



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AISI 304, EN 10130 DC01, BAKIR SAC LEVHALARIN
V BÜKME YÖNTEMİ İLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ
SONUCUNDA OLUŞAN GERİ YAYLANMA
MİKTARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Levent SAYIN

BURDUR, 2019

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AISI 304, EN 10130 DC01, BAKIR SAC LEVHALARIN
V BÜKME YÖNTEMİ İLE ŞEKİLLENDİRİLMESİ
SONUCUNDA OLUŞAN GERİ YAYLANMA
MİKTARININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Levent SAYIN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI

BURDUR, 2019

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Levent SAYIN tarafından Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI yönetiminde hazırlanan “AISI 304, EN 10130 DC01, BAKIR Sac Levhaların V Bükme Yöntemi ile Şekillendirilmesi Sonucunda Oluşan Geri Yaylanma Miktarının Deneysel Olarak İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 22/07/2019

Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI

(Başkan)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

Dr. Öğr. Üyesi Serkan ATEŞ

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ömer KARABIYIK

(Jüri Üyesi)

Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“AISI 304, EN 10130 DC01, BAKIR Sac Levhaların V Bükme Yöntemi ile Şekillendirilmesi Sonucunda Oluşan Geri Yaylanma Miktarının Deneysel Olarak İncelenmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22 / 07 / 2019

Levent SAYIN

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Gültekin BASMACI 'ya teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarını gerçekleştirmemde yardımlarını eksik etmeyen tüm Sayın Makine çalışanlarına teşekkür ederim.

Sac levhaların geri yaylanması ile ilgili teknik bilgiler konusunda yardımcı olan Tkare Mühendislik çalışanlarına ve firma yöneticisi Sayın Murathan TOKTAŞ 'a teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında yardım ve desteklerinden dolayı meslektaşım Mak. Müh. Mehmet KILINÇ ve diğer tüm iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen eşim Merve SAYIN'a ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Bu çalışma 0536-YL-18 numaralı proje olarak Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

Temmuz, 2019

Levent SAYIN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Bükme İşlemi	2
2.2. Bükme Yöntemleri	2
2.2.1. V Bükme.....	3
2.2.2. U Bükme.....	3
2.2.3. L Bükme (Tek Taraflı U Bükme).....	4
2.2.4. Kıvrırma.....	5
2.2.5. Oluklama Bükme (Ondülin).....	5
2.3. Geri Yaylanma	6
2.4. Geri Yaylanmaya Etki Eden Faktörler	6
2.4.1. Malzeme Özelliğinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi	7
2.4.2. Malzeme Kalınlığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi.....	7
2.4.3. Bükme Radyüsünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi	7
2.4.4. Kalıp Açıklığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi.....	8
2.4.5. Bükme Kuvvetinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi	9
2.4.6. Istampanın Sac Levha Üzerinde Bekletilme Süresinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi	10
2.4.7. Akma Dayanımının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi	10
2.4.8. Elastiklik Modülünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi.....	11
2.4.9. Anizotropinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi.....	11
2.5. Literatür Taraması	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Deney Malzemelerinin Özellikleri	16
3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Bükme Kalıbı ve Tasarımı.....	17
3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Makine ve Cihazlar.....	19
3.3.1. CNC Lazer	19
3.3.2. Atölye Tipi Hidrolik Pres	20
3.3.3. Kesici Takım Ölçüm Cihazı	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1.1. Bakır Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri	24
4.1.2. EN 10130 DC01 Çelik Sac Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri.....	27
4.1.3. AISI 304 Paslanmaz Çelik Sac Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri.....	30
4.1.4. Malzemelerin Deneysel Çalışmalarının Karşılaştırılması	35
5. SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	44
EKLER	45

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bükme	2
Şekil 2.2. Yaygın bükme yöntemleri	3
Şekil 2.3. V bükme yöntemi aşamaları.....	3
Şekil 2.4. U bükme	4
Şekil 2.5. L bükme	4
Şekil 2.6. Kıvrırma yöntemleri	5
Şekil 2.7. Oluklama bükme yönteminde kullanılan modeller	5
Şekil 2.8. Gerilme – birim şekil değişimi diyagramı	6
Şekil 2.9. Kenar bükmede kalıp açıklığı	8
Şekil 2.10. V bükmede kalıp açıklığı	8
Şekil 2.11. Bükme yarıçapı - kalıp açıklığı diyagramı	9
Şekil 2.12. Bükme işleminde hadde yönünün gösterilmesi	11
Şekil 3.1. 60° V bükme kalıbı stoper gösterimi.....	16
Şekil 3.2. Kalıp elemanları	17
Şekil 3.3. Açılara göre bükme radyüsleri ve alt kalıp gösterimleri	18
Şekil 3.4. 60° V bükme kalıbı	18
Şekil 3.5. 90° V bükme kalıbı	18
Şekil 3.6. 120° V bükme kalıbı	19
Şekil 3.7. Deney numuneleri	19
Şekil 3.8. CNC lazer.....	20
Şekil 3.9. Atölye tipi hidrolik pres	20
Şekil 3.10. V bükme işlemi gerçekleşmiş deney numuneleri.....	21
Şekil 3.11. Sac levhaların ölçüm sırasındaki görünümü	22
Şekil 3.12. Kesici takım ölçüm cihazı genel görünümü.....	22
Şekil 3.13. Kesici takım ölçüm cihazında geri yaylanma miktarlarının gösterimi	23
Şekil 4.1. 1 mm kalınlığındaki Bakır sac levhanın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği.....	25
Şekil 4.2. 2 mm kalınlığındaki Bakır sac levhanın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği.....	26
Şekil 4.3. 1 mm kalınlığındaki EN 10130 DC01 çelik sac levhanın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği	28
Şekil 4.4. 2 mm kalınlığındaki EN 10130 DC01 çelik sac levhanın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği	29
Şekil 4.5. 1 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sac levhanın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği	32
Şekil 4.6. 2 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sacın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği	33
Şekil 4.8. Malzemelerin 1 mm kalınlığında ve 2 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği	35
Şekil 4.9. Malzemelerin 1 mm kalınlığında ve 4 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği	36
Şekil 4.10. Malzemelerin 2 mm kalınlığında ve 2 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği	37

Şekil 4.11. Malzemelerin 2 mm kalınlığında ve 4 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği	38
EK 1 - Şekil 3.1. V Bükme kalıbı montaj resmi	46
EK 1 - Şekil 3.2. Bağlama Mapası teknik resmi	47
EK 1 - Şekil 3.3. Mil teknik resmi	48
EK 1 - Şekil 3.4. Üst tabla teknik resmi	49
EK 1 - Şekil 3.5. 120°- R4 Istampı teknik resmi	50
EK 1 - Şekil 3.6. 90°- R4 Istampı teknik resmi	51
EK 1 - Şekil 3.7. 60°- R4 Istampı teknik resmi	52
EK 1 - Şekil 3.8. 120°- R2 Istampı teknik resmi	53
EK 1 - Şekil 3.9. 90°- R2 Istampı teknik resmi	54
EK 1 - Şekil 3.10. 60°- R2 Istampı teknik resmi	55
EK 1 - Şekil 3.11. 120° Alt kalıp teknik resmi	56
EK 1 - Şekil 3.12. 90° Alt kalıp teknik resmi	57
EK 1 - Şekil 3.13. 60° Alt kalıp teknik resmi	58
EK 1 - Şekil 3.14. Alt tabla teknik resmi	59
EK 2 - Şekil 3.15. Açılara göre Bakır ölçüm sonuçları	60
EK 2 - Şekil 3.16. 60° Bakır ölçüm sonuçları	60
EK 2 - Şekil 3.17. 90° Bakır ölçüm sonuçları	61
EK 2 - Şekil 3.18. 120° Bakır ölçüm sonuçları	61
EK 2 - Şekil 3.19. Açılara göre AISI 304 ölçüm sonuçları	62
EK 2 - Şekil 3.20. 60° AISI 304 ölçüm sonuçları.....	62
EK 2 - Şekil 3.21. 90° AISI 304 ölçüm sonuçları.....	63
EK 2 - Şekil 3.22. 120° AISI 304 ölçüm sonuçları.....	63
EK 2 - Şekil 3.23. Açılara göre EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları	64
EK 2 - Şekil 3.24. 60° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları	64
EK 2 - Şekil 3.25. 90° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları	65
EK 2 - Şekil 3.26. 120° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları	65

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. İşlem parametreleri	15
Tablo 3.2. İşlem parametrelerine göre stoper kalınlıkları	15
Tablo 3.3. EN 10130 DC01 çelik sac malzemesinin kimyasal özellikleri.....	16
Tablo 3.4. AISI 304 paslanmaz sac malzemesinin kimyasal özellikleri.....	16
Tablo 3.5. Bakır malzemesinin kimyasal özellikleri	16
Tablo 3.6. Deney malzemelerinin mekanik özellikleri	16
Tablo 3.7. CNC lazer teknik özellikleri	20
Tablo 3.8. Atölye tipi hidrolik pres teknik özellikleri	21
Tablo 4.1. Bakır sac levha deneysel geri yaylanma sonuçları	24
Tablo 4.2. EN 10130 DC01 çelik sac levha geri yaylanma sonuçları	28
Tablo 4.3. AISI 304 paslanmaz sac levha geri yaylanma sonuçları	31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	: Alüminyum
Bi	: Bizmut
b	: Levha genişliği
c	: Bükme kuvveti Katsayısı
C	: Karbon
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
N	: Azot
Ni	: Nikel
P	: Forfor
Pb	: Kurşun
P_e	: Son bükme kuvveti
P_k	: Bükme kuvveti
r	: Bükme yarıçapı
R	: Alt kalıp radyüsü
s	: Sac levha kalınlığı
S	: Kükürt
Sb	: Antimon
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay
Ti	: Titanyum
Zn	: Çinko
W	: Kalıp açıklığı
α	: Bükme açısı
α_1	: Ölçüm Cihazı Bükme açısı
σ_b	: Çekme mukavemeti

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AISI 304, EN 10130 DC01, BAKIR Sac Levhaların V Bükme Yöntemi İle Şekillendirilmesi Sonucunda Oluşan Geri Yaylanma Miktarının Deneysel Olarak İncelenmesi

Levent SAYIN

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI

Temmuz, 2019

Sac levhaların şekillendirilmesinde karşılaşılan problemlerden biri geri yaylanmadır. Kalıplardan çıkacak olan parçaların istenilen tolerans sınırlarında olması için, bükülen sac levhaların geri yaylanma miktarlarının belirlenmesi önem taşır. Bu tez çalışmasında, V bükme kalıplarında sac levhaların geri yaylanma miktarları deneysel olarak incelenmiştir. Geri yaylanma sonuçlarının belirlemek için V bükme kalıbı tasarlanmış ve deney malzemesi olarak AISI 304, EN 10130 DC01, Bakır sac levhalar kullanılmıştır. 1 ve 2 mm kalınlıktaki numuneler 60, 90 ve 120 derece kalıp açılarında ve her açı için 2 mm ve 4 mm olan farklı bükme radyüs değerleri kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonrası numunelerin geri yaylanma miktarları görüntü işleme sistemine sahip takım ölçüm cihazı kullanılarak alınmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar belirlenen parametrelere göre karşılaştırılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada gözlemlenmiştir. Kalıp açısı arttıkça geri yaylanmanın azaldığı görülmüştür. Sac levha kalınlığının artmasıyla geri yaylanma miktarının azaldığı ve bükme radyüsü arttıkça geri yaylanmanın arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: plastik şekil verme, sac levha, V bükme, geri yaylanma

Bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0536-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Experimental Investigation of Springback of AISI 304, EN 10130 DC01 and Copper Sheet by V Bending Method

Levent SAYIN

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Material Technologies Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Gültekin BASMACI

July, 2019

One of the problems encountered in the shaping of sheet metal is springback. In order to ensure that the parts to be released from the molds are within the desired tolerance limits, it is important to determine the springback of the bended sheet plates. In this thesis, the springback of the sheet metal in V bending molds was investigated experimentally. In order to determine the springback results, V bending mold was designed and AISI 304, EN 10130 DC01, Copper sheet plates were used as test material. Samples with thicknesses of 1 and 2 mm were tested at 60, 90 and 120 degrees mold angles and different bending radius values of 2 mm and 4 mm for each angle. After the experiments, the springback of the samples were taken by using a tool measuring device with image processing system. The results obtained from the experiments were compared according to the determined parameters.

As a result of the experiments, the most springback was observed in the copper sheet. It was seen that the mold angle increased as the spring back decreased. It was observed that the with the springback is decreased and with the increasing bending Radius the springback is increased.

Keywords: plastic forming, sheet metal, V bending, springback

The present M.Sc. thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordinatorship under the project number of 0536-YL-18.

1. GİRİŞ

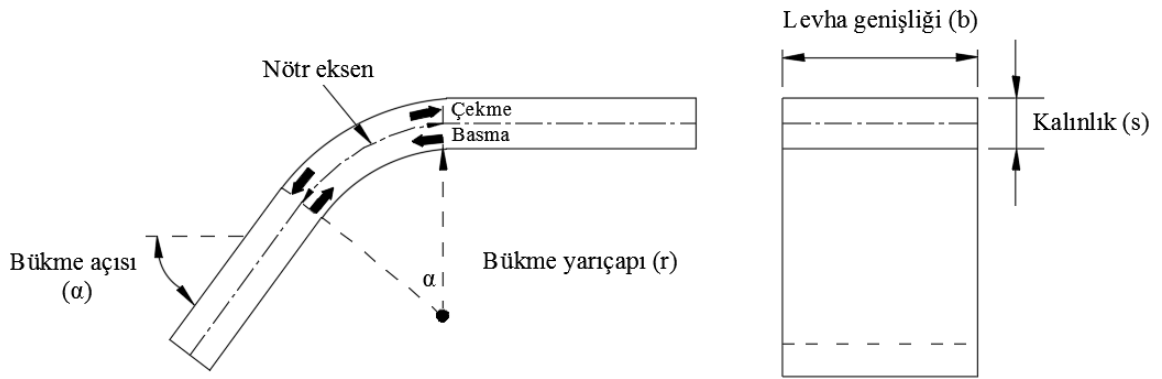
Sac metal kalıplarıyla üretilen parçalar endüstride çok yaygın kullanım alanına sahiptir. Sektörel alanda; otomotiv parçaları, havacılıkta uçak parçaları, endüstriyel mutfak eşyaları, elektrik ve elektronik parçalar, olarak kullanılmaktadır. Kalıpçılığın en önemli uygulama alanlarından birisi de bükme kalıpçılığıdır. Sac levhaların kalıpla şekillendirilmesinde geri yaylanma karşılaşılan en büyük problemlerden birisidir.

Bükme işlemi sırasında malzemelerin davranışlarında değişiklikler meydana gelmektedir. Malzeme üzerinden bükme kuvveti kaldırıldığı zaman, sac levha bir miktar elastik şekil değişimine uğraması ve eski halini almaya çalışması durumu geri yaylanma olarak tanımlanmaktadır. Sac metal endüstrisinde geri yaylanma önemli bir etkiye sahiptir. Elastik şekil değişiminin öneminden dolayı geri yaylanmada en büyük etken ölçü hassasiyetidir. V bükme yöntemlerinde geri yaylanma çalışmaları incelendiğinde, farklı kalınlıktaki malzemelerin, farklı açılardaki geri yaylanma miktarlarını veren grafiklerin yetersiz olduğu görülmektedir. Bu nedenle kalıp imalatçısı ve tasarımcısı geri yaylanmayı en aza indirebilmek için kalıba verilecek açıyı hesaplama ya da deneme yanılma yoluyla elde etmektedir. Bu yöntemler zaman kaybına ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Tez çalışmamız sırasında yapılan deneylerdeki yöntemler incelendiğinde malzeme, kalınlık, kalıp açısı, bükme radyüsünün geri yaylanma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel olarak alınan verilerin geri yaylanma sonuçlarının karşılaştırılıp elde edilen verilere göre kalıp hazırlanması zaman ve maliyet açısından çok önemli bir kazanç sağlayacağı düşünülmüştür.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bükme İşlemi

Sac şekillendirme yöntemleri arasında en çok uygulanan işlemlerden biri bükmedir. Bükme; ısı ya da ısı yardımı ve talaşlı imalat olmadan, malzeme hacmi değişmeden, plastik şekil değişimine uğrayacak şekilde, malzemenin bir eksen etrafında biçimlendirilmesi işlemidir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere bükme işlemi sırasında sacın dış yüzeyi çekme kuvvetine, iç yüzeyi ise basma kuvveti etkisi altında zorlanmaktadır.

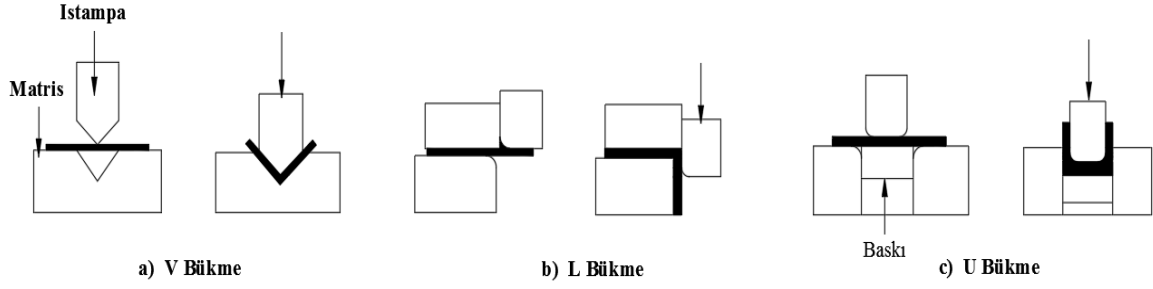


Şekil 2.1. Bükme (Çapan, 2010)

Çekmeye ve basmaya zorlanan kısımları ayıran çizgi nötr eksen olarak tanımlanmaktadır. Bükülen kısımlarda sac kalınlığının değişmediği kabul edilirse nötr eksen sacın ortasından geçer. Bu durumda dış ve iç yüzeylerde birim şekil değiştirmelerin eşit olduğu varsayılmaktadır (Çapan, 2010).

2.2. Bükme Yöntemleri

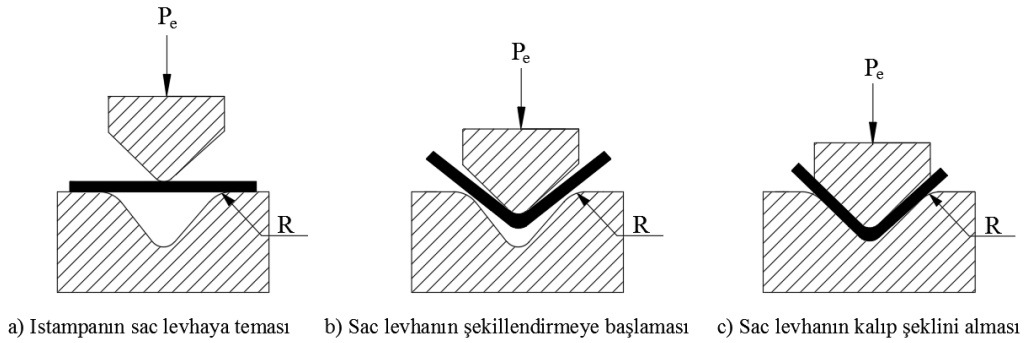
Bükme yöntemleri, sac levhalara verilecek formun özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bükme işlemleri çoğunlukla mekanik ve hidrolik presler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Preslerde kullanılacak kuvvet önemli olup, hesaplanan kuvvetin uygulanmaması durumunda kuvvet yetersiz gelirse bükme işlemleri gerçekleşmeyecek, kuvvetinde fazla gelmesi durumunda ise sac levha istenilen formun dışında deformasyona uğrayacaktır. Şekil 2.2’de verilen V bükme, U bükme ve L bükme (Tek Taraflı U Bükme) yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılmayan bükme yöntemleri ise kıvrırma, oluklama bükme (ondülin) olarak sıralanabilir.



Şekil 2.2. Yaygın bükme yöntemleri (Çapan, 2010)

2.2.1. V Bükme

Endüstride yaygın olarak kullanılan sac şekillendirme yöntemlerinden biri olan V bükme 3 adımda gerçekleştirilir. Bu V bükme işlemi 3 adımda Şekil 2.3.'de; a) Istampa'nın ucundaki bükme radyüsünün, sac levhaya teğet olana kadar düşey yönde aşağıya inmesini göstermektedir. b) Istampa'nın sac levha merkezinden, kalınlığı kadar düşey yönde kuvvet uygulanır. Böylece sac levha yukarı yönde yaylanarak, R kalıp radyüsleri arasında reaksiyon gösterir. c) Istampa tarafından kuvvet uygulanan sac levha V bükme kalıbının şeklini alır.

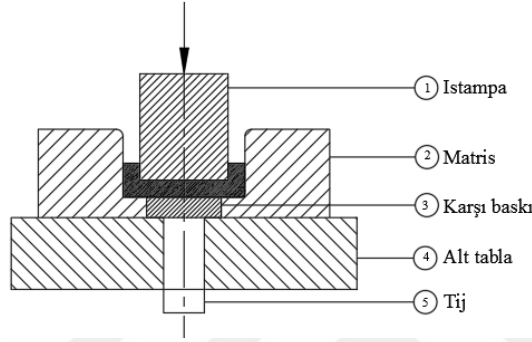


Şekil 2.3. V bükme yöntemi aşamaları

2.2.2. U Bükme

U bükme yöntemi V bükmeye kıyasla, daha fazla bükme kuvveti gerektiren bir işlemdir. U bükmede bükme kuvvetinin, matrisin yan yüzelerindeki sürtünme direncini, itici düzen karşı kuvvetine de direnç göstermesi gerekir. Bükme kuvveti hesabı yapılması gereken durumlarda bu faktörleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Toplam bükme kuvveti önce hesaplanarak üzerine kalıp bağlanacak presin, kapasitesi de ona göre

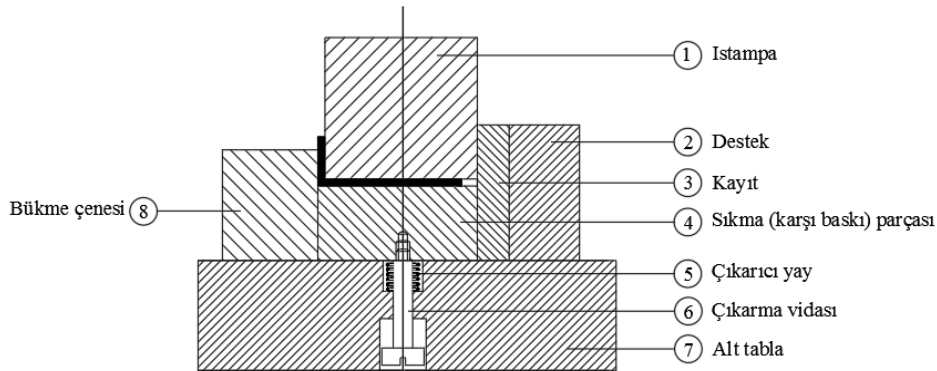
seçilmesi gerekmektedir. Şekil 2.4’de görülebileceği gibi, karşı baskı kullanılmadığı takdirde bükme başlangıcında parça tabanında oluşan bombe bükme sonuna kadar devam eder. Dolayısıyla tabanın düzgün çıkması için parçaya bükme için gerekli kuvvetin 3 katına kadar yükselebilen bir kuvvetle bastırmak gerekir. Bu da yüksek kapasiteli pres kullanılmasını zorunlu kılar. Karşı baskı kullanıldığı takdirde bükmeden önce ıstampa ile karşı baskı sacı sıkıca tutar. Sıkma kuvveti karşı baskı kuvvetine eşittir. Karşı baskı yayla hareket ediyorsa bükme sırasında sıkma kuvveti devamlı olarak artar. Karşı baskı hidrolikle hareket ediyorsa sıkma kuvveti bükme sırasında sabit tutulabilir.



Şekil 2.4. U bükme (Ataşimşek, 1977)

2.2.3. L Bükme (Tek Taraflı U Bükme)

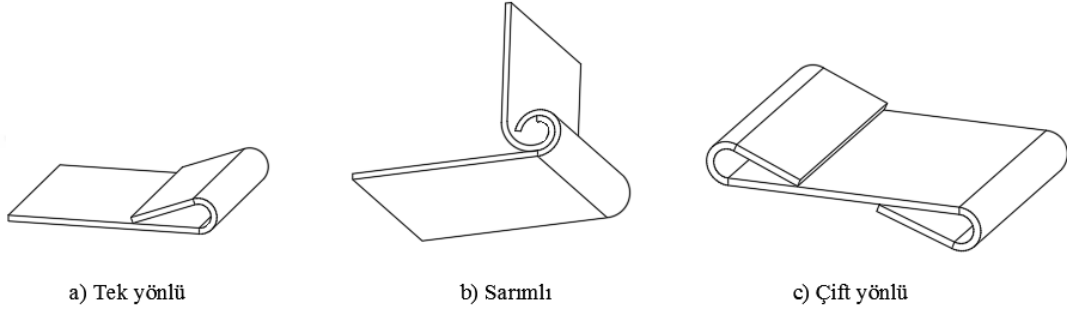
L bükme olarak da adlandırılan tek taraflı U bükme işlemleri V bükme kalıplarında da yapılabilir. Ancak karşı baskılı bir L bükme için normal olarak U bükme tipi kalıplardan faydalanılır. Şekil 2.5’de bir L bükme işlemi verilmiştir. Istampın düşey hareketiyle sac levhaya kuvvet uygulanır. Sac levhanın altındaki karşı baskı sıkıştırma vazifesi görerek, ıstampın hareketiyle düşey yönde ilerler ve levhaya son şeklini verir.



Şekil 2.5. L bükme (Ataşimşek, 1977)

2.2.4. Kıvrırma

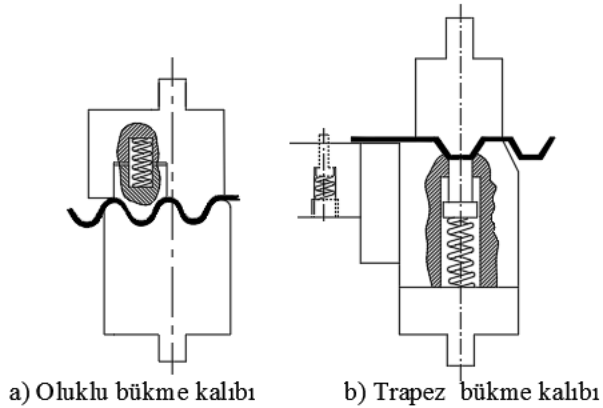
Kıvrırma; sac levhaların bükümü sonucunda kapalı veya açık eğriler oluşturması olarak tanımlanmaktadır. Genellikle kalıplanan parçaların kenar mukavemetini arttırmak, kesim işlemi sonucunda oluşan çapakları gidermek ve iki parçanın mafsallı birleştirilmesini sağlamak amacıyla yapılan işlemdir. Şekil 2.6'da kıvrırma işlemi yapılmış parçalar ve birleştirme şekilleri gösterilmektedir. Kıvrırma işlemi özel tezgâhlarında, kıvrırma ıstampaları ile yapılmaktadır.



Şekil 2.6. Kıvrırma yöntemleri

2.2.5. Oluklama Bükme (Ondülin)

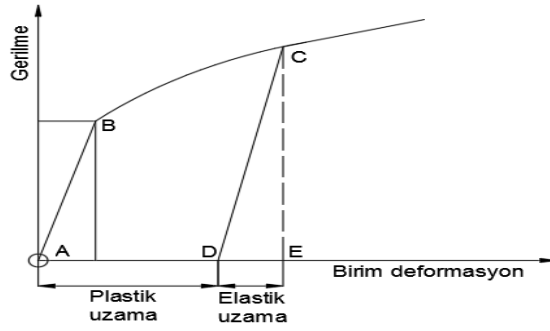
Düz sac levhaların dayanımını arttırmak ve belli bir form verildikten sonra şekil değişimini engellemek amacıyla kalıplama yapılan şekillendirme işlemine oluklama bükme denir. En çok duvar panoları, çatı levhaları, hangar, gölgelik gibi yerlerde kullanılacak alüminyum ve galvanizli sac levhalar bu yöntemle üretilirler. Şekil 2.7'de sac levhaya oluklama bükme işlemi uygulanmış hali görülmektedir (Erişkin, 1986).



Şekil 2.7. Oluklama bükme yönteminde kullanılan modeller (Ataşımşek, 2006)

2.3. Geri Yaylanma

Geriyaylanma; elastik ve plastik şekil değişimi arasındaki farktır. Kısmen plastik deformasyona uğrayan malzeme, yükün kaldırılmasından sonra bir miktar elastik deformasyona uğramaktadır. Bu durum, plastik deformasyona maruz kalan parçaların boyutlarında istenmeyen değişimlerin oluşmasına sebep olmaktadır (Boljanovic, 2004). Geriyaylanmanın olayı Şekil 2.8’de görüldüğü gibi gerilme - birim şekil değişimi eğrisiyle açıklanabilir. AB doğrusu gerilme birim şekil değişimi ilişkisinin orantılı olarak değiştiği elastik bölgedir. Parçadan kuvvet kaldırıldığında D değerini alır. DE malzemenin eski haline dönme miktarını, yani geriyaylanmayı belirtmektedir. AD doğrusu ise kalıcı plastik birim şekil değişimini belirtmektedir.



Şekil 2.8. Gerilme – birim şekil değişimi diyagramı (Şahin, 2013)

2.4. Geri Yaylanmaya Etki Eden Faktörler

Bükme işlemi sırasında meydana gelen geriyaylanma birçok faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu faktörlerin en önemli olanları aşağıda verilmiştir.

1. Malzeme Özelliğinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
2. Malzeme Kalınlığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
3. Bükme Radyüsünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
4. Kalıp Açıklığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
5. Bükme Kuvvetinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
6. İstampanın Sac Levha Üzerinde Bekletilme Süresinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
7. Akma Dayanımının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
8. Elastiklik Modülünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi
9. Anizotropi Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Yukarıda verilen etkenlerin geri yaylanma üzerindeki etkilerinin neler olduğu aşağıda detaylandırılmıştır.

2.4.1. Malzeme Özelliğinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Malzemenin geri yaylanma değeri içyapısına göre önemli değişiklikler göstermektedir. Kullanılan malzemelerin; elastikiyet modülü, akma gerilmesi, kopma gerilmesi ve çekme gerilmesi gibi önemli parametrelerin önceden tespitinin yapılması gerekmektedir. Malzeme özelliklerini dikkate alarak kalıp tasarımı ona göre yapmak daha doğru sonuçlar verecektir.

2.4.2. Malzeme Kalınlığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

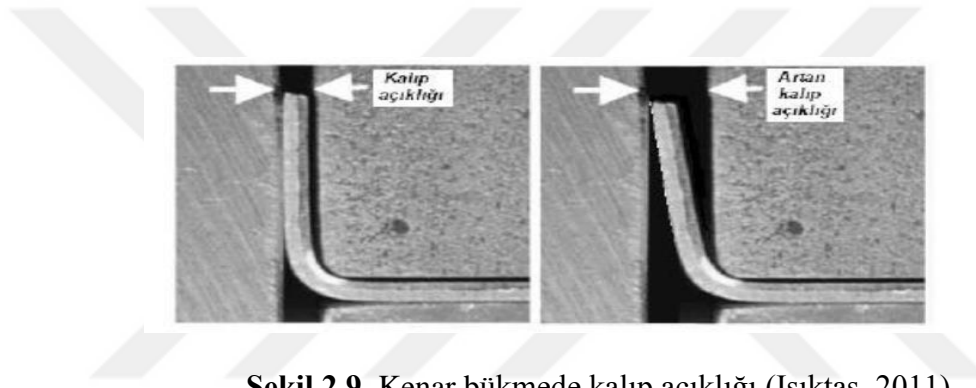
Malzeme kalınlığı bükme açısı kadar olmasa da geri yaylanmayı etkileyen faktörlerden biridir. Bükme radyüsü (R) sac kalınlığı (s) geri yaylanmaya etkisi ise (R/s) olarak ifade edilmektedir. Sac kalınlığı azaldıkça R/s oranı artış göstereceğinden dolayı geri yaylanma miktarı da artmış olur. Sac kalınlığının artmasıyla geri yaylanma miktarı azalmış olacaktır (Livatyalı, 2001).

2.4.3. Bükme Radyüsünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

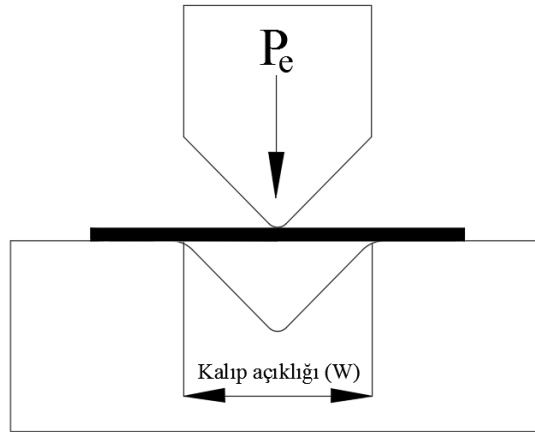
Sac levhaların bükme işlemi uygulayarak şekillendirilmesinde en önemli parametrelerden biri bükme radyüsüdür. Çünkü bükülebilirlikte takım geometrisinin önemi fazladır (Leu,1997). Malzemenin deformasyona uğramadan bükülebileceği en küçük radyüs değeri, o malzemenin bükülebileceğini ifade etmektedir. Bükme radyüsünün küçük tutulması durumunda şekillendirilen malzemenin en dış yüzeyinde aşırı miktardaki birim şekil değişimi neticesinde deformasyonlar gözlenmektedir (Hosford, 1993). Dolayısıyla sac levhaları bükme ile şekillendirme yöntemi uygularken, malzemedeki yırtık ya da çatlak oluşumlarını önlemek için büyük bükme radyüsleri tercih edilmektedir (Schüler,1998). İstenilen açıdaki bükmenin elde edilebilmesi için ıstampaya verilmesi gereken bükme radyüsü, geri yaylanma miktarı kadar azaltılır veya artırılır. Bükme açısının artırılması veya azaltılması malzeme cinsine göre değişmektedir. Geri yaylanma miktarı tam olarak bilindiği zaman bükme radyüsü, küçültülerek veya büyütülerek istenilen bükme işlemi gerçekleştirilir (Özdemir, 2015).

2.4.4. Kalıp Açıklığının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Sac levha ile ıstampa arasındaki boşluk kalıp açıklığını ifade etmektedir. Mevcut çalışmalara bakıldığında, kalıp açıklığının artmasıyla geri yaylanma miktarının arttığı görülmektedir (Gau, 1999). Kalıp açıklığının sac levha kalınlığı oranında meydana gelen %10'luk bir artış, geri yaylanmayı %10 civarında artırabilmektedir (Livatyalı, 2001). Kalıp açıklığı ne kadar küçülürse, geri yaylanma da o kadar azalmaktadır (Turan, 2009). Dolayısıyla kalıp açıklığı değeri ile oynayarak geri yaylanma telafi edilebilmektedir. Kalıp açıklığının küçülmesi nedeniyle, bükme bölgesinde plastik deformasyonlar artmakta, dolayısıyla şekillendirme sonrası geri yaylanma azalmaktadır (Livatyalı, 2001). Kalıp açıklığı kavramı farklı şekillerde algılanmaktadır. Örneğin, Şekil 2.9'da verilen kenar bükme işleminde görüldüğü üzere artan kalıp açıklığıyla iş parçası farklı açılarda bükülmüştür.

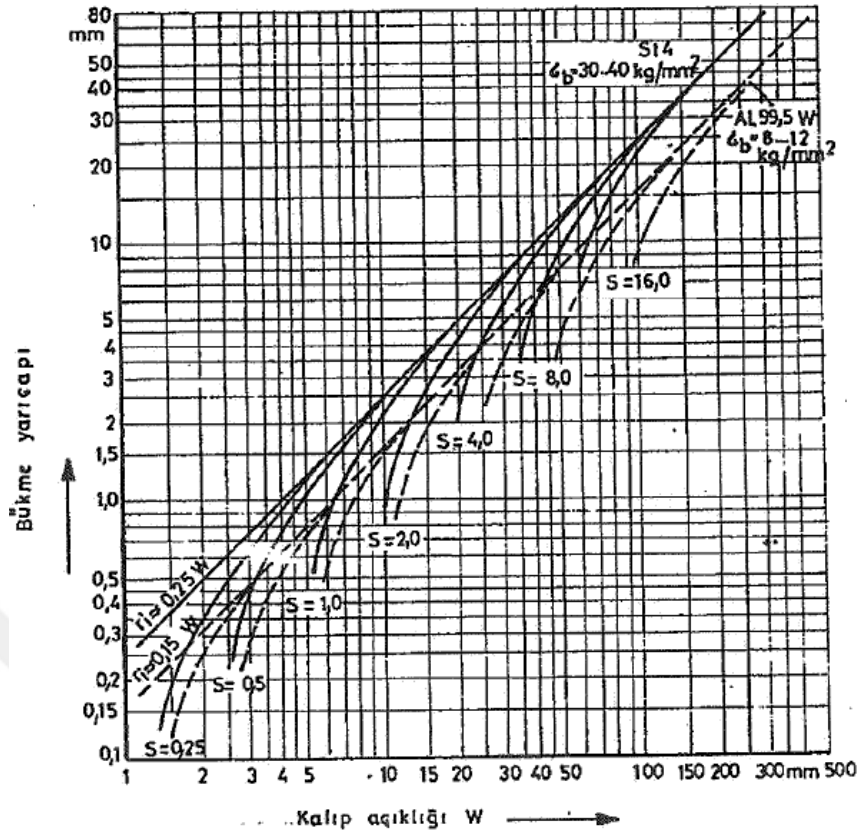


Şekil 2.9. Kenar bükmede kalıp açıklığı (Işıктаş, 2011)



Şekil 2.10. V bükmede kalıp açıklığı

V bükme yönteminde kalıp açıklığının tespit edilmesi gerekir. Dolayısıyla kalıp açıklığının büyüklüğü Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Şekil 2.11'de belirtilen diyagramdan yaklaşık olarak kalıp açıklığını tespit edilebilir. Kalıp açıklığının etkilerini incelemek üzere aynı büküm açısı, bükme radyüsü ve malzeme kalınlığı seçilerek çalışmalarda yapılmıştır.



Şekil 2.11. Bükme yarıçapı - kalıp açıklığı diyagramı (Ataşımşek, 1977)

2.4.5. Bükme Kuvvetinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Bükme kuvveti, malzemenin yapısına, kalınlığına, levha ebatlarına göre değişiklikler göstermektedir. Sac levhaların şekillendirilmesi sırasında uygulanacak bükme kuvveti kalıbın ömrü ve üretilecek parçanın kalitesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Hesaplanan bükme kuvvetine uygun pres seçilmelidir. Bükme kalıpları ile sac levhaların, bükülebilmesi için gerekli olan kuvvete bükme kuvveti denir. Fazla bükme kuvveti değerleri altında gerçekleştirilen bükme işlemlerinde, sac levhalarda daha fazla plastik deformasyonla karşılaşıldığından, geri yaylanma miktarının azaldığı söylenebilmektedir. Bunun yerine ıstampayı malzeme üzerinde bekleterek geri yaylanmayı bir miktar azaltabiliriz (Erişkin, 1986).

Bükme kuvveti hesabı aşağıdaki gibi yapılmaktadır;

$$P_k = \frac{c \cdot \sigma_b \cdot s^2 \cdot b}{W} \quad (3.1)$$

$$c = 1 + \frac{4 \cdot s}{W} \quad (3.2)$$

$$P_e = 2 \cdot P_b \quad (3.3)$$

Burada;

P_k = Bükme kuvveti (N)

P_e = Son Bükme Kuvveti (N)

s = Sac levha kalınlığı (mm)

σ_b = Çekme mukavemeti (N/mm²)

b = Levha genişliği (mm)

c = Bükme kuvveti katsayısı

W = Kalıp açıklığı (mm)

2.4.6. İstampanın Sac Levha Üzerinde Bekletilme Süresinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

İstampanın sac levha üzerinde bekletilmesi geri yaylanma miktarını azaltmasına rağmen, zaman kaybına neden olduğundan, maliyetin de artması söz konusudur. Bu nedenle uygulaması yapılırken bütün olasılıklar dikkate alınmalıdır (Uzun, 1997). Bunun yanı sıra, ıstampanın sac levha üzerinde daha fazla bekletilmesiyle, geri yaylanmanın aynı oranla azalabileceği söylenebilir. İstampa kuvvetinin bükülen sac levha üzerinde bekletilmesinin, bükme sırasındaki sürenin artırmasına karşın, geri yaylanma miktarlarını azaltacağı sonucu çıkmaktadır. İstampanın sac levha üzerinde 20 saniye tutulması malzemeye ve bükme açısına göre ortalama 1° ile 3° arasında geri yaylanma miktarında bir azalma sağlamaktadır (Tekaslan, 2007).

2.4.7. Akma Dayanımının Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Malzemeleri incelediğimizde farklılık gösteren en temel değişkenlerden biri akma dayanımıdır. Malzemenin plastik şekil değişimine maruz kalmaya başladığı gerilme değerine akma dayanımı denir. Geri yaylanma miktarının az olması için, şekillendirilecek sac levhaların akma dayanımının düşük olması gerekmektedir (Gau, 1999). Geri yaylanma

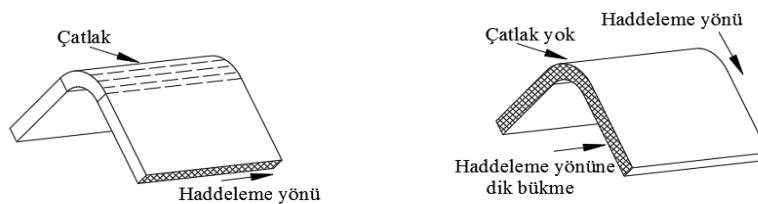
miktarı akma dayanımının, elastiklik modülüne olan oranının yüksek olduğu durumlarda artmaktadır. Geri yaylanma malzemenin elastik ve plastik deformasyon davranışına bağlı olarak değişmektedir (Turan, 2009).

2.4.8. Elastiklik Modülünün Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Sac levhaların geri yaylanma davranışını etkileyen malzeme özelliklerinden biri de elastiklik modülüdür. Elastiklik modülü, mühendislik uygulamalarının genelinde sabit bir değer olarak alınmaktadır. Ancak, artan birim şekil değişimi miktarına bağlı olarak elastiklik modülünün değeri düşmektedir. Şekil değişimi miktarındaki artışla birlikte elastiklik modülündeki düşüşe, plastik şekil değişimi sırasında karşılaşılan mikro yapı değişiklikleri ve oluşan artık gerilmeleri yol açmaktadır (Yu, 2009). Bükme işleminde elastiklik modülü küçük olan sac levhalarda geri yaylanma miktarı da fazla olmaktadır (Livatyalı, 2001). Elastiklik modülü arttıkça, elastik deformasyona direnç artarak geri yaylanma miktarı azalacaktır (Tekiner, 2004).

2.4.9. Anizotropinin Geri Yaylanma Davranışına Etkisi

Hadde Yönüne bağlı olarak mekanik özellikleri değişiklik gösteren malzemeler anizotropik malzeme olarak tanımlanmaktadır. Özelliklerin yöne bağlı olarak değişmediği durumlara ise izotropik malzeme denilmektedir. Sac levhaların mekanik özellikleri, yöne bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Zhang, 2007). Anizotropi değeri arttıkça, malzemenin deformasyona karşı direnci artmaktadır. Bu durum, doğrultulara göre değişkenlik göstermektedir. Büküm eksenini hadde doğrultusuna dik olacak şekilde gerçekleştirilerek yapılan sac levhaların bükme işlemleri, haddeye yönüne paralel doğrultuya göre daha verimli sonuçlar alınmaktadır (Leu, 1997). Sac levhaların bükme işlemlerinde genellikle hadde yönüne dik bükme işlemi daha fazla uygulanmaktadır. Ancak bazı malzemelerde bükme radyüsü küçük bükmelerde mümkün olmayabilir. Şekil 2.12’de bükme işlemi esnasında haddeleme yönüne dikkat edilmezse, bükülen parça üzerinde çatlakların oluşacağı gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Bükme işleminde hadde yönünün gösterilmesi (Çapan, 1999)

2.5. Literatür Taraması

Çalışma deney parametrelerinin belirlenmesi aşamasında, farklı malzemelerin bükümünde V bükme yönteminin kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar kronolojik sıra ile verilmiştir. Kullanılan malzemeler ile deney parametrelerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Forcellese ve arkadaşları, bükme kuvvetinin V bükme yönteminde geri yaylanmaya etkileri araştırılmıştır. Yaptıkları çalışmalarda bükme kuvvetinin yanı sıra, bükme radyüsünün de geri yaylanmaya olan etkilerini incelemiştir. Bükme radyüsünün büyük olması durumunda geri yaylanmanın arttığı, küçük olması durumunda ise geri yaylanma miktarının azaldığını tespit etmişlerdir (Forcellese vd., 1998).

Chan ve arkadaşları, yapmış oldukları V bükme deneylerinde geri yaylanmanın etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum AL2024-T3 malzeme kullanarak, farklı kalıp açıları ve bükme radyüsleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında Abaqüs ve Patran yazılımlarını kullanmışlardır. Sonlu elamanlar sonuçlarına göre, bükme radyüsünün azalması ve kalıp açısının artmasıyla geri yaylanma miktarının azaldığını gözlemlemişlerdir (Chan vd., 2004).

Panthi ve arkadaşları, uygulanan bükme kuvvetinin geri yaylanmaya etkisini analiz çalışmaları ile incelenmişlerdir. Malzemeye minimum bükme kuvveti uygulandığında geri yaylanmanın yüksek olduğu ve bükme kuvvetinin artırılması ile geri yaylanmanın önemli oranlarda azaltıldığını gözlemlemişlerdir. Bükme kuvvetinin etkisinin bükme radyüsünün artması ile arttığını tespit etmişlerdir (Panthi vd., 2007).

Sarıkaya çalışmalarında, Isıl işlem kullanarak farklı kalınlıklarındaki alüminyum malzemelere üç farklı kalıp açısı ve kalıp değişkeni kullanılıp bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonunda von mises gerilme dağılımları, plastik gerinme değerleri, kalıp kuvvetleri geri yaylanma karakteristiğine olan etkisini sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanılarak teorik, ve deneysel olarak incelemiştir. Deney sonunda alüminyum malzemelerde ileri yaylanma tespit edilmiştir. Ayrıca kalınlık arttıkça geri yaylanmanın azaldığını gözlemlemiştir (Sarıkaya, 2008).

Bakhshi-Jooybari ve arkadaşları, CK67 çelik sac levha ile V- bükme işlemini 3 farklı kalınlık, 4 farklı bükme radyüsü kullanarak 60°lik kalıpta deney yapmışlardır. Yaptığı deney sonucunda, sac levha numunelerinde ileri yaylanma olduğu sonucuna varmışlardır. Bükme radyüsünün artmasıyla geri yaylanma miktarının arttığını gözlemlemişlerdir (Bakhshi-Jooybari vd., 2008).

Tekaslan ve arkadaşları, Hadde yönüne göre malzemelerin altı farklı açılarında bükülmesi sonrası oluşan geri yaylanma miktarını belirlemeye çalışmışlardır. 25x50 mm ebatlarında üç farklı kalınlıklarda Bakır sac kullanılmışlardır. Deneyi yapılan dört farklı metottan birinci ve ikinci metotların geri yaylanmayı tespit etmede uygun olduğu gözlemlenmiştir. İstampa yükünün Bakır sac üzerinde bekletilmesi ile bükme zamanının artmasına rağmen geri yaylanmanın azaldığını belirtilmişlerdir. 20 sn. bekleme ile ortalama 1-3° arasında geri yaylanmada azalma gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda kalınlık ile bükme açısının geri yaylanmaya doğru orantıda etkilediğini tespit etmiştir (Tekaslan vd., 2008).

Özer çalışmalarında, Yüksek mukavemetli çeliklerde şekil verme işlemi sonucunda oluşan geri yaylanmanın sonlu elemanlar yöntemi ile tahmin edilmesi ve telafisi üzerine çalışmıştır. Üç farklı büküm işlemini incelenmiştir. Hill48 ve Barlat89 akma modellerini kullanarak sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. DP, TRIP ve TWIP çeliklerinin geri yaylanma davranışları incelenmiş, pekleşme katsayısı ve pekleşme üstelinin geri yaylanma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. U- profil bükümü sonrası farklı malzeme modellerini kıyaslamış ve bunların arasından anizotropi ve plastik davranışın en iyi olduğu malzeme modelinin Barlat89 olduğu sonucuna varmıştır. S-ray profil bükümü sonrasında, Barlat89 malzeme modeli ile yaptığı deneylerde ise daha yüksek geri yaylanma gözlemlenmiştir. Kalıp boşluğunun artmasıyla geri yaylanmanın arttığı, sürtünme katsayısı ve baskı plakası kuvveti arttıkça geri yaylanmanın azaldığı, artan sac kalınlığıyla birlikte geri yaylanmanın artış gösterdiği sonuçlarını elde etmiştir (Özer, 2011).

Ötü çalışmalarında, V bükme kalıplarında farklı bükme yöntemleri uygulanarak AA 5754-O ve AL 1050-O sac malzemelerinin geri yaylanma durumlarını incelemiştir. Çalışmada deneysel ve teorik olarak karşılaştırma yapılmıştır. İki farklı kalınlıkta olan malzemeleri üç farklı açılarda V bükme kalıplarında, hadde yönüne göre 0°, 45° ve 90° olarak deneyini gerçekleştirmiştir. İstampanın sac levha üzerinde bekletilme süresinin geri yaylanmayı azalttığını tespit etmiştir. Ayrıca sac malzemelerin hadde yönü özelliğinin geri yaylanma miktarında farklılıklar oluşturduğu sonucuna varmıştır (Ötü, 2012).

Şahin çalışmalarında, geri yaylanma davranışını, V bükme yöntemi ile deneysel ve Dynaform yazılımında teorik olarak incelemiştir. Kalıp değişkenlerine göre paslanmaz, dkp, alüminyum malzemeleri için deneyler yapmıştır. Kalıp değişkeni olarak üç farklı V kalıp açısı kullanmış ve bükme radyüsünü sabit tutmuştur. Üç farklı kalınlıkta numuneler kullanılmış ve sayısal sonuçları ile deneysel sonuçlar karşılaştırmıştır. Deneysel ve teorik sonuçlarla karşılaştırma yaptığında birbirine yakın değerler bulmuştur. Bazı deney

parametrelerinde geri yaylanmanın yanı sıra ileri yaylanma sonuçları da elde etmiştir (Şahin, 2013).

Aslan çalışmalarında, V bükme yöntemini sıvı basıncı ile deneysel olarak araştırmıştır. Kalınlığı 0,5 mm olan alüminyum, Bakır, pirinç malzemelerinin farklı açılarda V bükme kalıplarında deneyini gerçekleştirmiştir. Bükme sıvı basıncı ve ütüleme süresindeki artışın geri yaylanmayı azalttığı, bükme açısındaki ve malzeme sertliğindeki artışın da geri yaylanmayı arttırdığının tespitini yapmıştır (Aslan, 2014).

Özdemir çalışmalarında, V dip bükme operasyonu neticesindeki ileri ve geri yaylanma davranışı, normalizasyon ve menevişleme işlemine tabi tutulan 16Mo3 sac malzemelere olan etkisini mikro yapısal olarak incelenmiştir. Deney sonucunda 30° bükme işleminde, ısı işlemsiz ve normalizasyon uygulanan sac malzemelerin kalınlığı arttıkça, ileri yaylanma değeri artarken, 60° ve 90° bükme işlemlerinde sac malzeme kalınlığı arttıkça ileri yaylanma değeri azaldığı gözlemlenmiştir. Menevişleme uygulanmamış malzemelerde ise, sac malzeme kalınlığı arttıkça geri yaylanma miktarının azaldığını belirtmiştir. Isıl işlemsiz ve normalizasyon uygulanmış malzemelerde ıstampa bükme radyüsü değeri arttıkça ileri yaylanmanın değeri azalırken, menevişleme uygulanmış malzemelerde ise, geri yaylanma davranışının arttığını gözlemlenmiştir (Özdemir, 2015).

Literatür çalışmaları incelendiğinde, geri yaylanma miktarını azaltmak için deneysel ve sonlu elemanlar yöntemleri ile farklı malzemelerde kalınlık, kalıp açısı, bükme radyüsü parametreleri kullanılarak çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada ise V bükme kalıp tasarımı yaparak Bakır, AISI 304, EN10130 DC01 sac levhalarının, 1 ve 2 mm kalınlıklarda, 2 ve 4 mm bükme radyüsünde geri yaylanma davranışlarının incelenmesi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Deneysel olarak yapılan çalışmalardan elde edilen veriler grafikler ve tablolar halinde karşılaştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Sac levhalarda V bükme işlemi sırasında geri yaylanma miktarının belirlenmesi ile ilgili gerçekleştirilecek olan deneylerde değişkenlik gösteren işlem parametreleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Solidworks yazılımı kullanılarak 3D çalışmalar yapılmış olup, elde edilen modele göre kalıp elemanları ölçüleriyle birlikte belirlenmiştir. Kalıp elemanlarının CNC Freze tezgâhında imalatı yapılmıştır.

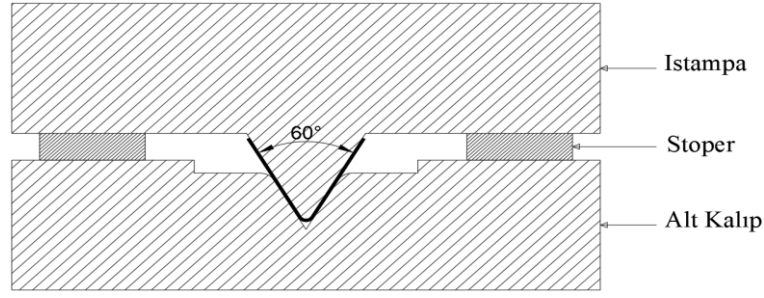
Tablo 3.1. İşlem parametreleri

Malzeme	Bakır, AISI 304, EN 10130 DC01
Kalıp açısı (°)	60, 90, 120
Bükme radyusu (mm)	2, 4
Malzeme kalınlığı (mm)	1, 2

Deneyde kullanılacak sac levhaların ebatları belirlenmiş olup hadde yönüne dik doğrultuda CNC Lazer tezgâhında kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. 150 tonluk Atölye tipi hidrolik pres yardımıyla V bükme deneyleri her parametre için 3 er defa tekrarlanarak toplamda 108 adet numuneye bükme işlemi yapılmıştır. Deneylerde ıstampa malzeme üzerinde 2 saniye bekletilmiştir. Bükme işlemi uygulanırken ıstampa ve alt kalıp arasına, sac levhalara fazla kuvvet uygulanmaması ve deforme olmaması için stoperler yerleştirilmiştir. Tablo 3.2'de kullanılan stoperlerin kalınlıkları, Şekil 3.1'de ise örnek olarak 60° V bükme kalıbında kullanılan stoperlerin gösterimi verilmiştir.

Tablo 3.2. İşlem parametrelerine göre stoper kalınlıkları

Kalıp Açısı (°)	Malzeme kalınlığı (mm)	Stoper kalınlığı (mm)
60	1	10,3
	2	11,3
90	1	13,9
	2	14,9
120	1	9
	2	10



Şekil 3.1. 60° V bükme kalıbı stoper gösterimi

3.1. Deney Malzemelerinin Özellikleri

V bükme deneylerinde 75x50 mm ebatlarında 1 ve 2 mm kalınlıklarında EN 10130 DC01 çelik sac, AISI 304 paslanmaz sac ve Bakır malzemeleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin kimyasal bileşimi sırasıyla Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’de; mekanik özellikleri ise Tablo 3.6’ de verilmiştir.

Tablo 3.3. EN 10130 DC01 çelik sac malzemesinin kimyasal özellikleri

C	Mn	P	S	Si	Al	Ti	Nb	Cr	Cu	Ni	N
0,06	0,241	0,009	0,006	0,012	0,042	0,001	0,001	0,019	0,021	0,038	50

Tablo 3.4. AISI 304 paslanmaz sac malzemesinin kimyasal özellikleri

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Cu	Mo	N
0,057	1,064	0,029	0,006	0,467	18,09	8,05	0,206	0,14	0,035

Tablo 3.5. Bakır malzemesinin kimyasal özellikleri

Sn	Pb	Zn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Al	Bi	Mg	S	Sb	Cu
0,0204	0,002	0,001	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,002	99,9

Tablo 3.6. Deney malzemelerinin mekanik özellikleri

Malzeme	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Yüzde uzaması (%)
EN10130 DC01	218-279	319-352	28,7-39,2
AISI 304	316-318	679-690	52-53
Bakır	320-400	350-450	2-5

3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Bükme Kalıbı ve Tasarımı

Deneysel kalıp elemanları, AISI 1050 imalat çeliğinden CNC dik işleme merkezinde hassas olarak işlenerek yapılmıştır. Şekil 3.2’de alt ve üst tabla, kalıp civataları, burç ve bağlama pabuçları verilmiştir. Bükme radyüsleri ve alt kalıp gösterimleri ise Şekil 3.3’de verilmiştir. Kalıp elemanlarında darbeden dolayı çatlama, kırılma ve malzemenin içyapısında gerilimlerin oluşmaması için menevişleme işlemi uygulanmıştır. Kalıp tasarımı yapılırken deneyde kullanılacak hidrolik presin boyutları ve kapasitesi göz önünde bulundurulmuştur. Kalıp açıları literatüre uygun, endüstride yaygın olarak kullanılan sırasıyla Şekil 3.4’de 60°, Şekil 3.5’de 90° ve Şekil 3.6’da 120° üç farklı açıda ve ıstampa bükme radyüsü 2 ve 4 mm olarak V bükme kalıplarının imalatı gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan bükme kalıbının teknik resimleri EK-1’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Kalıp elemanları



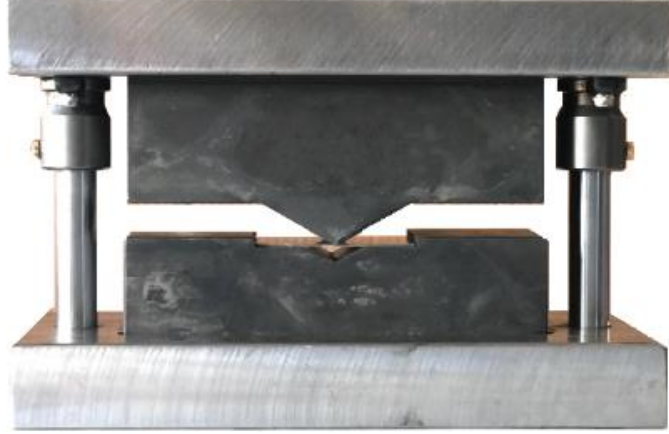
Şekil 3.3. Açılara göre bükme radyüsleri ve alt kalıp gösterimleri



Şekil 3.4. 60° V bükme kalıbı



Şekil 3.5. 90° V bükme kalıbı

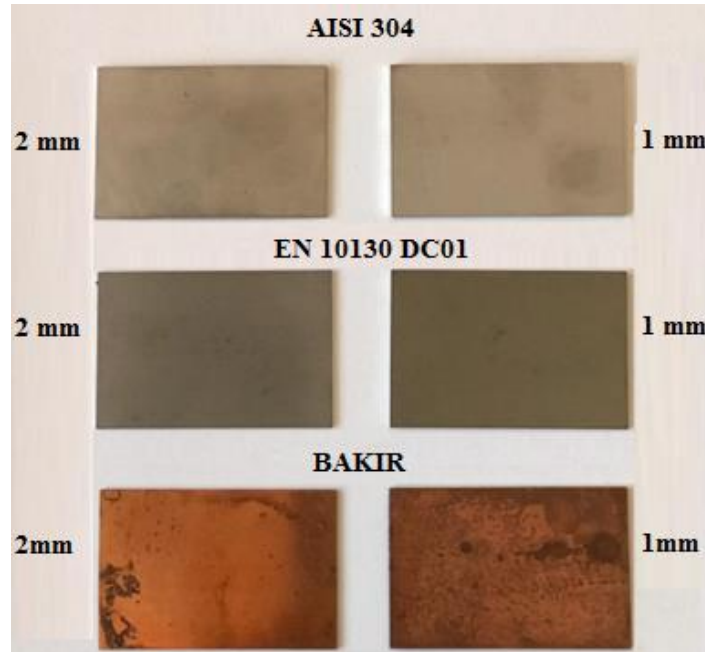


Şekil 3.6. 120° V bükme kalıbı

3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Makine ve Cihazlar

3.3.1. CNC Lazer

Deney numuneleri daha hassas sonuçlar alınabilmesi için CNC Lazer yardımıyla hadde yönüne paralel 75x50 mm ölçülerinde kesilerek hazırlanmıştır. Şekil 3,7’de deneylerde kullanılan numuneler verilmiştir.



Şekil 3.7. Deney numuneleri

Numunelerinin kesilmesinde kullanılan CNC Lazer tezgahı Şekil 3.8’de, teknik özellikleri ise Tablo 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.8. CNC lazer

Tablo 3.7. CNC lazer teknik özellikleri

Model	Axel-3015 S
Kontrol Ünitesi	Fanuc
Kesim Alanı (mm)	1500 x 3000
Pres gücü (W)	4000

3.3.2 Atölye Tipi Hidrolik Pres

V bükme deneylerinde kullanılan 150 ton’luk hidrolik pres Şekil 3.9’de verilmiştir. Hidrolik presin kontrol sistemi, manuel veya motorlu kumanda edilmektedir. Teknik özellikleri ise Tablo 3.8’de verilmiştir.

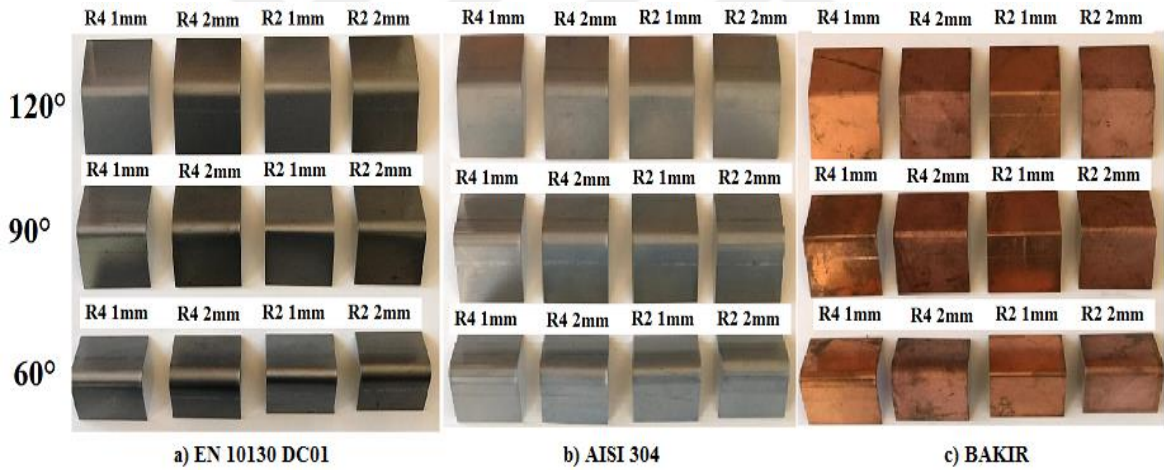


Şekil 3.9. Atölye tipi hidrolik pres

Tablo 3.8. Atölye tipi hidrolik pres teknik özellikleri

Maksimum Pres Kuvveti (ton)	150
Piston Stroku (mm)	400
İstampa inme hızı (mm/s)	6,7
Motor (kw)	4
Ağırlık (ton)	1,3
Maksimum Ebatlar (mm)	2500 x 1400 x 1000

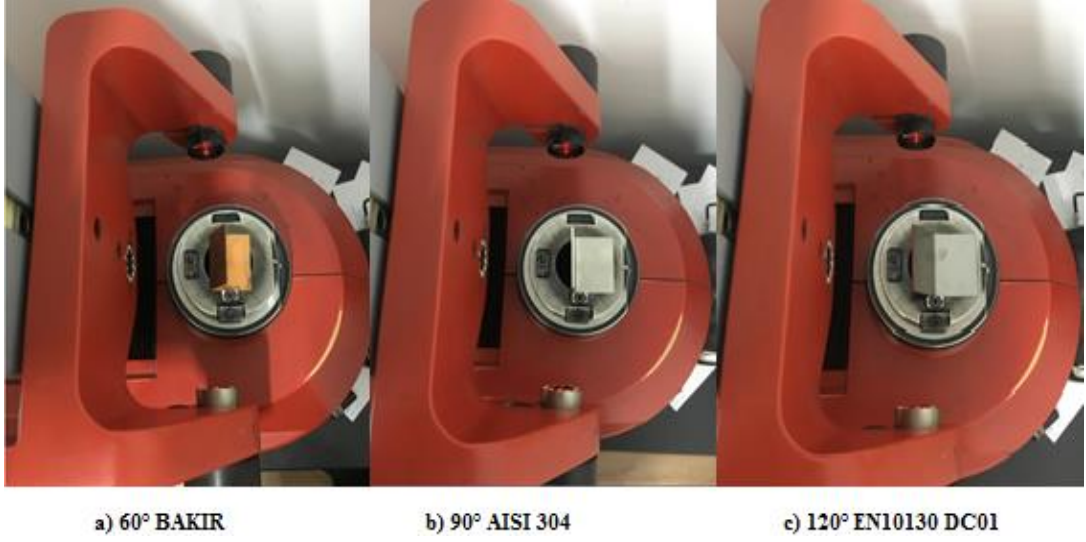
V bükme deneylerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için, tüm parametrelerdeki deney numunelerini kalıp üzerine düzgün ve aynı biçimde yerleştirilmiştir. Alt kalıpla ıstampa arasına sac kalınlığına göre stoper yerleştirerek malzemelerde deformasyon oluşmaması için önlem alınmıştır. Deney numunelerini alt kalıp üzerine yerleştirildikten sonra ıstampa numune üzerinde 2 saniye bekletilerek V bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. V bükme işlemi gerçekleştirilen numuneler Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. V bükme işlemi gerçekleştirilmiş deney numuneleri

3.3.3. Kesici Takım Ölçüm Cihazı

Deneyisel çalışmalar sonucunda V bükme işlemi yapılan malzemelerin, kesici takım görüntü işleme cihazında ölçümleri gerçekleştirilirken, merkez tabla üzerine Şekil 3.11’de görüldüğü gibi malzemeler yerleştirilip, lazerle merkezlenme işlemi yapıldıktan sonra sistem bir doğru tanımlamaktadır. Daha sonra cihaz, düzlem ile doğru arasındaki açıyı hesaplayarak numunelerdeki ölçüm sonuçlarını vermektedir. Kesici takım ölçüm cihazının genel görüntüsü Şekil 3.12’de verilmiştir.

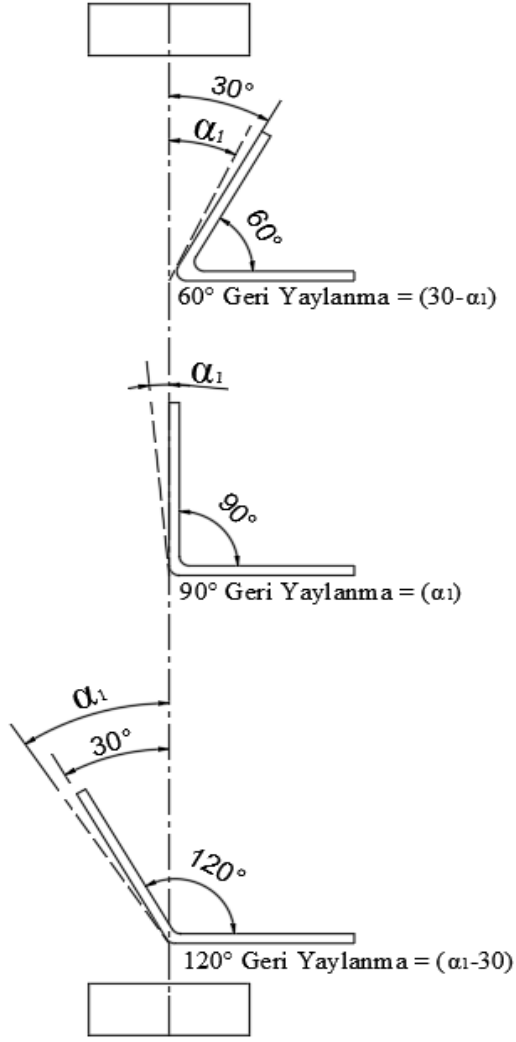


Şekil 3.11. Sac levhaların ölçüm sırasındaki görünümü

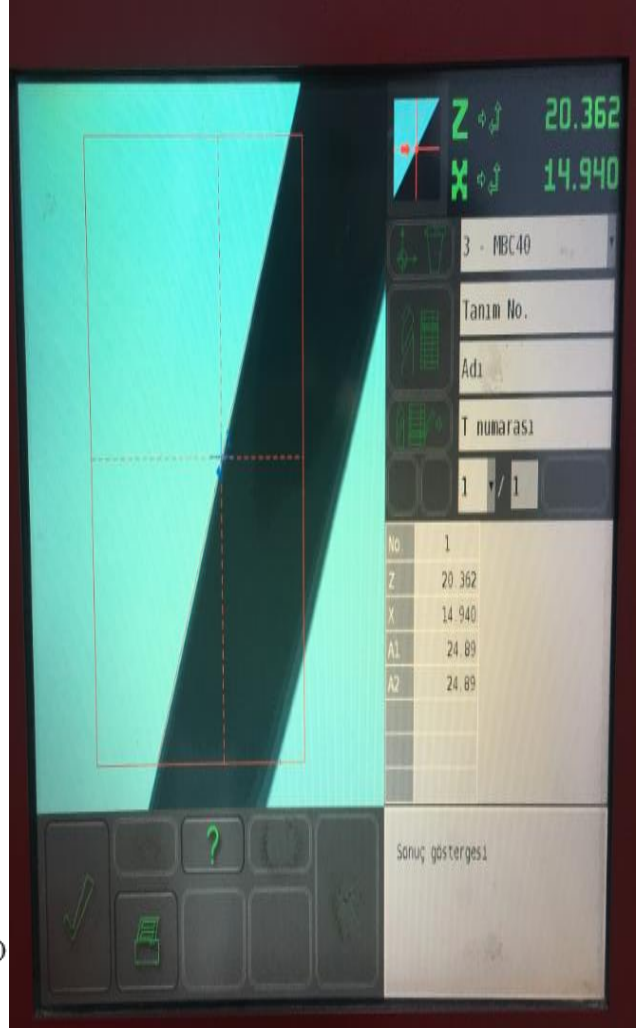


Şekil 3.12. Kesici takım ölçüm cihazı genel görünümü

Kesici takım ölçüm cihazı tüm numuneler için Şekil 3.13 a)'da görüldüğü üzere merkez noktayı 90° olarak kabul etmektedir. Farklı açılara göre bükme işlemi gerçekleştirilmiş numuneler Şekil 3.13'de görüldüğü üzere ölçüm sonrası cihaz ekranında α_1 değerini vermektedir. Şekil 3.13 b)'de veri ekranında görülen geri yaylanma sonuçları liste olarak EK-2'de verilmiştir.



a) Açılara göre merkezleme gösterimi



b) Cihaz veri ekranı gösterimi

Şekil 3.13. Kesici takım ölçüm cihazında geri yaylanma miktarlarının gösterimi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmalarda malzemelerin kalitesi, kalınlığı, kalıp açısı ve bükme radyüsü gibi değişken işlem parametrelerine bağlı olarak bükme deneyleri yapılmıştır. Deneyleri yapılan malzemeler Bakır, AISI 304 paslanmaz sac, EN10130 DC01 çelik sac malzemeleri olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir.

4.1.1. Bakır Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri

Bükme işlemi, 60°, 90°, 120° açılarda 2 ve 4 mm bükme radyüslü kalıplar ile 1 ve 2 mm kalınlığındaki Bakır sac levha kullanılarak yapılmıştır. Her parametre için üçer adet olacak şekilde toplamda 36 adet numune bükülmüştür.

Hadde yönüne dik olacak şekilde ıstampa malzeme üzerinde dikey yönde kuvvet uygulayarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

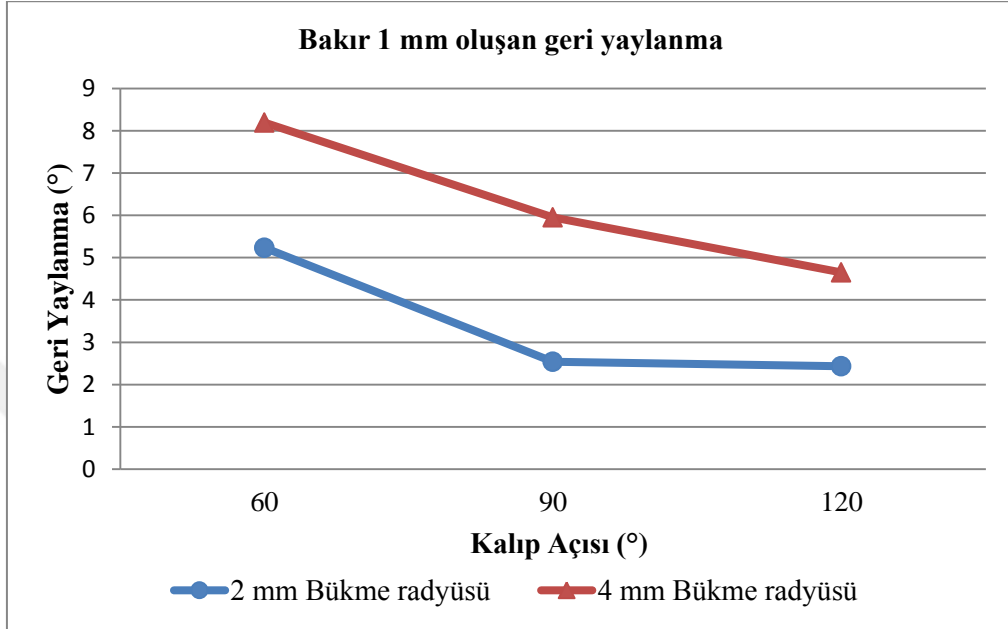
Tablo 4.1’de Takım ölçüm cihazında gerçekleştirilen Bakır levhaya ait deneysel geri yaylanma açısı değerleri verilmiştir. Tablo 4.1’deki verilerin görsel olarak karşılaştırılabilmesi için 1 mm Bakır sac levhaya ait geri yaylanma açısı grafiği Şekil 4.1’de, 2 mm Bakır sac levha için ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Bakır sac levha deneysel geri yaylanma sonuçları

Kalıp Açısı [°]	Sac Kalınlığı [mm]	Bükme Radyüsü [mm]	Geri Yaylanma [°]
60	1	2	5,23
		4	8,19
	2	2	1,49
		4	2,15
90	1	2	2,54
		4	5,95
	2	2	1,53
		4	2,55
120	1	2	2,43
		4	4,65
	2	2	1,79
		4	3,46

Tabloda genel olarak 1, 2 ve 3 numaralı numunelerde ve bütün parametrelerde bulunan geri yaylanma değerlerinin ortalama değere yakın olduğu ve geri yaylanma açısı değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Tabloda Maksimum geri yaylanma 60° bükme açısına sahip 4 mm radyüslü kalıpta, 1 mm kalınlıktaki Bakır sac levhanın bükülmesi ile elde edildiği görülmektedir. Minimum geri yaylanma ise 120° bükme açısına sahip 2 mm radyüslü kalıpta, 2 mm kalınlıktaki Bakır sac levhanın bükülmesi sonucunda görülmektedir.



Şekil 4.1. 1 mm kalınlığındaki Bakır sac levhanın kalıp açalarına göre geri yaylanma grafiği

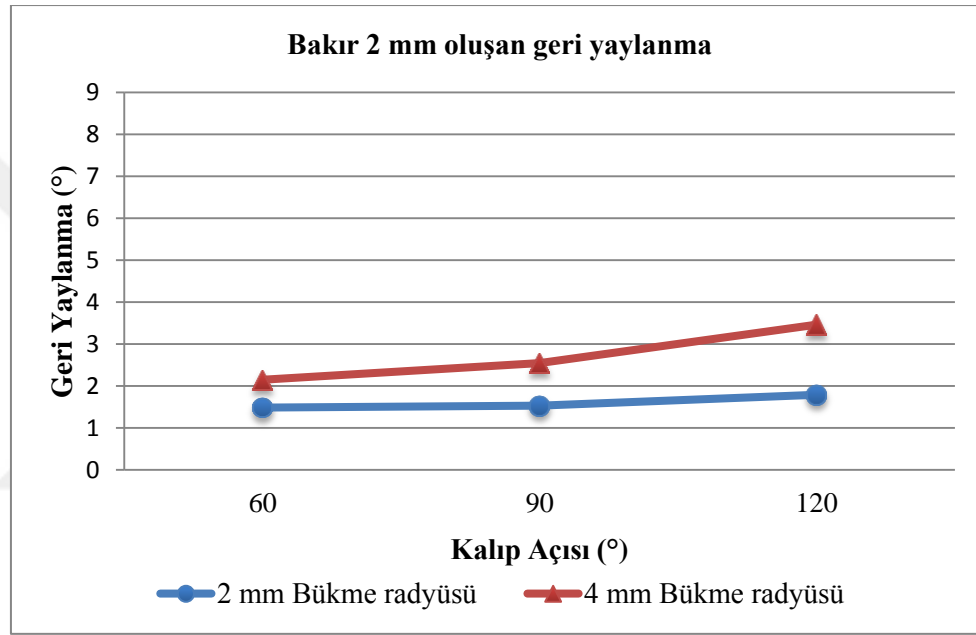
Şekil 4.1’de görüldüğü üzere 1 mm kalınlığındaki Bakır sac levha için minimum geri yaylanma 120° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 60° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %36,1 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (5,23°) olduğu gözlemlenmiştir.

90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %57,3 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (2,54°) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %47,7 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (2,43°) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre 60° bükme açısına sahip kalıplarda 1 mm Bakır sac levhanın bükülmesinde bükme radyüsünün geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılarına göre en az olduğu gözlemlenirken, 90° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. 2 mm kalınlığındaki Bakır sac levhanın kalıp açılarına göre geri yaylanma grafiği

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere 2 mm kalınlığındaki Bakır sac levha için minimum geri yaylanma 60° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 120° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %30,7 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (1,49°) olduğu gözlemlenmiştir.

90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %40 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (1,53°) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %48,3 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (1,79°) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre kalıplar arası bükme radyüs farkları, 60° bükme açısına sahip kalıplarda 2 mm Bakır sac levhanın bükülmesinde geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılara göre en az olduğu gözlemlenirken, 120° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.

Bakır sac levhaların kalınlıklarını, kalıp açılara göre değerlendirdiğimizde 1 mm kalınlığındaki sac levhada kalıp açısı arttıkça geri yaylanma miktarının azaldığı görülürken, 2 mm kalınlığındaki sac levhada ise kalıp açısı arttıkça geri yaylanma miktarının arttığı görülmektedir.

4.1.2. EN 10130 DC01 Çelik Sac Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri

Bükme işlemi, 60°, 90°, 120° açılarda 2 ve 4 mm bükme radyüslü kalıplar ile 1 ve 2 mm kalınlığındaki DC01 çelik sac levha numuneleri kullanılarak yapılmıştır. Her parametre için üçer adet olacak şekilde toplamda 36 adet numune bükülmüştür.

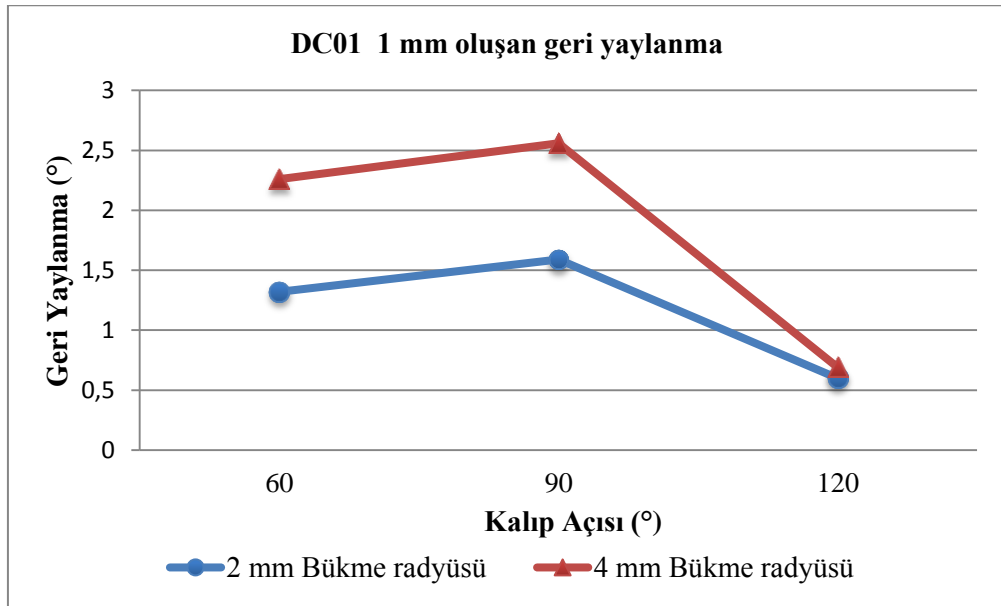
Hadde yönüne dik olacak şekilde ıstampa malzeme üzerinde dikey yönde kuvvet uygulayarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.2’de Takım ölçüm cihazında gerçekleştirilen DC01 çelik sac levhaya ait deneysel geri yaylanma açı değerleri verilmiştir. Tablo 4.2’deki verilerin görsel olarak karşılaştırılabilmesi için 1 mm DC01 çelik sac levhaya ait geri yaylanma açı grafiği Şekil 4.3’de, 2 mm DC01 çelik sac levha için ise Şekil 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.2. EN 10130 DC01 çelik sac levha geri yaylanma sonuçları

Kalıp Açısı [°]	Sac Kalınlığı [mm]	Bükme Radyüsü [mm]	Geri Yaylanma [°]
60	1	2	1,32
		4	2,26
	2	2	1,04
		4	1,77
90	1	2	1,59
		4	2,56
	2	2	0,19
		4	0,30
120	1	2	0,60
		4	0,69
	2	2	0,38
		4	0,56

Tabloda genel olarak 1, 2 ve 3 numaralı numunelerde ve bütün parametrelerde bulunan geri yaylanma değerlerinin ortalama değere yakın olduğu ve geri yaylanma açısı değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Tabloda Maksimum geri yaylanma 90° bükme açısına sahip 4 mm radyüslü kalıpta, 1 mm kalınlıktaki DC01 çelik sac levhanın bükülmesi ile elde edildiği görülmektedir. Minimum geri yaylanma ise 90° bükme açısına sahip 2 mm radyüslü kalıpta, 2 mm kalınlıktaki DC01 çelik sac levhanın bükülmesi sonucunda görülmektedir.



Şekil 4.3. 1 mm kalınlığındaki EN 10130 DC01 çelik sac levhanın kalıp açlarına göre geri yaylanma grafiği

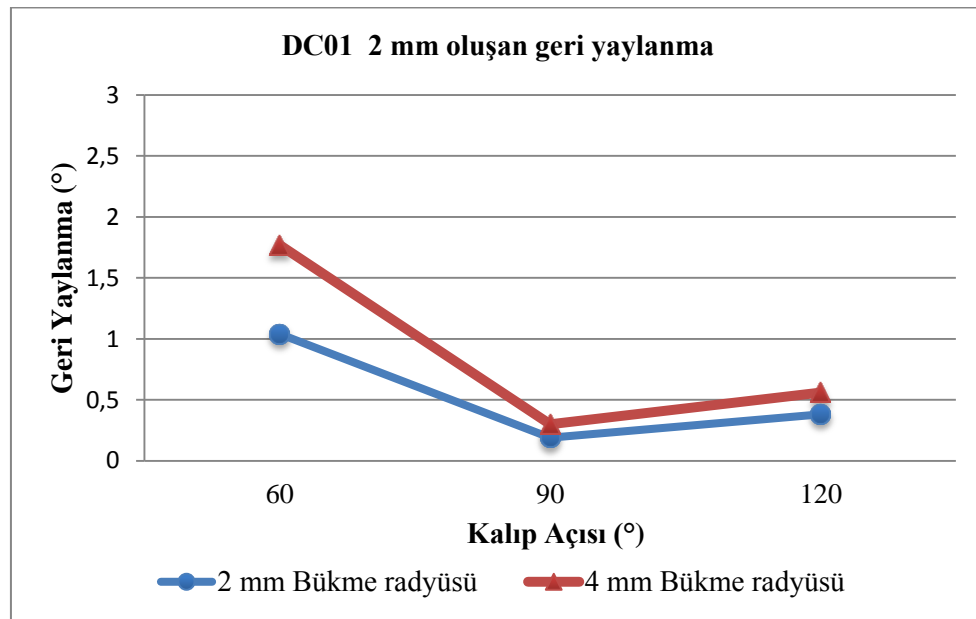
Şekil 4.3’de görüldüğü üzere 1 mm kalınlığındaki DC01 çelik sac levha için minimum geri yaylanma 120° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 90° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %41,6 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (1,32°) olduğu gözlemlenmiştir.

90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %37,9 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (1,59°) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %13 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (0,60°) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre kalıplar arası bükme radyüs farkları, 120° bükme açısına sahip kalıplarda 1 mm DC01 çelik sac levhanın bükülmesinde geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılarına göre en az olduğu gözlemlenirken, 60° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. 2 mm kalınlığındaki EN 10130 DC01 çelik sac levhanın kalıp açılarına göre geri yaylanma grafiği

Şekil 4.4’de görüldüğü üzere 2 mm kalınlığındaki DC01 çelik sac levha için minimum geri yaylanma 90° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 60° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %41,2 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde ($1,04^\circ$) olduğu gözlemlenmiştir.

90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %36,7 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde ($0,19^\circ$) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %32,1 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde ($0,38^\circ$) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre kalıplar arası bükme radyüs farkları, 120° bükme açısına sahip kalıplarda 2 mm DC01 çelik sac levhanın bükülmesinde geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılarına göre en az olduğu gözlemlenirken, 60° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.

DC01 çelik sac levhaların kalınlıklarını, kalıp açılarına göre değerlendirdiğimizde 90° kalıp açısı 1 mm ve 2 mm kalınlıklarındaki sac levhaların geri yaylanma miktarlarında farklılık göstermiştir. 1 mm kalınlığındaki sac levhada diğer kalıp açılarına göre maksimum sonuç verirken, 2 mm kalınlığındaki sac levhada ise minimum geri yaylanma sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

4.1.3. AISI 304 Paslanmaz Çelik Sac Levha İçin Yapılan Bükme Deneyleri

Bükme işlemi, 60° , 90° , 120° açılarda 2 ve 4 mm bükme radyüslü kalıplar ile 1 ve 2 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sac levha numuneleri kullanılarak yapılmıştır. Her parametre için üçer adet olacak şekilde toplamda 36 adet numune bükülmüştür.

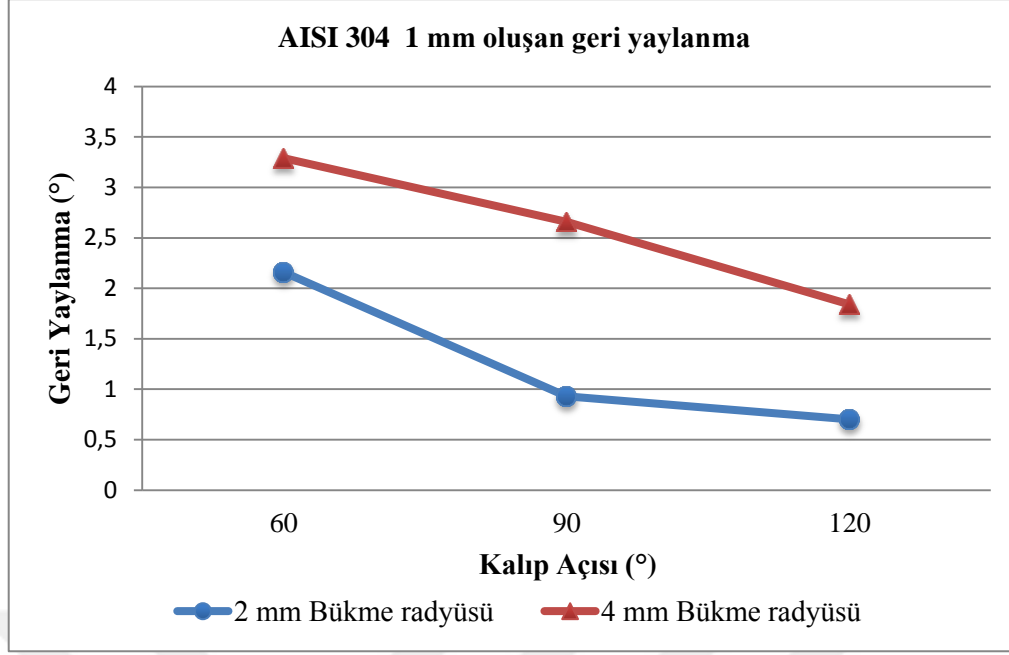
Hadde yönüne dik olacak şekilde ıstampa malzeme üzerinde dikey yönde kuvvet uygulayarak deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.3’de Takım ölçüm cihazında gerçekleştirilen AISI 304 paslanmaz çelik sac levhaya ait deneysel geri yaylanma açısı değerleri verilmiştir. Tablo 4,3’deki verilerin görsel olarak karşılaştırılabilmesi için 1 mm AISI 304 paslanmaz çelik sac levhaya ait geri yaylanma açısı grafiği Şekil 4.5’de 2 mm AISI 304 paslanmaz çelik sac levha için ise Şekil 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.3. AISI 304 paslanmaz sac levha geri yaylanma sonuçları

Kalıp Açısı [°]	Sac Kalınlığı [mm]	Bükme Radyüsü [mm]	Geri Yaylanma [°]
60	1	2	2,16
		4	3,29
	2	2	2,00
		4	3,15
90	1	2	0,93
		4	2,66
	2	2	0,72
		4	1,18
120	1	2	0,70
		4	1,84
	2	2	0,40
		4	1,16

Tabloda genel olarak 1, 2 ve 3 numaralı numunelerde ve bütün parametrelerde bulunan geri yaylanma değerlerinin ortalama değere yakın olduğu ve geri yaylanma açısı değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Tabloda Maksimum geri yaylanma 60° bükme açısına sahip 4 mm radyüslü kalıpta, 1 mm kalınlıktaki AISI 304 paslanmaz sac levhanın bükülmesi ile elde edildiği görülmektedir. Minimum geri yaylanma ise 120° bükme açısına sahip 2 mm radyüslü kalıpta, 2 mm kalınlıktaki AISI 304 paslanmaz sac levhanın bükülmesi sonucunda görülmektedir.



Şekil 4.5. 1 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sac levhanın kalıp açalarına göre geri yaylanma grafiği

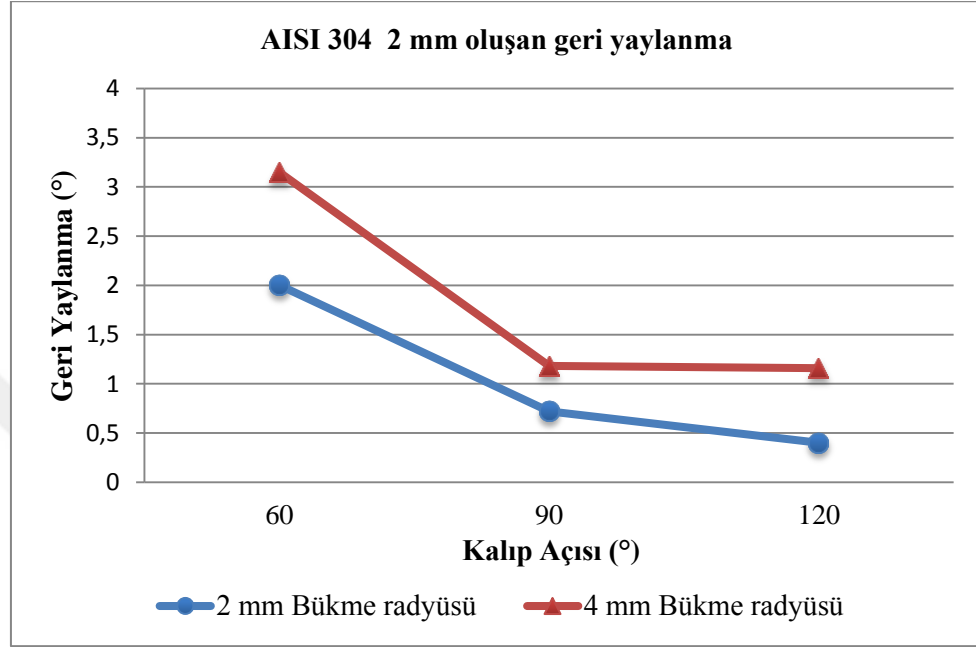
Şekil 4.5’de görüldüğü üzere 1 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz sac levha için minimum geri yaylanma 120° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 60° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %34,3 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (2,16°) olduğu gözlemlenmiştir.

90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %65 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (0,93°) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %62 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (0,70°) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre kalıplar arası bükme radyüs farkları, 60° bükme açısına sahip kalıplarda 1 mm AISI paslanmaz çelik sac levhanın bükülmesinde geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılara göre en az olduğu gözlemlenirken, 90° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. 2 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sacın kalıp açılara göre geri yaylanma grafiği

Şekil 4.6'da görüldüğü üzere 1 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz sac levha için minimum geri yaylanma 120° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir. Maksimum geri yaylanma ise 60° bükme açısına sahip kalıpta elde edilmiştir.

60° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %36,5 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (2,00°) olduğu gözlemlenmiştir.

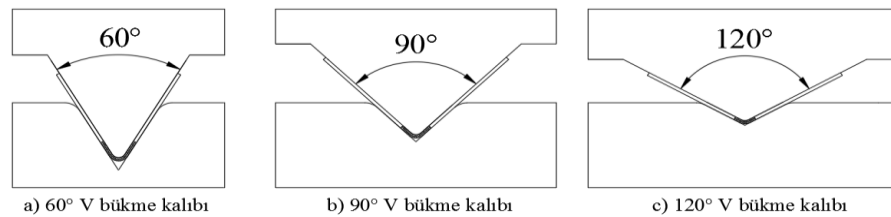
90° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %39 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (0,72°) olduğu gözlemlenmiştir.

120° bükme açısına sahip kalıpta, 4 mm bükme radyüsleri ile yapılan bükümler neticesinde oluşan geri yaylanma miktarı, 2 mm bükme radyüsündeki geri yaylanmaya göre %65,5 arttığı ve en az geri yaylanma değerinin 2 mm bükme radyüsünde (0,40°) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlara göre kalıplar arası bükme radyüs farkları, 60° bükme açısına sahip kalıplarda 2 mm AISI paslanmaz çelik sac levhanın bükülmesinde geri yaylanma üzerine etkisinin kalıp açılara göre en az olduğu gözlemlenirken, 120° bükme açısına sahip kalıplarda ise farkın en fazla olduğu görülmektedir.

Deney sonuçlarından elde edilen grafikler incelendiğinde, malzeme kalınlığının artmasıyla birlikte geri yaylanma miktarının azaldığı görülmektedir. Maksimum geri yaylanma miktarı 1 mm kalınlığında elde edilirken, minimum geri yaylanma miktarının ise 2 mm kalınlığında elde edildiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatürle örtüşmektedir. Malzeme kalınlığının artmasıyla geri yaylanma miktarının azalmasının nedeni bükme işlemi sonrasında, uç radyüste oluşan kalıntı gerilme değerinin azalmasından kaynaklanmaktadır (Livatyalı, 2001).

Kalıp açısının artmasıyla geri yaylanma miktarının azalmasının nedeni, bükme açısının artmasıyla sac levhanın dış yüzeylerinde şekil değişimine uğrayan bölgenin ve uzama miktarının artması sonucunda oluşur (Özdemir, 2010). Yapılan çalışmada, 2 mm kalınlığındaki Bakır sac levhalarda kalıp açısı arttıkça geri yaylanma miktarının arttığı, 1 mm DC01 çelik sac levhalarda 90° kalıp açısında en fazla geri yaylanma miktarı elde edildiği, 2mm DC01 çelik sac levhalarda 90° kalıp açısında ise en az geri yaylanma miktarı elde edilmiştir. 1 mm Bakır, 1 mm ve 2 mm AISI paslanmaz sac levhalarda ise geri yaylanma en az 120° elde edilirken, en fazla ise 60° kalıp açısında elde edilmiştir. Şekil 4.7'de V bükme sonrası kalıp açılara göre taralı olarak gösterilen uç kısımlar şekil değişimine uğramış bölgeleri göstermektedir. 60° kalıp açısından 120° kalıp açısına gidildikçe bu bölgelerde oluşan şekil değişiminin azaldığı ve bu sonuçların, kalıp açılarının geri yaylanmaya etkisi üzerine daha önce yapılan çalışmalarla deney sonuçlarının genelini bağdaştığı görülmektedir.

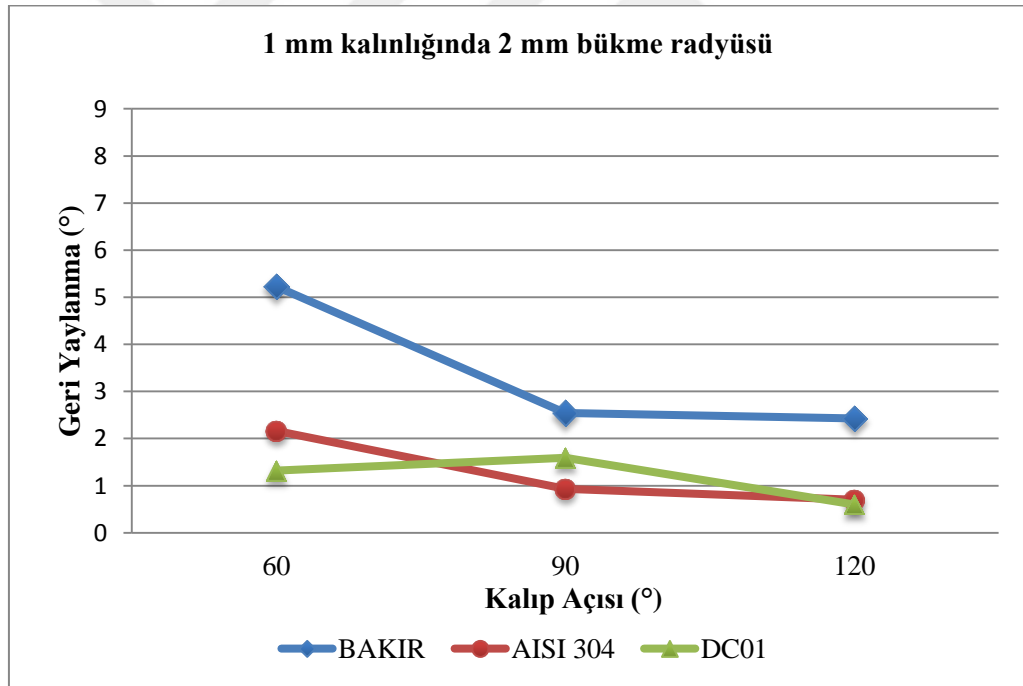


Şekil 4.7. V bükme radyüslerinin uç kısımlarının kalıp açılara göre şekil değişimi

Bükme radyüsü incelendiğinde, 2 mm bükme radyüslü kalıplarda elde edilen geri yaylanma değeri, 4 mm bükme radyüslü kalıplara göre daha az olduğu görülmektedir. Bükme radyüsü geri yaylanmayı etkileyen nedenlerden birisidir. Geri yaylanma plastik bölgeye bağlıdır. Daha az bükme radyüsü, kuvveti daha büyük plastik deformasyon ve daha yüksek bölgesel gerinim seviyesi gerektiren dar bir alanda yoğunlaştırır. Bu sonuçtan dolayı, bükme radyüsünün artması geri yaylanma miktarının artmasına neden olmaktadır (Buang vd., 2015).

4.1.4. Malzemelerin Deneysel Çalışmalarının Karşılaştırılması

V bükme deneyleri gerçekleşen Bakır, AISI 304 paslanmaz sac, EN10130 DC01 çelik sac levhaları malzeme, kalınlık, bükme radyüsünü karşılaştırılmak üzere Şekil 4.8’de 1 mm kalınlığında 2 mm bükme radyüsüne göre, Şekil 4.9’da 1 mm kalınlığında 4 mm bükme radyüsüne göre, Şekil 4.10’da 2 mm kalınlığında 2 mm bükme radyüsüne göre, Şekil 4.11’de 2 mm kalınlığında 4 mm bükme radyüsüne göre grafik olarak verilmiştir.



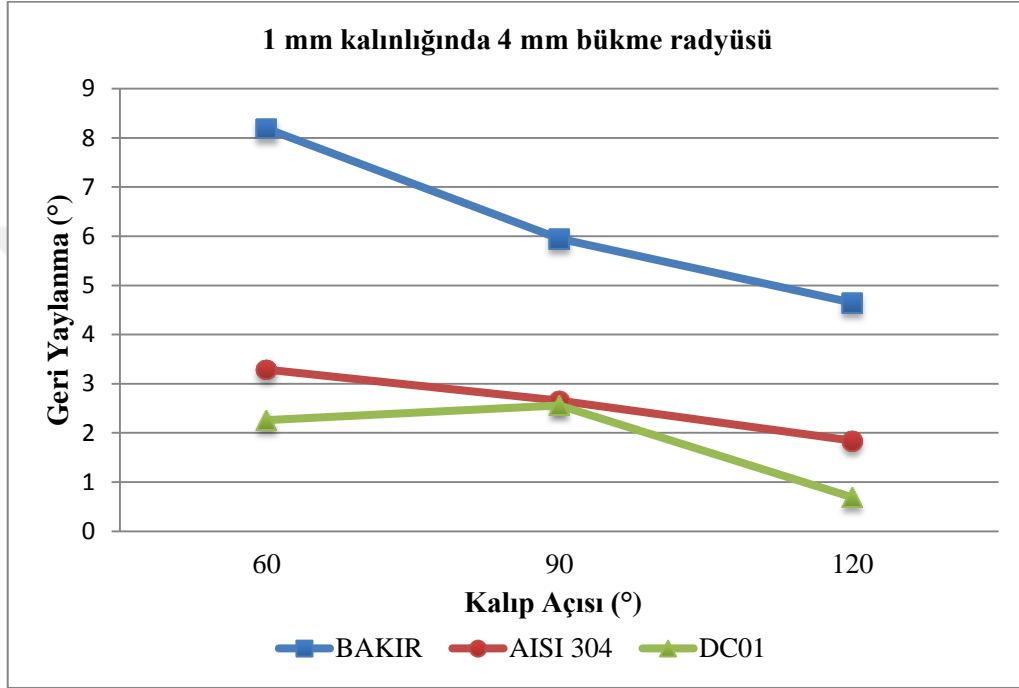
Şekil 4.8. Malzemelerin 1 mm kalınlığında ve 2 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği

Şekil 4.8’deki grafikte görüldüğü üzere deneyde kullanılan malzemelerin 1 mm kalınlığında 2 mm bükme radyüsüne göre maksimum geri yaylanma 60° Bakır sac levhada, minimum geri yaylanma ise 120° DC01 çelik sac levhada görülmektedir.

60° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (5,23°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (1,32°) olduğu görülmektedir.

90° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (2,54°) olduğu, en az geri yaylanma ise AISI 304 paslanmaz sac levhada (0,93°) olduğu görülmektedir.

120° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (2,43°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,60°) olduğu görülmektedir.



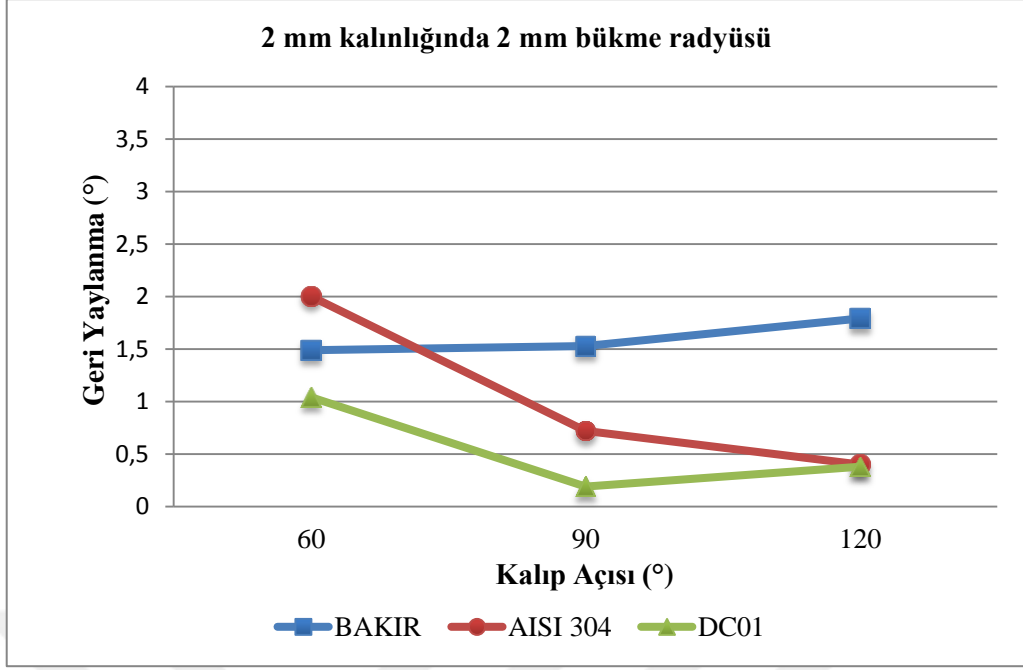
Şekil 4.9. Malzemelerin 1 mm kalınlığında ve 4 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği

Şekil 4.9'daki grafikte görüldüğü üzere deneyde kullanılan malzemelerin 1 mm kalınlığında 4 mm bükme radyüsüne göre maksimum geri yaylanma 60° Bakır sac levhada, minimum geri yaylanma ise 120° DC01 çelik sac levhada görülmektedir.

60° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (8,19°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (2,26°) olduğu görülmektedir.

90° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (5,95°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (2,56°) olduğu görülmektedir.

120° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (4,65°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,69°) olduğu görülmektedir.



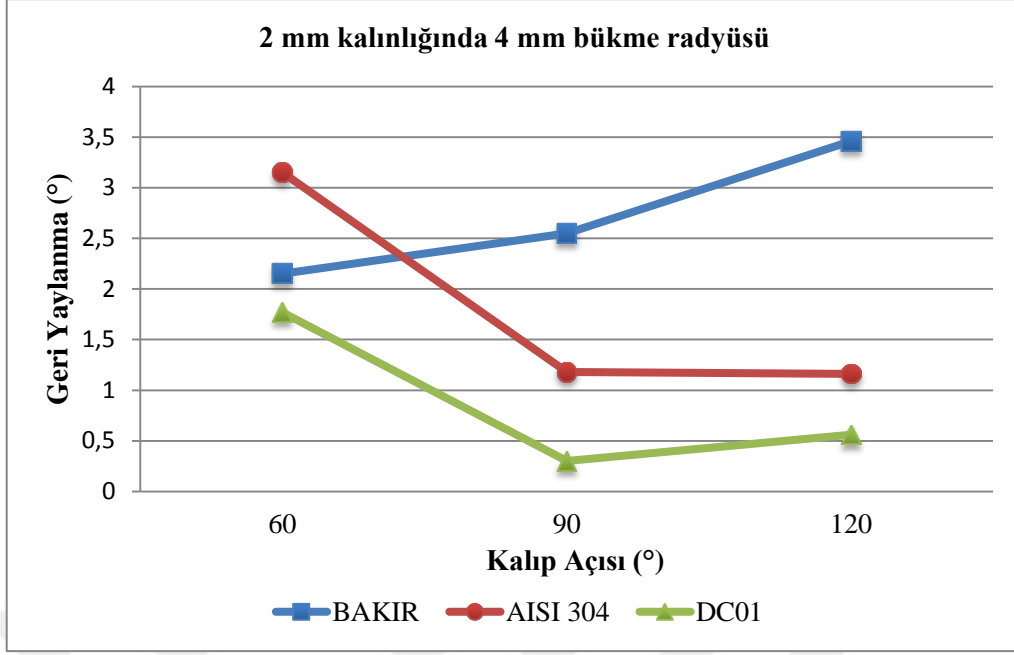
Şekil 4.10. Malzemelerin 2 mm kalınlığında ve 2 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği

Şekil 4.10'daki grafikte görüldüğü üzere deneyde kullanılan malzemelerin 2 mm kalınlığında 2 mm bükme radyüsüne göre maksimum geri yaylanma 60° AISI 304 paslanmaz sac levhada, minimum geri yaylanma ise 120° DC01 çelik sac levhada görülmektedir.

60° için en fazla geri yaylanma AISI 304 sac levhada (2,00°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (1,04°) olduğu görülmektedir.

90° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (1,53°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,19°) olduğu görülmektedir.

120° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (1,79°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,38°) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Malzemelerin 2 mm kalınlığında ve 4 mm bükme radyüsüne göre deneysel sonuçlarının geri yaylanma grafiği

Şekil 4.10'daki grafikte görüldüğü üzere deneyde kullanılan malzemelerin 2 mm kalınlığında 4 mm bükme radyüsüne göre maksimum geri yaylanma 120° Bakır sac levhada, minimum geri yaylanma ise 90° DC01 çelik sac levhada görülmektedir.

60° için en fazla geri yaylanma AISI 304 sac levhada (3,15°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (1,77°) olduğu görülmektedir.

90° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (2,55°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,30°) olduğu görülmektedir.

120° için en fazla geri yaylanma Bakır sac levhada (3,46°) olduğu, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada (0,56°) olduğu görülmektedir.

Şekil 4.8'den Şekil 4.11'e kadar olan grafiklerde görüldüğü üzere deneyde genellikle en fazla geri yaylanma Bakır sac levhasında görülmekte olup, en az geri yaylanma ise DC01 çelik sac levhada olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi akma mukavemetinden kaynaklanmaktadır. Bakır sac levha gibi akma mukavemetinin yüksek olduğu malzemelerin geri yaylanma miktarının artış gösterdiği, AISI 304 paslanmaz ve DC01 çelik sac levhalar gibi akma mukavemetinin düşük olduğu malzemelerde ise geri yaylanma miktarının azaldığı görülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, sac şekillendirme yöntemlerinden biri olan V bükme işlemi sonucunda meydana gelen geri yaylanma miktarının belirlenmesi için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda hadde yönüne dik doğrultuda (90°), ıstampanın sac levha üzerinde 2 saniye bekletilmesi, üç farklı bükme açısı (60°, 90° ve 120°), iki farklı kalınlık (1 mm, 2 mm) ve iki farklı bükme radyüsü (2 mm, 4 mm) kullanılarak AISI 304, EN 10130 DC01, Bakır sac levhaların geri yaylanma miktarları incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelere göre geri yaylanma miktarları farklılık göstermiştir. Bakır sac levhasının akma mukavemeti yüksek olduğu için geri yaylanma miktarı fazla olurken, DC01 çelik sac levhanın akma mukavemeti düşük olduğundan dolayı geri yaylanma miktarının daha az olduğu tespit edilmiştir.
2. Bakır, AISI 304 paslanmaz sac, DC01 çelik sac levhaların kalınlıklarının artması ile geri yaylanma miktarının azaldığı görülmektedir. Bu durumun sebebi bükme bölgesinde oluşan kalıntı gerilme değerinin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.
3. V bükme kalıp açılarının artmasıyla 1 mm Bakır, 1 mm ve 2 mm AISI 304 paslanmaz sac levhalarda geri yaylanma miktarının azaldığı tespit edilmiştir. DC01 çelik sac levhalarda ise bu durum 90° farklılık göstermiştir. Geri yaylanma miktarı, 1 mm DC01 çelik sac levhalarda en fazla olurken, 2 mm DC01 çelik sac levhalarda en az olduğu görülmektedir. 2 mm Bakır sac levhalarda ise kalıp açısının artmasıyla geri yaylanma miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Genel olarak kalıp açısının artması sonucunda geri yaylanma miktarının azalması sac levhaların bükme işlemi sonrasında dış yüzeylerindeki şekil değişimine uğrayan bölgelerin uzama miktarının azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4. Deneyleerde kullanılan 2 mm bükme radyüslü kalıplarda elde edilen geri yaylanma değerin 4 mm bükme radyüslü kalıplara göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Daha az bükme radyüsü olan kalıplarda ıstampı kuvveti, malzeme üzerinde daha büyük plastik deformasyon ve daha yüksek bölgesel gerinim yaratarak dar bir alanda yoğunlaştırır. Bu sebebden dolayı bükme radyüsünün azaldığı zaman kuvvet geniş bir plastik bölge boyunca yayılacağı için geri yaylanmayı azalttığı söylenebilir.
5. V bükme işlemleri öncesinde kalıp tasarımından yararlanılarak alt kalıp ve ıstampı arasındaki boşluk mesafesine göre stoper yerleştirilmesi, sac levhaları fazla bükme kuvveti ile deforme olmasından korumuş ve tüm parametrelerde aynı bükme kuvvetinin uygulanmasına yardımcı olmuştur. Deney sonrasında malzemelerde herhangi bir deforme ve çatlaklık görülmemiştir.

İlerleyen dönemlerde çalışmaya aşağıda bahsi geçen içeriklerde eklenerek araştırma kapsamının genişletilmesi planlanmaktadır.

1. ıstampı numune üzerinde bekletilerek farklı ütleme sürelerinde bükme işlemleri gerçekleştirilmesi,
2. Farklı kalıp açılarında anizotropinin geri yaylanma miktarına etkisi araştırılması,
3. Farklı yazılımlar kullanılarak deneysel yöntemle elde edilen verilerin sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen verilerle karşılaştırılması.

KAYNAKLAR

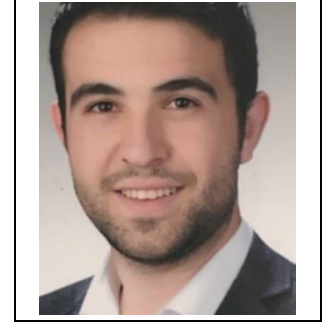
- Aslan, Y., 2014. Sıvı Basıncıyla V Bükme Prosesinde Geri Esnemenin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Ataşımşek, S., 1977. *Sac Kalıpları*, Bursa, Türkiye
- Ataşımşek, S., 2006. *Plastik ve Metal Kalıplılık Teknikleri*, 2. Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, Türkiye.
- Bakhshi, J.M., Rahmani B., Daezadeh V., Gorji A., 2008. The study of spring-back of CK67 steel sheet in V-Die and U-Die bending processes, *Materials and Design*, Faculty of Mechanical Engineering Babol University of Technology, Mazandaran, Iran, 30, 2410-2419.
- Boljanovic, V., 2004. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*, Industrial Press Inc., Madison Avenue, New York , ISBN 0-8311-3182-9
- Buang, MS., Abdullah, SA., Saedon, J., 2015. Effect of Die and Punch Radius on Springback of Stainless Steel Sheet Metal in The Air V-Die Bending Process, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 8, 1322-1331
- Chan, W.M., Chew, H.I., Lee, H.P., Cheok, B.T., 2004. Finite element analysis of spring-back of V-Bending sheet metal forming processes, *Journal of Materials Processing Technology*, 148, 15-24.
- Çapan, L., 1999. *Metallere Plastik Şekil Verme*, 3.baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, Türkiye.
- Çapan, L., 2010. *Metallere Plastik Şekil Verme*, 5.baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, Türkiye.
- Erişkin, Y., 1986. Uygulamalı Sac Metal Kalıp Konstrüksiyonu, Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Ankara, Türkiye, 73-126.
- Forcellese, A., Fratini, L., Gabrielli, F., Micari, F., 1998. The evaluation of springback in 3D stamping and coining processes, *Journal of Materials Processing Technology*, 80-81, 108-112.
- Gau, J.T., 1999. A study of the influence of the bausinger effect on springback in two-dimensional sheet metal forming, Phd Thesis, The Ohio State University, Columbus, OHIO, 42-52.
- Hosford, W. F., and Caddell, R. M., 1993. *Metal Forming: Mechanics and Metallurgy*, Prentice Hall, New Jersey, 42-45.

- Işıktaş, A., 2011. Farklı Kalınlıklardaki Dkp ve Paslanmaz Sacların Farklı Açılarda Yapılan V-bükme İşlemindeki Geri Yaylanmanın İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye.
- Kılıç, S., 2009. DP600 Çeliğinin Geri Esneme Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye.
- Leu, D. K., 1997. A simplified approach for evaluating bendability and springback in plastic bending of anisotropic sheet metals, *Journal of Materials Processing Technology*, 66, 9-17.
- Livatyalı, H., and Altan, T., 2001. Prediction and elimination of springback in straight flanging using computer aided design methods, *Journal of Materials Processing Technology*, 117, 262-268.
- Ötü, R., 2012. V Bükme Kalıplarında Alüminyum Alaşımli Sacların Şekillendirilmesi ve Geri Esneme Miktarlarının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
- Özdemir, A., 2010. Sac Metal Ürünlerde Geri Esneme Miktarının Deneysel ve Sonlu Elemanlarla Tespiti Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Özdemir, M., 2015. Sac Malzemenin Geri-İleri Esneme Miktarı ve Deformasyon İlişkisinin Deneysel ve Matematiksel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Özer, F., 2011. Geliştirilmiş Yüksek Mukavemetli Çeliklerde Şekil Verme Operasyonları Sonucu Oluşan Geri Yaylanmanın Doğru Tahmini ve Telafisi, Yüksek Lisans Tezi. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Panthi, S. K., Ramakrishnan N., 2007. An analysis of springback in sheet metal bending using finite element method (FEM), *Journal of Materials Processing Technology*, 180, 80-85.
- Sarıkaya, O.T., 2008. Analysis of heat treatment effect on springback in V- Bending, Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Schüler GmbH., 1998. *Metal Forming Handbook*, Springer, Berlin, 38-48.
- Şahin, Ç.Ö., 2013. Sac Levhaların V-Bükme Sonucu Geri Yaylanma Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Tekaslan, Ö., Gerger, N., Şeker., U., 2007. Bükme Kalıplarında 0.75 mm kalınlığındaki Çelik Sac Malzemenin Geri Esneme Miktarlarının Belirlenmesi ,*Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara , Türkiye, 13, 15-22.

- Tekaslan, Ö., Nedim, G., Şeker, U., 2008. V Bükme Kalıplarında Bakır Sac Malzemelerin Geri Esneme Miktarlarının Tespiti, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Ankara, Cilt 23, No 1, 231-238.
- Tekiner, Z., 2004. An experimental study on the examination of springback of sheet Metals with several thicknesses and properties in bending dies, *Journal of Materials Processing Technology*, 145, 109-117.
- Turan, S.E., 2009. Düz Kenar Bükme ve Döner Kalıpla Kenar Bükme İşlemlerinin Geri Yaylanma Üzerine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Uzun, İ. Erişkin, Y., 1997. Sac Metal Kalıpçılığı, *Milli Eğitim Yayınları*, Ankara, Türkiye, 253-286.
- Yu, H. Y., 2009. Variation of elastic modulus during plastic deformation and its influence on springback, *Materials and Design*, 30, 846-850.
- Zhang, D., Cui, Z., Chen, Z., Ruan, X., 2007. An analytical model for predicting sheet springback after V-bending, *Journal of Zhejiang University Science A*, 8(2), 237-244.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Levent SAYIN
Doğum Yeri ve Yılı : BURDUR 1993

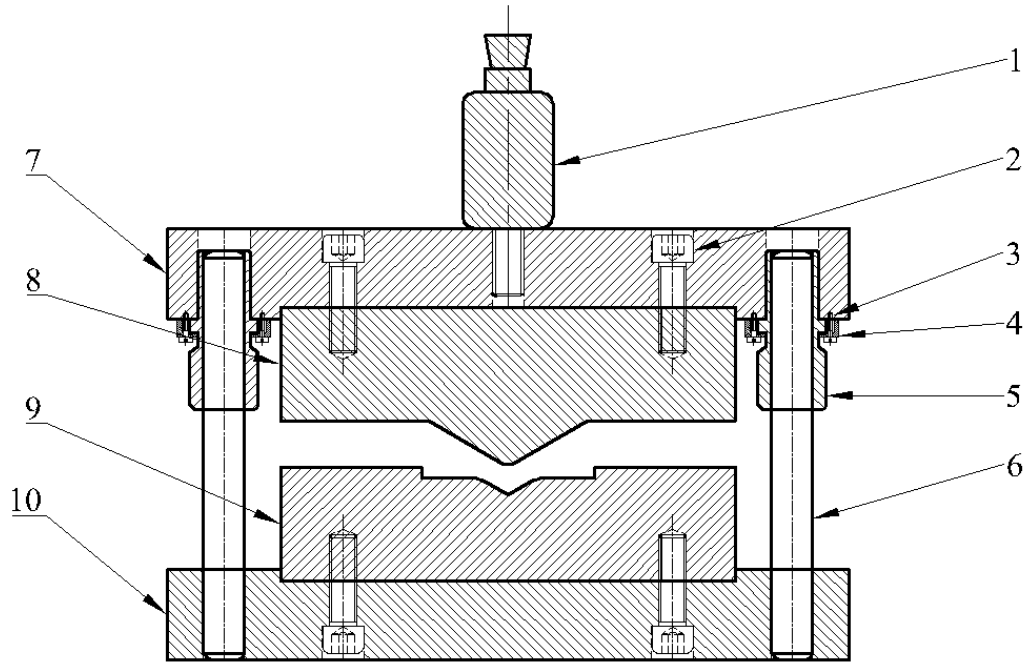


<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Burdur Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Makine Teknolojisi / Bilgisayarlı Makine İmalatı	2011
Lisans : İstanbul Arel Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü	2016
Yüksek Lisans :	

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
1- Sayın Makine Hidrolik ve Servis Ekipmanları Sanayi (Makine Teknikeri)	2011-2013
2- Te. Müc. Eğt. ve Tatb. Mrk Komutanlığı Merkez/Isparta (Makina Mühendisi Kontrolör)	2016-2017
3- Sayın Makine Hidrolik ve Servis Ekipmanları Sanayi (C sınıfı İsg Uzmanı)	2017-2019
4- AKE Asansör Yürüyen Merdiven ve Engelli Sistemleri (Yürüyen Merdiven Bölümü Proje Mühendisi)	2017-2019

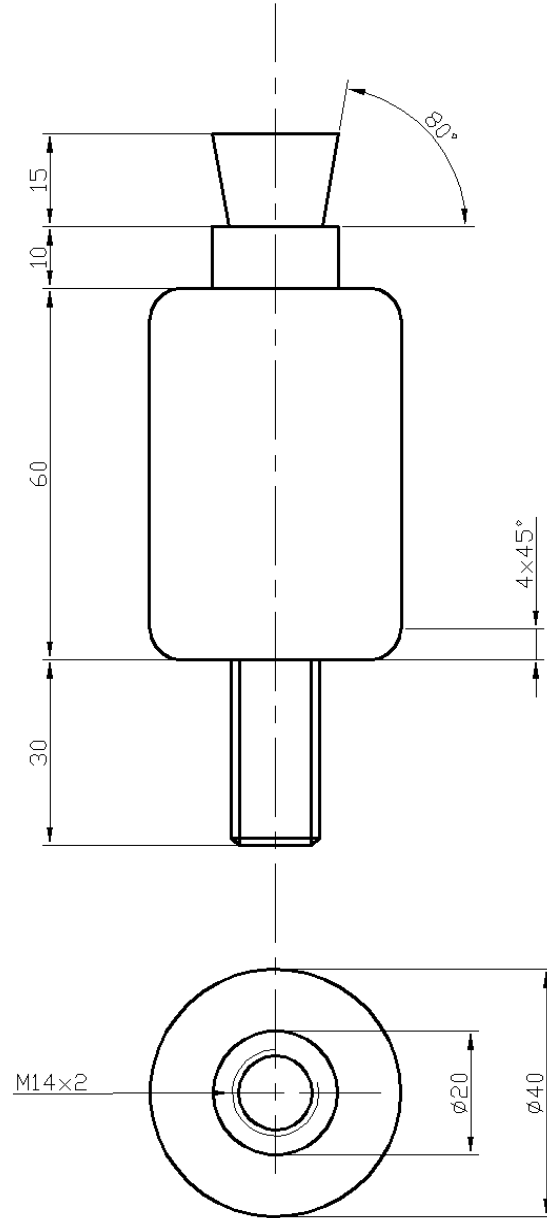
EKLER





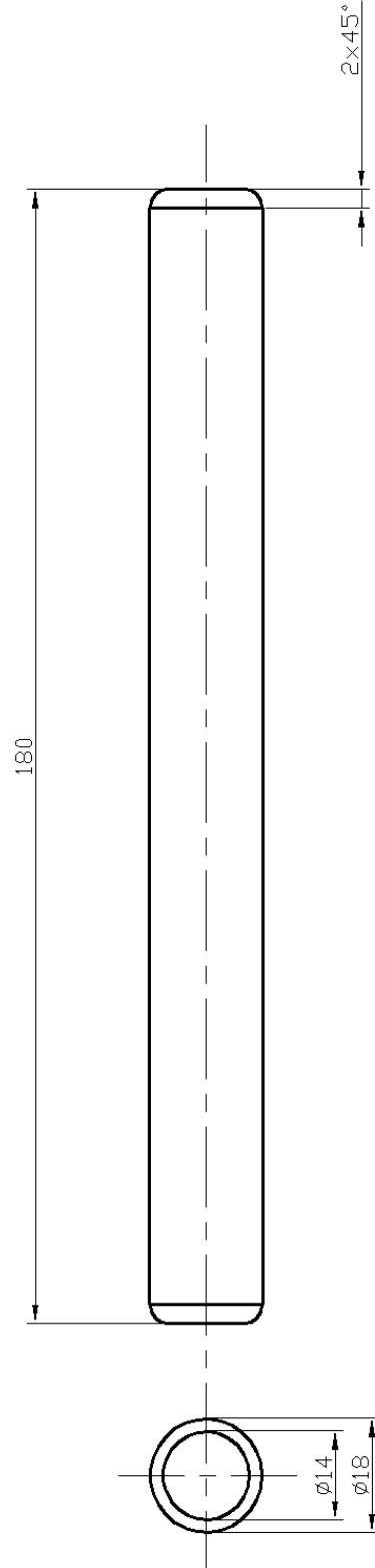
10	Alt Tabla	1	AISI 1050	K-01-15	İmalat
9	Alt Kalıp	1	AISI 1050	K-01-12	İmalat
8	İstampa	1	AISI 1050	K-01-06	İmalat
7	Üst Tabla	1	AISI 1050	K-01-05	İmalat
6	Mil	1	AISI 1045	K-01-04	İmalat
5	Burç	2	16 MnCr 5	K-01-03	Hazır
4	Burç Bağlama Pabucu	4	—	K-01-02	Hazır
3	İmbus Civata (M6 x 10mm)	4	DIN912	—	Hazır
2	İmbus Civata (M12 x 40mm)	4	DIN912	—	Hazır
1	Bağlama Mapası	1	S235JR	K-01-01	İmalat
Parça No	Parçanın Adı	Adet	Malzeme	Resim No	Açıklama
Fakülte No	Adı Soyadı	Tarih	BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		
1730108001	Levent SAYIN	05.10.2018			
V-Bükme Kalıbı			Kontrol	Pafta	
			Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	A4	

EK 1 - Şekil 3.1. V Bükme kalıbı montaj resmi



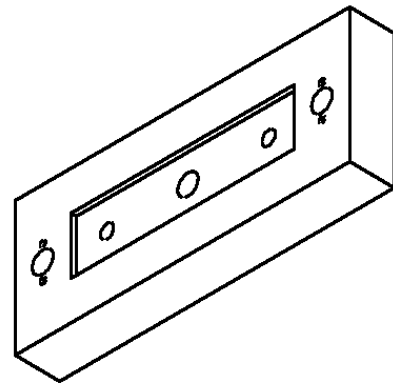
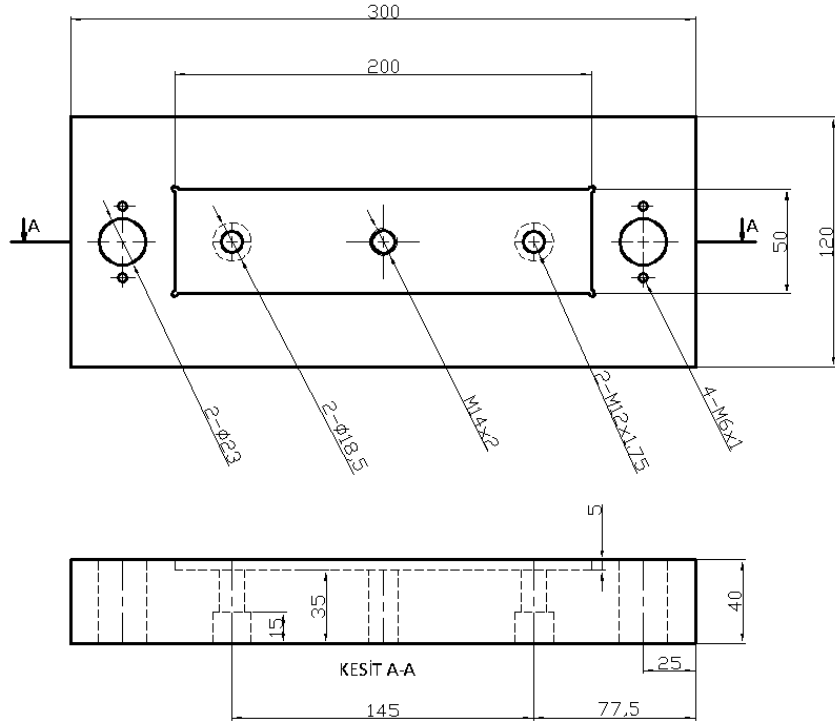
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-01	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1 / 1	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	S235JR			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	Bağlama Mapası					

EK 1 - Şekil 3.2. Bağlama Mapası teknik resmi



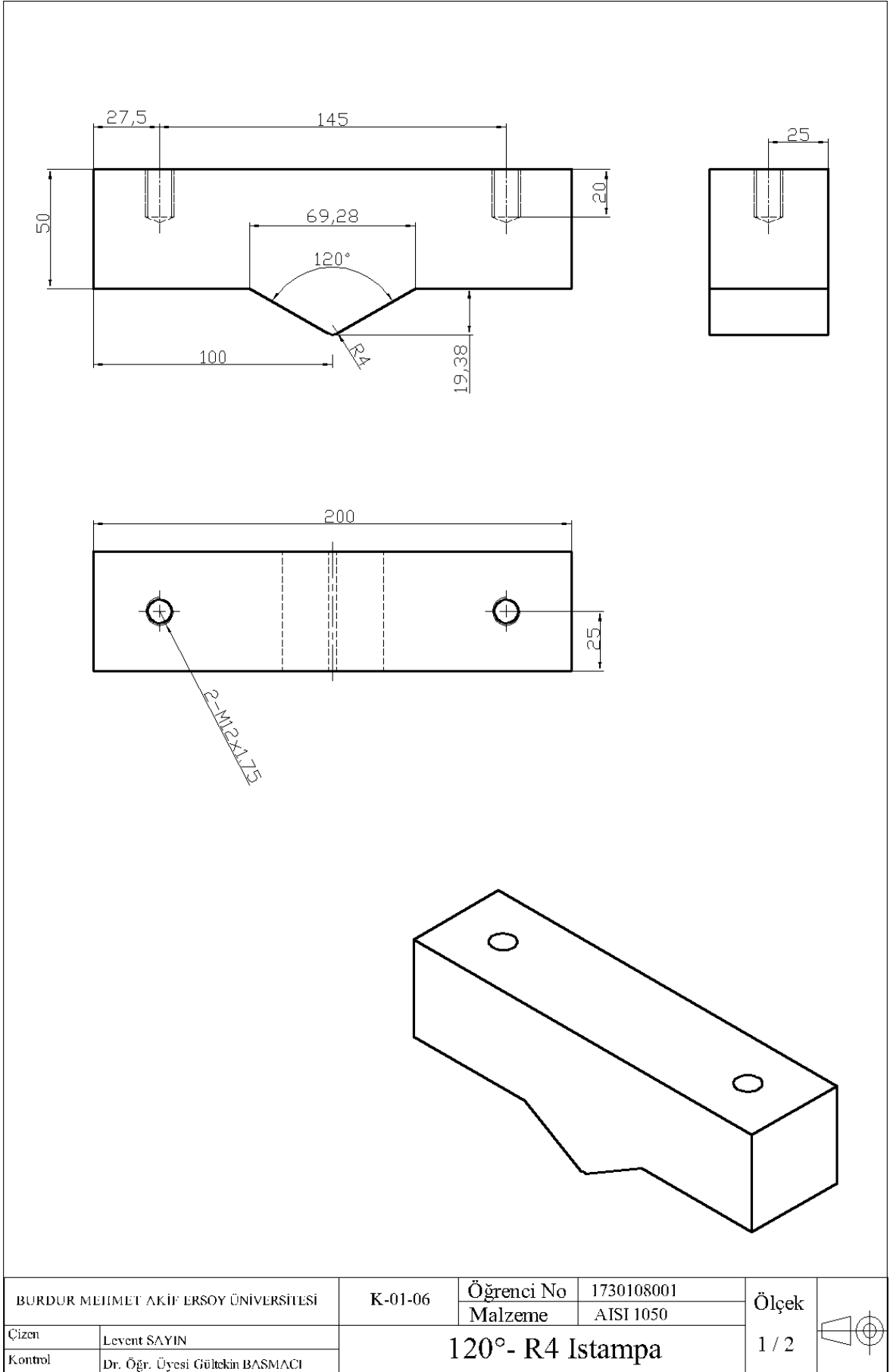
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-04	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1 / 1	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1045			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	Mil Ø16 x 180					

EK 1 - Şekil 3.3. Mil teknik resmi

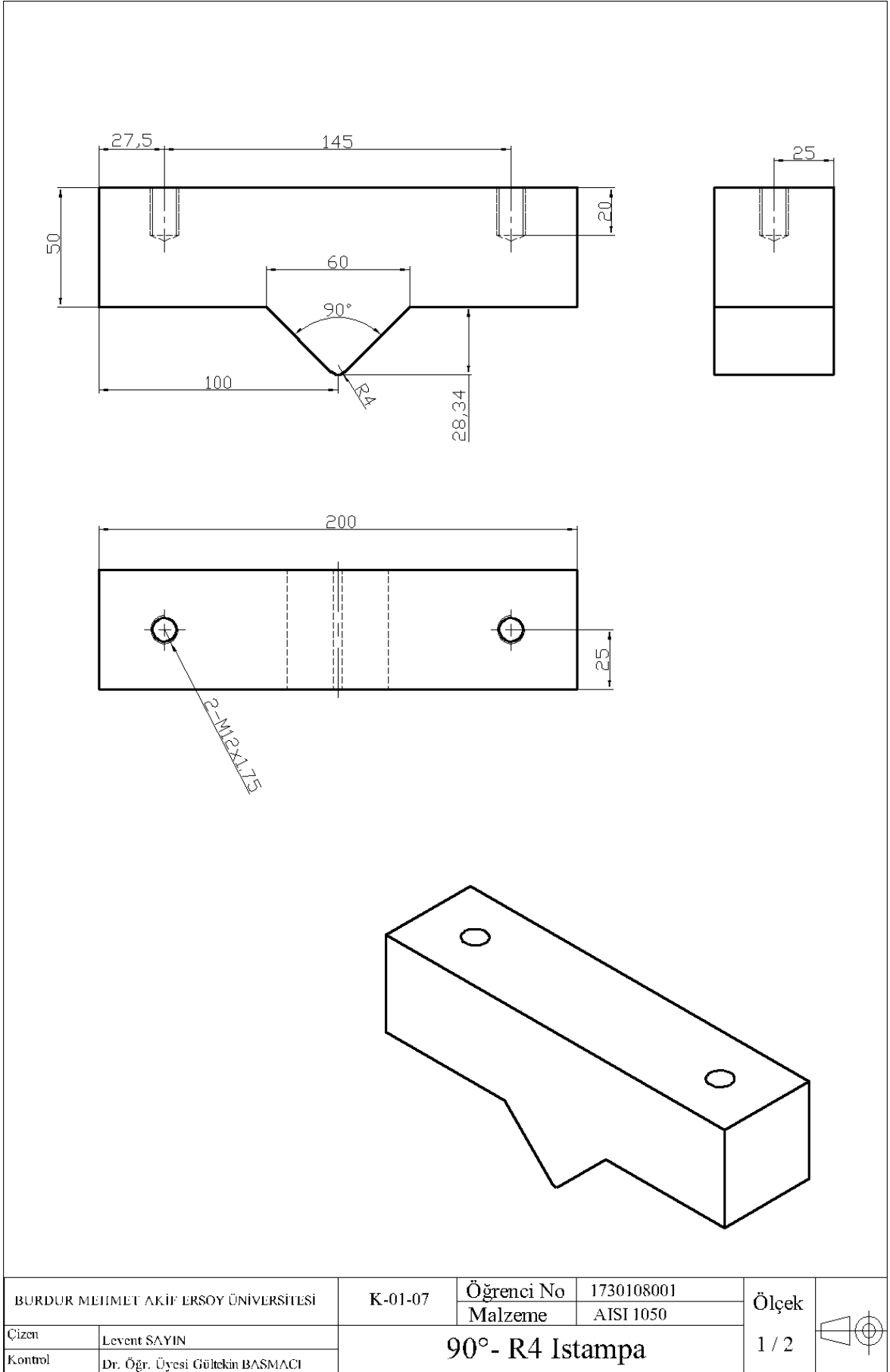


BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-05	Öğrenci No Malzeme	1730108001 AISI 1050	Ölçek 1 / 2	
Çizen	Levent SAYIN	Üst Tabla				
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI					

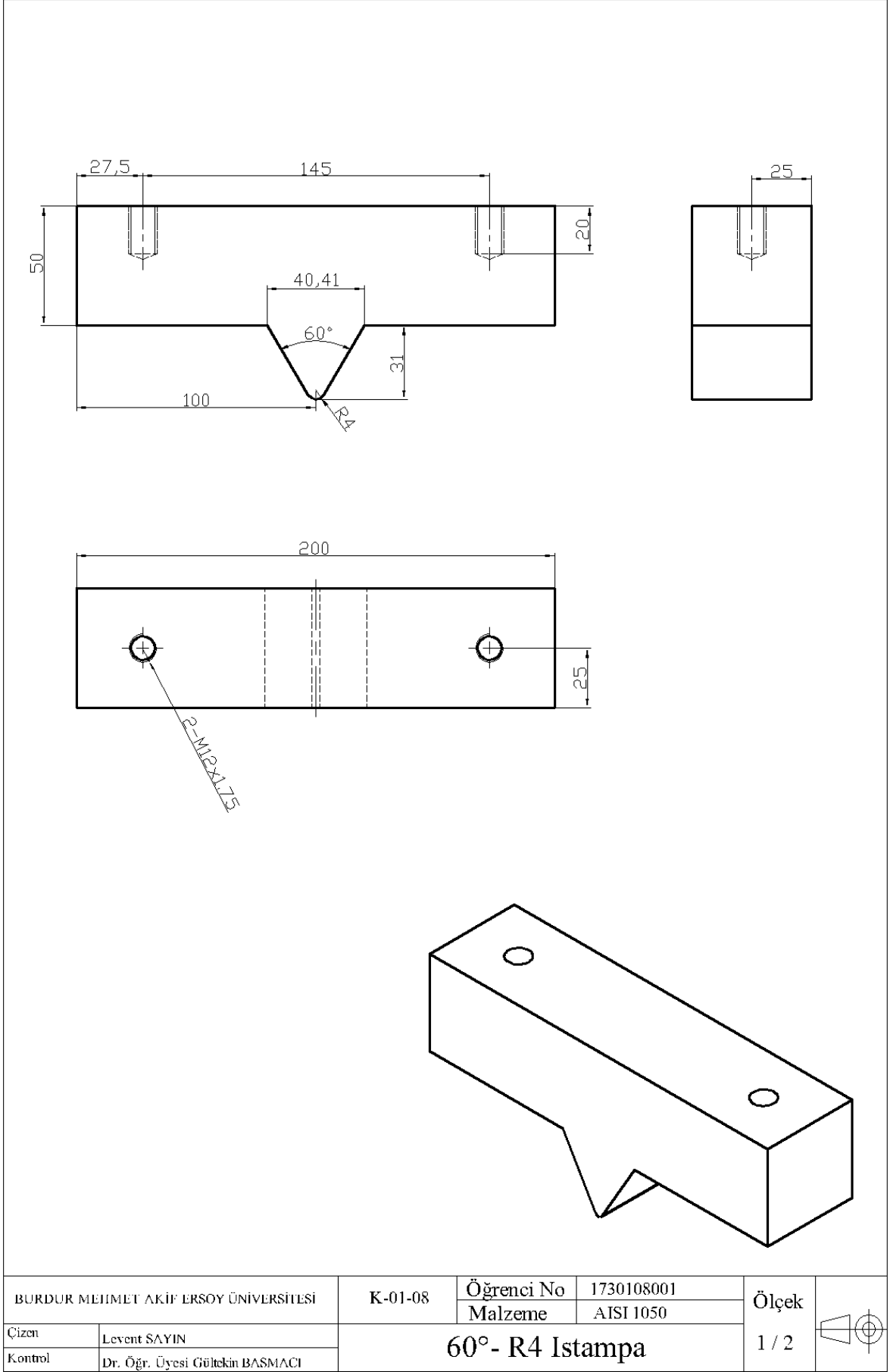
EK 1 - Şekil 3.4. Üst tabla teknik resmi



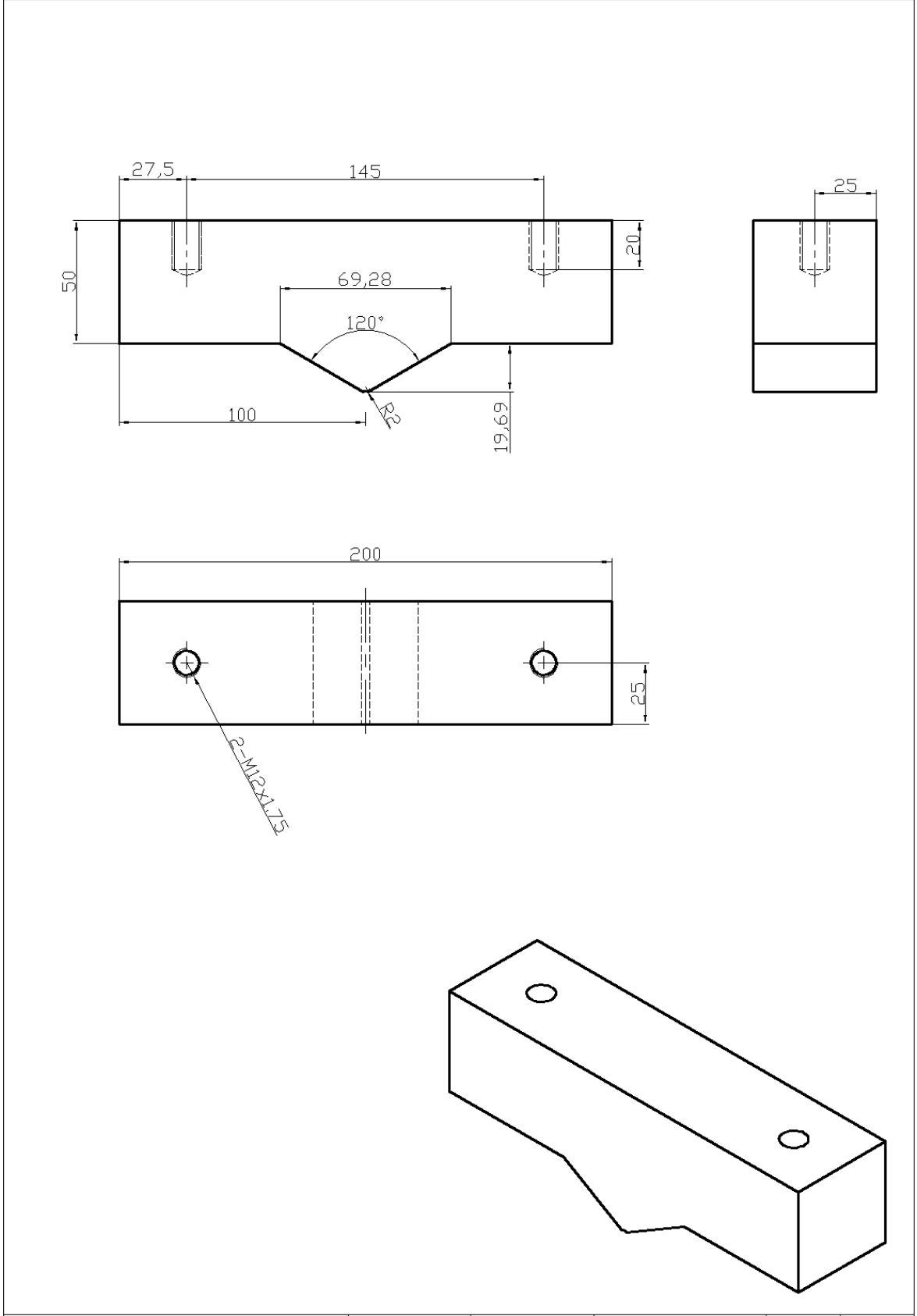
EK 1 - Şekil 3.5. 120°- R4 İstampa teknik resmi



EK 1 - Şekil 3.6. 90°- R4 Istampa teknik resmi

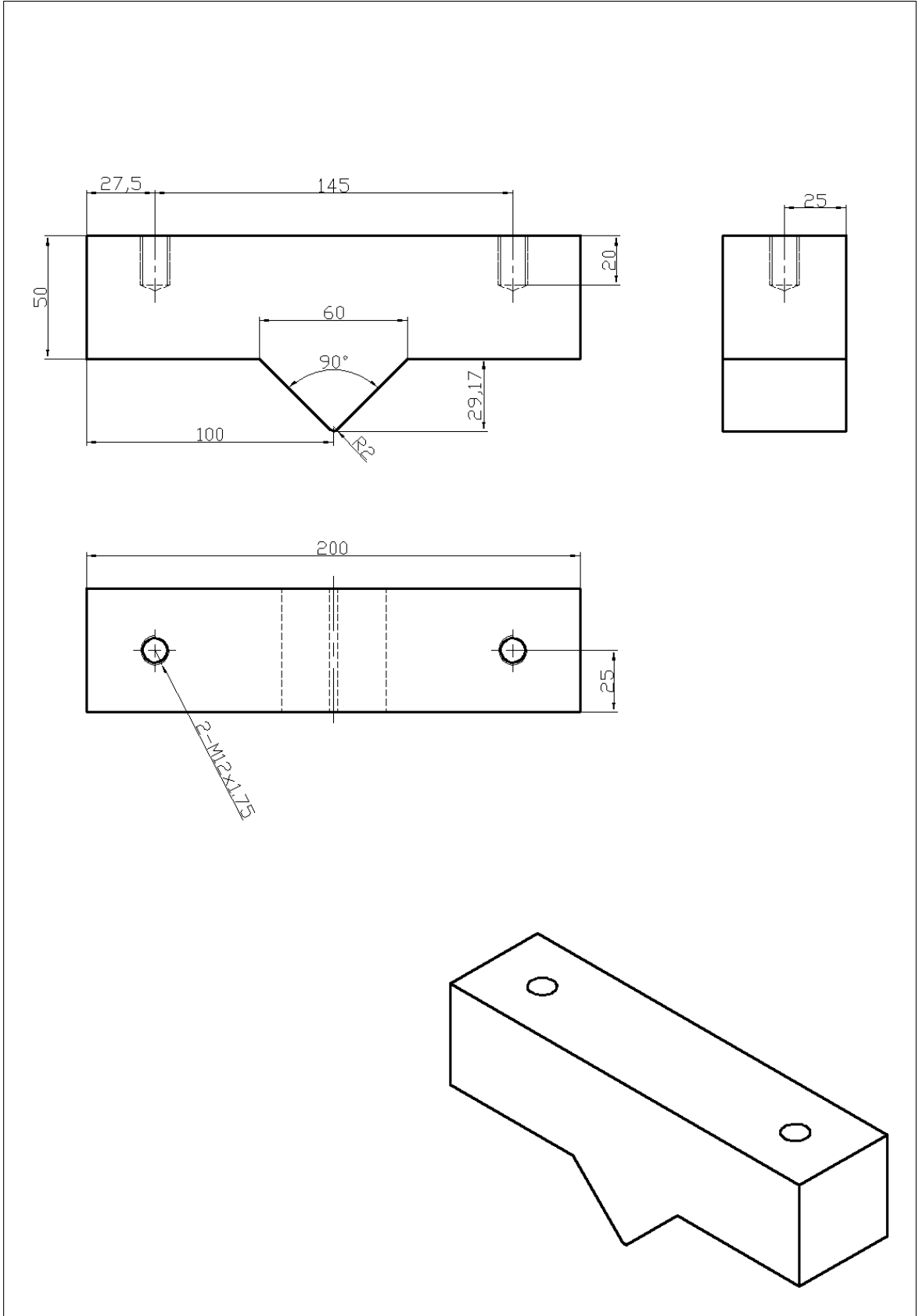


EK 1 - Şekil 3.7. 60°- R4 Istampa teknik resmi



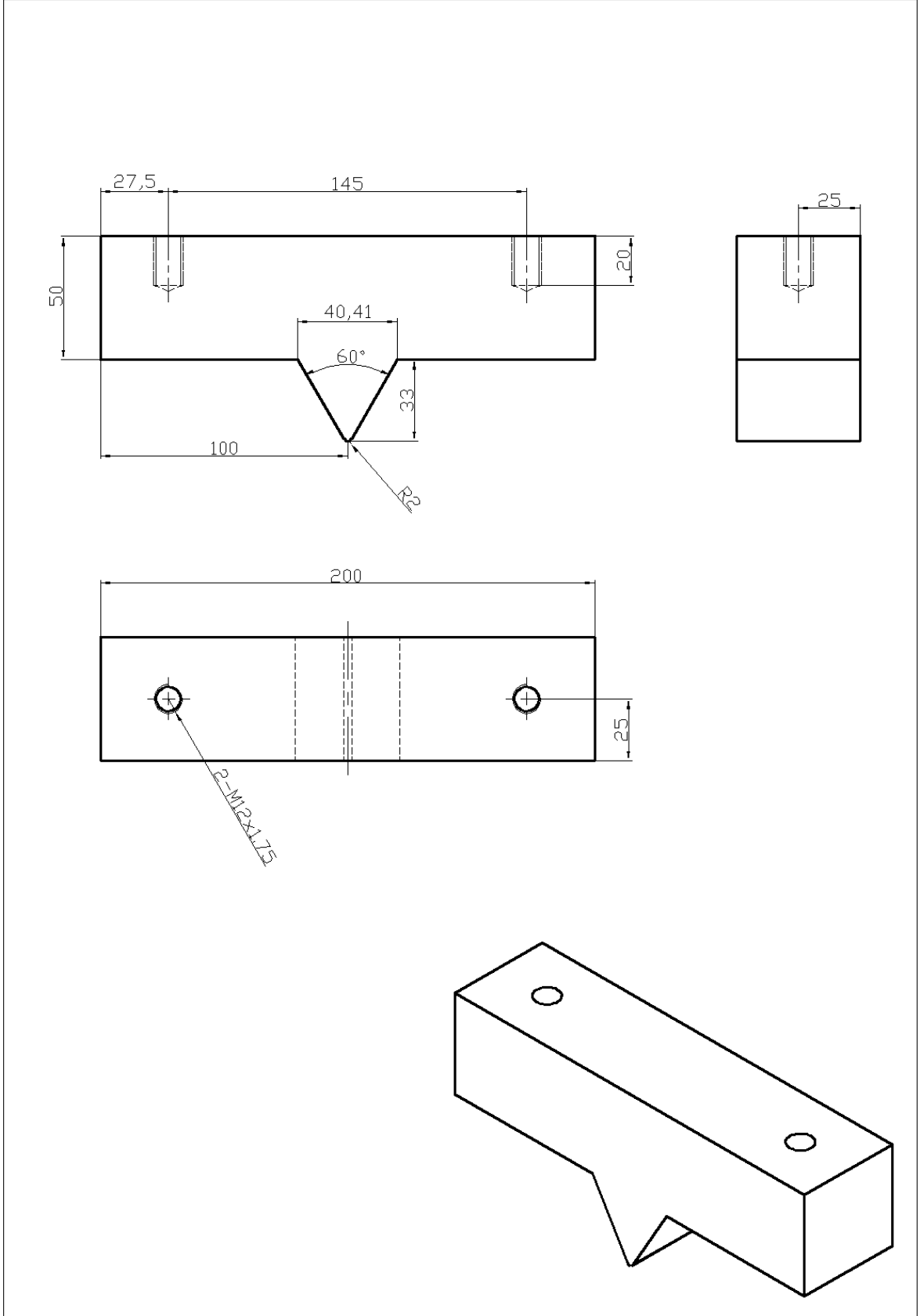
BURDUR MEHMET AKIF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-09	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	120°- R2 Istampa					


EK 1 - Şekil 3.8. 120°- R2 Istampa teknik resmi



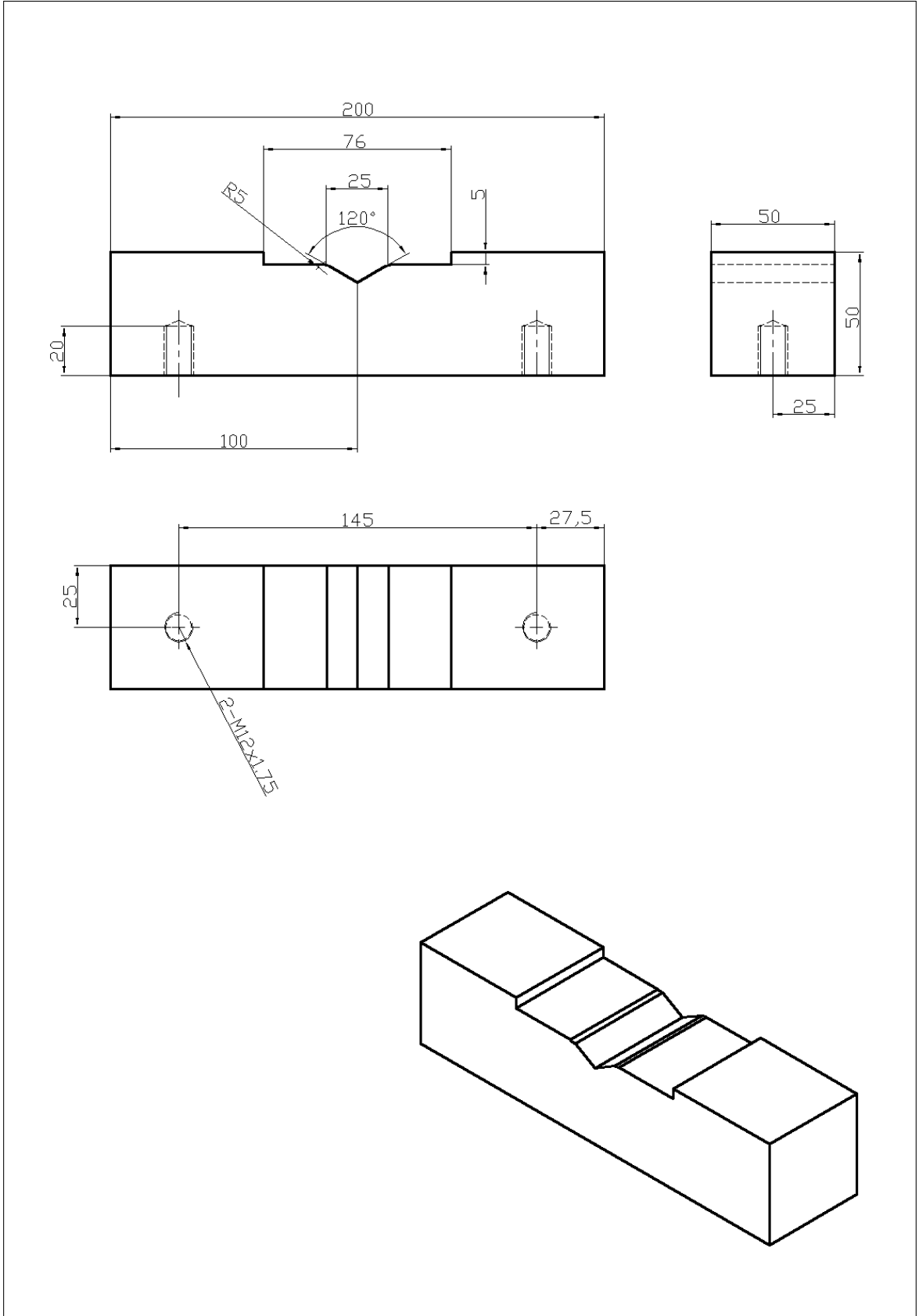
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-10	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	90°- R2 Istampa					

EK 1 - Şekil 3.9. 90°- R2 Istampa teknik resmi



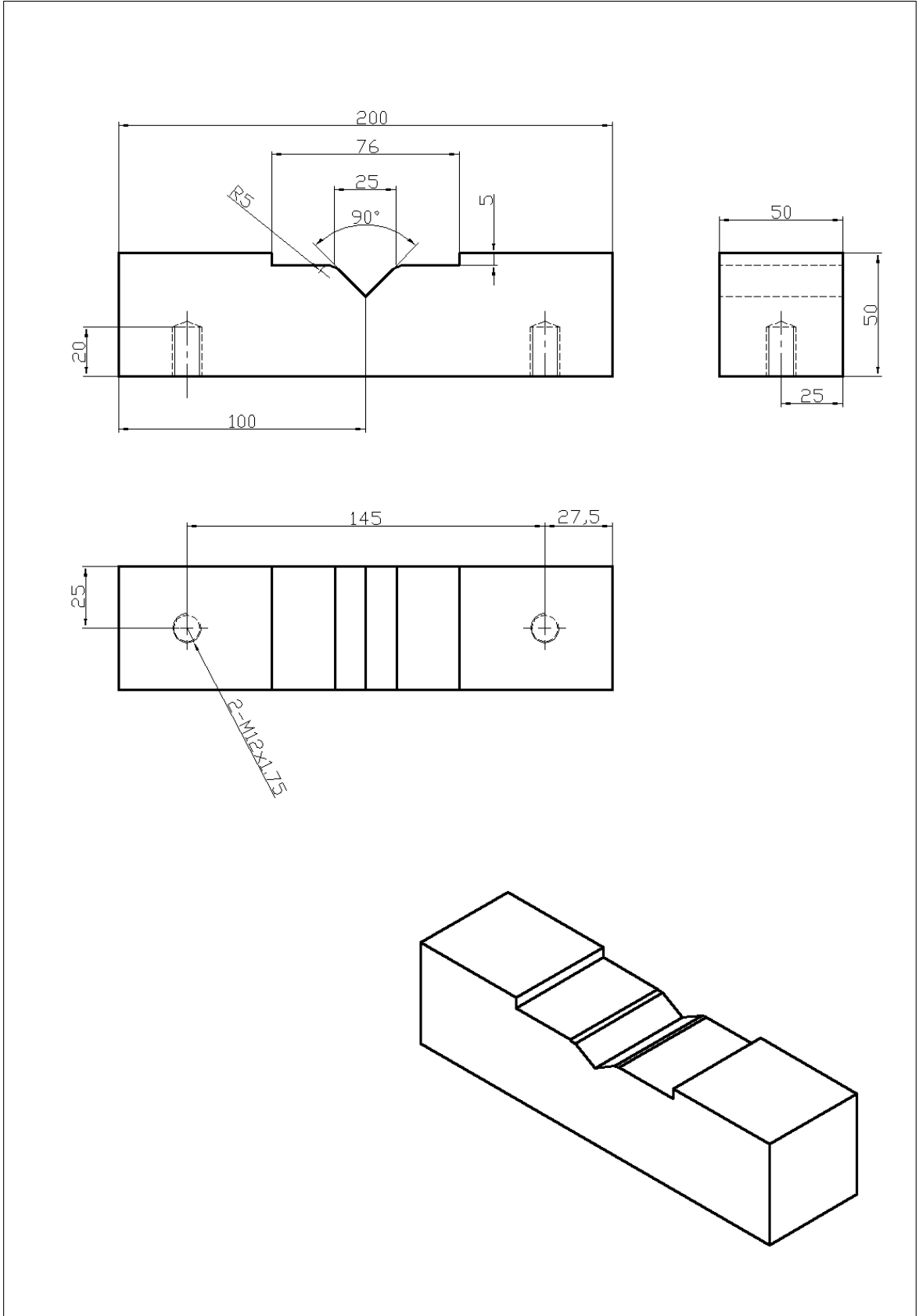
BURDUR MEHMET AKIF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-11	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	60°- R2 Istampa					

EK 1 - Şekil 3.10. 60°- R2 Istampa teknik resmi



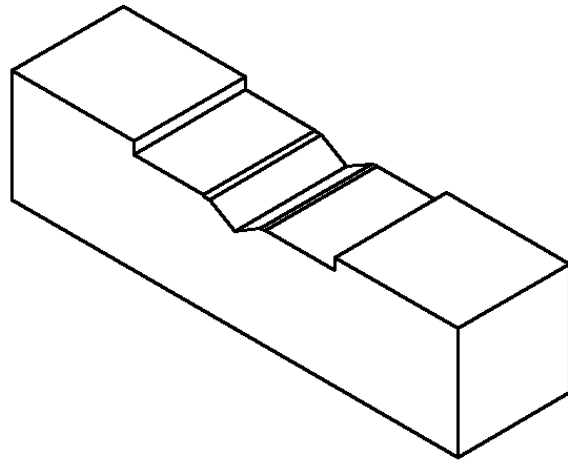
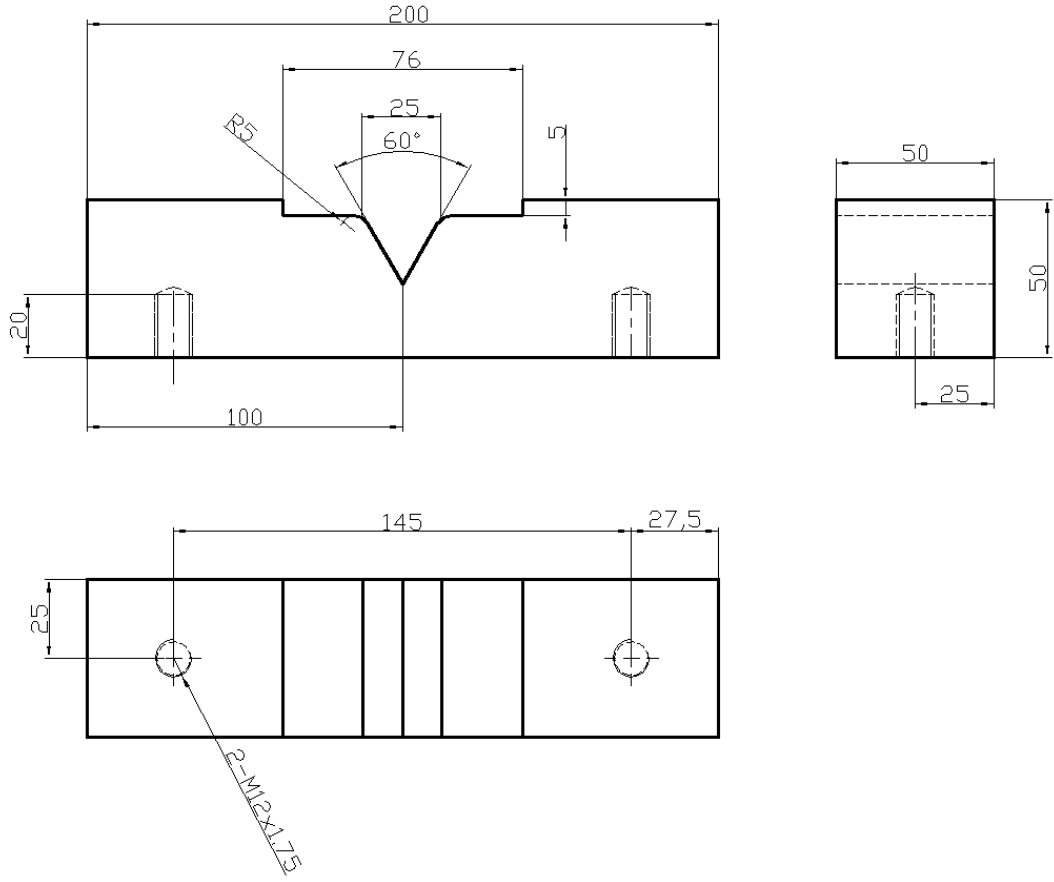
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-12	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	120° Alt kalıp					

EK 1 - Şekil 3.11. 120° Alt kalıp teknik resmi



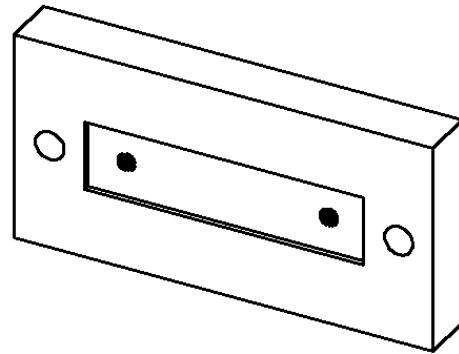
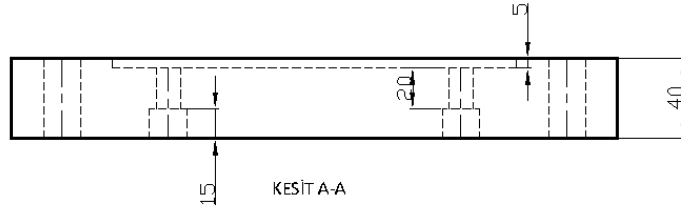
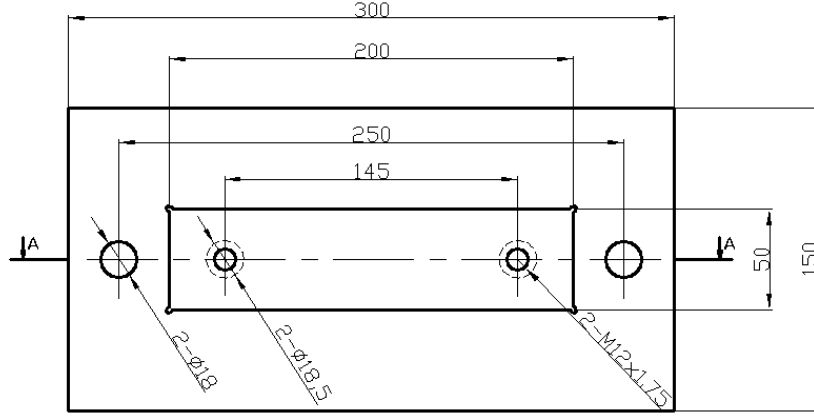
BURDUR MEHMET AKIF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-13	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	90° Alt Kalıp					

EK 1 - Şekil 3.12. 90° Alt kalıp teknik resmi



BURDUR MEHMET AKIF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-14	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	60° Alt kalıp					

EK 1 - Şekil 3.13. 60° Alt kalıp teknik resmi




BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ		K-01-15	Öğrenci No	1730108001	Ölçek	1/2	
Çizen	Levent SAYIN		Malzeme	AISI 1050			
Kontrol	Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI	Alt Tabla					

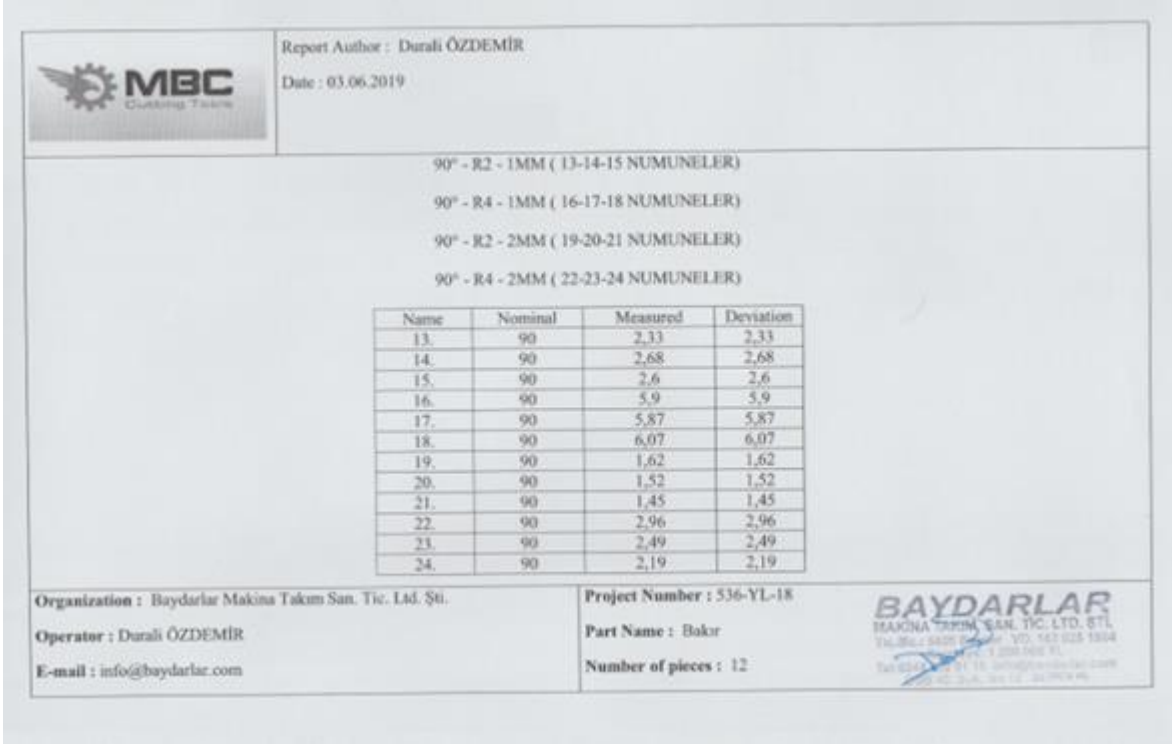
EK 1 - Şekil 3.14. Alt tabla teknik resmi

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019
	60° - R2 - 1MM (1-2-3 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (4-5-6 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (7-8-9 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (10-11-12 NUMUNELER) 90° - R2 - 1MM (13-14-15 NUMUNELER) 90° - R4 - 1MM (16-17-18 NUMUNELER) 90° - R2 - 2MM (19-20-21 NUMUNELER) 90° - R4 - 2MM (22-23-24 NUMUNELER) 120° - R2 - 1MM (25-26-27 NUMUNELER) 120° - R4 - 1MM (28-29-30 NUMUNELER) 120° - R2 - 2MM (31-32-33 NUMUNELER) 120° - R4 - 2MM (34-35-36 NUMUNELER)
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : Bakır Number of pieces : 36

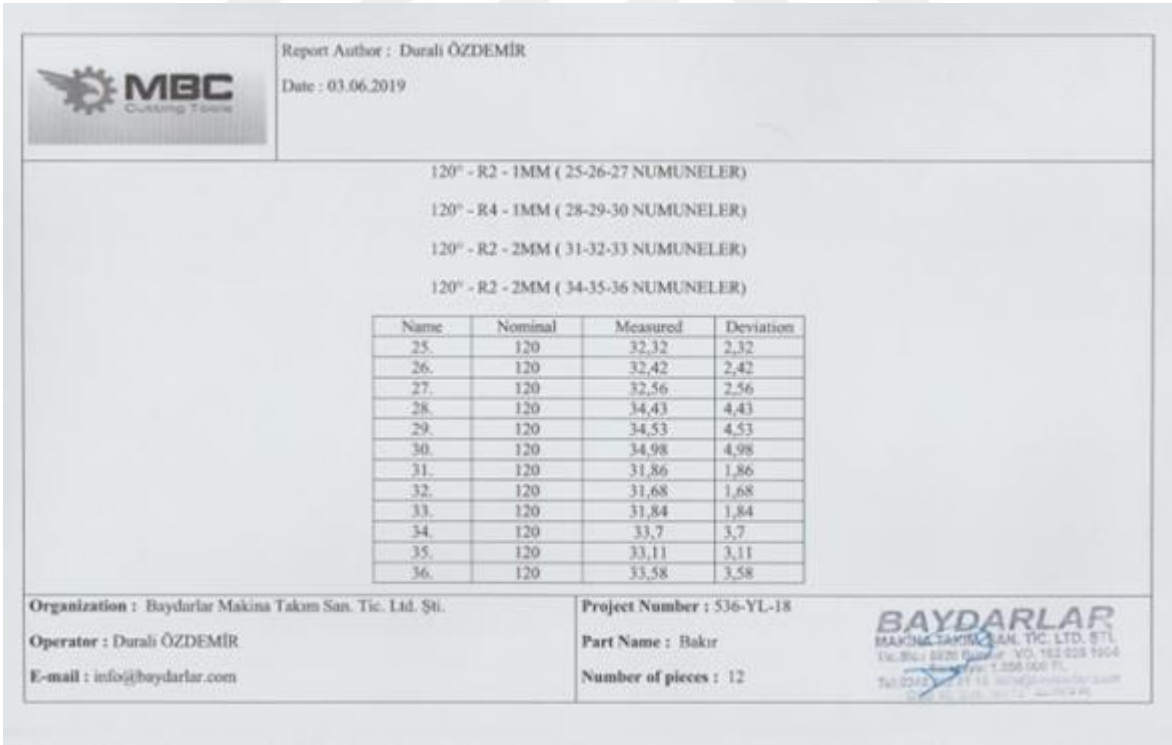
EK 2 - Şekil 3.15. Açılara göre Bakır ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019																																																				
	60° - R2 - 1MM (1-2-3 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (4-5-6 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (7-8-9 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (10-11-12 NUMUNELER)																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.</td><td>60</td><td>24,52</td><td>5,48</td></tr> <tr><td>2.</td><td>60</td><td>24,76</td><td>5,24</td></tr> <tr><td>3.</td><td>60</td><td>25,04</td><td>4,96</td></tr> <tr><td>4.</td><td>60</td><td>21,85</td><td>8,15</td></tr> <tr><td>5.</td><td>60</td><td>21,7</td><td>8,3</td></tr> <tr><td>6.</td><td>60</td><td>21,88</td><td>8,12</td></tr> <tr><td>7.</td><td>60</td><td>28,76</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>8.</td><td>60</td><td>28,63</td><td>1,37</td></tr> <tr><td>9.</td><td>60</td><td>28,14</td><td>1,86</td></tr> <tr><td>10.</td><td>60</td><td>27,75</td><td>2,25</td></tr> <tr><td>11.</td><td>60</td><td>27,79</td><td>2,21</td></tr> <tr><td>12.</td><td>60</td><td>28,02</td><td>1,98</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	1.	60	24,52	5,48	2.	60	24,76	5,24	3.	60	25,04	4,96	4.	60	21,85	8,15	5.	60	21,7	8,3	6.	60	21,88	8,12	7.	60	28,76	1,24	8.	60	28,63	1,37	9.	60	28,14	1,86	10.	60	27,75	2,25	11.	60	27,79	2,21	12.	60	28,02	1,98
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
1.	60	24,52	5,48																																																		
2.	60	24,76	5,24																																																		
3.	60	25,04	4,96																																																		
4.	60	21,85	8,15																																																		
5.	60	21,7	8,3																																																		
6.	60	21,88	8,12																																																		
7.	60	28,76	1,24																																																		
8.	60	28,63	1,37																																																		
9.	60	28,14	1,86																																																		
10.	60	27,75	2,25																																																		
11.	60	27,79	2,21																																																		
12.	60	28,02	1,98																																																		
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : Bakır Number of pieces : 12																																																				

EK 2 - Şekil 3.16. 60° Bakır ölçüm sonuçları





EK 2 - Şekil 3.17. 90° Bakır ölçüm sonuçları





EK 2 - Şekil 3.18. 120° Bakır ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019
	60° - R2 - 1MM (37-38-39 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (40-41-42 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (43-44-45 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (46-47-48 NUMUNELER) 90° - R2 - 1MM (49-50-51 NUMUNELER) 90° - R4 - 1MM (52-53-54 NUMUNELER) 90° - R2 - 2MM (55-56-57 NUMUNELER) 90° - R4 - 2MM (58-59-60 NUMUNELER) 120° - R2 - 1MM (61-62-63 NUMUNELER) 120° - R4 - 1MM (64-65-66 NUMUNELER) 120° - R2 - 2MM (67-68-69 NUMUNELER) 120° - R2 - 2MM (70-71-72 NUMUNELER)
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : AISI 304 Number of pieces : 36
	



EK 2 - Şekil 3.19. Açılara göre AISI 304 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019																																																				
	60° - R2 - 1MM (37-38-39 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (40-41-42 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (43-44-45 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (46-47-48 NUMUNELER)																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>37.</td><td>60</td><td>27,71</td><td>2,29</td></tr> <tr><td>38.</td><td>60</td><td>27,97</td><td>2,03</td></tr> <tr><td>39.</td><td>60</td><td>27,85</td><td>2,15</td></tr> <tr><td>40.</td><td>60</td><td>26,61</td><td>3,39</td></tr> <tr><td>41.</td><td>60</td><td>26,68</td><td>3,32</td></tr> <tr><td>42.</td><td>60</td><td>26,84</td><td>3,16</td></tr> <tr><td>43.</td><td>60</td><td>27,98</td><td>2,02</td></tr> <tr><td>44.</td><td>60</td><td>27,94</td><td>2,06</td></tr> <tr><td>45.</td><td>60</td><td>28,07</td><td>1,93</td></tr> <tr><td>46.</td><td>60</td><td>26,71</td><td>3,29</td></tr> <tr><td>47.</td><td>60</td><td>26,85</td><td>3,15</td></tr> <tr><td>48.</td><td>60</td><td>26,99</td><td>3,01</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	37.	60	27,71	2,29	38.	60	27,97	2,03	39.	60	27,85	2,15	40.	60	26,61	3,39	41.	60	26,68	3,32	42.	60	26,84	3,16	43.	60	27,98	2,02	44.	60	27,94	2,06	45.	60	28,07	1,93	46.	60	26,71	3,29	47.	60	26,85	3,15	48.	60	26,99	3,01
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
37.	60	27,71	2,29																																																		
38.	60	27,97	2,03																																																		
39.	60	27,85	2,15																																																		
40.	60	26,61	3,39																																																		
41.	60	26,68	3,32																																																		
42.	60	26,84	3,16																																																		
43.	60	27,98	2,02																																																		
44.	60	27,94	2,06																																																		
45.	60	28,07	1,93																																																		
46.	60	26,71	3,29																																																		
47.	60	26,85	3,15																																																		
48.	60	26,99	3,01																																																		
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : AISI 304 Number of pieces : 12																																																				
																																																					

EK 2 - Şekil 3.20. 60° AISI 304 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR																																																				
	Date : 03.06.2019																																																				
<p>90° - R2 - 1MM (49-50-51 NUMUNELER)</p> <p>90° - R4 - 1MM (52-53-54 NUMUNELER)</p> <p>90° - R2 - 2MM (55-56-57 NUMUNELER)</p> <p>90° - R4 - 2MM (58-59-60 NUMUNELER)</p>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>49.</td><td>90</td><td>0,97</td><td>0,97</td></tr> <tr><td>50.</td><td>90</td><td>0,86</td><td>0,86</td></tr> <tr><td>51.</td><td>90</td><td>0,95</td><td>0,95</td></tr> <tr><td>52.</td><td>90</td><td>2,65</td><td>2,65</td></tr> <tr><td>53.</td><td>90</td><td>2,63</td><td>2,63</td></tr> <tr><td>54.</td><td>90</td><td>2,69</td><td>2,69</td></tr> <tr><td>55.</td><td>90</td><td>0,67</td><td>0,67</td></tr> <tr><td>56.</td><td>90</td><td>0,62</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>57.</td><td>90</td><td>0,87</td><td>0,87</td></tr> <tr><td>58.</td><td>90</td><td>1,1</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>59.</td><td>90</td><td>1,24</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>60.</td><td>90</td><td>1,19</td><td>1,19</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	49.	90	0,97	0,97	50.	90	0,86	0,86	51.	90	0,95	0,95	52.	90	2,65	2,65	53.	90	2,63	2,63	54.	90	2,69	2,69	55.	90	0,67	0,67	56.	90	0,62	0,62	57.	90	0,87	0,87	58.	90	1,1	1,1	59.	90	1,24	1,24	60.	90	1,19	1,19
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
49.	90	0,97	0,97																																																		
50.	90	0,86	0,86																																																		
51.	90	0,95	0,95																																																		
52.	90	2,65	2,65																																																		
53.	90	2,63	2,63																																																		
54.	90	2,69	2,69																																																		
55.	90	0,67	0,67																																																		
56.	90	0,62	0,62																																																		
57.	90	0,87	0,87																																																		
58.	90	1,1	1,1																																																		
59.	90	1,24	1,24																																																		
60.	90	1,19	1,19																																																		
<p>Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti.</p> <p>Operator : Durali ÖZDEMİR</p> <p>E-mail : info@baydarlar.com</p>	<p>Project Number : 536-YL-18</p> <p>Part Name : AISI 304</p> <p>Number of pieces : 12</p>																																																				
																																																					



EK 2 - Şekil 3.21. 90° AISI 304 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR																																																				
	Date : 03.06.2019																																																				
<p>120° - R2 - 1MM (61-62-63 NUMUNELER)</p> <p>120° - R4 - 1MM (64-65-66 NUMUNELER)</p> <p>120° - R2 - 2MM (67-68-69 NUMUNELER)</p> <p>120° - R2 - 2MM (70-71-72 NUMUNELER)</p>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>61.</td><td>120</td><td>30,55</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>62.</td><td>120</td><td>30,88</td><td>0,88</td></tr> <tr><td>63.</td><td>120</td><td>30,66</td><td>0,66</td></tr> <tr><td>64.</td><td>120</td><td>31,87</td><td>1,87</td></tr> <tr><td>65.</td><td>120</td><td>31,85</td><td>1,85</td></tr> <tr><td>66.</td><td>120</td><td>31,8</td><td>1,8</td></tr> <tr><td>67.</td><td>120</td><td>30,4</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>68.</td><td>120</td><td>30,55</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>69.</td><td>120</td><td>30,26</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>70.</td><td>120</td><td>31,24</td><td>1,24</td></tr> <tr><td>71.</td><td>120</td><td>31,13</td><td>1,13</td></tr> <tr><td>72.</td><td>120</td><td>31,1</td><td>1,1</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	61.	120	30,55	0,55	62.	120	30,88	0,88	63.	120	30,66	0,66	64.	120	31,87	1,87	65.	120	31,85	1,85	66.	120	31,8	1,8	67.	120	30,4	0,4	68.	120	30,55	0,55	69.	120	30,26	0,26	70.	120	31,24	1,24	71.	120	31,13	1,13	72.	120	31,1	1,1
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
61.	120	30,55	0,55																																																		
62.	120	30,88	0,88																																																		
63.	120	30,66	0,66																																																		
64.	120	31,87	1,87																																																		
65.	120	31,85	1,85																																																		
66.	120	31,8	1,8																																																		
67.	120	30,4	0,4																																																		
68.	120	30,55	0,55																																																		
69.	120	30,26	0,26																																																		
70.	120	31,24	1,24																																																		
71.	120	31,13	1,13																																																		
72.	120	31,1	1,1																																																		
<p>Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti.</p> <p>Operator : Durali ÖZDEMİR</p> <p>E-mail : info@baydarlar.com</p>	<p>Project Number : 536-YL-18</p> <p>Part Name : AISI 304</p> <p>Number of pieces : 12</p>																																																				
																																																					


EK 2 - Şekil 3.22. 120° AISI 304 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019
	60° - R2 - 1MM (73-74-75 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (76-77-78 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (79-80-81 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (82-83-84 NUMUNELER) 90° - R2 - 1MM (85-86-87 NUMUNELER) 90° - R4 - 1MM (88-89-90 NUMUNELER) 90° - R2 - 2MM (91-92-93 NUMUNELER) 90° - R4 - 2MM (94-95-96 NUMUNELER) 120° - R2 - 1MM (97-98-99 NUMUNELER) 120° - R4 - 1MM (100-101-102 NUMUNELER) 120° - R2 - 2MM (103-104-105 NUMUNELER) 120° - R2 - 2MM (106-107-108 NUMUNELER)
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : EN 10130 DC01 Number of pieces : 36
	



EK 2 - Şekil 3.23. Açılara göre EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR Date : 03.06.2019																																																				
	60° - R2 - 1MM (73-74-75 NUMUNELER) 60° - R4 - 1MM (76-77-78 NUMUNELER) 60° - R2 - 2MM (79-80-81 NUMUNELER) 60° - R4 - 2MM (82-83-84 NUMUNELER)																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>73.</td><td>60</td><td>28,71</td><td>1,29</td></tr> <tr><td>74.</td><td>60</td><td>28,54</td><td>1,46</td></tr> <tr><td>75.</td><td>60</td><td>28,78</td><td>1,22</td></tr> <tr><td>76.</td><td>60</td><td>27,74</td><td>2,26</td></tr> <tr><td>77.</td><td>60</td><td>27,75</td><td>2,25</td></tr> <tr><td>78.</td><td>60</td><td>27,72</td><td>2,28</td></tr> <tr><td>79.</td><td>60</td><td>29,02</td><td>0,98</td></tr> <tr><td>80.</td><td>60</td><td>29,03</td><td>0,97</td></tr> <tr><td>81.</td><td>60</td><td>28,82</td><td>1,18</td></tr> <tr><td>82.</td><td>60</td><td>28,21</td><td>1,79</td></tr> <tr><td>83.</td><td>60</td><td>28,26</td><td>1,74</td></tr> <tr><td>84.</td><td>60</td><td>28,23</td><td>1,77</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	73.	60	28,71	1,29	74.	60	28,54	1,46	75.	60	28,78	1,22	76.	60	27,74	2,26	77.	60	27,75	2,25	78.	60	27,72	2,28	79.	60	29,02	0,98	80.	60	29,03	0,97	81.	60	28,82	1,18	82.	60	28,21	1,79	83.	60	28,26	1,74	84.	60	28,23	1,77
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
73.	60	28,71	1,29																																																		
74.	60	28,54	1,46																																																		
75.	60	28,78	1,22																																																		
76.	60	27,74	2,26																																																		
77.	60	27,75	2,25																																																		
78.	60	27,72	2,28																																																		
79.	60	29,02	0,98																																																		
80.	60	29,03	0,97																																																		
81.	60	28,82	1,18																																																		
82.	60	28,21	1,79																																																		
83.	60	28,26	1,74																																																		
84.	60	28,23	1,77																																																		
Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti. Operator : Durali ÖZDEMİR E-mail : info@baydarlar.com	Project Number : 536-YL-18 Part Name : EN 10130 DC01 Number of pieces : 12																																																				
																																																					

EK 2 - Şekil 3.24. 60° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR																																																				
	Date : 03.06.2019																																																				
<p>90° - R2 - 1MM (85-86-87 NUMUNELER)</p> <p>90° - R4 - 1MM (88-89-90 NUMUNELER)</p> <p>90° - R2 - 2MM (91-92-93 NUMUNELER)</p> <p>90° - R4 - 2MM (94-95-96 NUMUNELER)</p>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>85.</td><td>90</td><td>1,62</td><td>1,62</td></tr> <tr><td>86.</td><td>90</td><td>1,61</td><td>1,61</td></tr> <tr><td>87.</td><td>90</td><td>1,54</td><td>1,54</td></tr> <tr><td>88.</td><td>90</td><td>2,56</td><td>2,56</td></tr> <tr><td>89.</td><td>90</td><td>2,49</td><td>2,49</td></tr> <tr><td>90.</td><td>90</td><td>2,62</td><td>2,62</td></tr> <tr><td>91.</td><td>90</td><td>0,21</td><td>0,21</td></tr> <tr><td>92.</td><td>90</td><td>0,12</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>93.</td><td>90</td><td>0,23</td><td>0,23</td></tr> <tr><td>94.</td><td>90</td><td>0,22</td><td>0,22</td></tr> <tr><td>95.</td><td>90</td><td>0,29</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>96.</td><td>90</td><td>0,39</td><td>0,39</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	85.	90	1,62	1,62	86.	90	1,61	1,61	87.	90	1,54	1,54	88.	90	2,56	2,56	89.	90	2,49	2,49	90.	90	2,62	2,62	91.	90	0,21	0,21	92.	90	0,12	0,12	93.	90	0,23	0,23	94.	90	0,22	0,22	95.	90	0,29	0,29	96.	90	0,39	0,39
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
85.	90	1,62	1,62																																																		
86.	90	1,61	1,61																																																		
87.	90	1,54	1,54																																																		
88.	90	2,56	2,56																																																		
89.	90	2,49	2,49																																																		
90.	90	2,62	2,62																																																		
91.	90	0,21	0,21																																																		
92.	90	0,12	0,12																																																		
93.	90	0,23	0,23																																																		
94.	90	0,22	0,22																																																		
95.	90	0,29	0,29																																																		
96.	90	0,39	0,39																																																		
<p>Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti.</p> <p>Operator : Durali ÖZDEMİR</p> <p>E-mail : info@baydarlar.com</p>	<p>Project Number : 536-YL-18</p> <p>Part Name : EN 10130 DC01</p> <p>Number of pieces : 12</p>																																																				
																																																					

EK 2 - Şekil 3.25. 90° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları

	Report Author : Durali ÖZDEMİR																																																				
	Date : 03.06.2019																																																				
<p>120° - R2 - 1MM (97-98-99 NUMUNELER)</p> <p>120° - R4 - 1MM (100-101-102 NUMUNELER)</p> <p>120° - R2 - 2MM (103-104-105 NUMUNELER)</p> <p>120° - R2 - 2MM (106-107-108 NUMUNELER)</p>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Nominal</th> <th>Measured</th> <th>Deviation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>97.</td><td>120</td><td>30,64</td><td>0,64</td></tr> <tr><td>98.</td><td>120</td><td>30,61</td><td>0,61</td></tr> <tr><td>99.</td><td>120</td><td>30,56</td><td>0,56</td></tr> <tr><td>100.</td><td>120</td><td>30,77</td><td>0,77</td></tr> <tr><td>101.</td><td>120</td><td>30,66</td><td>0,66</td></tr> <tr><td>102.</td><td>120</td><td>30,64</td><td>0,64</td></tr> <tr><td>103.</td><td>120</td><td>30,42</td><td>0,42</td></tr> <tr><td>104.</td><td>120</td><td>30,27</td><td>0,27</td></tr> <tr><td>105.</td><td>120</td><td>30,44</td><td>0,44</td></tr> <tr><td>106.</td><td>120</td><td>30,62</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>107.</td><td>120</td><td>30,55</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>108.</td><td>120</td><td>30,52</td><td>0,52</td></tr> </tbody> </table>		Name	Nominal	Measured	Deviation	97.	120	30,64	0,64	98.	120	30,61	0,61	99.	120	30,56	0,56	100.	120	30,77	0,77	101.	120	30,66	0,66	102.	120	30,64	0,64	103.	120	30,42	0,42	104.	120	30,27	0,27	105.	120	30,44	0,44	106.	120	30,62	0,62	107.	120	30,55	0,55	108.	120	30,52	0,52
Name	Nominal	Measured	Deviation																																																		
97.	120	30,64	0,64																																																		
98.	120	30,61	0,61																																																		
99.	120	30,56	0,56																																																		
100.	120	30,77	0,77																																																		
101.	120	30,66	0,66																																																		
102.	120	30,64	0,64																																																		
103.	120	30,42	0,42																																																		
104.	120	30,27	0,27																																																		
105.	120	30,44	0,44																																																		
106.	120	30,62	0,62																																																		
107.	120	30,55	0,55																																																		
108.	120	30,52	0,52																																																		
<p>Organization : Baydarlar Makina Takım San. Tic. Ltd. Şti.</p> <p>Operator : Durali ÖZDEMİR</p> <p>E-mail : info@baydarlar.com</p>	<p>Project Number : 536-YL-18</p> <p>Part Name : EN 10130 DC01</p> <p>Number of pieces : 12</p>																																																				
																																																					

EK 2 - Şekil 3.26. 120° EN 10130 DC01 ölçüm sonuçları