrolik sistemin kontrol edilmesine ve bu sayede elektrik motorunun da çalıştırılıp durdurulmasını sağlayan bölümdür. Pompa; gününü elektrik motorundan alarak sistemdeki hidroliğin sürekli olarak devrede kalmasını ve hareketini sağlayan kısımdır.

## **2.2 Kesme kalıpları**

Sac malzemeler, değişik biçim ve ölçülerdeki tezgâhlarda kesilebilmektedir. Bunlar, giyotin makasla ve şerit testerede kesme, matkapla delme ve çürütme, ayrıca özel zimbalarla delme ve koparma işlemleridir. Açıklanmak istenilen konu, sac metal malzemelerden kesilen şeritlerden, üretim oranı yüksek kalıplarla seri olarak parçaların üretilmesidir. Şekil 2.3’de kesme kalıbının kesit görünüşü verilmiştir.





Şekil 2.3: Kesme kalıbı

Seri üretimle elde edilen sac parçalarda ölçü tamlığının sağlanması ve malzeme sarfiyatı en az düzeye indirilebilmesi kesme, çekme, ardışık kalıplarıyla mümkündür. Çünkü kesme kalıplarıyla yapılan üretimde talaş kaldırma işlemi yoktur. Ayrıca üretilen parçaların hassasiyeti, üretimi yapan kalıba bağlıdır. Kalıp yapılırken hassas bir işçilik gerektirmektedir, ancak üretim süresince parçalardaki özdeşliği kalıplar sağlamaktadır. Bu nedenle, talaş kaldırarak yapılan üretime oranla, kalıplarla keserek üretilen parçalarda hassas bir işçilik gerekmemektedir.

### 3. ARDIŞIK KALIP ELEMANLARI

#### 3.1 Sac Metal Kalıp Elemanları

Sac metal kalıpları farklı yapılarda elemanlardan oluşur ve bunlar elde edilecek ürüne bağlı olarak özel imal edilmektedirler. Bu elemanlar; kalıp alt ve üst tablaları, kalıp alt ve üst çelikleri, üst kesme, delme ve iz yapma zımbaları ile yolluk, zımba tutucu ve sıyırıcı tabladan oluşur. Sac metal kalıp elemanlarının işlenmesi üniversal freze tezgahlarında veya CNC dik işlem merkezlerinde yapılmaktadır.

##### 3.1.1 Kalıp alt ve üst tablaları

Ardışık Kalıplarda kullanılan kalıp alt tablası, kalıbın pres tezgahı alt kısmına bağlanmasını sağlayan aynı zamanda kalıp alt çeliğine içinde bulunduran kalıp elemanıdır. Kalıp alt çeliğinin alt tabla içerisinde daha sağlam ve hassas tutulması için alt çelik beş milimetre derinliğinde dikdörtgen alt tabla yuvası içerisinde yerleştirilmesi önemlidir (Şekil 3.1). Şekil 3.2’de ardışık kalıplarda kullanılan kalıp üst tablası, kalıbın pres tezgahı üst kısmına bağlanmasını sağlayan ve kalıp zımba tutucusunun bağlı olduğu eleman görülmektedir.



Şekil 3.1: Kalıp alt tablası

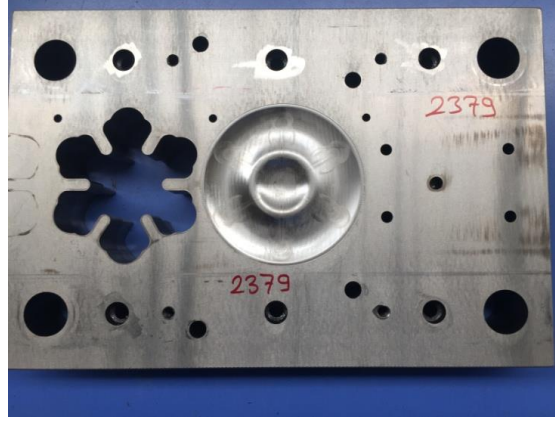


Şekil 3.2: Kalıp üst tablası

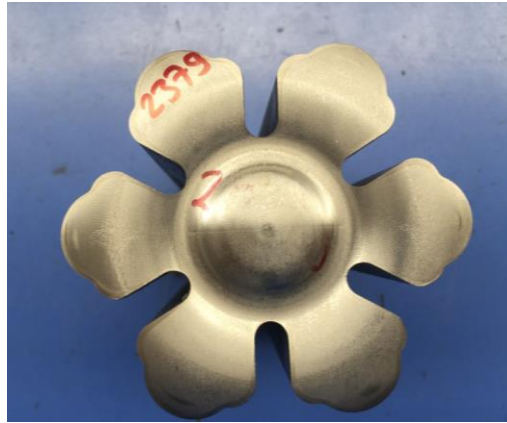
### 3.1.2. Kalıp Alt ve Üst Çelikleri

Kalıp alt çelikleri kesme, bükme vb. Pres kalıplarında, zımba grubu ile bütünleşerek üretimin oluşmasını sağlayan kalıp elemanıdır. Kalıp matrisleri olarak da adlandırılmaktadır. Kesme kalıp matrisleri, aşağıda belirtilen soğuk iş takım çeliklerinden yapılır. Soğuk iş takım çeliklerden istenilen özellikler; iyi işlenebilirlik, ısıtıl işlemlerde şekil değişimlerinin çok az olması, yüksel aşınma dayanımı, yeterli tokluk ve basma kuvveti, hava ile sertleşebilmesi, yüksek karbon ve krom içermesi, yağda sertleşebilmesidir.

Soğuk iş takım çelikleri Thyssen, Böhler, Assab, Uddeholm, ülkemizde ise M.K.E ve Asil Çelik firmaları tarafından üretilmektedir. Bu firmaların kataloglarını inceleyerek, yapılacak matris ve zımbaya uygun soğuk iş takım çelikleri seçilmelidir. Katalog değerlerine göre ısıtıl işlemlerle sertleştirilmeli ve gerek görülmesi halinde menevişlenme işleme yapılmalıdır. Kesme kalıplarında, üretilecek parçanın biçimine büyüklüğüne göre, matrisler, tekparça veya birden daha fazla adetli olarak yapılır. (Şekil 3.3-3.4)



Şekil 3.3: Kalıp alt çeliği



Şekil 3.4: Kalıp üst çeliği

### 3.1.3. Kalıp Üst İz Yapma Çeliği

Zımbalar kalıplarda ürünlerin delme işlemlerini gerçekleştirmekte olan elemanlardır. Dış taraftaki yüzeylerinin sertleştirilmiş ve taşlanmış olması gerekir. Ağız kısımlarının keskin olmalarına özen gösterilmesi gerekmektedir (Şekil 3.5). Bu yüzden çelik ısıl işlem sonrası genellikle ölçü değişikliğine uğrar. Bu sebeple çelik üretimi yapan şirketlerin kataloglarını inceleyerek Kesimi yapılacak olan malzemenin cinslerine göre delme zımbasının malzemesi seçilmesi gerekir. Seçilmiş olan malzemenin yapılan işlemten sonra 58 RC sertliğe kadar sertleştirilmiş olması gerekir.



Şekil 3.5: Kalıp üst iz yapma çeliği

#### 3.1.4. Kalıp Yollukları

Kalıp yollukları; ardışık kalıplarda otomasyona uygun şekilde rulo halindeki sacın üretim bant sürecinin en iyi şekilde devam edebilmesi için sacın her iki tarafından sınırlanmasına yarayan kalıp elemanlarıdır. Kalıp yollukları St 37, St 60 ile Ç 1050 gibi malzemelerden yapılır ve kalıp alt tablasına bağlanır. Şekil 3.6'da örnek kalıp yollukları gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Kalıp yollukları

#### 3.1.5. Kalıp Zımba Tutucusu

Kalıp zımba tutucusu; kalıp üst tablasına bağlanarak üst bükme ve üst kesme çeliklerine kılavuzluk yapan kalıp elemanıdır. Bu elemanlardan istenen özellikler

kalıp zımbasının preste çalışması esnasında düzgünlüğü sağlanmaktadır. Kalıp zımba tutucusu kalıp üst tablasına bağlanır. St37, St60 veya Ç1050 gibi sertlik değeri yüksek olmayan malzemelerden yapılır. Kalıp üst kesme zımbasına ve kalıp üst iz yapma form zımbasına kılavuzluk yapar. Örnek zımba tutucu Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Kalıp zımba tutucusu

### 3.1.6. Kalıp Üst Delme Zımbası

Sac ürün üzerinde kesim için kullanılan kalıp elamanıdır. Kesme işlemlerinin düzgün ve uzun süreli yapılabilmesi için sert çeliklerden yapılır. Malzeme olarak CPOH, 1.2379 ve 1.2767 gibi soğuk iş takım çelikleri kullanılmaktadır. Malzeme işlendikten sonra 58 HRC değerine sertleştirilerek ve menevişleme işlemi yapılarak kullanılır. Üst delme zımbasına bir örnek Şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8: Kalıp üst delme zımbası

### 3.1.7. Kalıp Sıyırıcı Tablası

Kalıp sıyırıcı tablası; kalıp alt tablasına bağlanan çelik malzemelerden yapılan kalıp elemanlarıdır (Şekil 3.9). Malzeme olarak Ç 1050, St 37 gibi sertlik değerleri

yüksek olmayan ve freze, cnc gibi tezgahlarda işlenmesi kolay olan malzemeler seçilmektedir. Malzemeler işlendikten sonra herhangi bir ısıl işlem sürecine gerek görülmez.



Şekil 3.9: Kalıp sıyırıcı tablası

### 3.2 Sac metal kalıp standart elemanları

Sac metal kalıplarında farklı ürünler için aynı özelliklerde kullanılan standart elemanlar vardır. Bu elemanlar; şapkalı burç, ortadan şapkalı burç, ortadan şapkalı kolon, üstten şapkalı burç, yay ayar civatası ve ağır yük yaylarından oluşur.

#### 3.2.1. Şapkalı Burç

Kalıp takımlarının önemli elemanlarından olan burçlar, kalıp üst elemanının sütunlar üzerinde hassas olarak çalışmasını sağlar. Sütun ile burç çapları arasındaki alıştırmaya toleransı minimum 0.01mm ile maksimum 0.025 mm arasındadır. Genelde normal delik sisteminde H5, H7, h5 ve J6 göre işlenir. En çok kullanılan burçlar, Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Sertleştirilmiş hassas şapkalı burç

### 3.2.2. Ortadan Şapkalı Burç

Kalıp üst elemanının sütunlar üzerinde hassas olarak çalışmasını sağlayan ve aynı şapkalı burçlardaki gibi hassas toleranslara uygun olarak imal edilen kalıp setlerinin standart elemanlarından. Kalıp setinde zımba tutucuya bağlanarak kullanılabilir. Burç içerisinde kolon veya şapkalı kolonun hassas şekilde çalışma sağlar.

### 3.2.3. Ortadan Şapkalı Kolon

Kesme kalıplarında ekseninden kaymaması için Şekil 3.11’de görüldüğü gibi kalıp kolonları kullanılmaktadır. Bunların iki türüsü vardır. Birincisi şekilde olan şapkalı kolon alternatif olarak şapkasız kolonlarda vardır. Genelde kullanılan şapkalı kolonlardır. Sertlikleri 60 - 65 HRC arasındadır ve çift menevişleme işlemine tabi tutulur. Kılavuz takımlarının uygun konumda birleşmesini ve çalışmasını sağlayan set elemanıdır. Bunlara kolon, kızak veya kılavuz pimi de denir. Sütunlar, set alt elemanına hassas olarak açılmış deliklere sıkı olarak monte edilen (H7/S6) millerdir. Bunlar üst kalıp elemanında bulunan burçlara geçirilerek çok hassas bir toleransta konum ve çalışma sağlar.





Şekil 3.11: Sertleştirilmiş hassas ortadan şapkalı kolon

### 3.2.4. Üstten Şapkalı Burç

Kalıp takımlarının önemli elemanlarından olan burçlar, kalıp üst elemanının sütunlar üzerinde hassas olarak çalışmasını sağlar. Üstten şapkalı burçların tolerans değerleri ve delik işleme sistemi yine şapkalı burçlarla aynı olmasına rağmen, kalıp üst elemanında çalışmasından dolayı ayrı sınıflandırılır.

### 3.2.5. Yay Ayar Cıvatası

Kalıpların seri üretim içerisinde rahat şekilde çalışmasını sağlayan kalıp standart elemanlarından biridir. Kalıplarda kullanılan yaylarının hassasiyeti ve güvenliği ve ayrıca ayar pozisyonlaması yapmak için kullanılmaktadır. Şekil 3.12’de görülmektedir.



Şekil 3.12: Yay ayar cıvatası

### 3.2.6. Ağır Yük Yayı

Kalıbın preste çalışırken meydana gelen yükleri minimum seviyede tutulmasını sağlayan kalıp standart elemanlarıdır. Kalıp yayları teknoloji ve yüksek malzeme kalitesi gerektiren malzemelerdir. Dikdörtgen ve yuvarlak kesitli olarak yapılabilmektedirler. Şekil 3.13’de görülmektedir.



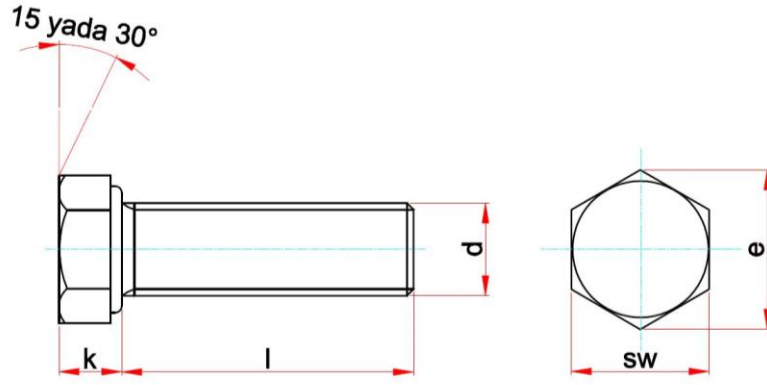
Şekil 3.13: Ağır yük yayı

### 3.3 Kalıp Montajında Kullanılan Elemanlar

Kalıp parçalarının montajı esnasında birleştirme işlemi için cıvatalar, kalıp elemanlarının konumlarını sabitleme ve merkezleme içinde pimler kullanılmaktadır.

#### 3.3.1 Kalıp montaj vidaları

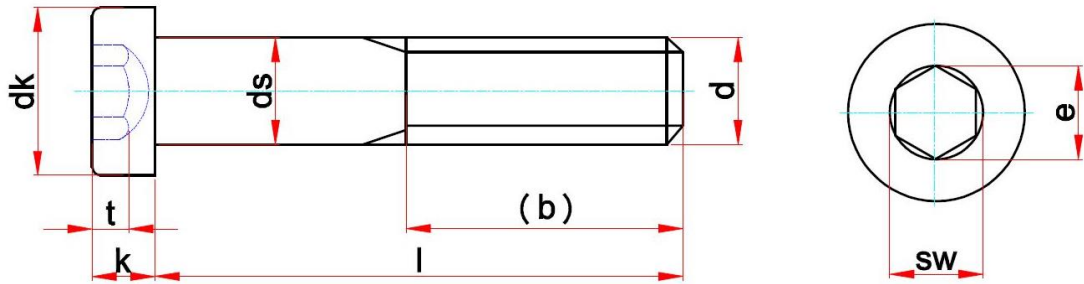
Vida; makine elemanları içerisinde sökölme özelliğine sahip bağlama görevi yapan unsurlardır. Genellikle kalıp imalatında silindirik başlı cıvatalar kullanılmakla birlikte bu cıvatalar için somun vazifesini kalıp elemanları görür. Bu cıvataların tercih sebebi, görüntü güzelliği ve dayanıklı olmalarıdır. Kalıplarda kullanılan altı köşe başlı cıvatalar Şekil 3.14’de verilmiştir. Bu cıvatalara ait standart ölçüleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir. Kalıplarda imbus cıvataların kullanımları oldukça yaygındır. Şekil 3.15’de imbus cıvata görülmektedir. İmbus cıvatalara ait standart ölçüleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14: Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart altı köşe başlı cıvatalar[33]

Tablo 3.1: Standart altı köşe başlı cıvataların ölçüleri [33]

	Simge	Birim										
<b>Anma çapı</b>	d	mm	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24
<b>Diş adımı</b>	P	mm	0,70	0,8	1,00	1,25	1,5	1,75	2,00	2,00	2,5	3,00
<b>Kafa yüksekliği</b>	k	mm	2,8	3,5	4,0	5,3	6,4	7,5	8,8	10,0	12,5	15,0
<b>Tolerans</b>	+/-	mm	0,12	0,15	0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22
<b>Anahtar ağzı</b>	sw	mm	7	8	10	13	17	19	22	24	30	36
<b>Köşegen</b>	e	mm	7,66	8,79	11,05	14,38	18,9	21,1	24,49	26,75	33,5	39,98



Şekil 3.15: Kalıp elemanlarının montajında kullanılan standart imbus başlı cıvatalar[33]

Tablo 3.2: Standart imbus başlı cıvataların ölçüleri [33]

	Simge	Birim										
<b>Anma çapı</b>	d	mm	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24
<b>Diş adımı</b>	P	mm	0,70	0,8	1,00	1,25	1,5	1,75	2,00	2,00	2,5	3,00
<b>Kafa yüksekliği</b>	k	mm	2,8	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	8,0	11,0	13,0
<b>Tolerans</b>	+/-	mm	0,12	0,15	0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22
<b>Kafa çapı</b>	dk	mm	7	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	21,0	30,0	36,0
<b>Diş uzunluğu</b>	b	mm	14	16	18	22	26	30	34	34	46	54

Cıvatalar çelik ve demir malzemelerden yapılabildiği gibi farklı malzemelerden de yapılmaktadır. Bu sebeple kaliteleri açısından cıvataların sınıflandırmalarında malzeme çekme dayanımı veya alt akma gerilim değerleri alınır. Cıvataların iki rakamlı olarak kalite sınıfları ; 3.6,4.6,.....8.8,.....12.9 olarak belirtilir. Bu iki rakamlı değerlerdeki birinci rakam 100 ile çarpımından malzemenin çekme dayanımı, ikinci rakamın 10 ile bölümünden çıkan rakamın birinci basamaktaki çekme mukavemetiyle çarpımından alt akma gerilim değeri bulunur. Bu değer 8.8 kalitesine kadar alt akma gerilim değeri olarak, 8.8'in üstündeki kalitede orantısız uzama gerilim değeri olarak isimlendirilmektedir.

### 3.3.2 Kalıp montaj pimleri

Kalıp parçalarının montaj ve sökülmelerinde parçaların hassas şekilde birbiriyle bağlantılarının korunması gerekmektedir. Kalıp elemanlarının montajının silindirik pimler ile sağlanması için kalıp büyüklüğüne göre iki veya dört pim kullanılmaktadır. Kalıp montaj pimleri genellikle cıva çeliği gibi sert çeliklerden kalıp büyüklüğüne göre çap 10 veya 12 mm olarak yapılmaktadır. Bir kalıp olarak montajı yapılan alt kalıp seti, sıyırıcı plaka, kesme kalıbı ve zımba tutucusu olarak aynı ekseninde cıva çeliğinden yapılan montaj pimleriyle birleştirilir. Montaj pimlerinin konumlandırmasının hassas olması için kör deliklere takılması gerekir. Kalıp setinin ayrılması istendiğinde vidalı pimler kullanılarak bu işlem gerçekleştirilir. Şekil 3.16'da kalıp montaj pimi görülmektedir.



Şekil 3.16: Kalıp montaj pimi

## **4. KALIP MALZEME ÖZELLİKLERİ İLE ISIL İŞLEMLER**

Kalıp elemanları ve makine parçalarının imalatında kullanılan çelikler kimyasal bileşimleri ile çok sayıda çeşide sahiptir. Kullanım alanlarına göre bu çeliklerdeki malzeme oranları değişiklik göstermektedir. Bunun amacı çeliklerin kullanıldıkları alanlarda en yüksek verimi elde etmektir. Bunlardan en geniş kullanım alanları olanlar; Alaşım, soğuk iş ve sıcak iş takım çelikleri olarak adlandırılındır. Kalıp ve takım çeliklerinde istenilen özellikler; aşınmaya karşı dayanım, sertlik, tokluk, dayanım ve yüksek sıcaklıklara dayanım gibi özelliklerdir.

### **4.1 İmalat çelikleri**

İmalat çelikleri içerisinde % 0.2 karbon bulunan demir alaşımlarına verilen demir sınıfına girmektedir. İmalat çeliklerinin kullanım alanları çok yaygındır. Bunlar; zincir üretiminde, inşaat alanında, sac imalatında, kaynak tellerinin imalatında, profil çelik imalatında, çivilik tel yapımı, makine parçası imalatı ve metal el aletlerinin imalatı en yaygın olanlarıdır.

### **4.2 Soğuk iş takım çelikleri**

Soğuk iş takım çelikleri çalışma yüksek sıcaklıkta olmayan malzemelerin üretiminde kullanılan çelikler sınıfına girmektedir. Kalıp parçalarının hususan kesme ve form verme işlemlerinde ( alt kalıp çeliği, üst kesme çeliği ve üst form verme çeliklerinde ) en fazla kullanılan takım çeliğidir. Atölye sıcaklığında çalışan kalıp ve takımlarda bu çelikler kimyasal bileşimlerinde değişiklik yapılarak ( alaşım ilave edilerek ) tokluk ve aşınma dayanımı gibi özellikleri yükselttilerek daha fazla kullanım alanına sahip olmaktadır. Soğuk iş takım çelikleri üç sınıf olarak değerlendirilirler; yüksek karbonlu ve kromlu çelikler, havada sertleşen çelikler ve yağda sertleşen çeliklerdir. Son yıllarda ısıtım işlem teknolojisinin gelişmesiyle soğuk iş takı çelikleri daha homojen içyapıya sahip olmaktadır. Bu çeliklerinde en fazla

rastlanan şekil değişimleri dört ana başlıkta görülür. Bunlar çatlama, aşınma, ayrılma ve ezilmedir. Kullanım alanına göre tokluk değeri ve aşınma dayanımı çeliklerde önemlidir. Aşınmaya sebep olan çalışma şartlarında tercih sebebi olarak yüksek sertliğe çıkabilen çelikler kullanılır. Aşınmanın olduğu durumlarda darbe az ise tokluk değeri düşük olan çelikler kullanılmaktadır. Çalışma ortamında hem aşınma hem de darbe bulunuyorsa çeliğin tokluk değerinin de iyi olması istenir. Tokluk değeri düşük olduğu durumlarda kırılmalar ve atmalar daha sık görülür. Tokluk özelliği yüksek darbeye maruz kalan zımbalar, makas ağızları ve soğuk makaslarda daha çok aranan özelliklerdir. Soğuk iş takım çelikleri ve özellikleri Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1: Soğuk iş takım çelikleri ve özellikleri [33]

Malzeme	C	CR	Mo	V	Diğerleri	Açıklama				
1.2379	1.55	12.00	0.70	1.00	Si 0.40	Yüksek aşınma dayanımı				
1.2363	1.00	5.00	1.20	0.20	Si 0.30	Yüksek tokluk özelliği vardır				
1.2080	2.20	12.00	-	-	Si 0.40	Kalınlığı 4 mm’ye kadar olan sacların kesme kalıplarında kullanılır.				
1.2842	0.85	0.50	-	0.15	Si 0.40	6 mm’ye kadar olan sacların kesiminde kullanılır				
1.2767	0.45	1.30	0.20	-	Ni 4.00	Sertleşebilirliği ve tokluğu yüksektir.				
1.2463	2.12	11.20	-	-	W 0.65	Çok yüksek aşınma direncine sahiptir.				
1.2601	1.65	12.00	0.60	0.30	W 0.50	Makara ve hadde topları için idealdir.				
1.2067	1.00	1.50	-	-	-	Rulman çeliği olarak bilinir.				
1.2360	0.50	7.00	1.50	1.40	Si 0.90	Tokluğu yüksek kesme kalıpları için kullanılır.				
1.2378	2.20	12.5	1.00	2.00	-	Aşınma direnci çok yüksektir.				
1.2510	1.00	0.55	-	0.20	W 0.60	Darbe direnci iyidir.				

### 4.3 Çeliklerin tabii tutulduğu ısı işlemler

Çeliklerin ısı işleme tabii tutulmasının sebebi, malzemenin çalışacağı ortama göre istenilen özelliklerde değiştirilmesidir. Çeliklerin iç kristal yapısını değiştirmek için yapılan, ısıtma ve soğutma işlemleriyle, yüzeye kimyasal bileşim verilmesi ya da yüzeyden kimyasal bileşim çekilmesi işlemlerine ısı işlem olarak adlandırılmaktadır. Çelik malzemelerin içyapıları, çeliğin çalışacağı ortamına göre içindeki karbon ve diğer elementlerin oranı, çeliğin elde edilme metodu gibi farklı özellikler kazandırılması istenir. Isıl işlemde aranan özellikler; çelik malzeme elde edilmesinden sonra çeliği elde etme sırasında oluşan iç gerginlikleri gideme, sertlik

kazandırma ve yumuşatma, işlenebilirlik, soğuk veya sıcak dövme işçiliklerine uygunluk, dayanım kazandırma, darbeye maruz kalınan yerlerde direnç, kimyasal olaylardan en az etkilenme, elektriğe maruz kalınımında direnç ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılık olarak sıralanabilir. Isıl işlem uygulanarak çeliklere bu gibi özellikler kazandırılmakta ve çelikten çalışma ortamlarında daha yüksek verim elde edilmektedir.

Takım çeliklerinin aşınma dayanımına ve en yüksek sertlik derecesine ulaşabilmesi için sertleştirme işlemi yapılır. Çelik malzemelerde ısıl işlemlerden sonra menevişleme işlemi yapılır. Menevişleme; malzemenin içyapısında ısıl işlemden sonra oluşabilecek gerginlikleri almak ve çelikte meydana gelebilecek çatlamları önlemek için yapılan ısıl işlemdir. Bu işlemden sonra çeliğin iç yapısındaki gerilim alınır ve kırılabilirlik azaltılır.

Menevişleme işlemi yapıldıktan çelik malzemelerin işlenmesi esnasında talaş kaldırma işlemlerindeki maliyet artmaktadır. Bu sebeple çeliklere yumuşatma tavı uygulanır. Yumuşatma tavı; doğrudan talaş kaldırma işçiliği ve makinelerde çeliğin işlenmesi esnasında bu türdeki malzemeler içerisindeki karbon miktarlarına göre ısıtılması daha sonra kendi halinde soğutma işleminin yapılmasıdır. Takım çelikleri ise gerilim giderme işleminden sonra kullanılır. Çelikler, yüksek sertlik ve yüksek aşınma direncine sahip olabilmeleri için ısıl işleme tabi tutulur. Sertlik kazandırma işlemi esnasında çelik malzeme aynı zamanda kırılabilir yapı oluşur. İsteyen malzemenin bu kırılabilirlik özelliğinin giderilmesi için menevişleme adı verilen işleme tabi tutulur.

Çeliklerde sertleştirilecek parçanın sadece üst yüzey bölgesinin ısıtılmasından sonra çeliğin aniden soğutulmasıyla içyapısının değiştirilmeden gerçekleştirilen ısıl işleme yüzey sertleştirme adı verilir. Yüzey sertleştirme işleminde amaç dış yüzeyin sertleştirilme esnasında iç kristal yapısının ısıl işlemde kaynaklanabilecek olumsuzlukların ortaya çıkmasını engellemektir. Bu yöntemin kullanıldığı alanlar kısmi olarak aşınma durumlarında, düşük karbonlu çeliklerin kullanımları esnasında ve sertlik alanları oluştuğunda maliyetlerin en aza düşürülmesinde uygulanır. Yüzey sertleştirme işlemleri iki farklı şekilde yüzeyin kimyasal yapısını değiştirmeden ve değiştirerek olmak üzere.

#### 4.4 Malzeme Soğutma Ortamları

Çeliklere ısıtma işlemi yaparak farklı özellikler kazandırmanın aşamalarından önemli birisi de soğutma işleminin uygulanmasıdır. Soğutma işlemi çelik malzemenin yapısındaki değişiklikleri istenilen özelliklere uygunluğunu sağlamaktır. Soğutma işlemleri dört ana başlık altında toplanır. Bunlar; su, yağ, hava ve gaz ile soğutma işleminin yapılması olarak sıralanır.

Isıtma işleminden sonra uygulanan soğutma işlemlerinden en yaygın olanı yağda soğutmadır. Yağla soğutma işlemi yağ banyoları hazırlanarak yapılmaktadır. Yağda soğutma işleminde yağ ısıtma işlemi gören malzemenin daha uzun sürede soğumasını sağlamaktadır. Bu şekilde uygulanan sertleştirme yöntemiyle en yüksek korozyon direnci çeliklerde sağlanmış olur. Su ile soğutmaya kıyaslanırsa kaynama derecesinin daha yüksek olmasından dolayı yağda yapılan soğutmalarda şekil bozulmaları ve çarpılmalar daha düşük seviyededir. Günümüzde bitkisel ve hayvansal yağlarla soğutma işlemlerinin kullanımı çok az seviyededir.

Soğutma sistemlerinden suda soğutma işlemi için tuz banyosu, sodalı su, kostikli çözeltiler ve polimer çözeltiler kullanılmaktadır. Maliyet yönünden en ucuz ve tedarik etme yönünden de en kolay soğutma sistemidir. Soğutma işlemi çeliğin çok hızlı bir şekilde soğutulmasıyla gerçekleşir. Yağda soğutma işlemlerinde göre soda soğutma işlemleri üç kat daha hızlı olabilmektedir. Bununla beraber hızlı soğutmanın olumsuz neticesi olarak çatlaklar, iç gerginlikler ve çarpılmalar oluşmaktadır. Suda soğutmada soğutma esnasında oluşan buhardan dolayı sertleşme azalacağından su içerisinde çelik sekiz rakamı çizecek şekilde döndürülmek suretiyle hareket verilmelidir. En çok sade karbonlu çelikler için kullanılan soğutma sistemidir.

Hava ile soğutma sistemi yüksek alaşımlı çeliklerin üstüne hava vermek suretiyle veya açık havada bırakılmasıyla gerçekleştirilen soğutma işlemidir. Havada bulunan oksijen sebebiyle hava ile soğutma çeliğin korozyon direncini düşürmektedir. Hava ile soğutma çok yavaş bir hızla gerçekleşen soğutma işlemidir. Bu soğutma sistemi özellikle yüksek alaşımlı çeliklerin doku dönüşümlerinin tam sağlanabilmesi yönünden en önemli tercih sebebidir. Hava ile sertleştirme işlemi



yüksek karbonlu çelikler ve soğuk iş takım çeliklerine daha fazla uygulanan bir sistemdir.

Tuzlu su soğutma işlemi su içerisine % 10 yemek tuzu karıştırılmasıyla gerçekleşen bir soğutma sistemidir. Tuzlu su ile soğutma işleminden sonra çeliğin kesinlikle su ile yıkanması gerekir. Bu soğutma sistemiyle çelik yüzeylerin parlak olması sağlanır.

Gaz ile soğutmada çelikler fırın atmosferinde sertleştirme işlemi yapılır. Bu soğutmada helyum, hidrojen ve azot gazları en çok kullanılanıdır. Bu sistemin en büyük avantajı sertleştirilen yüzeylerin temiz ve parlak olmasıdır.

## 5. TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI

1960 yılından itibaren lazer teknolojisindeki araştırmalar devam etmektedir. Son yirmi yılda bu araştırmalar pratikte sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Lazer üç boyutlu sistemler yardımıyla lazer ve kamera ile üç boyutlu binlerce noktadan oluşan koordinatları elde etmektedir. Lazer ile tarama işlemi diğer ölçme ve kontrol sistemlerinden daha hassas ve daha kısa zamanda sonuç almayı sağlamaktadır. Lazer tarama sistem içerisinde tüm nokta kümelerindeki noktalar 3B (üç boyutlu) koordinat değerlerine bulunmaktadır. Lazer tarama sistemleri tek çizgi lazer ve çoklu çizgi lazer olmak üzere iki ayrı tarayıcı olarak ifade edilebilmektedir.

Üç boyutlu olarak adlandırılan bu teknoloji ile işlem yapılacak malzemenin yapısından etkilenmemesi önemli bir husustur. Tarama sistemleri içerisinde en iyi sonucu optik tarama adı verilen ölçüm cihazları vermektedir. Üç boyutlu lazer tarama sistemleri özellikle döküm sanayi, sac kalıp sanayi boru sektörü ve farklı boyut ölçümü istenen sektörlerde tercih edilmektedir. Şekil 5.1’de üç boyutlu lazer tarama kol mekanizması görölmektedir.

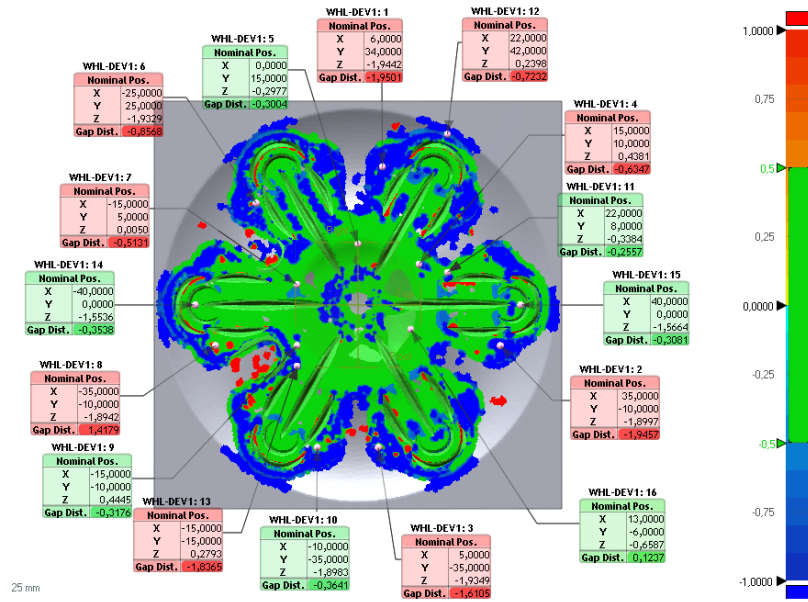


Şekil 5.1: Üç boyutlu lazer tarama kol mekanizması

Günümüzde teknoloji alanındaki gelişmeler sayesinde üretim sanayisinde lazer tarama uygulamaları geniş çaplı kullanılmaya başlanmıştır. Hızlı üretim ve rekabetin önemli olduğu üretimde elbette bu teknolojiyi kullanabilecek nitelikli eleman ihtiyacı her geçen gün hızla artmaktadır.

## 5.1 Kalite Kontrol Amaçlı Lazer Tarama

Üç boyutlu verisi bulunan üretimi yapılmış olan ürünlerin üretim düzgünlüğünün kontrol edilebilmesi için lazer tarama cihazları kullanılır. Şekil 5.2’de lazer tarama ile kalite kontrol rapor örneği görülmektedir.



Şekil 5.2: Lazer tarama ile kalite kontrol rapor örneği

Şekil ihtiva eden parçaların doğru bir şekilde kalite kontrolü yapılabilmesi için yüzbinler belki de milyonlarca nokta alınmaktadır. Bu sayede en hassas yüzeyler ve en doğru ölçüler alınmaktadır.

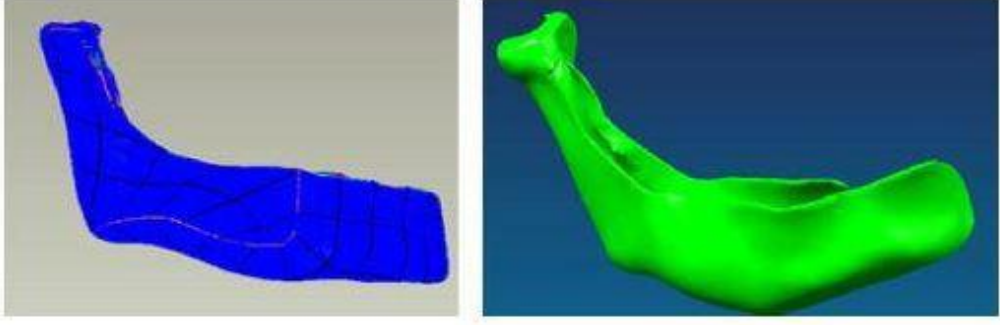
Bu çalışmada yapılan lazer tarama işlemi kontrol amaçlı olarak yapılmıştır. Her bir üründen 16 farklı noktasal bölgeden ölçüm alınmış olup bu noktaların koordinatları ve değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Lazer tarama ölçüm değerleri

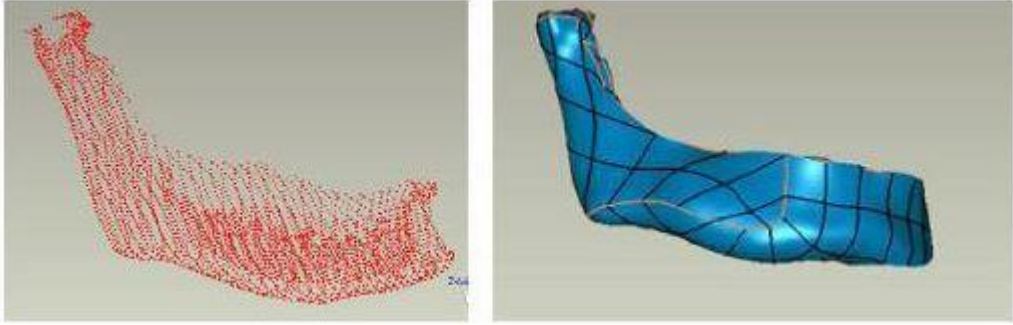
Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0647	34.7336	-19454
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	36.2081	-10.7621	-2.3351
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	4.9339	-35.0756	-2.2412
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0190	10.0113	0.2241
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0003	15.0201	-0.3550
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0345	25.0210	-3.4368
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0590	5.0215	-0.1815
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.6595	-10.5610	-3.7810
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0259	-10.5610	0.0996
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0237	-35.0944	-3.3488
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9679	7.9900	-0.4519
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.8888	41.8219	-0.4975
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.7892	-14.7637	-1.2591
WHL-DEV1: 14	-40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0574	0.0005	-1.9845
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0416	-0.0011	-1.9124
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0686	-6.0309	-0.8325
Min.	-40.0000	-35.0000	-1,9442	-40,0574	-35,0944	-3,7810
Max.	40.0000	42.0000	0,4445	40,0416	41,8219	0,2241

## 5.2 Tersine Mühendislik Amaçlı Lazer Tarama

Bir malzemenin üç boyutlu verisi yoksa bu malzemeden üretebilmek için tersine mühendislik adı verilen sistemin uygulanması gerekmektedir. Üç boyutlu sistemle binlerce noktadan meydana gelen veri elde edilir. Tersine mühendislik işleminde ilk önce üç boyutlu verisi alınacak malzemenin lazer tarama ile üç boyutlu tarama işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra elde edilen bu veriden nokta bulutu oluşturulur. Nokta bulutu ölçülerine riayet edilerek malzemenin bilgisayar ortamında benzeri işlemi tersine mühendislik uygulamasıyla yapılır. Böylece elde edilen veriden tekrar yeni parça üretimi yapılır. Şekil 5.3.a - 5.3.b da tersine mühendislik uygulama örnekleri verilmiştir.



Şekil 5.3.a: Tersine mühendislik uygulama birinci örneği [35]

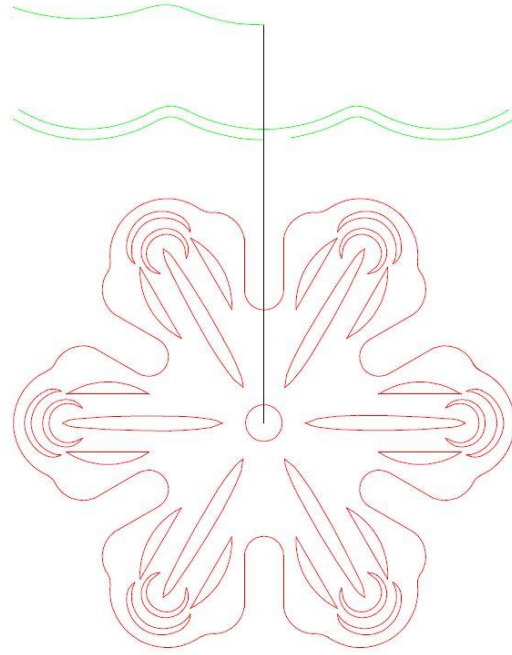


Şekil 5.3.b: Tersine mühendislik uygulama ikinci örneği[35]

## 6. MATERYAL VE METOT

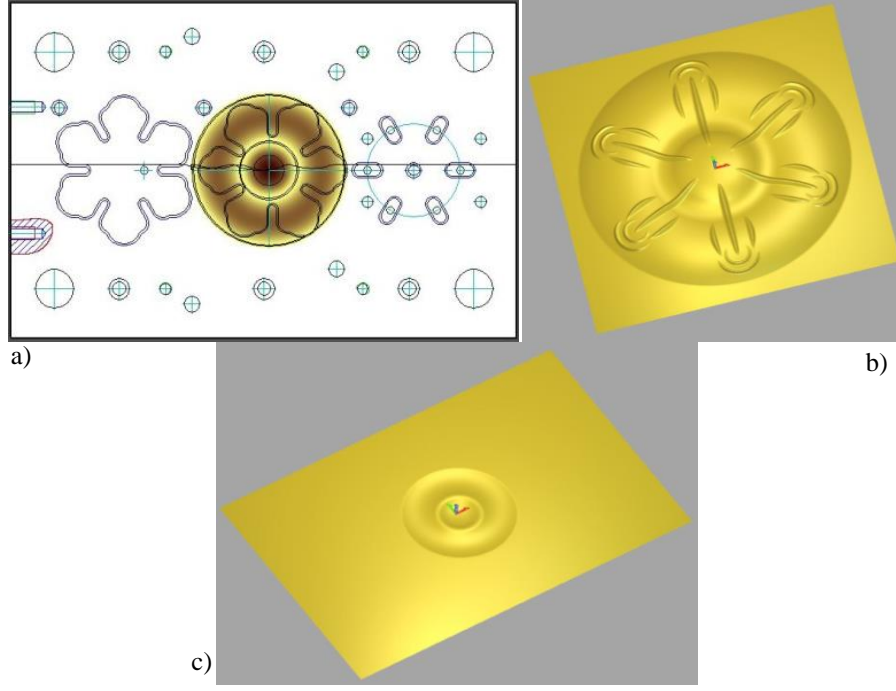
### 6.1 Ürün Modelinin Oluşturulması

Ardışık sac kalıbı için ilk adımda üç boyutlu model çizimi yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilecek ürün için üç boyutlu modellemede ARTCAM programı kullanılmıştır. ARTCAM programda üç boyutlu modelleme için kullanılan iki boyutlu çizimler AUTOCAD programı üzerinden “.dxf” uzantılı olarak elde edilmiştir. Ürün üzerinden kumpas ile alınan ölçüler yardımıyla AUTOCAD programında yay çizim komutları kullanılarak Şekil 6.1’de görülen iki boyutlu çizim üzerinden yapılmıştır.



Şekil 6.1: İki boyutlu çizim

Ölçü tamlığını sağlamak için AUTOCAD programında çizilen iki boyutlu çizime göre ARTCAM da form verme komutlarıyla (extrude, spin) Şekil 6.2’de görülen üç boyutlu modellemeler elde edilmiştir.



Şekil 6.2: Üç boyutlu modelleme örnekleri a) alt kesme ve iz yapma kalıbı, b) üst iz yapma kalıbı, c) alt iz yapma kalıbı.

### 6.1.1 Tasarımda kullanılan programlar ve donanımlar

Tasarım için iki boyutlu çizimlerde AUTOCAD programı, Üç boyutlu şekil vermelerde ARTCAM programı, Kalıp çizimlerinde SOLIDWORKS programı, CNC dik işlem tezgahında kalıp elemanlarını işlemek için ARTCAM programları kullanılmıştır.

AUTOCAD programı bilgisayar destekli tasarım programıdır. Vektör tabanlı çizim programı olarak kullanılmaktadır. Bu programla iki boyutlu veya üç boyutlu çizimler bilgisayar ortamında çizilmektedir. Makine, inşaat ve mobilya sektöründe geniş kullanım alanına sahiptir. Analiz ve simülasyonlar yapılabilmektedir.

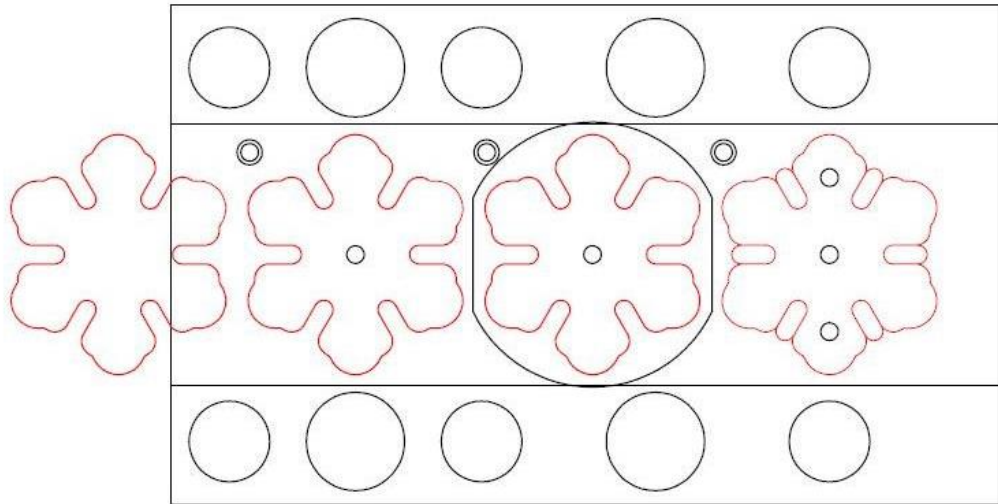
ARTCAM programı iki boyutlu çizimlerden otomatik olarak üç boyutlu modeller yapmaya olanak sağlayan bilgisayar modelleme programıdır. Üç boyutlu oluşturulan modeller ve iki boyutlu çizimler için CNC tezgahlarında işlem için gerekli olan takım yollarını yapmaya imkan verir. Uygulama alanları genellikle kalıp imalatçıları, mücevher ve kuyumculuk gibi sektörlerdir.

SOLIDWORKS ile ölçülü ve vektör tabanlı üç boyutlu çizimlerinin yanı sıra yapılan çizimlere ait teknik bilgilere ulaşılabilir. Montaj modülü kullanılarak parçaların bir araya getirilebilmesine olanak veren bu programın içeriğinde katı modelleme, yüzey oluşturma ve sac metal şekillendirmesi de bulunmaktadır.

Çizimlerin ve modellemelerin gerçekleştirildiği programlar için gerekli olan bilgisayarın özellikleri; İşlemci i7-2600, 3.40 ghz, 6 gb ram, 64 bit işletim sistemidir.

## 6.2 Bant tasarımı

Ardışık kalıp imalatında çizim işlemlerine başlamadan önce bant tasarımı yapılmıştır. Bant tasarımında üretimi yapılacak sac parçanın farklı yerleşim planından yalın olanının şerit malzeme üzerine aktarılması işlemidir. Kalıp setlerindeki bant tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlar; kalıp setine uygun malzeme seçimi, üretimi yapılacak sac malzemenin kalıp giriş yönü, rulo sacda meydana gelecek fire miktarı, kalıp için harcama maliyeti ve kalıp setinin bağlanacağı pres tezgahının kapasitesidir. Şekil 6.3'de kalıp seti bant tasarım örnekleri verilmiştir.

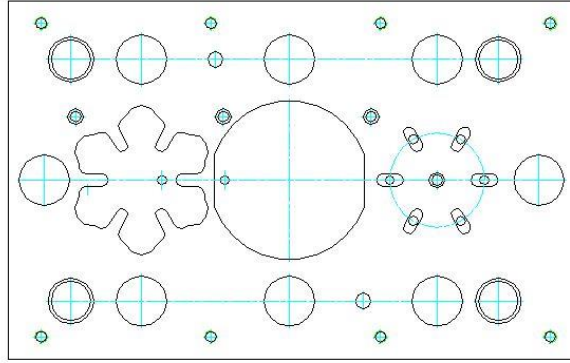


Şekil 6.3: Bant tasarımları

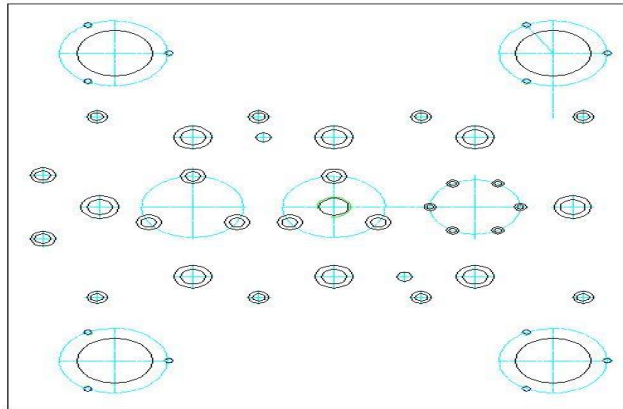
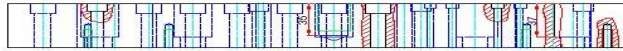


### 6.3 Kalıp ölçülerinin belirlenmesi

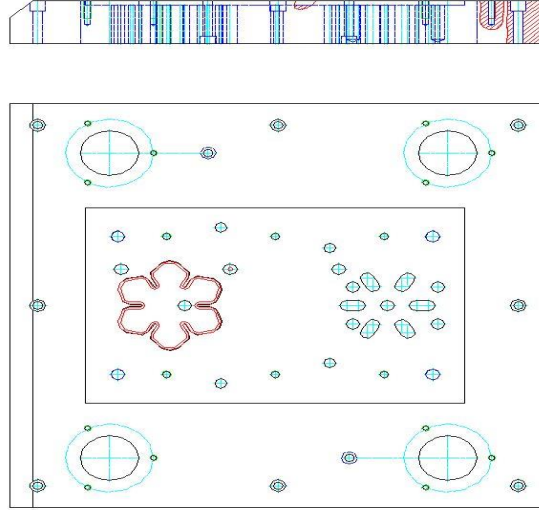
Kalıp tamlığının sağlanabilmesi için tasarımların ikinci adımında iki boyutlu teknik çizimler hazırlanmıştır. Bu çizimler AUTOCAD programı kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 6.4-6.8’de sırasıyla AUTOCAD programı ile tasarımı yapılan kalıp alt çeliği, kalıp alt tablası, kalıp üst tablası, kalıp üst kesme çeliği, kalıp üst şekil verme çeliği ile diğer teknik çizimler görülmektedir. Bunlara ait ölçüler ve özellikleri Tablo 6.1’de verilmiştir.



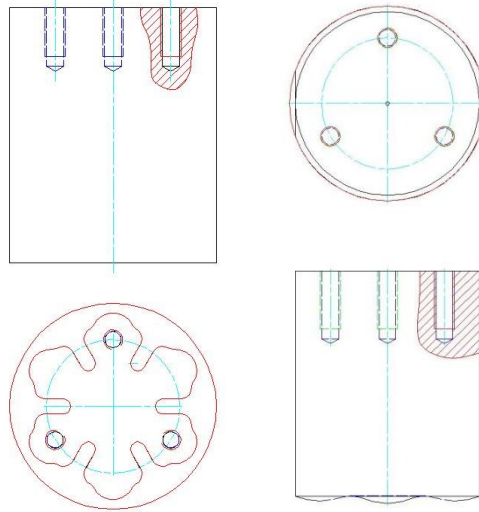
Şekil 6.4: Zimba tutucu



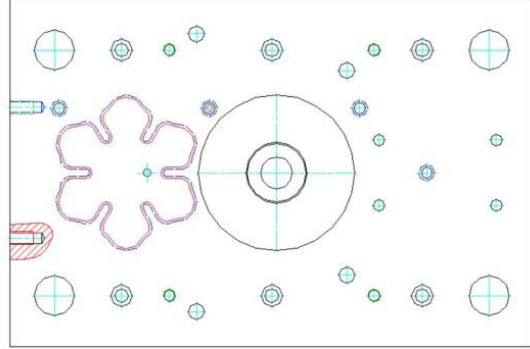
Şekil 6.5: Alt tabla



Şekil 6.6: Alt elik yuvası



Şekil 6.7: Üst kesme ve üst iz yapma çeliği



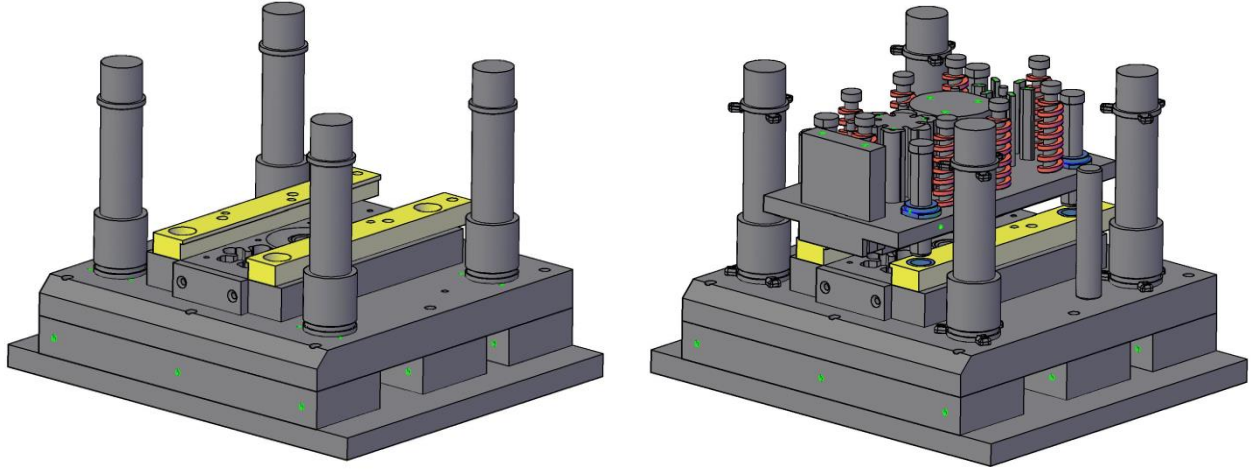
Şekil 6.8: Alt iz yapma ve kesme çeliği

Tablo 6.1: Ardışık kalıp elemanlarının özellikleri

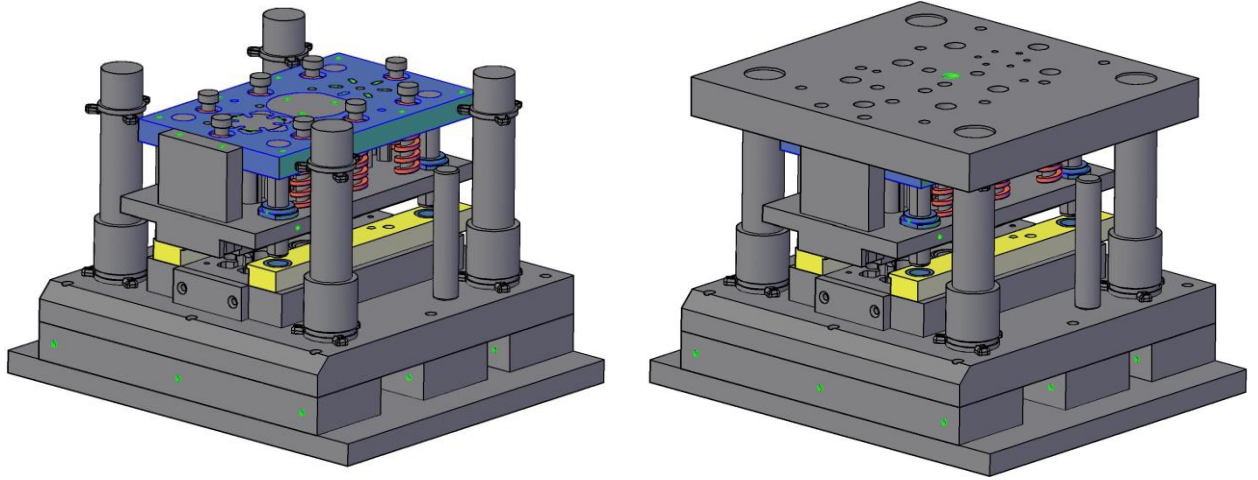
Adet	Parça Adı	Malzeme	Ölçü
1	DAYAMA	St 37	20 x 15 x 10
1	ALT ÇELİK	CPOH	221 x 168 x 28
1	DELİK ZIMBASI	CPOH	Ø 28 x 119
1	YAN ÇAKI	CPOH	118 x 88 x 18
1	ÜST TABLA	St 37	241 x 188 x 38
1	ZIMBA TUTUCUSU	St 37	221 x 168 x 28
1	ZIMBA	CPOH	Ø 108 x 118
1	SIYIRICI	St 37	301 x 248 x 48
1	ZIRH	St 37	301 x 248 x 23
1	ALT TABLA	St 37	390 x 328 x 48

#### 6.4 Kalıp modelinin üç boyutlu tasarım ve montajı

Ardışık sac kalıbı için ürün tasarımından sonra üçüncü adımda ardışık kalıp için iki boyutlu kalıp elemanlarının çiziminden üç boyutlu çizimi yapıldı. Kalıbın üç boyutlu çizimleri SOLIDWORKS programıyla yapılmıştır. İki boyutlu çizimlere programda “extrude” komutuyla kalınlıklar verilerek kalıbın üç boyutlu çizimi tamamlanır. Şekil 6.9 ve 6.10’da üç boyutlu kalıp montajı çizimleri verilmiştir.



Şekil 6.9: Alt tabla ile alt elik ve sıyrıcı montajı



Şekil 6.10: Üst tabla ve zimba tutucu montajı

## 6.5 Kalıp İmalatı

Ardışık sac kalıbında kullanılacak olan alt kesme ve iz yapma çeliği, üst kesme çeliği ve üst iz yapma çeliği için soğuk iş takım çeliklerinden sac imalatında kullanılan 1.2379, 1.2767 ve CPOH elikleri tercih edilmiştir. Bu eliklerin tercih sebepleri 1.2379 çeliği ardışık sac kalıplarında elik üreticileri tarafından tavsiye edilen olması, 1.2767 ise 1.2379 çeliğine benzer özellikler içermesi, CPOH ise üretimde yeni nesil soğuk iş takım çeliklerinden olması sebebiyle tercih edilmişlerdir.

1.2379 soğuk iş takım çeliğinin kullanım alanları, yüksek tokluk ve yüksek aşınma dayanımı gibi özellikleri bulunduğundan ezme ve kesme işlemleri için tercih edilir. X153CrMoV12 olarak isimlendirilmektedir. Bu soğuk iş takım çeliği soğuk şekil verme kalıpları, cıvata ovalama makaraları, kesme kalıplarında, derin çekme kalıplarında, soğuk haddeleme işlemlerinde, plastik kırma bıçaklarında, yüksek aşındırıcı özelliğe sahip plastik kalıplarında, makas bıçakları ve ağaç işleme takımlarında kullanım alanı yaygındır. Tablo 6.2’de 1.2379, 1.2767 ve CPOH Soğuk iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 6.2: 1.2379, 1.2767 ve CPOH kimyasal bileşimi [33]

	<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>V</b>
<b>1.2379</b>	1.55	12.0	0.80	0.90
<b>1.2767</b>	0.45	1.40	0.30	4.10
<b>CPOH</b>	1.00	8.00	2.50	0.30

1.2767 Soğuk iş takım çeliğinin kullanım alanları; kesme kalıpları, çatal ve kaşık kalıpları, yüksek oranda şekillendirme yapan kalıplar, sac kesiminde kullanılan bıçaklar ve makaslar, plastik ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıpları, yüksek sertlikte yüksek tokluk istenen kalıplar olarak belirtilebilir. 45NiCrMo16 olarak isimlendirilmektedir.

CPOH soğuk iş takım çeliği genel olarak kesme kalıplarında, soğuk hadde makaralarında, derin çekme kalıplarında, yüksek aşındırıcı özelliğe sahip plastik kalıplarında, makas bıçaklarında çapak alma kalıplarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özel soğuk iş çeliğidir.

Kalıp imalatları genel olarak üniversal freze, CNC dik işlem ve tel erozyon gibi imalat tezgahlarında gerçekleştirilir. Şekil 6.11’de bu çalışmada kullanılan freze tezgahı görülmektedir. Çalışmamda kullanılan freze tezgahının teknik özellikleri; boyuna hareket 1200 mm, dikey hareket 400 mm, enine hareket 354 mm, hızlı ilerleme 1600 mm/dk, mili devri 1600 d/dk’dır. Güç 11 kw, hassasiyeti 0.01 mm’dır.



Şekil 6.11: Üniversal freze tezgahı

Bu çalışmada imalat aşamasında kullanılan CNC dik işlem merkezinin özellikleri; tabla ölçüsü 1100 x 45 mm, x eksen hızı; 32000 mm/dk, y eksen hızı; 32000 mm/dk, z eksen hızı; 24000 mm/dk, fener mili devri; 15000 rpm, kesme ilerlemesi; 1-12000 mm/dk, boşta hız; 24000 mm/dk, takım çapı ve boyu; 90 / 250 mm, fener mili motor gücü; 15 HP, hassasiyet; 0.01 mm'dir. Şekil 6.12'de kullanılan CNC dik işlem merkezi görülmektedir.



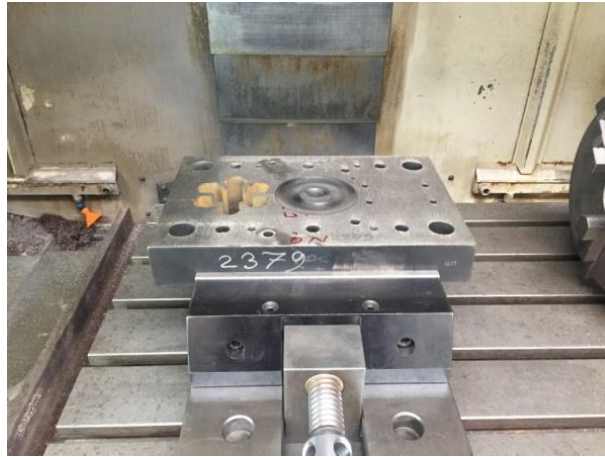
Şekil 6.12: CNC dik işlem merkezi

CNC Tel erozyon tezgah özellikleri; tabla ölçüleri; 1100 x 800 x 295 mm, maksimum parça ağırlığı; 500 kg, XY eksen hareketi; 750x450 mm, UV eksen hareketi; 100 x 100 mm, Z eksen hareketi; 300 mm, Tel Çapı; 0.1- 0.3 mm, eksen sayısı; 5 eksen, maksimum kesme açısı; +/- 22.5 derece, maksimum kesme hızı; 250 mm/dk'dır. Şekil 6.13'te CNC tel erozyon tezgahının fotoğrafı verilmiştir.

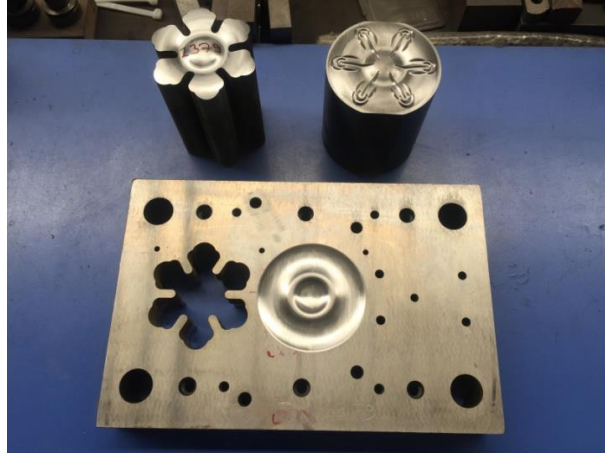


Şekil 6.13: CNC tel erozyon tezgahı

Çelikler teknik resim çizimlerine uygun ölçülerde üniversal freze ve CNC dik işlem tezgahlarında işlendi. İşlenen malzemeler kalıp setinin montajı yapıldıktan sonra dört adet pimle sabitlendikten sonra tel erozyon tezgahında kesildi. Şekil 6.14'de CNC dik işlem merkezinde alt iz yapma ve kesme çeliği işleme fotoğrafı verilmiştir. Şekil 6.15'de freze, CNC dik işlem merkezi ve tel erozyon tezgahında kesimden sonraki son hali görülmektedir.



Şekil 6.14: CNC tezgahında alt iz yapma ve kesme çeliğinin işlenmesi



Şekil 6.15: Çeliklerin tezgahlarda işlendikten sonraki son hali

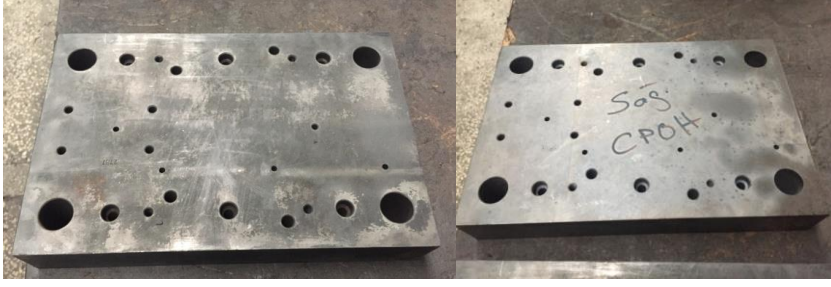
### 6.6 Kalıp Çeliklerinin Sertlik Değerleri

1.2767, 1.2379 ve CPOH çelikleri freze ve CNC dik işlem tezgahlarında ölçülerine göre işlendikten sonra malzemelere sertlik kazandırmaları için ısıl işleme tabi tutuldu. Isıl işlem süreçleri; 1.2767 çeliği 850 C°'de 2 saat ısıtıldıktan sonra 200 C°'ye soğutulmaya bırakıldı. Daha sonra menevişleme için 200 C°'de 2 saat bekletildi. 1.2379 çeliği 1020 C°'de 2 saat ısıtıldıktan sonra 300 C°'de soğumaya bırakıldı. Bu işlemden sonra menevişleme için 300 C°'de 2 saat bekletildi. CPOH çeliği 1060 C°'de 2 saat ısıtıldıktan sonra 500 C°'ye soğumaya bırakıldı. Menevişleme için 500 C° 'de 2 saat bekletilmiştir.

Malzemeler üzerinde oluşan oksit tabakası temizlendikten sonra malzemeler ani soğutma işlemine maruz bırakıldı. Bu işlem sonucunda martenzit yapının oluşması sağlanarak malzemeye sertlik kazandırıldı.

Bu işlemden sonra çelik malzemede oluşabilecek kırılabilirlik ve gerilim azaltmak için menevişleme veya temperleme olarak da adlandırılan gerginlik giderme işlemi yapılır. Sertleştirme işlemi yapılan malzeme 550 - 650 C°'ye kadar yavaş yavaş ısıtıldıktan sonra malzeme kalınlığına göre çok yavaş bir şekilde soğumaya bırakılır. Bu soğuma süresi malzeme kalınlığına göre yaklaşık 50 mm için 2 saat bekletilmelidir. Şekil 6.16'da ısıl işlemden gelen malzemelerin fotoğrafları görülmektedir.





Şekil 6.16: Isıl işlem uygulanan alt çelik kalıpları

Isıl işlemden gelen çeliklerin sertlik derecelerinin kontrolleri sertlik ölçme cihazı tarafından HRC cinsinden ölçümleri yapıldı. Sertlik ölçüm cihazı Şekil 6.17’de görülmektedir.



Şekil 6.17: Sertlik ölçüm cihazı

Sertlik ölçüm işlemi için çelik malzeme ölçüm cihazına yerleştirildikten sonra kadran “0” değerine ayarlanır. Ölçüm yapılacak bölüm zımparalanarak temizlenir. Ölçme cihazının elmas koni ucu üç defa malzeme üstüne getirilir. Ana yük Rockwell C (RC) için 150 kg’dır. Sağ taraftaki kol serbest bırakılır, daha sonra tekrar kadrandan “0” ayarlanarak kol tekrar serbest bırakılır. İki çıkan değerın ortalama değeri alınarak sertlik ölçümü tamamlanmıştır. CPOH çeliğinin sertlik ölçümü Şekil 6.18’de görülmektedir. Sertlik ölçme cihazıyla ölçümde CPOH çeliğinin sertliği 58 HRC olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.18: CPOH sertlik ölçümü

1.2767 çeliğinin sertlik ölçümü Şekil 6.19'da görülmektedir. Sertlik ölçme cihazıyla ölçümde 1.2767 çeliğinin sertliği 58 HRC olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.19: 1.2767 sertlik ölçümü

1.2379 çeliğinin sertlik ölçümü Şekil 6.20'de görülmektedir. Sertlik ölçme cihazıyla ölçümde 1.2379 çeliğinin sertliği 57 HRC olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.20: 1.2379 sertlik ölçümü

### 6.7 Kalıp Montajı

Kalıp elemanları çizimlerine uygun olarak imalat tezgahlarında işlendikten sonra kalıp montajı işlem sırasına uygun olarak montajı yapıldı. Şekil 6.21.a'da alt tabla ile alt çeliğin montaj fotoğrafı verilmiştir. Montaj sürecinde ilk olarak alt plaka ile destek ayakları, daha sonra alt tabla ile alt çelik sırayla birleştirildi. Üst tablaya ve üst iz yapma ve üst kesme çelikleri bağlandıktan sonra üst tablaya zımba tutucunun montajı yapıldı. Şekil 6.21.b'de üst tabla ile üst kesme ve üst iz yapma çeliklerinin montaj fotoğrafı verilmiştir.

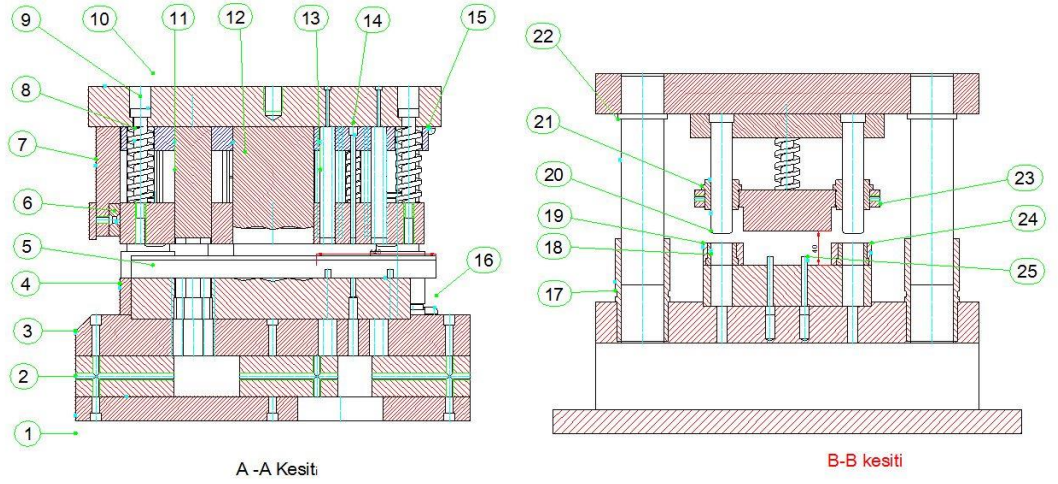


Şekil 6.21.a: Alt tabla ve alt çelik montajı Şekil 6.21.b: Üst tabla ve sıyrıcı montajı

Kalıp alt tabla seti ile üst tabla setinin montajı tamamlandıktan sonraki kalıp setinin pres tablasına bağlanması Şekil 6.22’de görülmektedir. Ardışık kesme kalıp montajının numaralandırması şekil 6.23’de verilmiştir. Tablo 6.3’te montajda kullanılan tüm ekipmanlara ait malzeme özellikleri ile montaj sırası belirtilmiştir.



Şekil 6.22: Ardışık kalıp setinin prese bağlanması



Şekil 6.23: Ardışık kesme kalıp montajının numaralandırması

Tablo 6.3: Ardışık kesme kalıbına ait malzeme listesi

MONTAJ NO	PARÇANIN ADI	MALZEME CİNSİ	ADET
1	ALT KALIP TABLASI	St 37	1
2	KALIP ALT YÜKSELTMESİ	St 37	3
3	KALIP ALT TABLASI	St 37	1
4	ALT HURDA BIÇAĞI	1.2379	1
5	KALIP ALT ÇELİĞİ	1.2379	1
6	ÜST HURDA BIÇAĞI	1.2379	1
7	ÜST HURDA BIÇAK YUVASI	St 37	1
8	AĞIR YÜK YAYI	Standart	8
9	YAY AYAR CIVATASI	Standart	8
10	ÜST TABLA	St 37	1
11	ÜST KESME ZIMBASI	1.2379	1
12	ÜST İZ YAPMA ZIMBASI	1.2379	1
13	ÜST ARA KESME ZIMBASI	1.2379	1
14	ÜST DELME ZIMBASI	1.2379	1
15	ZIMBA TUTUCU	St 37	1
16	KOLON SIKMA PARÇASI	Standart	24
17	ORTADAN ŞAPKALI BURÇ	Standart	4
18	ŞAPKALI BURÇ	Standart	4
19	SAĞ YOLLUK	St 37	1
20	ŞAPKALI KOLON	Standart	4
21	ÜSTTEN ŞAPKALI BURÇ	Standart	4
22	ORTADAN ŞAPKALI KOLON	Standart	4
23	SIYIRICI	St 37	1
24	SOL YOLLUK	St 37	1
25	SAC İTİCİ PİM	St 37	1

## 6.8 Sac Ürün Malzemesi ve Üretim Süreci

Ardışık sac kalıplarında ürünün kullanım yerine göre sac malzeme seçimi yapılır. Rulo veya yassı çelik olarak adlandırılan saclar ergime derecesine getirilen çelik malzemenin sürekli döküm yöntemiyle katılaştırıldıktan sonra oluşan dikdörtgen kesitli yarı ürünün sıcak olarak haddelenmesiyle meydana gelir. Genel olarak dkp sac ve siyah sac olarak adlandırılır. Kalınlıkları 1.5 ile 20 mm arasında değişebilmektedir. Kullanım alanları otomotiv sanayi, büro eşyaları, beyaz eşya sanayi, aydınlatma gereçleri ve mutfak eşyası gibi geniş bir alandır. Çalışmamda sac ürünleri elde etmek için 2 mm kalınlığında dkp sac kullanıldı.

Çalışmamda kullanılan pres tezgahının özellikleri; presin tonajı 250 ton, strok vuruşu 43 min<sup>-1</sup>, koç ayarı 114 mm, motor gücü 18.5 kw, presin toplam kütlesi 18500 kg'dır.

Şekil 6.24’de pres tezgahı verilmiştir. Montajı yapılan kalıp, presin tablasına bağlandıktan sonra strok ayarı yapıldı.



Şekil 6.24: Pres tezgahı

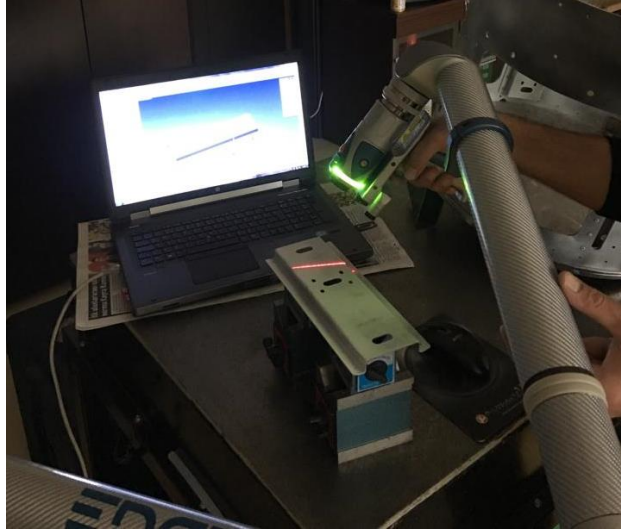
Ardışık kalıp ve kesme kalıplarındaki pres otomasyon sistemlerinde rulo halinde bulunan sacları mekanik motorlu ve pnömatik sistemler yardımıyla pres tezgahında bağlı bulunan sürücüye ileten kalıp otomasyon elemanıdır. Pres otomasyon sisteminin diğer bir elemanı olan doğrultucu sacın düzgün bir şekilde sürülmesine olanak sağlamaktadır. Otomasyon sürücüleri ise PLC yardımıyla kalıp adımı girilen sistem sayesinde belirli mesafede sacın kalıp içerisinde ilerlemesini sağlar. Şekil 6.25’te çalışmamda kullanılan rulo açıcı ve PLC sac sürücüsü görülmektedir.



Şekil 6.25: Sac rulo açıcısı ve sürücüsü

## 6.9 Lazer Tarama ile geometrik özellik ölçümleri

Lazer tarama cihazıyla ölçümde üç boyutlu kol taraması yapılacak malzemenin üst bölgesinin farklı kısımlarından geçirilerek veriler bilgisayar ortamına aktarıldı. Öncelikle 1.2379, 1.2767 ve CPOH çeliklerinin birinci, bininci, beşbininci basılan ürünlerin sırasıyla lazer taramaları yapıldı. Daha sonra 1.2379 ve CPOH malzemesinin onbininci basılan ürünlerin lazer taramaları yapıldı. Son olarak da 1.2379, 1.2767 ve CPOH çelik malzemelerinden yapılan alt iz yapma ve kesme çeliğinin, üst iz yapma çeliğinin ve üst kesme çeliğinin ürün basımlarından sonraki lazer taramaları yapıldı. Tarama verileri bilgisayar programında tanımlanarak tarama işlem sonuçları alındı. Çalışmamda kullanılan lazer tarama cihazının özellikleri; Mavi lazer tarama sistemi, yedi eksene kadar tarama ve 0.001 mm hassasiyetinde tarama yapabilme özelliğine sahiptir. Şekil 6.26'da lazer tarama sistemleri görülmektedir.

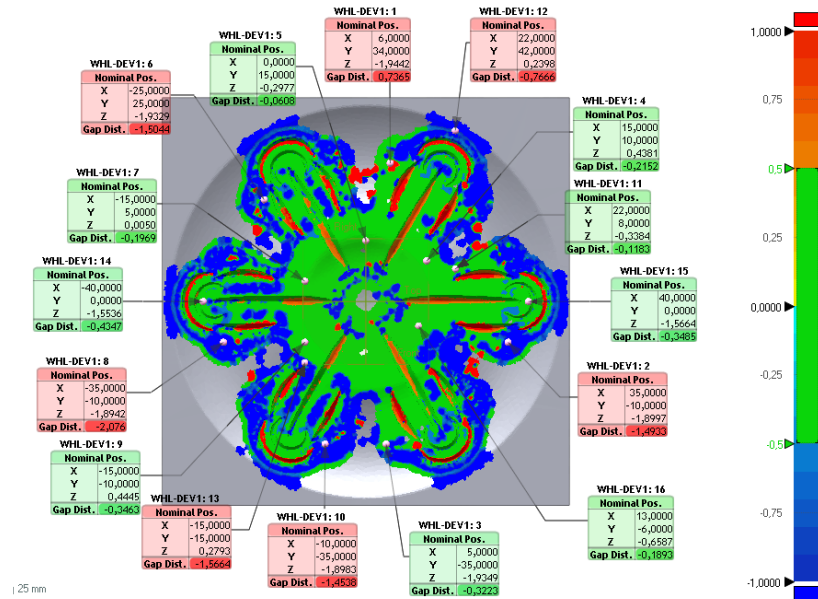


Şekil 6.26: Lazer tarama sistemi

## 7. DENEYSEL SONUÇLAR

### 7.1 Ürünlerdeki boyutsal değişimler

1.2767 kalıp malzemesinden alınan birinci örneğin geometrik özellikleri Şekil 7.1'de görülmektedir. Kırmızı bölgeler basma kısımlarını, mavi bölgeler ise aşınma kısımları ifade etmektedir. On altı noktadan alınan verilere göre yedi farklı noktada sapmanın oldukça fazla olduğu gözlemlenmiş ve bu sapmaların ortalama değeri 1.365  $\mu\text{m}$  olarak belirlenmiştir. En büyük sapmanın sekiz numaralı bölge üzerinde olduğu ve -2.076  $\mu\text{m}$  değerinde bir aşınmanın olduğu, sırasıyla 13 numaralı bölgede -1.5664  $\mu\text{m}$ , altı numaralı bölgede -1.5044  $\mu\text{m}$ , iki numaralı bölgede -1.4933  $\mu\text{m}$  aşınma değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Aşınma değeri mavi renkli bölge bir noktada bir numaralı bölgede 0.7365  $\mu\text{m}$  değeri olarak tespit edilmiştir. Ürünün kesim bölgelerinde ise geometrik olarak aşınma değerlerinin arttığı görülmektedir. Tablo 7.1'de 1.2767 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.



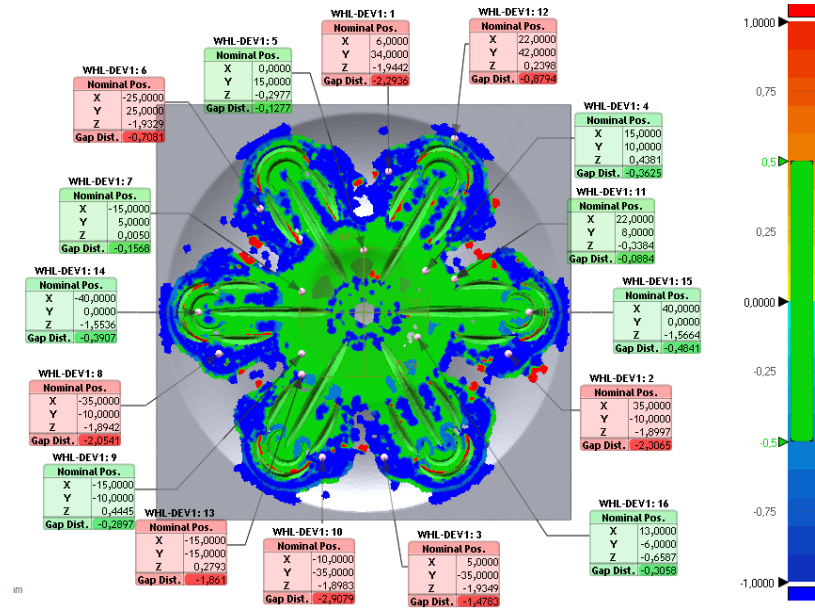
Şekil 7.1: 1.2767 birinci ürünün lazer taraması



Tablo 7.1 1.2767 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0647	34.7336	-1.9454
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	36.2081	-10.7621	-2.3351
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	4.9339	-35.0756	-2.2412
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0190	10.0113	0.2241
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0003	15.0201	-0.3550
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0345	25.0210	-3.4368
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0590	5.0215	-0.1815
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.6595	-10.5610	-3.7810
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0259	-10.0177	0.0996
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0237	-35.0944	-3.3488
WHL-DEV1: 11	22.0000	-8.0000	-0.3384	21.9679	7.9900	-0.4519
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.8888	41.8219	-0.4975
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.7892	-14.7937	-1.2591
WHL-DEV1: 14	-40.0000	-15.0000	-1.5536	-40.0574	0.0005	-1.9845
WHL-DEV1: 15	40.0000	-0.0000	-1.5664	40.0416	-0.0011	-1.9124
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0686	-6.0309	-0.8325
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0574	-35,0944	-3,7810
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0416	41,8219	0,2241

1.2767 malzemesinin birinci ürününde sekiz farklı noktada geometrik olarak farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. Birinci ürüne göre aşınmalarda artış görülmektedir. Şekil 7.2’de görüldüğü gibi sekiz numaralı (WHL-DEV1:8) ölçüm noktasında 0.022 µm düzeyinde bir aşınma gözlenmiş olup bu aşınmanın %1’lik bir boyutsal değişime sebep olduğu belirlenmiştir. On numaralı (WHL-DEV1: 10) ölçüm noktasında 0.4541 µm düzeyinde en fazla aşınmanın olduğu belirlenmiştir. Yedi, onbir ve ondört numaralı ölçüm noktalarında 0,030-0,044 µm aralıklarında en düşük aşınmalar tespit edilmiştir. En yüksek aşınmanın on numaralı bölgede -2.9079 µm, iki numaralı bölgede 22.2936 µm, sekiz numaralı bölgede -2.0541 µm olarak tespit edilmiştir. Bu üründe tolerans üstüne çıkan basma değeri oluşmamıştır. Tablo 7.2’de 1.2767 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

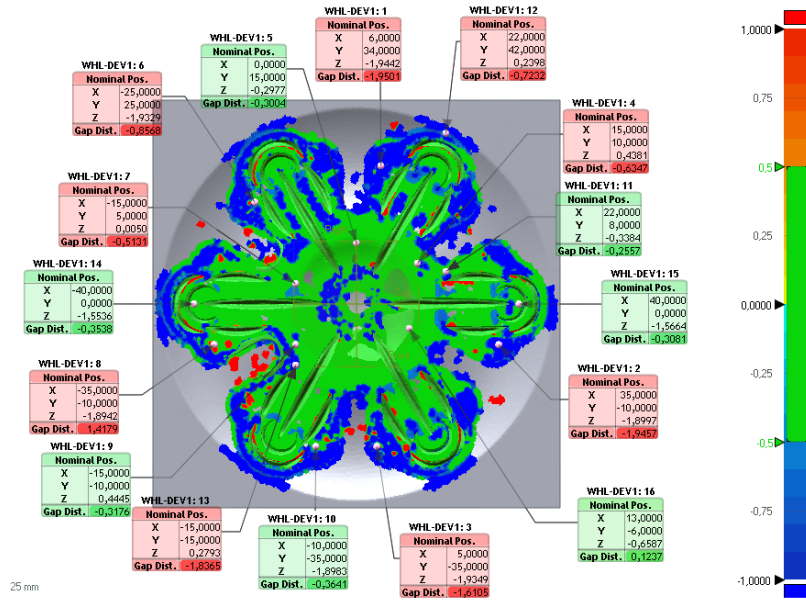


Şekil 7.2: 1.2767 bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.2: 1.2767 malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0005	33.9958	-4.2378
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.1167	-10.0318	-4.2030
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.0029	-35.5829	-3.2935
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0337	10.0207	0.0778
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0008	15.0451	-0.4171
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0173	25.0114	-2.6407
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0449	5.0156	-0.1444
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.2293	-10.1192	-3.9319
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0275	-10.0186	0.1567
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-9.9285	-36.5274	-4.3717
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9753	7.9927	-0.4230
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.7849	41.6663	-0.5449
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-15.8638	-13.5411	-0.4879
WHL-DEV1: 14	40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0514	0.0005	-1.9409
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0559	0.0005	-2.0467
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.1159	-6.0537	-0.9366
Min.	-40.0000	-35.0000	-1.9442	-40.0514	-36.5274	-4.3717
Max.	40.0000	42.0000	0.4445	40.0599	41.6663	0.1567

1.2767'nin beş bininci ürününde ise dokuz farklı noktada geometrik farklılıklar gözlemlenmiştir. Şekil 7.3'de 1.2767 malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama sonuçları verilmiştir. Ürün basım adetlerindeki artış olmasına rağmen aşınma değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. 1.2767 malzemesinin beş bininci ürün lazer taramasında en yüksek aşınma bir numaralı bölgede  $-1.9501 \mu\text{m}$ , iki numaralı bölgede  $-1.9457 \mu\text{m}$ , on üç numaralı bölgede  $-1.8365 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte sadece bir noktada sekiz numaralı noktada tolerans üzerinde  $1.4179 \mu\text{m}$  basma değeri bulunmuştur. Tablo 7.3'de 1.2767 malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

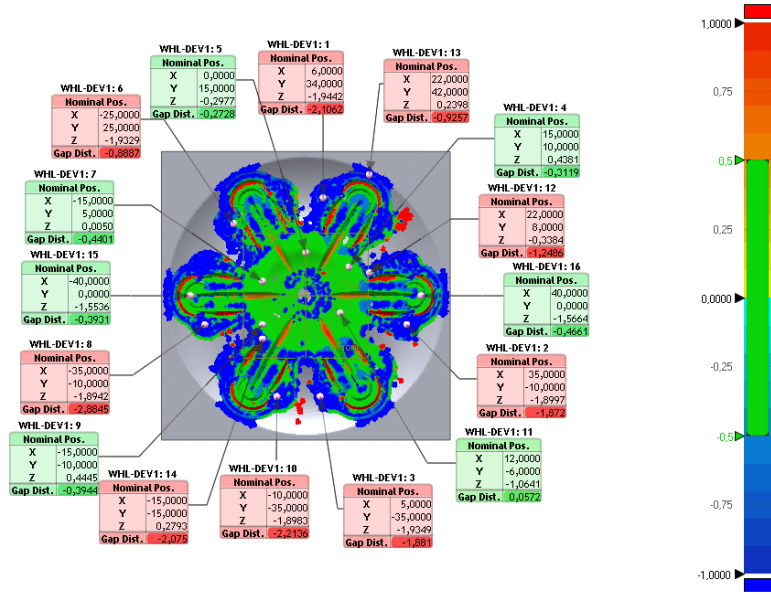


Şekil 7.3: 1.2767 beş bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.3: 1.2767 malzemesinin beşbininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	5.9993	34.0026	-3.8943
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.1144	-10.0311	-3.8417
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.2948	-36.1296	-3.0443
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.5435	10.0830	0.1211
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	-0.0038	15.1086	-0.5778
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0778	25.0554	-2.7844
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.1552	5.0457	-0.4819
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-36.2675	-10.6343	-1.8577
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0248	-10.0193	0.1285
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0042	-35.0147	-2.2621
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9191	7.9907	-0.5809
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.9531	41.9264	-0.4781
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.8721	-14.6190	-1.5127
WHL-DEV1: 14	40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0466	0.0003	-1.9043
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0386	0.0006	-1.8721
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	12.9536	-5.9774	-0.5463
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0466	-36,1296	-3,8943
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0386	41,9264	0,1285

Şekil 7.4'deki 1.2379 kalıp malzemesinden alınan birinci ürününde dokuz noktada sapmanın fazla olduğu görülmektedir. 1.2379 malzemesinin diğer kalıp malzemesi olan 1.2767 malzemesinin birinci ürünü ile karşılaştırılması yapıldığında 8. noktada (WHL - DEV1:8) ortalama 0.808 µm sapma olduğu görülmektedir. Her iki malzemenin birinci ürünlerinde farklı bir nokta (WHL – DEV 1:2) alındığında değerinin 0.379 µm olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek aşınma değeri sekiz numaralı noktada -2.8845 µm, on numaralı noktada -2.075 µm değerleri tespit edilmiştir. Bu üründe tolerans üstüne çıkan basma değeri oluşmamıştır. Soğuk iş 1.2379 kalıp çeliği ile elde edilen birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri Tablo 7.4' de verilmiştir.

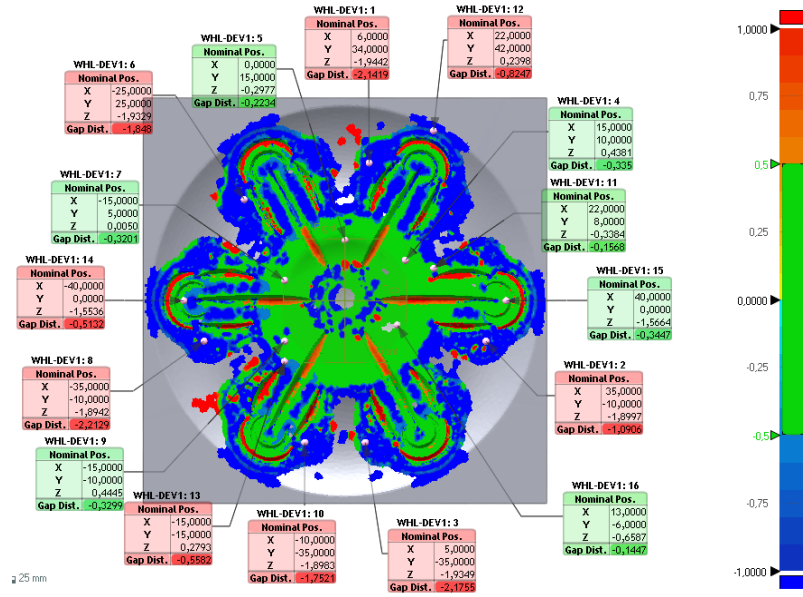


Şekil 7.4: 1.2379 birinci ürünün lazer taraması

Tablo 7.4: 1.2379 malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0001	33.9955	-4.0504
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.0622	-10.0437	-3.7702
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.1410	-35.8650	-3.5993
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0276	10.0181	0.1280
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	-0.0028	15.1041	-0.5498
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.3140	25.2119	-2.7368
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.1319	5.0374	-0.4132
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-36.7671	-10.9812	-3.9520
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0331	-10.0216	0.0521
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0339	-35.1041	-4.1092
WHL-DEV1: 11	12.0000	6.0000	-1.0641	11.9801	-5.9900	-1.0115
WHL-DEV1: 12	22.0000	8.0000	-0.3384	21.6745	7.8793	-1.5378
WHL-DEV1: 13	22.0000	42.0000	0.2398	22.0191	42.0508	-0.6842
WHL-DEV1: 14	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.8258	-14.5954	-1.7484
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5536	-40.0521	0.0007	-1.9432
WHL-DEV1: 16	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0576	-0.0006	-2.0289
Min.	-40.0000	-35.0000	-1.9442	-40.0521	-35.8650	-4.1092
Max.	40.0000	42.0000	0.4445	40.0576	42.0508	0.1280

Malzemenin (1.2379) bininci ürününde de dokuz farklı noktada geometrik farklılık belirlenmiştir. Nokta sayıları aynı sayıda görülmekle birlikte sapma miktarları artmıştır. Şekil 7.5’ de 1.2379 malzemesinin bininci ürünün lazer taraması görülmektedir. Aşınmanın en yüksek olduğu sekiz numaralı noktada  $-2.2129 \mu\text{m}$  değeri tespit edilmiştir. Bunu takiben üç numaralı noktada  $-2.1755 \mu\text{m}$ , bir numaralı noktada  $-2.1419 \mu\text{m}$ , altı numaralı noktada  $-1.848 \mu\text{m}$  değerlerinin tolerans üstüne çıktığı gözlemlenmiştir. Bininci üründe tolerans üstüne çıkan basma değeri oluşmamıştır. Tablo 7.5’ de 1.2379 malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

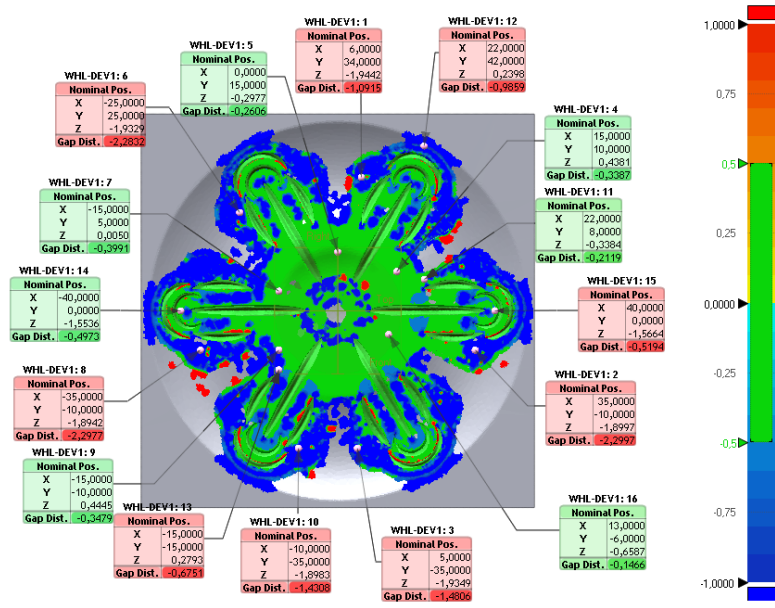


Şekil 7.5: 1.2379 bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.5: 1.2379 malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0005	34.0026	-4.0861
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.1068	-10.2637	-2.9525
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.1233	-35.6099	-4.0196
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0325	10.0208	0.1053
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0039	15.0878	-0.5030
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0406	25.0435	-3.7799
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0915	5.0276	-0.3005
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.1025	-10.0312	-4.1045
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0431	-10.0222	0.1182
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0265	-35.0750	-3.6486
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9546	7.9874	-0.4880
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.9541	41.9306	-0.5807
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-15.0032	-14.8469	-0.2574
WHL-DEV1: 14	40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0634	0.0000	-2.0629
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0425	-0.0000	-1.9084
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0536	-6.0245	-0.7909
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0634	-35,6099	-4,1045
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0425	41,9306	0,1182

Şekil 7.6’de 1.2379 malzemesinin beş bininci basım ürününün lazer taraması görülmektedir. Beş bininci üründe de dokuz nokta aşınma değerlerinin tolerans değerleri üzerinde görülmektedir. Ürün basım adetlerinin artmasıyla birlikte aşınma değerlerinin bazı noktalarda daha fazla arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek aşınma değerleri iki numaralı noktada  $-2.2997 \mu\text{m}$ , sekiz numaralı noktada  $-2.2977 \mu\text{m}$ , altı numaralı noktada  $-2.2832 \mu\text{m}$  değerleri olduğu tespit edilmiştir. Beş bininci üründe tolerans değerlerinin üstüne çıkan basma değeri bulunmamaktadır. Tablo 7.6’ da 1.2379 malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.



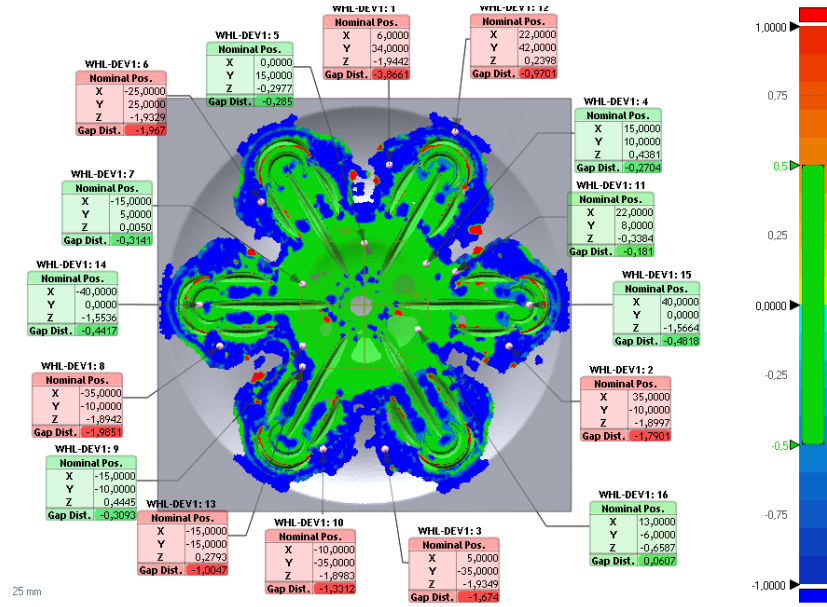
Şekil 7.6: 1.2379 beş bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.6: 1.2379 malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0004	34.0054	-3.0357
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.3874	-10.2513	-4.1525
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.1161	-35.5378	-3.3095
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0316	10.0195	0.1015
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	-0.0013	15.0895	-0.5424
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0540	25.0311	-4.2153
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.1088	5.0346	-0.3774
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.8770	-10.4185	-3.9763
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0301	-10.0203	0.0985
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0167	-35.0625	-3.3276
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9409	7.9901	-0.5417
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.9594	41.9435	-0.7436
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-15.0346	-14.7309	-0.3389
WHL-DEV1: 14	40.0000	0.0000	-1.5536	40.0647	-0.0002	-2.0467
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0648	0.0000	-2.0817
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0559	-6.0257	-0.7918
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0647	-35,5378	-4,2153
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0648	41,9435	0,1015



CPOH kalıp malzemesinin Şekil 7.7’de görülen birinci ürününde sekiz noktada sapma değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek aşınma değerinin bir numaralı ölçüm noktasında  $-3.8661 \mu\text{m}$  olarak gerçekleştiği bulunmuştur. Bunu takiben sekiz numaralı noktada  $-1.9851 \mu\text{m}$ , altı numaralı noktada  $-1.967 \mu\text{m}$ , iki numaralı noktada  $-1.7901 \mu\text{m}$  değerleri tespit edilmiştir. Bu üründe tolerans değerleri üstünde basma değeri yoktur. Tablo 7.7’de CPOH malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

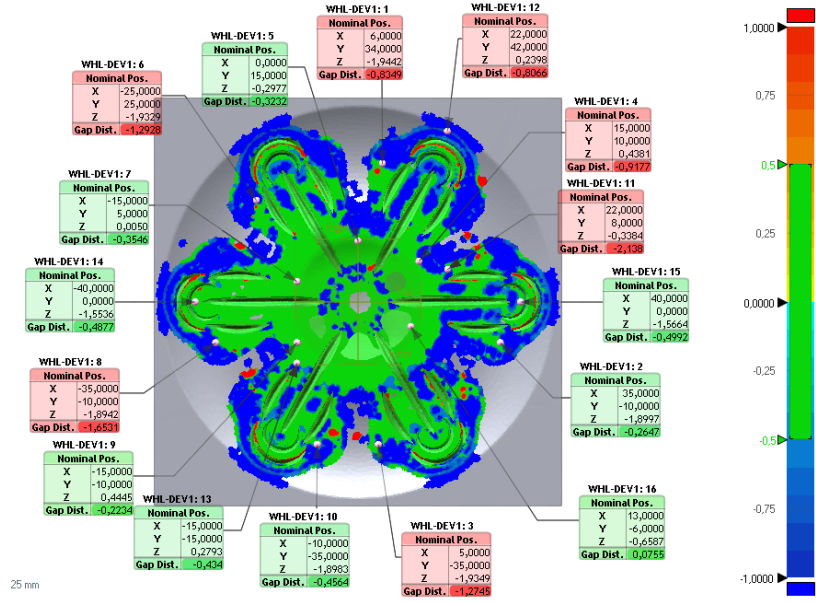


Şekil 7.7: CPOH birinci ürünün lazer taraması

Tablo 7.7: CPOH malzemesinin birinci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.8585	37.3499	-3.6726
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.2046	-10.0816	-3.6761
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.3217	-36.0152	-3.2265
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0236	10.0171	0.1694
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0015	15.1026	-0.5636
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0257	25.0254	-3.8995
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0851	5.0273	-0.2961
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.1410	-10.0487	-3.8737
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0196	-10.0143	0.1362
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0208	-35.0663	-3.2277
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9235	8.0271	-0.5002
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	22.0258	42.0557	-0.7283
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.9726	-14.6894	-0.6758
WHL-DEV1: 14	-40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0588	0.0011	-1.9914
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0598	-0.0003	-2.0445
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	12.9769	-5.9885	-0.6038
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0588	-36,0152	-3,8995
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0598	42,0557	0,1694

Şekil 7.8’de görülen CPOH malzemenin bininci ürünün lazer tarama sonuçları görülmektedir. Yedi noktada ölçüm değerleri tolerans değerlerinin üzerinde bulunmuştur. En yüksek aşınma değeri on bir numaralı noktada  $-2.138 \mu\text{m}$ , sekiz numaralı noktada  $-1.6531 \mu\text{m}$ , altı numaralı noktada  $-1.2928 \mu\text{m}$ , üç numaralı noktada  $-1.2745 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. CPOH malzemesinin bininci ürünün lazer taramasında tolerans üstüne çıkan basma değeri görülmemektedir. Tablo 7.8’de CPOH malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.



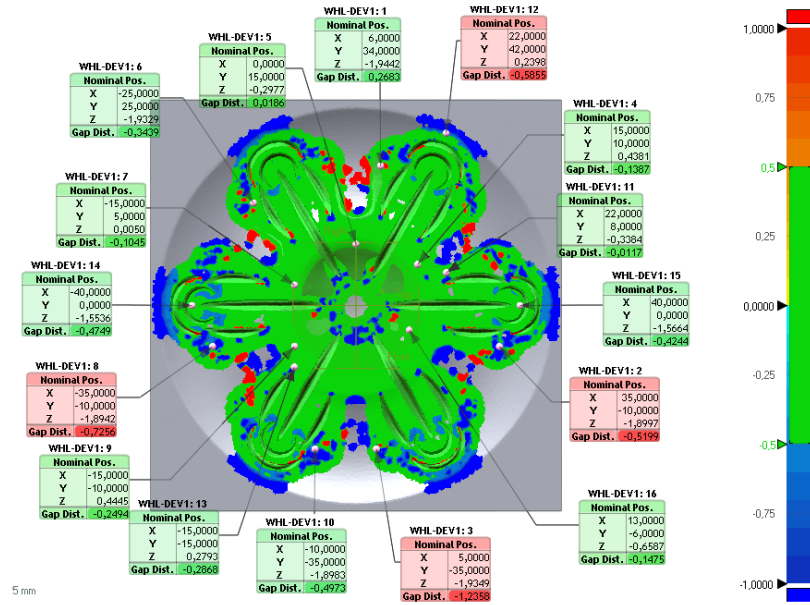
Şekil 7.8: CPOH bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.8: CPOH malzemesinin bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0144	34.0440	-2.7778
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	35.0135	-10.0036	-2.1640
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.2530	-36.2439	-2.0498
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0546	10.0415	-0.4770
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	-0.0022	15.1213	-0.5972
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0207	25.0188	-3.2253
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0934	5.0292	-0.3358
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-36.4789	-10.5827	-2.3479
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0170	-10.0109	0.2221
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0004	-35.0513	-2.3518
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.0962	7.9613	-2.2757
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.9859	41.9908	-0.5666
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.9533	-14.9216	-0.1450
WHL-DEV1: 14	40.0000	-0.0000	-1.5536	40.0649	0.0011	-2.0370
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0627	0.0004	-2.0616
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	12.9720	-5.9862	-0.5900
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0649	-36,2439	-3,2253
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0627	41,9908	0,2221

CPOH kalıp malzemesinin beş bininci ürünün lazer taraması Şekil 7.9’da verilmiştir. Aşınma değerlerinin dört noktada tolerans değerleri üzerine çıktığı tespit edilmiştir. En yüksek aşınma değeri üç numaralı noktada  $-1.2358 \mu\text{m}$ , sekizinci noktada  $-0.7256 \mu\text{m}$ , on ikinci noktada  $-0.5855 \mu\text{m}$  ve ikinci noktada  $-0.5199 \mu\text{m}$  değerleri olarak bulunmuştur. CPOH malzemesinin beş bininci ürününde tolerans değerleri üzerine çıkan basma değeri bulunmamaktadır. Tablo 7.9’da CPOH malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

CPOH malzemesinin beş bininci ürününde ürün basım adedine bağlı olarak sapma değer noktalarının sayısında artış olması veya tolerans değerleri üzerindeki noktalarda değerlerin artış göstermesi beklenirken bu durum gözlemlenememiştir. Sac basım esnasında esnemenin dolayısıyla böyle bir durum olabileceği için on bininci ürünlerin basım işlemine ve bu ürünlerin lazer taramalarının incelenmesi yapılacaktır. Bununla birlikte her bir malzeme için imal edilen alt ve üst çeliklerinin lazer tarama ölçümleri yaptırılıp incelenecektir.



Şekil 7.9: CPOH beş bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.9: CPOH malzemesinin beş bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

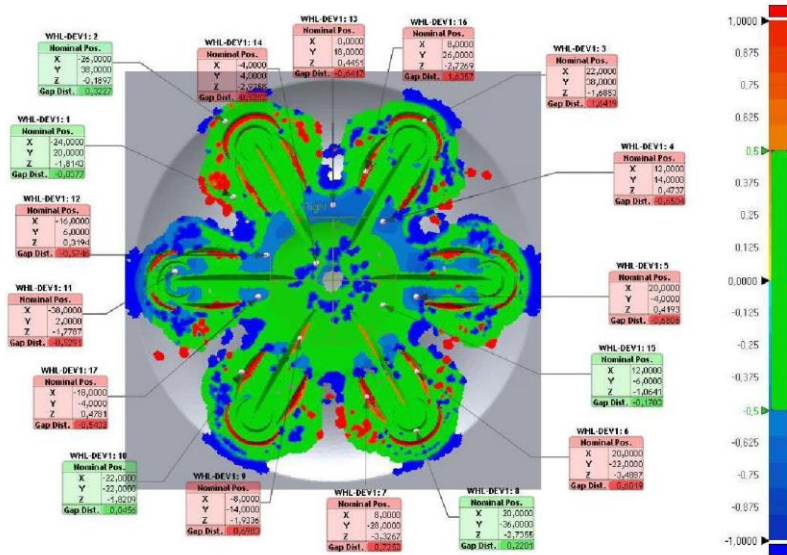
Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0307	34.2605	-1.8878
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	34.8795	-10.3767	-2.2370
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	5.2044	-36.2100	-2.0810
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0118	10.0079	0.3001
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0000	14.9927	-0.2806
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0185	25.0098	-2.2761
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0272	5.0083	-0.0955
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.4189	-10.2465	-2.4328
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0208	-10.0150	0.1964
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-9.9966	-35.1012	-2.3852
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9935	8.0054	-0.3465
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	22.0027	42.0140	-0.3455
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.9794	-14.9286	0.0023
WHL-DEV1: 14	-40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0625	0.0003	-2.0243
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0534	0.0017	-1.9874
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0563	-6.0243	-0.7928
Min.	-40,0000	-35,0000	-1,9442	-40,0625	-36,2100	-2,4328
Max.	40,0000	42,0000	0,4445	40,0534	42,0140	0,3001

1.2379 malzemesinin on bininci ürünü Şekil 7.10'de verilmiştir. On iki noktada sapma değerleri tolerans değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir. Tablo 7.10'da 1.2379 malzemesinin on bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir. Bu noktalardan yedisinde aşınma değerleri (mavi renkli bölgeler) görülmektedir. Bu bölgelerdeki en yüksek aşınma değeri beş numaralı bölgede  $-0.6806 \mu\text{m}$ , en düşük aşınma değeri 14 numaralı bölgede  $-0.5262 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Beş noktada ise basma değerlerinin (kırmızı renkli) yüksek olduğu görülmektedir. Yine bu beş bölge arasında; en yüksek basma değeri 1.6419  $\mu\text{m}$  olarak üç numaralı bölgede, en düşük basma değeri ise 0.6019  $\mu\text{m}$  olarak altı numaralı bölgede tespit edilmiştir.

CPOH malzemesinin on bininci ürünün lazer taraması Şekil 7.11'de verilmiştir. Altı noktada sapma değerleri tolerans değerlerinin üzerinde

gerçekleşmiştir. Tablo 7.11’de CPOH malzemesinin on bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir. Bu noktalardan sadece mavi renkli 14 numaralı noktada aşınma değerinin  $-0.5367 \mu\text{m}$  olduğu gözlemlenmiştir. Kırmızı renkle belirtilen basma değerlerinin ise beş noktada toleransın üstünde olduğu görülmektedir. En yüksek basma değeri 16 numaralı bölgede  $2.9399 \mu\text{m}$ , en düşük basma değeri ise altı numaralı bölgede  $0.8312 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir.

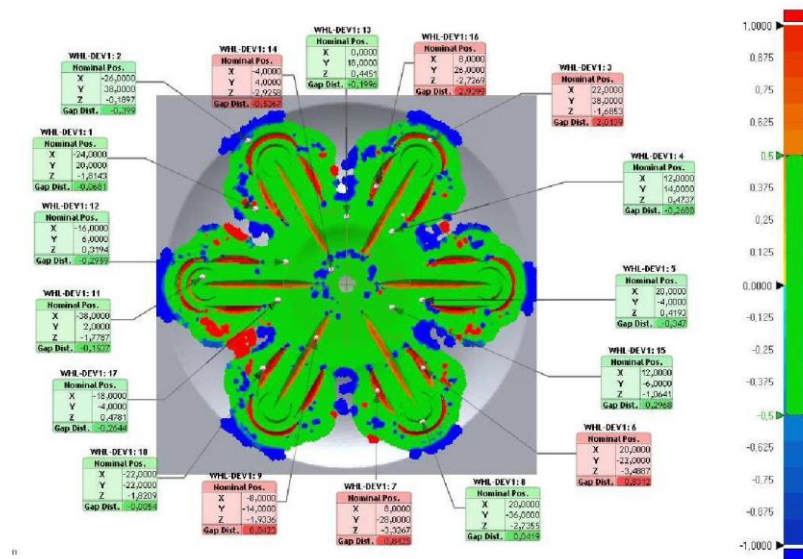
1.2379 ve CPOH malzemelerinin on bininci ürünlerin lazer tarama ölçümleri karşılaştırıldığında, 1.2379 malzemesinde (12 bölgede) CPOH (6 bölgede) malzemeye göre iki kat daha fazla tolerans değerinden yüksek bölgenin olduğu görülmektedir. 1.2379 malzemesindeki bu tolerans dışı değerlerin yedisinde mavi bölge ile tanımlanan aşınmaların hem adet hem de değer olarak daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kırmızı bölge olan basma değerleri karşılaştırıldığında ise her iki malzemede de beş noktada basma değerlerinin toleransın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Basma noktalarının her iki malzemede aynı bölgelerde olması ise yapılan deneysel çalışmanın hassasiyetini göstermektedir. Bu noktalar; üç, altı, yedi, dokuz ve on altı numaralı bölgelerdir. Bu basma değerlerinde ise CPOH malzemesinin değerleri 1.2379 malzemesine göre toleranstan daha fazla saptığı belirlenmiştir.



Şekil 7.10: 1.2379 on bininci ürünün lazer taraması

Tablo 7.10: 1.2379 malzemesinin on bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	-24.0000	20.0000	-1.8143	-23.9973	19.9976	-1.8519
WHL-DEV1: 2	-26.0000	38.0000	-0.1897	-25.9503	37.9284	0.1211
WHL-DEV1: 3	22.0000	38.0000	-1.6853	22.8670	39.3770	-1.4662
WHL-DEV1: 4	12.0000	14.0000	0.4737	12.0212	14.0296	-0.1757
WHL-DEV1: 5	20.0000	-4.0000	0.4193	19.9225	-3.9893	-0.2568
WHL-DEV1: 6	20.0000	-22.0000	-3.4887	20.3892	-21.8529	-3.0537
WHL-DEV1: 7	8.0000	-28.0000	-3.3267	8.4894	-27.9206	-2.7975
WHL-DEV1: 8	20.0000	-36.0000	-2.7355	19.9392	-35.8720	-2.5671
WHL-DEV1: 9	-8.0000	-14.0000	-1.9336	-8.0093	-13.9448	-1.2376
WHL-DEV1: 10	-22.0000	-22.0000	-1.8209	-21.9685	-22.0100	-1.8523
WHL-DEV1: 11	-38.0000	2.0000	-1.7787	-38.0490	2.0025	-2.3055
WHL-DEV1: 12	-16.0000	6.0000	0.3194	-16.1050	6.0385	-0.2442
WHL-DEV1: 13	0.0000	18.0000	0.4451	0.0017	18.0481	-0.1948
WHL-DEV1: 14	-4.0000	4.0000	-2.9258	-3.8562	3.8557	-3.4109
WHL-DEV1: 15	12.0000	-6.0000	-1.0641	12.0589	-6.0309	-1.2209
WHL-DEV1: 16	8.0000	26.0000	-2.7269	6.5471	26.7220	-2.5184
WHL-DEV1: 17	-18.0000	-4.0000	0.4781	-18.0397	-4.0071	-0.0635
Min.	-38,0000	-36,0000	-3,4887	-38,0490	-35,8720	-3,4109
Max.	22,0000	38,0000	0,4781	22,8670	39,3770	0,1211



Şekil 7.11: CPOH on bininci ürünün lazer taraması

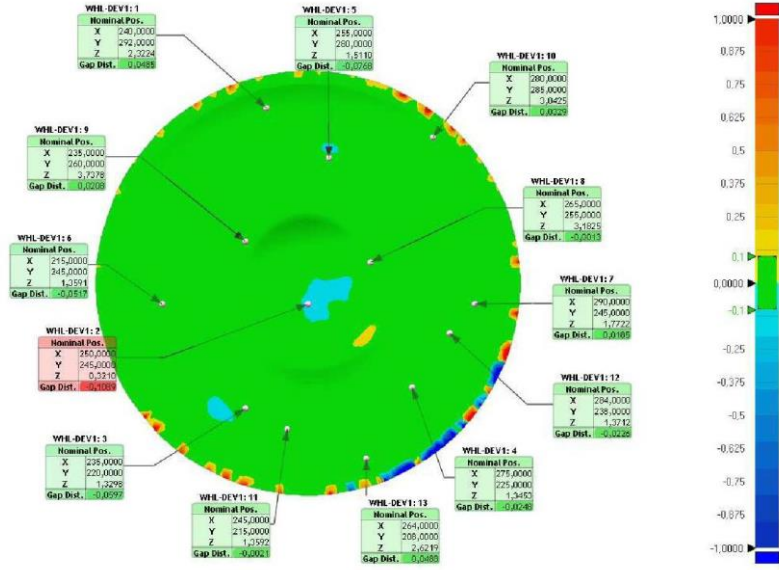
Tablo 7.11: CPOH malzemesinin on bininci ürünün lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	-24.0000	20.0000	-1.8143	-23.9971	19.9976	-1.8824
WHL-DEV1: 2	-26.0000	38.0000	-0.1897	-26.0683	38.0994	-0.5700
WHL-DEV1: 3	22.0000	38.0000	-1.6853	23.0254	39.7100	-1.4024
WHL-DEV1: 4	12.0000	14.0000	0.4737	12.0100	14.0127	0.2054
WHL-DEV1: 5	20.0000	-4.0000	0.4193	19.9514	-4.0176	0.0762
WHL-DEV1: 6	20.0000	-22.0000	-3.4887	20.6363	-21.7002	-3.0459
WHL-DEV1: 7	8.0000	-28.0000	-3.3267	8.6652	-27.7591	-2.8692
WHL-DEV1: 8	20.0000	-36.0000	-2.7355	19.9858	-35.9625	-2.7233
WHL-DEV1: 9	-8.0000	-14.0000	-1.9336	-7.9160	-13.7243	-1.1421
WHL-DEV1: 10	-22.0000	-22.0000	-1.8209	-21.9970	-22.0019	-1.8250
WHL-DEV1: 11	-38.0000	2.0000	-1.7787	-38.0136	2.0004	-1.9318
WHL-DEV1: 12	-16.0000	6.0000	0.3194	-16.0484	6.0177	0.0280
WHL-DEV1: 13	0.0000	18.0000	0.4451	0.0000	18.0155	0.2461
WHL-DEV1: 14	-4.0000	4.0000	-2.9258	-3.5427	3.7500	-3.0535
WHL-DEV1: 15	12.0000	-6.0000	-1.0641	11.8966	-5.9482	-0.7908
WHL-DEV1: 16	8.0000	26.0000	-2.7269	5.3763	27.2599	-2.3129
WHL-DEV1: 17	-18.0000	-4.0000	0.4781	-18.0166	-4.0040	0.2142
Min.	-38,0000	-36,0000	-3,4887	-38,0136	-35,9625	-3,0535
Max.	22,0000	38,0000	0,4781	23,0254	39,7100	0,2461

## 7.2 Kalıplardaki boyutsal değişimler

1.2767 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm sonuçları Şekil 7.12’de verilmiştir. Kalıplardaki tolerans değerleri  $\pm 0.1 \mu\text{m}$  alınmıştır. Alt kalıpta bir noktada aşınma değerinin tolerans değerleri üzerinde olduğu görülmektedir. İki numaralı noktada aşınma değeri  $-0.1089 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. 7500 adet basım sonrası alınan bu ölçüm değerleri, kalıp malzemesinde üründen olduğundan oldukça az bir aşınma ve deformasyonun söz konusu olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca ölçüm noktalarının dışında kalan kalıp dış çeperlerinde aşınmaların biraz fazla olduğu şekliyle görülmektedir. Ölçüm yapılan on üç noktanın konum ve sapma değerleri Tablo 7.12’de verilmiştir.



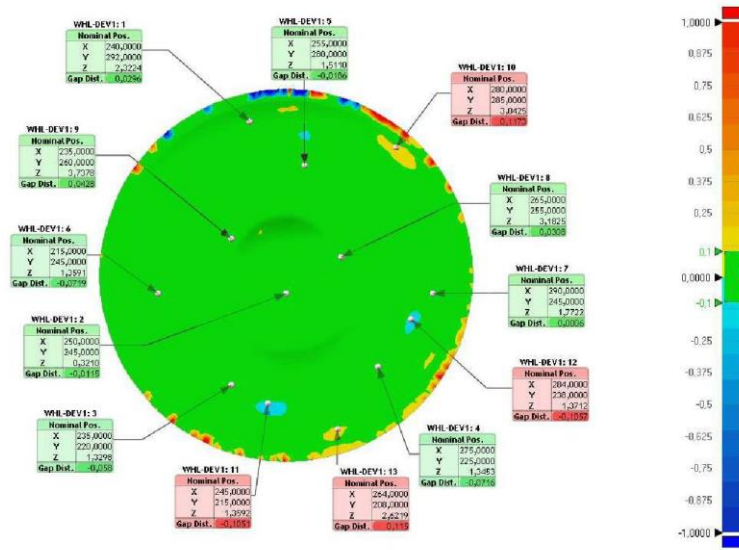


Şekil 7.12: 1.2767 malzemesinin alt kalıp lazer taraması

Tablo 7.12: 1.2767 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	6.0000	34.0000	-1.9442	6.0647	34.7336	-1.9454
WHL-DEV1: 2	35.0000	-10.0000	-1.8997	36.2081	-10.7621	-2.3351
WHL-DEV1: 3	5.0000	-35.0000	-1.9349	4.9339	-35.0756	-2.2412
WHL-DEV1: 4	15.0000	10.0000	0.4381	15.0190	10.0113	0.2241
WHL-DEV1: 5	-0.0000	15.0000	-0.2977	0.0003	15.0201	-0.3550
WHL-DEV1: 6	-25.0000	25.0000	-1.9329	-25.0345	25.0210	-3.4368
WHL-DEV1: 7	-15.0000	5.0000	0.0050	-15.0590	5.0215	-0.1815
WHL-DEV1: 8	-35.0000	-10.0000	-1.8942	-35.6595	-10.5610	-3.7810
WHL-DEV1: 9	-15.0000	-10.0000	0.4445	-15.0259	-10.5610	0.0996
WHL-DEV1: 10	-10.0000	-35.0000	-1.8983	-10.0237	-35.0944	-3.3488
WHL-DEV1: 11	22.0000	8.0000	-0.3384	21.9679	7.9900	-0.4519
WHL-DEV1: 12	22.0000	42.0000	0.2398	21.8888	41.8219	-0.4975
WHL-DEV1: 13	-15.0000	-15.0000	0.2793	-14.7892	-14.7637	-1.2591
WHL-DEV1: 14	-40.0000	-0.0000	-1.5536	-40.0574	0.0005	-1.9845
WHL-DEV1: 15	40.0000	0.0000	-1.5664	40.0416	-0.0011	-1.9124
WHL-DEV1: 16	13.0000	-6.0000	-0.6587	13.0686	-6.0309	-0.8325
Min.	-40.0000	-35.0000	-1,9442	-40,0574	-35,0944	-3,7810
Max.	40.0000	42.0000	0,4445	40,0416	41,8219	0,2241

1.2379 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm sonuçları Şekil 7.13’de verilmiştir. Aşınma değerleri on iki numaralı nokta  $-0.1052 \mu\text{m}$  ve on bir numaralı nokta  $-0.1051 \mu\text{m}$  olarak tolerans değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir. Basma değerleri ise on numaralı nokta  $0.1173 \mu\text{m}$  ve on üç numaralı nokta  $0.115 \mu\text{m}$  olarak tolerans değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. On bin adet basım sonrası alınan bu ölçüm değerleri, kalıp malzemesinde ürüнденkinden oldukça az bir aşınma ve deformasyon olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ölçüm yapılan on üç noktanın konum ve sapma değerleri Tablo 7.13’de verilmiştir.

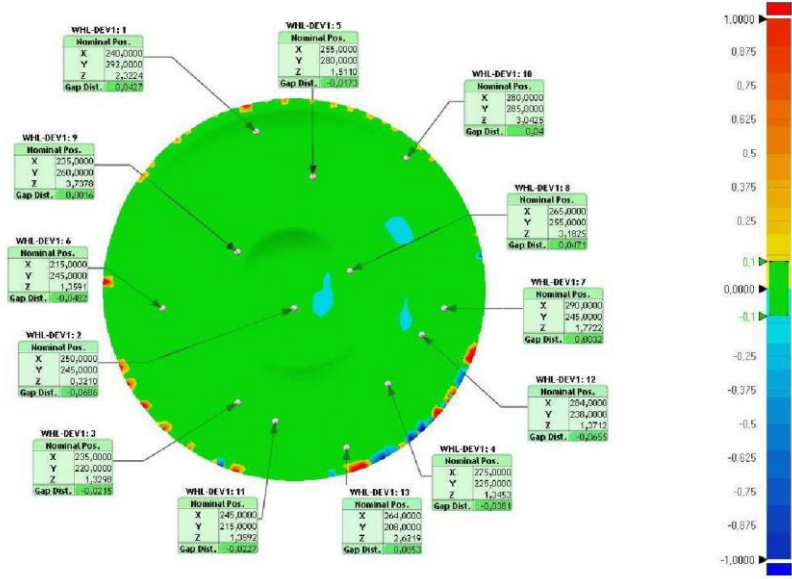


Şekil 7.13: 1.2379 malzemesinin alt kalıp lazer taraması

Tablo 7.13: 1.2379 malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	240.0000	292.0000	2.3224	240.0018	291.9928	2.3511
WHL-DEV1: 2	250.0000	245.0000	0.3210	250.0001	244.9987	0.3096
WHL-DEV1: 3	235.0000	220.0000	1.3298	235.0000	220.0000	1.2718
WHL-DEV1: 4	275.0000	225.0000	1.3453	275.0015	224.9984	1.2737
WHL-DEV1: 5	255.0000	280.0000	1.5110	254.9997	279.9984	1.4925
WHL-DEV1: 6	215.0000	245.0000	1.3591	214.9977	244.9996	1.2872
WHL-DEV1: 7	290.0000	245.0000	1.7722	289.9996	245.0000	1.7726
WHL-DEV1: 8	265.0000	255.0000	3.1825	264.9907	254.9971	3.2118
WHL-DEV1: 9	235.0000	260.0000	3.7378	235.0022	259.9971	3.7805
WHL-DEV1: 10	280.0000	285.0000	3.0425	279.9785	259.9986	3.1550
WHL-DEV1: 11	245.0000	215.0000	1.3592	244.9992	284.9750	1.2542
WHL-DEV1: 12	284.0000	238.0000	1.3712	284.0046	214.9954	1.2656
WHL-DEV1: 13	264.0000	208.0000	2.6219	263.9908	237.9985	2.7330
Min.	215,0000	208,0000	0,3210	214,9977	208,0281	0,3096
Max.	290,0000	292,0000	3,7378	289,9996	291,9928	3,7805

CPOH malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm sonuçları Şekil 7.14'de verilmiştir. Alt kalıpta sapma değerlerinin de oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. CPOH malzemesinin alt çeliğinde aşınma ve basma değerlerinin toleransların altında kaldığı görülmektedir. On bin adet basım sonrası alınan bu ölçüm değerleri, kalıp malzemesinde üründekinden oldukça az bir aşınma ve deformasyonun söz konusu olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ölçüm yapılan on üç noktanın konum ve sapma değerleri Tablo 7.14'de verilmiştir.

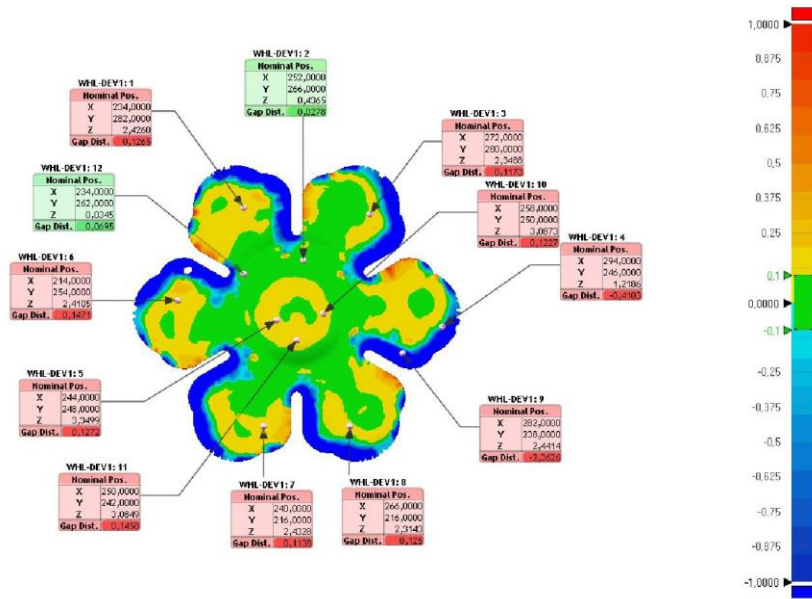


Şekil 7.14: CPOH malzemesinin alt kalıp lazer taraması

Tablo 7.14: CPOH malzemesinin alt kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	240.0000	292.0000	2.3224	240.0023	291.9907	2.3640
WHL-DEV1: 2	250.0000	245.0000	0.3210	250.0001	244.9917	0.2529
WHL-DEV1: 3	235.0000	220.0000	1.3298	235.0001	220.0003	1.3084
WHL-DEV1: 4	275.0000	225.0000	1.3453	275.0001	224.9993	1.3073
WHL-DEV1: 5	255.0000	280.0000	1.5110	254.9998	279.9987	1.4938
WHL-DEV1: 6	215.0000	245.0000	1.3591	214.9983	244.9997	1.3109
WHL-DEV1: 7	290.0000	245.0000	1.7722	289.9989	245.0001	1.7753
WHL-DEV1: 8	265.0000	255.0000	3.1825	264.9851	254.9952	3.2269
WHL-DEV1: 9	235.0000	260.0000	3.7378	235.0003	259.9998	3.7394
WHL-DEV1: 10	280.0000	285.0000	3.0425	279.9925	284.9913	3.0808
WHL-DEV1: 11	245.0000	215.0000	1.3592	244.9999	214.9993	1.3365
WHL-DEV1: 12	284.0000	238.0000	1.3712	284.0022	237.9992	1.3057
WHL-DEV1: 13	264.0000	208.0000	2.6219	263.9932	208.0209	2.7043
Min.	215,0000	208,0000	0,3210	214,9983	208,0209	0,2529
Max.	290,0000	292,0000	3,7378	289,9989	291,9907	3,7394

Şekil 7.15’de 1.2767 soğuk iş çeliğinden imal edilen üst kalıbın 7500 adet absım sonrası lazer tarama ölçüm değerleri sunulmuştur. Kalıplardaki tolerans değerleri  $\pm 0.1$   $\mu\text{m}$  alınmıştır. İki noktada mavi bölge ( aşınma ) ve sekiz noktada kırmızı bölge ( basma ) değerlerinin tolerans değerlerinden yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Aşınmanın olduğu dokuz numaralı noktada  $-2.3636$   $\mu\text{m}$  ve dört numaralı noktada  $-0.4103$   $\mu\text{m}$  değerleri tespit edilmiştir. Basma değerlerinin en yüksek olduğu nokta olan altı numaralı noktada  $0.1471$   $\mu\text{m}$ , on bir numaralı noktada  $0.1458$   $\mu\text{m}$  ve sekiz numaralı noktada  $0.1250$   $\mu\text{m}$  değerleri görülmüştür. Dokuz numaralı nokta olan bölgede yüksek aşınma değerinin çıkmasının sebebi kalıbın kesme bölgesine yakın olması, bu durumun sebebi olarak görülmektedir. Ölçüm noktalarının dışında kalan özellikle kesme bölgelerinde aşınma yüzeylerinin fazla olduğu aşikardır. Tablo 7.15’de 1.2767 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.

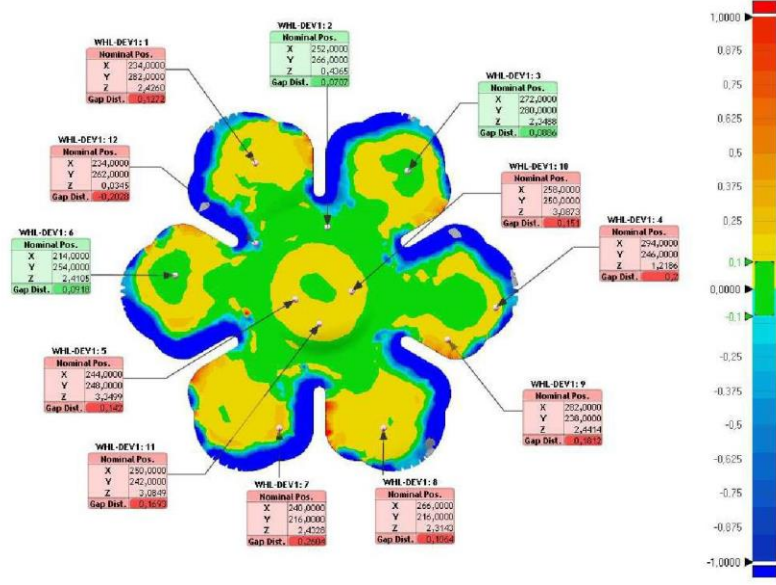


Şekil 7.15: 1.2767 malzemesinin üst kalıp lazer taraması

Tablo 7.15: 1.2767 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	234.0000	282.0000	2.4260	233.9983	282.0034	2.5524
WHL-DEV1: 2	252.0000	266.0000	0.4365	252.0011	266.0089	0.4628
WHL-DEV1: 3	272.0000	280.0000	2.3488	272.0053	280.0071	2.4658
WHL-DEV1: 4	294.0000	246.0000	1.2186	293.6408	246.1224	1.0626
WHL-DEV1: 5	244.0000	248.0000	3.3499	243.9835	247.9938	3.4759
WHL-DEV1: 6	214.0000	254.0000	2.4105	213.9938	254.0007	2.5575
WHL-DEV1: 7	240.0000	216.0000	2.4328	239.9993	215.9981	2.5466
WHL-DEV1: 8	266.0000	216.0000	2.3143	266.0044	215.9898	2.4389
WHL-DEV1: 9	282.0000	238.0000	2.4414	282.8876	240.1566	2.0632
WHL-DEV1: 10	258.0000	250.0000	3.0873	258.0211	249.9998	3.2082
WHL-DEV1: 11	250.0000	242.0000	3.0849	250.0004	241.9459	3.2287
WHL-DEV1: 12	234.0000	262.0000	0.0345	234.0036	261.9972	0.1038
Min.	214,0000	216,0000	0,0345	213,9938	215,9898	0,1038
Max.	294,0000	282,0000	3,3499	293,6408	282,0034	3,4759

Şekil 7.16’da 1.2379 soğuk iş çeliğinden imal edilen üst kalıbın on bin ürün basımından sonraki lazer tarama ölçüm değerleri sunulmuştur. Bir noktada aşınma değerleri sekiz noktada basma değerlerinin toleranslardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Sekiz numaralı noktada aşınma değeri  $-0.2028 \mu\text{m}$  bulunmuştur. En yüksek basma değeri yedi numaralı noktada  $0.2604 \mu\text{m}$ , dört numaralı noktada  $0.2 \mu\text{m}$  ve on numaralı noktada  $0.151 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Tablo 7.16’da 1.2379 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.



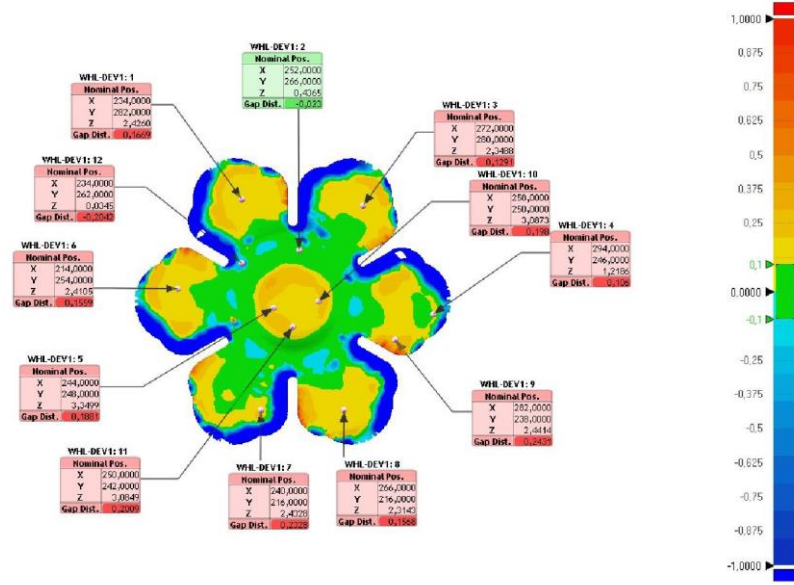
Şekil 7.16: 1.2379 malzemesinin üst kalıp lazer taraması

Tablo 7.16: 1.2379 malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	234.0000	282.0000	2.4260	233.9978	282.0043	2.5531
WHL-DEV1: 2	252.0000	266.0000	0.4365	252.0028	266.0201	0.5042
WHL-DEV1: 3	272.0000	280.0000	2.3488	272.0035	280.0049	2.4372
WHL-DEV1: 4	294.0000	246.0000	1.2186	294.0512	245.9950	1.4119
WHL-DEV1: 5	244.0000	248.0000	3.3499	243.9821	247.9938	3.4906
WHL-DEV1: 6	214.0000	254.0000	2.4105	213.9965	254.0005	2.5022
WHL-DEV1: 7	240.0000	216.0000	2.4328	239.9987	215.9949	2.6931
WHL-DEV1: 8	266.0000	216.0000	2.3143	266.0036	215.9925	2.4204
WHL-DEV1: 9	282.0000	238.0000	2.4414	281.9969	237.9975	2.6225
WHL-DEV1: 10	258.0000	250.0000	3.0873	258.0249	249.9998	3.2363
WHL-DEV1: 11	250.0000	242.0000	3.0849	249.9989	241.9723	3.2519
WHL-DEV1: 12	234.0000	262.0000	0.0345	233.8665	262.1506	0.0097
Min.	214.0000	216.0000	0.0345	213.9965	215.9925	0.0097
Max.	294.0000	282.0000	3.3499	294.0512	282.0043	3.4906

Şekil 7.17’de CPOH soğuk iş çeliğinden imal edilen üst kalıbın on bin ürün basımından sonraki lazer tarama ölçüm değerleri sunulmuştur. Bir noktada mavi bölge ( aşınma ) on nokta da kırmızı bölge ( basma ) değerlerinin tolerans değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Aşınmanın yüksek olduğu on iki

numaralı noktada  $-0.2045 \mu\text{m}$  değeri bulunmuştur. En yüksek basma değeri dokuz numaralı noktada  $0.2433 \mu\text{m}$  daha sonra yedi numaralı noktada  $0.2328 \mu\text{m}$  ve on bir numaralı noktada  $0.2009 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Tablo 7.17’de CPOH malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri verilmiştir.



Şekil 7.17: CPOH malzemesinin üst kalıp lazer taraması

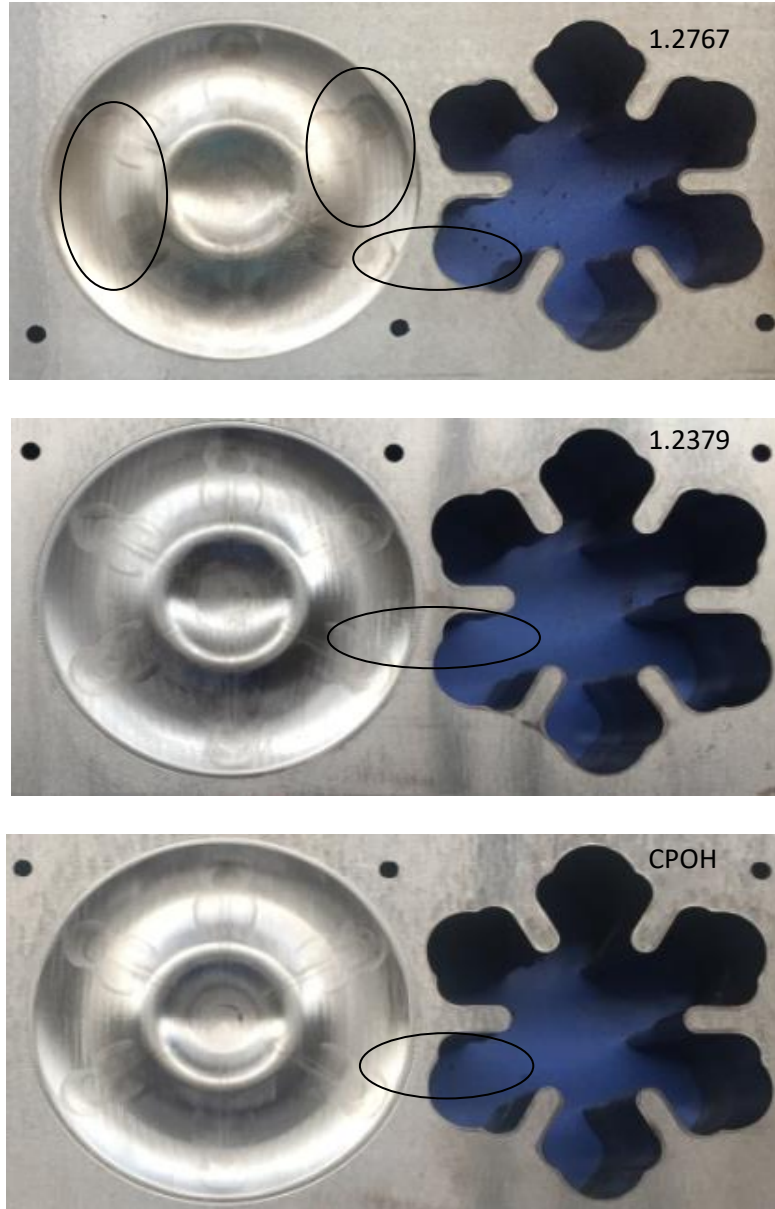
Tablo 7.17: CPOH malzemesinin üst kalıp lazer tarama ölçüm değerleri

Name	Nominal Pos.			Scan Pos.		
	X	Y	Z	X	Y	Z
WHL-DEV1: 1	234.0000	282.0000	2.4260	233.9975	282.0051	2.5928
WHL-DEV1: 2	252.0000	266.0000	0.4365	251.9993	265.9952	0.4141
WHL-DEV1: 3	272.0000	280.0000	2.3488	272.0055	280.0074	2.4776
WHL-DEV1: 4	294.0000	246.0000	1.2186	294.0276	245.9973	1.3209
WHL-DEV1: 5	244.0000	248.0000	3.3499	243.9751	247.9910	3.5361
WHL-DEV1: 6	214.0000	254.0000	2.4105	213.9931	254.0010	2.5663
WHL-DEV1: 7	240.0000	216.0000	2.4328	239.9979	215.9926	2.6654
WHL-DEV1: 8	266.0000	216.0000	2.3143	266.0051	215.9890	2.4706
WHL-DEV1: 9	282.0000	238.0000	2.4414	281.9945	237.9909	2.6843
WHL-DEV1: 10	258.0000	250.0000	3.0873	258.0321	250.0014	3.2827
WHL-DEV1: 11	250.0000	242.0000	3.0849	250.0002	241.9657	3.2829
WHL-DEV1: 12	234.0000	262.0000	0.0345	233.8452	262.1279	-0.0029
Min.	214.0000	216.0000	0.0345	213.9931	215.9890	-0.0029
Max.	294.0000	282.0000	3.3499	294.0276	282.0051	3,5361



### 7.3 Görsel değerlendirmeler

Sac ürün üretimleri sonucunda soğuk iş kalıp çeliklerinde meydana gelen görsel değişiklikler de incelenmiştir. İncelemeler kalıp çeliklerde yapılmış ve her bir kalıp çeliği görselinin fotoğrafı çekilmiştir. Alt iz yapma ve kesme çelikler için; 7500. ürün sonunda 1.2767, 10000. ürünler sonrasında 1.2379 ve CPOH soğuk iş çeliklerinin fotoğrafları Şekil 7.18’de, aynı ürünlerin üst kesme çeliği fotoğrafları Şekil 7.19’da ve üst iz yapma çelikleri ise Şekil 7.20’de verilmiştir.



Şekil 7.18: Alt kesme ve iz yapma çeliklerinin fotoğrafları

Şekil 7.18 incelendiğinde 1.2767 soğuk iş çeliğinden yapılan alt iz yapma ve kesme kalıbında siyah renkli işaretlenen bölgede bariz aşınıtların bulunduğu görülebilir. Bu bölgede oluşan bariz deformasyon diğer iki çelik ( 1.2379 ve CPOH ) ile daha fazla ürün elde edilmesine rağmen görülmemiştir. Alt kesme çelik kısımlarında ise 1.2767 çeliğinde iki bölgede kesme işleminden dolayı aşınmalar görülmektedir. 1.2379 ve CPOH çeliğinde ise bir bölgede kesmeden dolayı aşınmaların fazla olduğu belirlenmiştir.

Şekil 7.19'de üst kesme çelikleri incelendiğinde 1.2767 çeliğiyle az kesim yapılmış olmasına rağmen üç bölgede aşınma meydana gelmiş, 1.2379 ve CPOH çeliklerinde iki bölgede aşınma bölgeleri görülmekle birlikte aşınma yüzeyleri daha az olduğu fotoğraf çekimlerinden görülmektedir.



Şekil 7.19: Üst kesme çeliklerinin fotoğrafları

Şekil 7.20'de üst iz yama çelikleri incelendiğinde 1.2767 çeliğinde beş, 1.2379 çeliğinde dört ve CPOH çeliğinde üç bölgede aşınmaların olduğu fotoğraf çekimlerinden görülmektedir. CPOH çeliğinin üst iz yapma çeliğinde de en az aşınmaya maruz kaldığı görsel olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.20: Üst iz yapma çeliklerinin fotoğrafları

#### 7.4 Maliyet analizi

Tablo 6.18’de hammadde çelik fiyatları verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan soğuk iş çeliklerinden CPOH çeliğinin ilk hammadde alım fiyatı 1.2379 çeliğinin iki katı fiyatı olmasına rağmen CNC işçiliği, ısıl işlem, standart kalıp elemanları, kalıp elemanları ve kalıp imalat işçiliği fiyatları eklendiğinde yüzde sekiz CPOH çeliği daha fazla maliyetli olduğu belirlenmiştir. Tablo 7.19’de ısıl işlem fiyatları, Tablo 7.20’de makine işçilik fiyatları ve Tablo 7.21’de çelik toplam maliyet fiyatları verilmiştir. Diğer maliyetler ilave edildikçe CPOH çeliğinin diğer çeliklerle olan ilk maliyet fiyatı azalmaktadır. Bununla birlikte üretim adedi arttıkça 1.2767 ve 1.2379 çeliklerinde revize işlemleri daha önce yapılması gerekmekte olduğu yapılan analizlerden anlaşılmaktadır. Üretim esnasında yapılacak olan revize işçiliği esnasındaki işçilikler ve zaman kayıpları gibi unsurlar göz önüne alındığında CPOH

çeliğinin kullanımının daha verimli olduğu görülmektedir. Tablo 7.22’de ardışık kalıp toplam maliyet fiyatları verilmiştir.

Tablo 7.18: Hammadde çelik fiyatları

Kalıp Parçaları	Ölçüler	1.2379	1.2767	CPOH
Alt iz yapma ve kesme kalıbı	330x220x50 mm	430 TL	535 TL	860 TL
Üst iz yapma kalıbı	Çap 110x135 mm	150 TL	190 TL	300 TL
Üst kesme kalıbı	Çap 105x125 mm	120 TL	150 TL	240 TL

Tablo 7.19: Isıl işlem fiyatları

Kalıp Parçaları	Ölçüler	1.2379	1.2767	CPOH
Alt iz yapma ve kesme kalıbı	330x220x50 mm	110 TL	110 TL	110 TL
Üst iz yapma kalıbı	Çap 110x135 mm	40 TL	40 TL	40 TL
Üst kesme kalıbı	Çap 105x125 mm	30 TL	30 TL	30 TL

Tablo 7.20: Makine imalat işçilik fiyatları

Kalıp Parçaları	Ölçüler	1.2379	1.2767	CPOH
Alt iz yapma ve kesme kalıbı	330x220x50 mm	320 TL	320 TL	320 TL
Üst iz yapma kalıbı	Çap 110x135 mm	110 TL	110 TL	110 TL
Üst kesme kalıbı	Çap 105x125 mm	100 TL	100 TL	100 TL

Tablo 7.21: Çelik toplam maliyet fiyatları

Kalıp Parçaları	Ölçüler	1.2379	1.2767	CPOH
Alt iz yapma ve kesme kalıbı	330x220x50 mm	860 TL	965 TL	1290 TL
Üst iz yapma kalıbı	Çap 110x135 mm	300 TL	340 TL	450 TL
Üst kesme kalıbı	Çap 105x125 mm	250 TL	280 TL	370 TL
TOPLAM		1410 TL	1585 TL	2110 TL

Tablo 7.22: Ardışık kalıp toplam maliyet fiyatları

Kalıp Parçaları	Ölçüler	1.2379	1.2767	CPOH
Alt iz yapma ve kesme kalıbı	330x220x50 mm	860 TL	965 TL	1290 TL
Üst iz yapma kalıbı	Çap 110x135 mm	300 TL	340 TL	450 TL
Üst kesme kalıbı	Çap 105x125 mm	250 TL	280 TL	370 TL
Standart Kalıp elemanları		1700 TL	1700 TL	1700 TL
Kalıp elemanları		3200 TL	3200 TL	3200 TL
Kalıp imalat işçiliği		3000 TL	3000 TL	3000 TL
<b>TOPLAM MALİYET</b>		<b>9310 TL</b>	<b>9485 TL</b>	<b>10010 TL</b>

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu çalışmada soğuk iş çelik malzemelerinden olan 1.2767, 1.2379 ve CPOH, ardışık kalıp yöntemiyle sac üretimi yapılarak imal edilmiş ve sac ürünlerinde kalıp aşınmasına bağlı boyutsal değişimleri üç boyutlu lazer tarama yöntemleriyle değerlendirilmiştir. 1.2767 soğuk iç çeliğinden 7500, 1.2379 ve CPOH ile 10000 adet ürün elde edilmiş ve bu ürünlerden birinci bininci beş bininci ürünler ile sonuncu ürünler boyutsal ve görsel olarak incelenmiştir.

- 1.2767 ve 1.2379 soğuk iş çeliklerinden imal edilen ardışık kalıplarla üretimi yapılan beş bininci sac ürünlerin boyutsal ölçümleri sonucunda; aşınma düzeyleri her iki malzemede aynı miktardadır. Bununla birlikte, 1.2767 soğuk iş çeliği için sadece bir noktada tolerans değerlerinin üzerinde baskı olduğu, buna karşılık 1.2379 malzemesinde herhangi bir noktada tolerans değerlerinin üzerine baskı durumu oluşmadığı tespit edilmiştir.
- CPOH malzemesiyle üretimi yapılan sac ürünlerin aşınma noktası sayısı diğer malzemelere göre daha azdır. CPOH malzemesinde tolerans değeri üzerine çıkan basma değeri görülmemiştir. 1.2767'ye göre daha iyi sonuçlar veren 1.2379 ve CPOH çelikleri için on bininci ürünlerin elde edilmiş ve bu ürünlerin boyutsal ölçümlerinin yapılması ve sonuçlarının ayrı ele alınması gerekliliği görülmüştür.
- 1.2379 ve CPOH malzemeleri ile alınan on bininci ürünler için boyutsal karşılaştırma sonucunda; 1.2379 malzemesinde (12 bölgede) CPOH malzemesine (6 bölgede) göre daha fazla bölgenin toleransın dışında olduğu görülmektedir. 1.2379 malzemesindeki bu tolerans dışı değerlerin yedisinde mavi bölge ile tanımlanan aşınmaların hem adet hem de değer olarak daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kırmızı bölge olan basma değerleri karşılaştırıldığında ise her iki malzemede de beş noktada basma değerlerinin toleransın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Basma noktalarının her iki malzemede aynı bölgelerde olması ise yapılan deneysel çalışmanın hassasiyetini göstermektedir. Bu noktalar; üç, altı, yedi, dokuz ve on altı numaralı bölgelerdir.
- 1.2767 malzemesinin üst çeliğiyle yedi bin beş yüz adet ürün imal edilmiş olmasına rağmen 1.2767 üst çelik lazer tarama ölçüm sonuçları incelendiğinde malzemede aşınma noktaları belirgindir. 1.2379 ve CPOH malzemelerinin on bininci imal edilen ürünlerden sonra malzemelerin lazer tarama ölçüm değerleri incelendiğinde aşınma nokta sayıları

birbirine yakın olmakla birlikte 1.2379 malzemesine aşınma değerlerinin bazı noktalarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

- 1.2767 malzemesinin üst çeliğiyle yedi bin beş yüz adet ürün imal edilmesi sonucunda kesme çeliğinde sadece bir noktada aşınma değeri toleransların üzerine çıkmıştır. Fakat kesim bölgelerinde aşınmayı gösteren mavi bölgeler diğerlerine göre daha belirgin durumdadır. 1.2379 malzemesiyle üretilen on bininci üründen sonra yapılan malzemesinin boyutsal ölçümlerine göre iki noktada aşınma iki noktada basma değerleri tolerans değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir.
- On bininci ürün elde edildikten sonra CPOH malzemesi ile yapılan üst kesme çeliğindeki boyutsal ölçümler sonucunda, tolerans dışarısında kalan aşınma ve basma bölgelerinin bulunmadığı görülmüştür.
- Elde edilen sonuçlara göre hem ürün hem de kalıp üzerindeki deformasyonlar incelendiğinde, CPOH soğuk iş çeliğinden yapılan kalıbın daha uzun vadeli kullanımı mümkün kıldığı görülmüştür.

Tez çalışmasının değerlendirilmesi sonucunda yüksek sayıda basım yapılması düşünülen ardışık sac kalıplarında uygun soğuk iş çeliğinin seçilmesinin; daha hassas ürün elde etmede, daha verimli imalat ile zaman ve mali yönden avantajlar sağlayacağı belirlenen hususlardır. Bununla birlikte bu çalışmada ele alınamayan farklı soğuk iş çeliği malzemelerinin değerlendirilmesi ve üretim sürecindeki işgücü ile enerji kayıplarını da ele alacak şekilde daha kapsamlı maliyet analizlerinin ele alınması uygun olacaktır.

## 9. KAYNAKLAR

1. Gantar, G., Pepeljnak, T. and Kuzman, J., “Optimization of sheet metal forming processes by the use of numerical simulations”, *Journal of Materials Processing Technology*, 54–59 , (2002).
2. Papeleux and J. Ponthot, J., “Finite element simulation of springback in sheet metal forming” *Journal of Materials Processing Technology*, 125–126 , (2002).
3. F. Michel and P. Picart, J., “Modelling the constitutive behaviour of thin metal sheet using strain gradient theory” *Journal of Materials Processing Technology*, 164–169, (2002).
4. S.B. Kima, H. Huha,, H.H. Bokb and M.B. Moonb, J., “Forming limit diagram of auto-body steel sheets for high-speed sheet metal forming“, *Journal of Materials Processing Technology*, 851–862, (2011).
5. V. Karthik, R.J. Comstock Jr., D.L. Hershberger and R.H. Wagoner, J., “Variability of sheet formability and formabilitytesting“, *Journal of Materials Processing Technology*, 121, 350-362, (2002).
6. M. Seth, V. J. Vohnout and G. S. Daehn, J., ” Formability of steel sheet in high velocity impact“, *Journal of Materials Processing Technology*, 168 ,390–400, (2005)
7. Wu H.Y., Zhou G.Z., Gao Z.W., Chiu C.H., J.,“Mechanical properties and formability of an Mg-6%Li-1%Zn alloy thin sheet at elevated temperatures”, *Journal of Materials Processing Technology* , 206: 419-427 (2008).
8. Narayanasamy, R., Narayanan, S., Sarma, S., J., “Forming limit diagram and crystallographic textures of annealed interstitial free steel sheets”, *Materials and Design*, 25 (1-3): 474-580,(2007).
9. Varol, R., Meriç, C., J., “Comparision of the formability of Al 99.0-O, AlFeSi-O, AlMnCu-O aluminium alloy sheets”, *Eurometal Working*, Milano, İtalya, (1994).
10. Narayanasamy, R., Narayanan, S., Parthasarathi, N.L., J., “Some analysis on stres and strain limit for necking and fracture during forming of HSLA steel sheets”, *Materials Science and Engineering*, A: 445-446, (2007).
11. Chino, Y., Iwasaki, H., Mabuchi, M., J., “Stretch formability of AZ31 alloy sheets at different testing temperatures”, *Materials Science and Engineering*, A 406: 90 (2007).
12. R. Hambli, J., “Blanking tool wear modeling using the finite element method “*Materials Science and Engineering*, 41 ,1815–1829, (2001).
13. R. Hambli , A. Potiron and A. Kobi, J., “Application of design of experiment technique for metal blanking processes optimization”, *Mécanique & Industries*, 4 , 175–180, (2003).
14. L.C. Chan , T.C. Lee , B.J. Wu and W.M. Cheung, J., “Experimental study on the shearing behaviour of fine-blanking versus bar cropping”, *Journal of Materials Processing Technology* , 126–130, (1998).
15. B.Jochen, P. Brend, A. Taylan and S. Klaus, J., “Process Control in Blanking” ,*Journal of Materials Processing Technology*, 187-19, (1997)



16. T. C. Lee, L. C. Chan and P. F. Zheng, J., "Application of the Finite-Element Deformation Method in the Fine Blanking Process", *Journal of Materials Processing Technology*, 63, 744-749, (1997).
17. Z.Tekiner, M. Nalbant and H. Gürün, J., "An experimental study for the effect of different clearances on burr, smooth-sheared and blanking force on aluminium sheet metal", *Materials and Design*, 1134-1138, (2006).
18. Nakagawa, Nakamura and Amino, J., "Various applications of hydraulic counter-pressure deep drawing", *Journal of Materials Processing Technology*, 160-197, (1997).
19. Z.J.Pei, J., "A study on surface grinding of 300 mm silicon wafers", *Journal of Machine Tools and Manufacture*, 385-393, (2002)
20. T.Sone and K. Masui, J., "Application of ion nitriding to wire-electrical-dischargemachined blanking dies", *Materials Science and Engineering*, 140, 486-493, (1991).
21. T.Jimma, F. Sekine and A. Sato, J., "Effect of bend-corner of lead on blanking accuracy of IC leadframe", *Journal of Materials Processing Technology*, 24, 181-190, (1990).
22. A. Forcellese, F. Gabrielli and R. Ruffini, J., "Application of a decision making method in the forging condition optimisation for manufacturing automotive components", *Journal of Materials Processing Technology*, 60, 125-132, (1996).
23. B. Park, Y. Choi, B. M. Kim and J. C. Choi, J., "A CAD/CAM system for deep drawing dies in a simple-action pres", *Journal of metarials Processing Technology*, 87, 258-265, ( 1999)
24. S.Y.Lou, J., "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).
25. Z.H. Chen, L.C. Chan, T.C. Lee and C.Y. Tang, J., "An investigation on the formation and propagation of shear band in fine-blanking process", *Journal of Materials Processing Technology*, 138, 610-614, (2003).
26. R.Hambli, A. Potiron, A. Kobi, J., "Application of design of experiment technique for metal blanking processes optimization", *Mecanique and Industries*, 4, 175-180, (2003).
27. M. Vaz Jr. and J.D Bressan, J., "A computational approach to blaking process", *Journal of Materials Processing Technology*, 206-212, (2002).
28. G. Fang, P. Zeng and L. Lou, J., 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).
29. S.K. Maiti, A.A. Ambekar, U.P. Singh, P.P. Date and K. Narasimhan, J., "Assessment of ifluence of some process parameters on sheet metal blanking", *Journal of Materials Processing Technology*, 102, 249-256, (2000).
30. M. Samuel, J., FEM simulations and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process", *Journal of Materials Processing Technology*, 84, 97-106, (1998).
31. L. Chenot and E. Massoni, J., "Finite element modelling and control of new metal forming processes", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46, 1194-1200, (2006).
32. Alp S., 2005. Kalıpçılık sektör araştırması, *İstanbul Ticaret Odası (İTO)*, İstanbul.

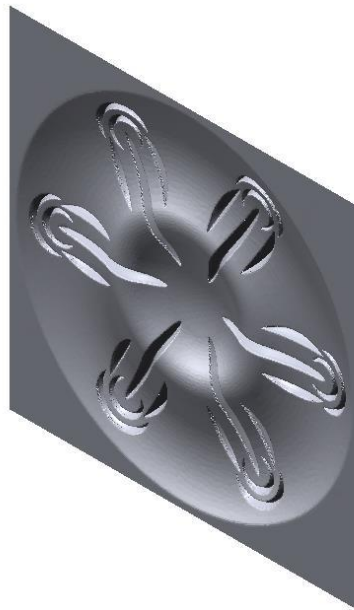
33. YILMAZ, T., “Kalıpcılık, Saç Metal Kalıp Tasarımı ve Gerilme Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Aksaray, (2004).
34. BABA, F., “Saç Metal Kalıpcılığında Kesme, Çekme ve Birleşik Kalıpların Maliyet Analizi”, *Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitim Anabilim Dalı*, Karabük, (2005).
35. ÇELİK, D., “Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı, Prototipi ve Tersine Mühendislik Uygulamaları”, *Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı*, Karabük, (2015).

## 10. EKLER

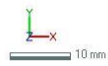
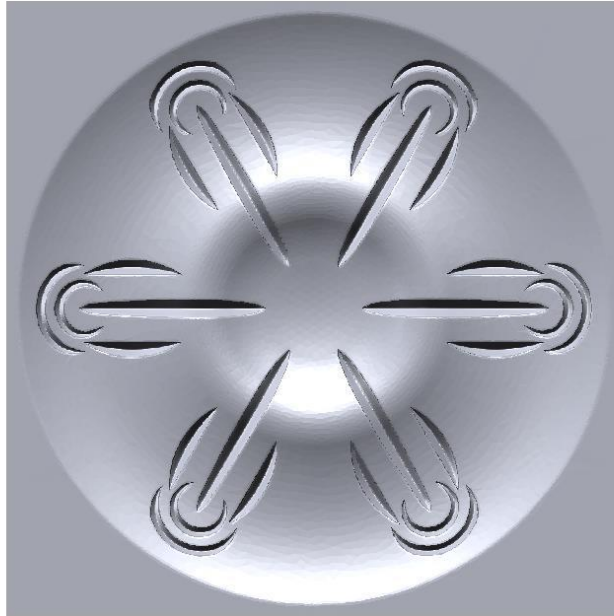
### EK A Nominal veri 1



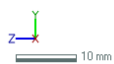
### EK B Nominal veri 2



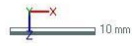
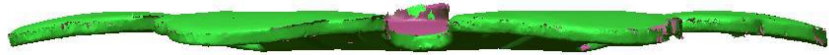
**EK C Nominal veri 3**



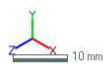
**EK D Nominal veri 4**



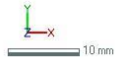
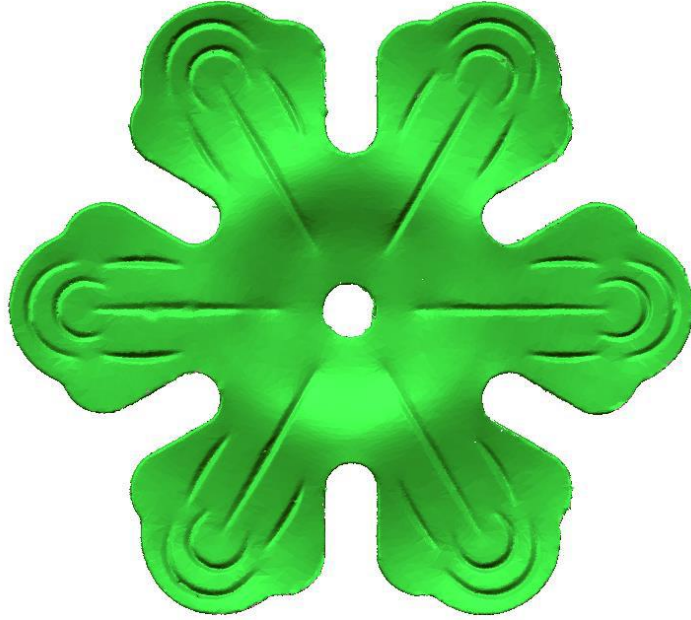
**EK E Tarama verisi 1**



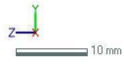
**EK F Tarama verisi 2**



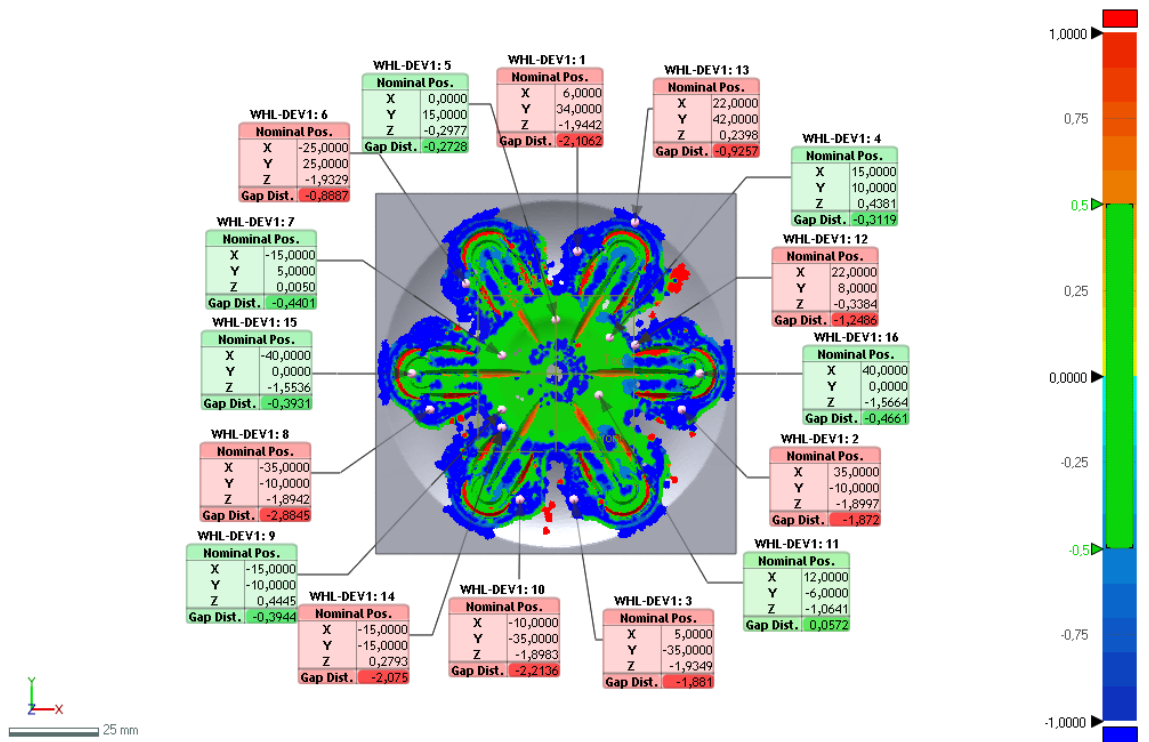
**EK G Tarama verisi 3**



## EK H Tarama verisi 4



# EK I Görsel Tarama





## 11. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ALİ ÖZCAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : 10.07.1974 DENİZLİ  
Lisans Üniversite : MARMARA ÜNİVERSİTEİ  
Elektronik posta : aliozcan1974@hotmail.com  
İletişim Adresi : MERKEZEFENDİ / DENİZLİ

### **Konferans listesi :**

- Ali Özcan, Erkan Öztürk, İsmail Ovalı, “ International conference on science and technology” ICONST 2018, PRIZREN KOSOVO