

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

PLASTİK DEFORMASYON İLE CIVATA ÜRETİMİNDE
VİDA DIŞ PROFİLİNDE SERTLİK DEĞİŞİMİNE NEDEN
OLAN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİL İBRAHİM KÜÇÜKÖZEN

DENİZLİ, OCAK - 2025

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



PLASTİK DEFORMASYON İLE CIVATA ÜRETİMİNDE
VİDA DIŞ PROFİLİNDE SERTLİK DEĞİŞİMİNE NEDEN
OLAN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİL İBRAHİM KÜÇÜKÖZEN

DENİZLİ, OCAK - 2025

Bu tez çalışması Mitaş Cıvata tarafından desteklenmiştir.

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

Halil İbrahim KÜÇÜKÖZEN

ÖZET

**PLASTİK DEFORMASYON İLE CİVATA ÜRETİMİNDE VİDA DIŞ
PROFİLİNDE SERTLİK DEĞİŞİMİNE NEDEN OLAN
PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HALİL İBRAHİM KÜÇÜKÖZEN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ RECEP YURTSEVEN)
DENİZLİ, OCAK - 2025**

Bağlantı elemanları modern mühendislik uygulamalarında kritik bileşenlerdendir. Bağlantı elemanları günümüz teknolojisinde birçok farklı üretim yöntemi ile üretilmektedir. Bu bağlamda ISO 898-1:2013 standardı, bağlantı elemanlarının uluslararası bir referans noktasıdır. 10-30 °C arasında değişen ortam sıcaklıklarında civataların güvenli ve tutarlı performans aralıklarını belirler. Bu standart, bağlantı elemanlarının dayanıklılık, sertlik ve mekanik mukavemet gibi özellikleri tanımlayarak, kullanım alanlarına uygun üretim yapılmasını sağlar. Ancak üretim süreçlerinden kaynaklanan faktörler nedeni ile tam olarak istenen şartları sağlamak her zaman mümkün değildir. Özellikle ISO 898-1:2013 standardının istemiş olduğu 320-380 HV sertlik aralığı ile dış profilinin üst ve alt noktaları arasındaki sertlik farkının 30 HV olmasını sağlamak proste birçok değişikliğe gidilmesine neden olmaktadır. Tez çalışmasında, 42CrMo4+QT, 33MnCrB5-2+QT vb. hammaddelerden üretilen çeliklere dış profili oluşumu sonrası, dişlerdeki Vickers sertlik dağılımının standarda uygunluğu analiz edilmiştir. Dişlerde oluşan sertlik farkını etkileyen faktörler detaylı olarak incelenip standartın talep etmiş olduğu aralığa girmenin yolları aranmıştır. Çalışmada, 42CrMo4+QT, 33MnCrB5-2+QT, 34CrNiMo6 vb. hammaddeler teyit edilmiş ve deney 4 ana grup altında incelenmiştir. İlk grupta kesme ve ovalama proses farkları, ikinci ve üçüncü grupta makine parametreleri ve dördüncü grupta hammaddenin prosese etkileri araştırılmıştır. Numune parçalar üzerinde diş açma işlemi yapılarak hammadde, makine parametresi ve imalat türüne göre civataların dişlerindeki Vickers sertlik dağılımı ölçümleri belirlenmiştir. Plastik deformasyon yöntemi ile üretilen civatalarda standardın istediği tüm üretim prosesleri bittikten sonra diş üstü ve diş dişi sertlik farkının ISO 898-1:2013 standardına göre max. 30 HV ve diş sertlik aralığı 320-380 HV olması gerekmektedir (ISO 898-1, 2013). İmalat sonrası gözlenen bu sertlik farkına neden olan parametrelerin ve oluşan sertlik farkının nedenleri analiz edilmiştir. Standardın talep etmiş olduğu sertlik aralığına girilebilmesi için en uygun hammadde, makine parametreleri ve üretim yöntemi bu tezde irdelenip belirlenmiştir. Deneysel çalışmaların test sonuçları ISO/IEC 17025:2017 akredite laboratuvarında elde edilmiştir. Deney sonuçlarına göre ISO 898-1:2013 standardının belirtmiş olduğu sertlik aralığına girilebilmesi için en etkili parametrenin hammadde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan test aşamalarında 33MnCrB5-2+QT hammadde ile belirtilen standart aralığa girilebildiği gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Civata, Plastik Deformasyon, Dış Profili, Sertlik, Mukavemet, Gerinim Sertleşmesi, Dislokasyonlar.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS CAUSING HARDNESS CHANGE IN SCREW THREAD PROFILE IN BOLT PRODUCTION WITH PLASTIC DEFORMATION

MSC THESIS

HALİL İBRAHİM KÜÇÜKÖZEN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:DR. ÖĞR. ÜYESİ RECEP YURTSEVEN)

DENİZLİ, JANUARY 2025

Fasteners are critical components in modern engineering applications. Fasteners are produced with many different production methods in today's technology. In this context, the ISO 898-1:2013 standard is an international reference point for fasteners. It specifies safe and consistent performance ranges for bolts at ambient temperatures ranging from 10-30 °C. This standard defines the properties of fasteners, such as durability, hardness and mechanical strength, and ensures production in accordance with the areas of use. In particular, ensuring that the hardness difference between the upper and lower points of the tooth profile is 30 HV with the hardness range of 320-380 HV required by the ISO 898-1:2013 standard causes many changes in the process. In this thesis, the conformity of the Vickers hardness distribution in the teeth to the standard was analyzed after tooth profile formation on steels produced from raw materials such as 42CrMo4+QT, 33MnCrB5-2+QT etc. The factors affecting the hardness difference in the teeth were examined in detail and ways to enter the range required by the standard were sought. In the study, 42CrMo4+QT, 33MnCrB5-2+QT, 34CrNiMo6 etc. raw materials were confirmed and the experiment was analyzed under 4 main groups. In the first group, cutting and rolling process differences, in the second and third groups, machine parameters and in the fourth group, the effects of the raw material on the process were investigated. Vickers hardness distribution measurements on the threads of the bolts were determined according to the raw material, machine parameter and manufacturing type by threading on the sample parts. In bolts produced by plastic deformation method, after all the production processes required by the standard are completed, the hardness difference between the top and bottom of the thread should be max. 30 HV and the thread hardness range should be 320-380 HV according to ISO 898-1:2013 standard. The parameters that cause this hardness difference observed after manufacturing and the reasons for the hardness difference were analyzed. The test results of the experimental studies were obtained in ISO/IEC 17025:2017 accredited laboratory. According to the test results, it was determined that the most effective parameter to enter the hardness range specified by the ISO 898-1:2013 standard is the raw material. In the test stages, it was observed that 33MnCrB5-2+QT raw material was able to enter the specified standard range.

KEYWORDS: Bolt, Plastic Deformation, Thread Profile, Hardness, Strength, Strain Hardening, Dislocations.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. BAĞLANTI ELEMANLARI	2
2.1 Cıvataların Genel Tarihçesi.....	2
2.2 Cıvata ve Vida Arasındaki Farklar	3
2.3 Bağlantı Elemanları ve Ölçü Birimleri.....	4
2.3.1 Somun	5
2.3.2 Rondelalar	7
3. BAĞLANTI ELEMANLARINDA İMALAT YÖNTEMİ	8
3.1 Soğuk Dövme	8
3.2 Sıcak Dövme	10
3.3 Mekanik İmalat.....	10
4. BAĞLANTI ELEMANLARI DIŞ AÇMA YÖNTEMLERİ	11
4.1 Kesme Yöntemi ile Diş Açma.....	11
4.2 Ovalama Yöntemi ile Diş Açma	12
4.3 Diş Profili Oluşturmada Ovalama ve Kesme Yöntemi Farkları.....	13
4.3.1 Ovalama ve Kesme Yönteminde Diş Açma Çapı.....	14
5. BAĞLANTI ELEMANLARINDA KALİTE TEST AŞAMALARI	15
5.1 Giriş Kalite Kontrol.....	15
5.1.1 Spektral (Kimyasal) Analiz	15
5.1.2 Mekanik Testler	16
5.1.3 Mikro Yapı Testleri	18
5.2 İmalat Aşamasında Kalite Kontrol	18
5.2.1 Boyutsal Kontroller.....	18
5.3 Isıl İşlem Sonrası Mekanik Testler.....	19
5.3.1 Çekme Testi	19
5.3.2 Sertlik Testi.....	20
5.4 Yüzey Kalitesi ve Kaplama Testleri.....	20
6. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
6.1 Numune Hazırlama Süreci	21
6.1.1 Şerit Testere Tezgahı ile Numune Kesilmesi	21
6.1.2 Üniversal Torna Tezgahı ile Numune Hazırlanması	22
6.1.3 Üniversal Freze Tezgahı ile Numune Hazırlanması	22
6.1.4 Üniversal Taşlama Tezgahı ile Numune Hazırlanması	23
6.1.5 Ovalama Tezgahı İle Numune Hazırlanması.....	23
6.2 Giriş Kalite Kontrol.....	24
6.2.1 Çekme Deneyi.....	24
6.2.1.1 Çekme Deneyi Numunelerin Uzama ve Kesit Daralması	
Ölçümleri.....	27

6.2.2	Darbe Deneyi (Charpy Vurma Deneyi)	29
6.2.2.1	Darbe Numunesi Boyutsal Kontrolü	31
6.2.3	Kimyasal Analiz Deneyi (Spektral Analiz)	32
6.3	İmalat Yöntemi ve İmalat Sonrası Kalite Kontrol	33
6.3.1	Kesme Yöntemi ile İmalat	33
6.3.2	Ovalama Yöntemi ile İmalat	33
6.3.2.1	Ovalama Yöntemi ile İmalatta Proses Değişkenleri	38
6.3.3	İmalat Sonrası Profil Projeksiyon ile Dış Kontrolü	39
6.3.4	İmalat Sonrası Metalografi Numunesi Hazırlanması	42
6.3.4.1	Numune Alma İşlemi	42
6.3.4.2	Kesme ve Bakalit Cihazı ile Numune Hazırlanması	43
6.3.4.3	Zımparalama ve Parlatma Cihazı ile Numune Hazırlanması ..	49
6.3.5	Metalografi Numunesi Hazırlanması Sonrası Vickers Sertlik Ölçümü	56
7.	BULGULAR	59
7.1	Hammadde Kalite Test Sonuçları	60
7.1.1	Çekme Test Sonuçları	60
7.1.2	Darbe Test Sonuçları	62
7.1.3	Kimyasal (Spektral) Analiz Test Sonuçları	63
7.2	Vickers Sertlik Test Sonuçları	65
7.2.1	Kesme ve Ovalama Yöntemi ile Dış Açma Sertlik Dağılımı	65
7.2.2	Tezgah Devri Değişkene Bağlı Sertlik Dağılımı	69
7.2.3	Tezgah Baskı Sayısına Bağlı Değişen Sertlik Dağılımı	73
7.2.4	Hammadde Türüne Bağlı Değişen Sertlik Dağılımı	75
8.	SONUÇ ve ÖNERİLER	79
9.	KAYNAKLAR	81
10.	ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 1871 yılında yapılmış cıvata makinesi (Tidning, 2024)	3
Şekil 2.2: Temel cıvata ölçüleri (Temiz, 2024)	4
Şekil 2.3: Somun çeşitleri	6
Şekil 2.4: Somunların standart gösterimi	6
Şekil 2.5: Somunların standart gösterimi	7
Şekil 3.1: Soğuk dövme prosesi istasyon adımları.....	9
Şekil 3.2: Sıcak dövme prosesi	10
Şekil 4.1: Kesme yöntemi ile diş açma	11
Şekil 4.2: Ovalama yöntemi ile vida diş profili imalat	12
Şekil 4.3: Kesme ve ovalama yönteminde malzeme lif yapısı (Uysal, 2022)...	13
Şekil 4.4: Kesme ve ovalama yönteminde başlangıç çapı	14
Şekil 5.1: Spektral analiz cihazı	16
Şekil 5.2: Çekme test cihazı	17
Şekil 5.3: Charpy darbe test cihazı.....	17
Şekil 5.4: Mikroskop.....	18
Şekil 5.5: Boyutsal optik ölçüm cihazı	19
Şekil 5.6: Üniuersal sertlik test cihazı.....	20
Şekil 6.1: Çekme test numunesi tornada işlenmiş hali.....	24
Şekil 6.2: Diş açılmış çekme test numunesi.....	25
Şekil 6.3: Çekme testi yapılan numune.....	25
Şekil 6.4: Çekme test numunesi boyutsal ölçüler	26
Şekil 6.5: Çekme testi standart ölçüleri.....	26
Şekil 6.6: Çekme numunesi boyutsal ölçüleri.....	27
Şekil 6.7: Çekme numunesi boyutsal ölçüleri(devamı)	27
Şekil 6.8: Geçer / geçmez master	30
Şekil 6.9: Çentik açılmış numune	30
Şekil 6.10: Darbe numunesi boyutsal kontrol parametreleri.....	31
Şekil 6.11: Elektrotun tel fırça ile temizlenmesi	32
Şekil 6.12: Kimyasal analiz ile yakma işlemi sonrası numune yüzeyi	32
Şekil 6.13: Ovalama topu.....	34
Şekil 6.14: Ovalama makinesine ovalama toplarının takılması	35
Şekil 6.15: Ovalama topu açma ayar cıvatası	35
Şekil 6.16: Ovalama makinesi dayama takozu ayarı	36
Şekil 6.17: Ovalama makinesinde yer alan altlık bölgesine iş parçasının konumlandırılması.....	37
Şekil 6.18: Ovalama prosesi.....	37
Şekil 6.19: Ovalama prosesi ile vida diş profilinin oluşturulması	38
Şekil 6.20: Ölçüm yapılacak numunenin macun kullanılarak tablaya yerleştirilmesi	40
Şekil 6.21 Profil projeksiyon makinesinde netlik ayarlama	40
Şekil 6.22: Diş yüksekliği ölçüm noktalarının belirlenmesi	41
Şekil 6.23 Profil projeksiyon cihazı ile diş açısının ölçümü.....	41
Şekil 6.24: Kesme makinesi	44
Şekil 6.25: Kesme makinesi numune yerleştirme	44
Şekil 6.26: Kesme makinesi kolu.....	45

Şekil 6.27: Bakalite gömülecek numune.....	45
Şekil 6.28: Bakalit makinesi	46
Şekil 6.29: Bakalit makinesi hazne kapağı	46
Şekil 6.30: Bakalit makinesi kesilen numuneyi hazneye yerleştirme	47
Şekil 6.31: Huni yardımı ile bakalit tozunun makineye eklenmesi	47
Şekil 6.32: Bakalit tozu eklenmesi sonrası makinenin kapağının kapatılması ..	48
Şekil 6.33: Siyah bakalit proses süreleri	48
Şekil 6.34: Beyaz bakalit proses süreleri	49
Şekil 6.35: Zımparalama kâğıdı ile tane boyutu değişimi.....	50
Şekil 6.36: Zımparalama makinesi.....	50
Şekil 6.37: Zımparalama diskinin makineye yerleştirilmesi.....	51
Şekil 6.38: Zımparalama makinesi bakalit yerleştirme haznesi	51
Şekil 6.39: Zımparalama makinesi bakalit yerleştirme ve zımparalama sıkma ayarı	52
Şekil 6.40: Zımparalama makinesi su vanası	52
Şekil 6.41: Zımparalama devir ayar ekranı	53
Şekil 6.42: Parlatma diski yerleştirilmesi ve parlatma sıvısı sıkılması.....	53
Şekil 6.43: Dekarbürizasyon ve karbürizasyon testi için sertlik ölçüm noktaları	56
Şekil 6.44: Ölçüm yapılacak numunelerin cihaza tanıtılması.....	57
Şekil 6.45: Sertlik testi ölçüm noktaları	57
Şekil 6.46: Sertlik numunesi üzerinde sertlik ölçümü	58
Şekil 6.47: Kamera ile sertlik iz büyüklüğü ölçümü.....	58
Şekil 7.1: Kesme yöntemi ile vida dış profili oluşturmada sertlik dağılımı grafiği	67
Şekil 7.2: Ovalama yöntemi ile vida dış profili oluşturmada sertlik dağılımı grafiği	68
Şekil 7.3: Devir değişken metodu ile Vickers sertlik dağılımı grafiği.....	72
Şekil 7.4: Baskı değişken metodu ile Vickers sertlik dağılımı grafiği.....	75
Şekil 7.5: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik dağılımı grafiği	78

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Metrik sistem tablosu (M1.6-M12).....	4
Tablo 2.2: Metrik sistem tablosu (M16-M64)	4
Tablo 2.3 İnç sistem tablosu	5
Tablo 3.1: Dövmü üretimi karakteristiklerin karşılaştırılması (Başdemir, Baygut, & Çulha, 2018).....	8
Tablo 4.1: Ovalama ve kesme yöntemlerinin karşılaştırılması.....	14
Tablo 6.1: Kesit alanı formülü	28
Tablo 6.2: Numune ilk uzunluk formülü.....	28
Tablo 6.3: Çekme testi sonrası numune son alanı formülü.....	29
Tablo 6.4: Kopma sonrası numune uzama miktarı hesaplama formülleri	29
Tablo 6.5: Kopma sonrası kesit daralma hesaplama formülleri.....	29
Tablo 6.6: Darbe numunesi boyutsal kontrol formülleri.....	31
Tablo 6.7: Kullanım amacına göre kesme diskleri.....	43
Tablo 6.8: Görüntü analizi yapılacak numunede zımpara kademesi	54
Tablo 6.9: Görüntü analizi yapılacak numunede parlatma kademeleri.....	54
Tablo 6.10: Vickers sertlik analizi yapılacak numunede zımparalama kademeleri	55
Tablo 6.11: Vickers sertlik analizi yapılacak numunede parlatma kademeleri	55
Tablo 7.1: Hammadde bilgisi ve kodları.....	59
Tablo 7.2: Çekme testi test sonuçları	61
Tablo 7.3: Çekme testi mekanik özellikler kontrol tablosu	61
Tablo 7.4: Çekme testi mekanik özellikler kontrol tablosu (devamı).....	62
Tablo 7.5: Darbe testi test sonuçları.....	63
Tablo 7.6: Darbe testi mekanik özellikler kontrol tablosu	63
Tablo 7.7: Kimyasal analiz test sonuçları	64
Tablo 7.8: Kimyasal analiz testi kimyasal kompozisyon özellikleri karşılaştırma tablosu	64
Tablo 7.9: Kimyasal analiz testi kimyasal kompozisyon özellikleri karşılaştırma tablosu	65
Tablo 7.10: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik dağılımı ..	66
Tablo 7.11: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik farkı dağılımı	66
Tablo 7.12: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada çekirdek bölgesi sertlik dağılımı.....	66
Tablo 7.13: Ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik dağılımı	67
Tablo 7.14: Ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik farkı dağılımı	67
Tablo 7.15: Ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmada çekirdek bölgesi sertlik dağılımı.....	68
Tablo 7.16: Devir değişken metodu Vickers sertlik dağılımı	69
Tablo 7.17: Devir değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı.....	70
Tablo 7.18: Devir değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı	71
Tablo 7.19: Baskı değişken metodu Vickers sertlik dağılımı	73
Tablo 7.20: Baskı değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı.....	74
Tablo 7.21: Baskı değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı	74

Tablo 7.22: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik dağılımı	76
Tablo 7.23: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı	77
Tablo 7.24: Hammadde değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı ...	78

SEMBOL LİSTESİ

HV	:	Vickers Sertlik
ISO	:	International Organization for Standardization, Uluslararası Standardizasyon Örgütü
BSW	:	İngiliz Standardı Whitworth
UNC	:	Birleşik Ulusal Kaba Diş
UNF	:	Birleşik Ulusal İnce Diş
rpm	:	Dakikadaki Devir Sayısı
R_m	:	Çekme Dayanımı
R_{eH}	:	Üst Akma Dayanımı
AC	:	Küreselleştirme Tavı
QT	:	Sertleştirilmiş ve Temperlenmiş
C	:	Karbon
Si	:	Silisyum
Mn	:	Manganez
P	:	Fosfor
S	:	Kükürt
Al	:	Alüminyum
Ti	:	Titanyum
Cu	:	Bakır
Cr	:	Krom
Mo	:	Molibden
Ni	:	Nikel
B	:	Borun
D	:	Nominal Diş Çapı
D₀	:	Test Numunesi Çapı
B	:	Diş Boyu
L₀	:	İşleme boyu
L_c	:	Radyus Arası Mesafe
L_t	:	Numune Tam Boyu
S₀	:	Kesit Alanı
r	:	Radyus
k	:	Sabit Sayı
S_u	:	Numunenin Kopmadan Sonraki Kesit Alanı
A	:	Numune Uzama Yüzdesi
Z	:	Numunenin Kesit Daralma Yüzdesi
L	:	Uzunluk
B	:	Kalınlık

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, plastik deformasyon yöntemi ile üretilen cıvatalarda imalat sonrası dış üstü ve dış dibi sertlik farkının ISO 898-1:2013 standardına göre en yüksek 30 HV ve sertlik aralığının 320-380 HV sertlik aralığına girilebilmesi için en uygun hammadde, makine parametreleri ve üretim yöntemi bu tezde irdelenmiştir. Teorik olarak anlatıldıktan sonra uygulamada testler ile ispat çalışmaları yapılmıştır. Hayatım boyunca bana koşulsuz sevgi ve destek veren, her zaman yanımda olup beni motive eden sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince benden desteklerini esirgemeyen bilgi ve deneyimleriyle her daim destek olan Dr. Öğr. Üyesi Recep Yurtseven hocama, Mitaş Cıvata firmasına, Mitaş Cıvata Fabrikası Bölüm Başkanı saygıdeğer Sayın M. Kemal Başak'a, Mitaş Cıvata Fabrika Müdürü Sayın Selçuk Bozkır'a kalite bölümü çalışanlarından Sn. Merve Bütev, Sn. Semanur Demirtaş, Sn. Burçin Holat, Sn. Ali Emre Özaslan, Sn. Kemal Duman, Sn. Tolga Suna, Sn. Yılmaz Doğan, Sn. İsmet Can Şen ve Sn. Fatih Yıldırım'a kalite aşamalarında verdikleri katkılardan dolayı ayrı ayrı teşekkür ederim. İmalat bölümü çalışanlarından Sn. Abdullah Yıldız, Sn. Fuat Güler, Sn. Sinan Aydın, Sn. Murat Yalçın, Sn. Mustafa Aytan, Sn. Volkan Koçyiğit, Sn. Enes Soysal ve Sn. Erhan Nasip Arslan'a imalat sürecinde verdikleri destekler için ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım. Bizlere iyi birer insan ve iyi birer mühendis olabilmemiz için bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren, çalışmamız boyunca bizlerden desteklerini esirgemeyen çok değerli Sayın Volkan Karabağ'a ayrıca çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Bağlantı elemanları kompleks bir mühendislik ürünüdür. İki veya daha fazla malzemenin birbirlerine bağlanması için kullanılır. Cıvatalar bağlantı elemanları içinde özellikle önemli bir role sahiptir. İnsan hayatının her alanında kullanılan cıvataların güvenli ve dayanıklı olması için mekanik özelliklerinin; sertlik, mukavemet ve kullanım yeri doğruluğu önem arz etmektedir. Cıvata imalatında vida diş profilinin imalat aşamasında doğru oluşturulması en önemli konulardandır. Cıvatalarda imalat esnasında vida diş profili 2 farklı yol ile oluşturulabilir. İlk olarak eski tarihlerde yapılan talaşlı imalat yöntemi ile vida diş profili oluşturma işlemi mukavemet düşüklüğü nedeni ile yerini ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmaya bırakmıştır. Ovalama yöntemi ile diş açma işleminde plastik deformasyon işlemi yapılır. Malzemede kalıcı şekil değişikliğine gidilir. Plastik deformasyon yöntemi esnasında oluşan dişlerdeki sertlik makine parametreleri ve malzeme niteliğiyle doğrudan ilişkilidir. Üretim sürecinde, nihai ürüne ulaşana kadar birçok aşamadan geçen bağlantı elemanları, çeşitli testlere tabi tutulur. Bu tez konusunda ovalama prosesi ile diş açma işlemi sonrası ISO 898-1:2013 standardına göre diş dibi ve diş üstü referans noktalarının sertlik farkının 30 HV'den büyük olmaması ve standarda uygun cıvata imalatı için imalat aşamasında malzeme seçiminin önemi ve imalat esnasında makine parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesini kapsar. Deneysel faaliyetler Mitaş Cıvata Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'nin TÜRKAK onaylı ISO/IEC 17025:2017 standardına uygun akredite edilmiş laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel faaliyetlerde sertlik ölçümü, mikroskop ile iç yapı analizi, Charpy çentik darbe deneyi ve çekme mukavemet deneylerine başvurulmuştur. Literatür araştırması sonrası uygulamada yapılan işlemler sırasıyla; malzemenin belirlenmesi, giriş kalite kontrolde ilgili malzemelerin kimyasal kompozisyonuna bakılması, yine giriş kalite kontrolde çekme ve darbe deneyleri ile malzeme kontrolünün yapılması, belirlenen çaplarda malzemelerin talaşlı imalat ile ovalama çapına düşürülmesi, ovalama çapına düşürülen malzemelerin belirlenen makine parametresinde diş açma işleminin yapılması, diş açma işlemi sonrası dişi açılan deney parçalarından test numunelerinin hazırlanması ve hazırlanan test numuneleriyle sertlik deneylerinin yapılması amaçlanmıştır.

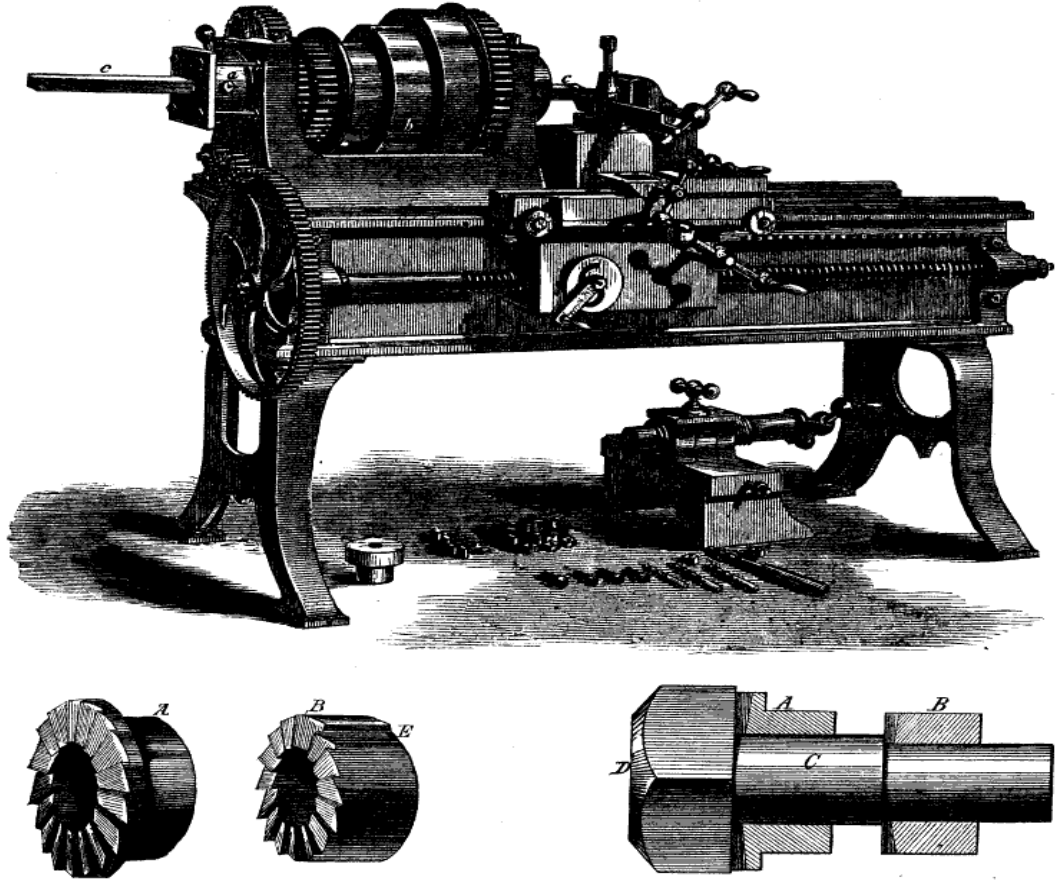
2. BAĞLANTI ELEMANLARI

Bağlantı elemanları kullanım yerine göre farklılık göstermektedir. En bilinenleri; cıvatalar, vidalar, somunlar, pullar, rondelalar ve perçinlerdir. Birçok sektörde kullanım yerine sahiptir. İnsanlık tarihinde özellikle 20. ve 21. yüzyıllarda sanayi devrimi ile hızlanarak kullanım alanları artmıştır. Genel olarak ortak mantık iki veya daha fazla parçanın bir arada kalması ve bağlanması için kullanılır.

2.1 Cıvataların Genel Tarihçesi

Cıvata, bir parçanın bağlanmak istediği noktadan tüm yüzeyde delinmesi sonrası delinen boşluktan geçirilerek birbirlerine bağlanması veya kör delikli malzeme ile ful delik delinmiş malzemenin birbirine bağlanması için kullanılır. Cıvataların en çok kullanım tercihi edildiği alanlar makine ve inşaat sektörüdür. Yapı mühendisliğinde bulon olarak da adlandırılabilir. Cıvata kelimesinin kökü giavetadan gelir. İlk olarak M.Ö. 1. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır. Eski çağlarda silindir malzemeden yapılmış katı cisimlerin üzerine telin sarılarak lehimlendiği ve ilk dişli bağlantıların kullanılmaya başlandığı tespit edilmiştir. Örnek olarak Arşimet vidası su taşıma sisteminde kullanılmaya başlanması ile düşük seviyeli bölgeden yüksek seviyeli bölgelere su taşınmada kullanılmıştır. Özellikle vidaların sağlık sektöründe kullanılmaya başlanması M.Ö. 1. yüzyıla dayanmaktadır. Eski tarihlerde demirin ergitilmesi sonrası kalıp içine dökülmesi ile imal edilmiştir. Teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte sıcak dövme ve soğuk dövme imalat yöntemleri ile üretilmeye başlanmıştır. İlk olarak Da Vinci ile geliştirilmeye başlanmasının ardından 1797 yılında Henry Maudslay tarafından patenti alınmıştır.

Soğuk dövme yöntemi ile imalatın hızlanması ile dakikada 50 – 300 adet cıvatanın imal edilmesi ihtiyacın karşılanmasında büyük etki göstermiştir. Cıvatalar genel olarak bağlantı esnasında somunlar ile birlikte kullanılır.



Şekil 2.1: 1871 yılında yapılmış cıvata makinesi (Tidning, 2024)

2.2 Cıvata ve Vida Arasındaki Farklar

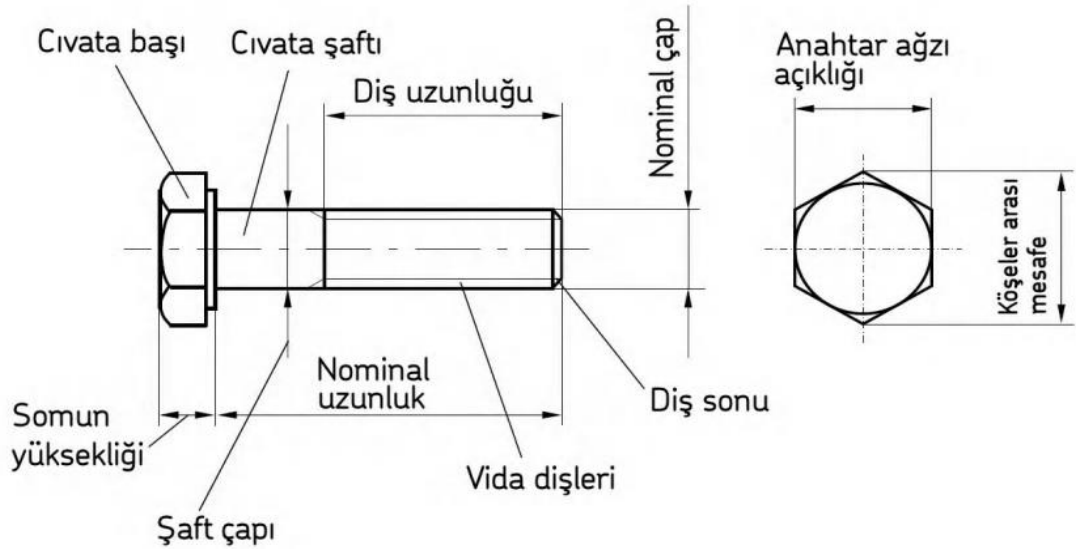
Cıvata ve vida benzerlik gösterebilirler de bağlantı elemanı olarak farklı özellik ve tasarımlara sahiptirler. Genel olarak altı köşe başlı olarak üretilen ve bu sayede montaj işlemleri yapılan bağlantı elemanlarına cıvata denir. Bunun dışında kalan tornavida, anahtar veya benzeri araçlar ile açılıp kapanan bağlantı elemanlarına vida denir.

Genel kullanımda yer alan vidaların pek çoğunda somun bağlanmaz. Vidalar genel olarak sivri uçlu olarak üretilir. Bağlantı yapılacak yüzeye önceden veya işlem sırasında ek olarak delik açılmasına gerek kalmadan sabitlenir. Özel olarak üretilen anahtarla sıkılan vidalar olduğu gibi tornavida ile sıkıştırılıp gevşetilen cıvatalar da vardır. Görsel olarak birbirlerinden ayrılması oldukça basittir.

2.3 Bağlantı Elemanları ve Ölçü Birimleri

Bağlantı elemanlarının ölçü birimlerinin standartlaştırılması oldukça yüksek öneme sahiptir. Günümüzde birçok sektörde kullanılan bağlantı elemanlarının üretim ve montaj süreçlerinde problemlerin önüne geçilebilmesi için standartlaştırılmıştır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan 2 farklı ölçü birimi vardır. Bunlar inç sistemi ve metrik sistemdir. Metrik sistem değerlerine tablo 2.1’de yer verilmiştir.

İnç sistemi bazı bölgelerde Whitworth olarak adlandırılır. İsim kökenini, BSW standardı üzerine çalışmalar yapan ve geliştiren Joseph Whitworth’tan almaktadır. İnç sisteminde cıvatalar genel olarak UNC (United National Coarse) ve UNF (United National Fine) olarak iki farklı diş türüne ayrılır. Metrik sistemde ise bu yapı ince ve normal diş olarak kategorize edilir.



Şekil 2.2: Temel cıvata ölçüleri (Temiz, 2024)

Tablo 2.1 Metrik sistem tablosu (M1.6-M12)

ISO Metrik Ölçü	M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M6	M8	M10	M12
Anahtar Aralığı (mm)	3.2	4	5	5.5	7	8	10	13	17

Tablo 2.2: Metrik sistem tablosu (M16-M64)

ISO Metrik Ölçü	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
Anahtar Aralığı (mm)	24	30	36	46	55	65	75	85	95

Tablo 2.3 İnç sistem tablosu

Whitworth Ölçüsü	Göbek Çapı	İnç Başına yiv (diş)	Derece (inç)	Matkap Vuruş Ölçüsü
1/16"	0.0411"	60	0.0167"	56 (1.2 mm)
3/32"	0.0672"	48	0.0208"	49 (1.85 mm)
1/8 "	0.0930"	40	0.025"	39 (2.55 mm)
5/32"	0.1162"	32	0.0313"	30 (3.2 mm)
3/16 "	0.1341"	24	0.0417"	26 (3.7 mm)
7/32"	0.1654"	24	0.0417"	16 (4.5 mm)
1/4 "	0.1860"	20	0.05"	9 (5.1 mm)

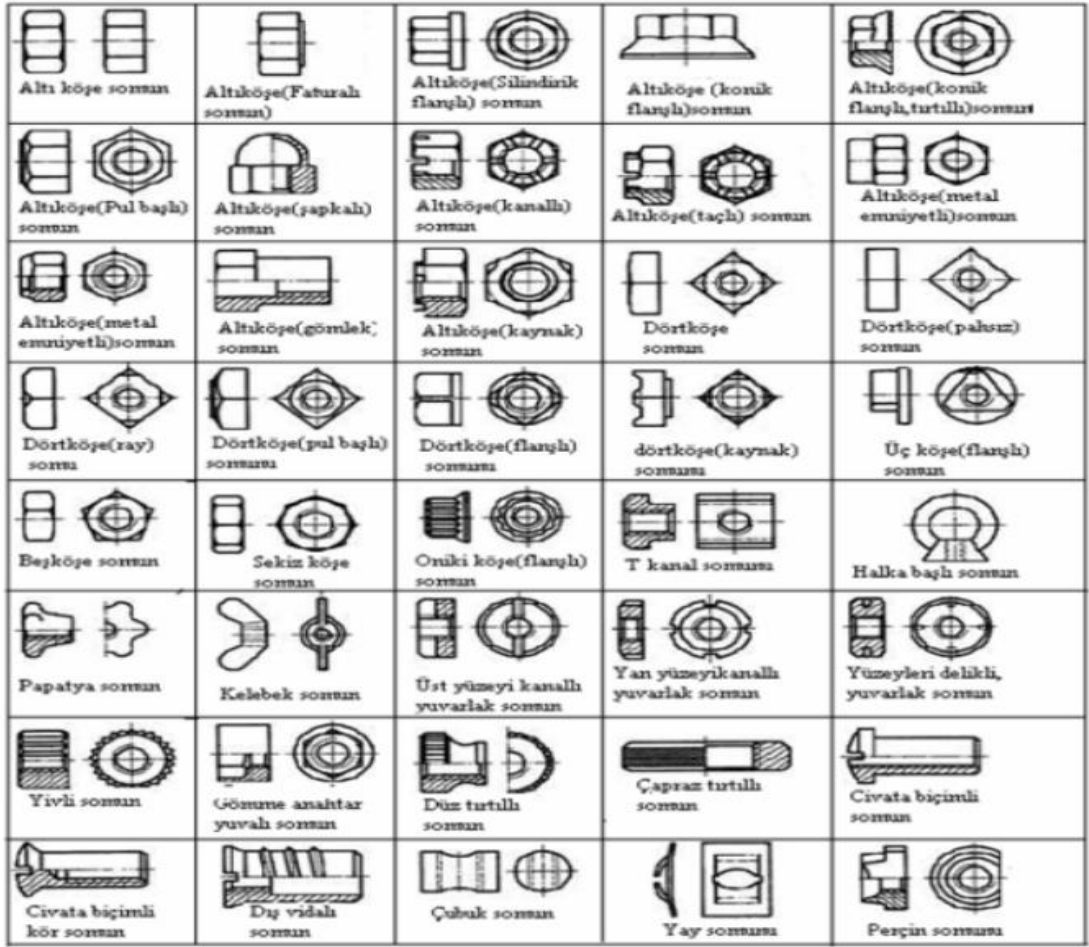
2.3.1 Somun

Genellikle dairesel şekle sahip olan somunlar başta cıvatalarda olmak üzere bağlantı elemanları ile kullanılan bir bağlantı elemanıdır. Cıvata dan farklı olarak iç yüzeyde helisel diş yapısına sahiptir. Ölçü birimi aynı olmak şartıyla cıvataların dış yüzeyinde yer alan dişler ile uyumludur. Somunlar, iki veya daha fazla malzemeyi cıvata ile bağlamak, sabitlemek, sıkıştırmak ve bazen de ayarlanabilir bir bağlantı metodu için tercih edilir. Somun seçimi kritik bir öneme sahiptir.

Somunlar, bağlantı şekline, çalışacağı alana ve tasarımsal ihtiyaçlara göre farklı çeşitlerde üretilmektedir. Piyasada en çok imal edilen somun türleri sırasıyla; altı köşe somunlar, kilit somunlar, kanat somunlar, flanşlı somunlar, kare somunlar ve kör somunlardır. Şekil 2.3'te ilgili somunlara yer verilmiştir. Somun imalatında en sık tercih edilen hammadde çeliktir. Dayanım sınıfına göre kullanılacak hammadde belirlenir.

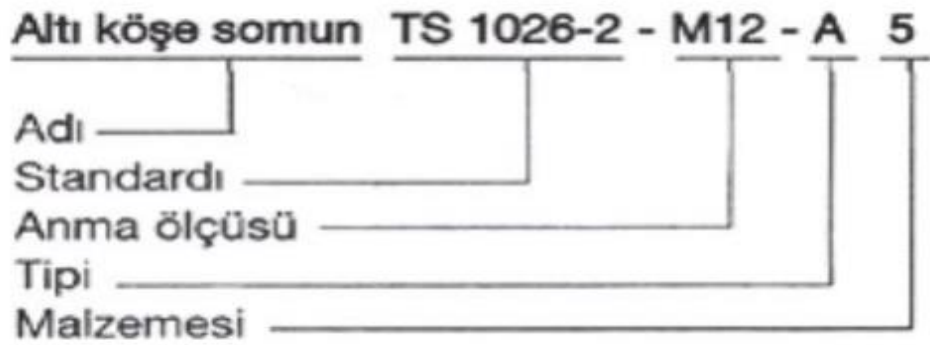
Somun ve cıvata ikilisinde temel prensip sürtünmedir. Yüke maruz kaldığı anlarda sürtünme kuvveti ile somun ve cıvata bağlantısı kilitlenir. Sürtünme kuvveti her zaman sıfırdan büyüktür.

Somun imalatında iç çap bölgesinde yer alan dişler, kılavuzlar yardımı ile açılır. Belirli ilerleme ve devire göre kılavuz kendi eksenini etrafında dönerek somunun iç çapından talaş kaldırma yöntemi ile diş açar. Hammadde kalitesi, ölçü sistemi ve somunun sertlik parametresine göre kılavuz seçimi yapılır.



Şekil 2.3: Somun çeşitleri

Somunların gösterimi ISO 8991:1986 ve TS 8201 standartlarına göre yapılır. Standart ile belirlenen gösterimde on bir adet tür yazılır. Bu gösterimde genel olarak somunun adı, standart numarası, anma ölçüsü ve kalitesi yazılır (8991:1986, ISO, 2024). Şekil 2.4'te somunların standart gösterimine şekline yer verilmiştir.



Şekil 2.4: Somunların standart gösterimi

2.3.2 Rondelalar

Rondelalar bağlantı elemanlarında önemli bir tamamlayıcı parça olarak kullanılmaktadır. Genel olarak ince ve dairesel şekle sahiptirler. Temel amacı cıvata ile bağlantı esnasında yükün geniş bir alana dağılması, yüzeyin korunması, bağlantı sonrası somun ve cıvata kilitlenmesinde titreşim ile kilidin açılmasını engellemek için kullanılır. Rondelalar kullanım amacı ve tasarımına göre farklı üretim çeşitlerine sahiptir. İmalat sıklığına göre en çok imal edilen rondela çeşitleri düz rondelalar ve yaylı rondelalardır. Kullanım koşullarına bağlı olarak çelik ve pirinç gibi hammaddelerden üretilir. Şekil 2.5'te farklı çeşitlerdeki rondelalar gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Somunların standart gösterimi

3. BAĞLANTI ELEMANLARINDA İMALAT YÖNTEMİ

Bağlantı elemanlarının üretimde birden fazla yöntem kullanılır. Üretim yöntemi belirlenirken malzeme, boyut ve kalite sınıflarına göre üretim prosesi değişiklik göstermektedir. Günümüz teknolojisi ile birlikte bağlantı elemanlarında en sık kullanılan imalat türleri; soğuk, sıcak dövme ve talaşlı imalat yöntemleridir.

Üretim kapasitesinde en yüksek soğuk dövme yöntemidir. Soğuk dövme yöntemini sıcak dövme ve talaşlı imalat takip eder. Talaşlı imalat ile yapılan üretimler genel olarak özel spesifik olarak sık kullanımda yer almayan bağlantı elemanlarında tercih edilir.

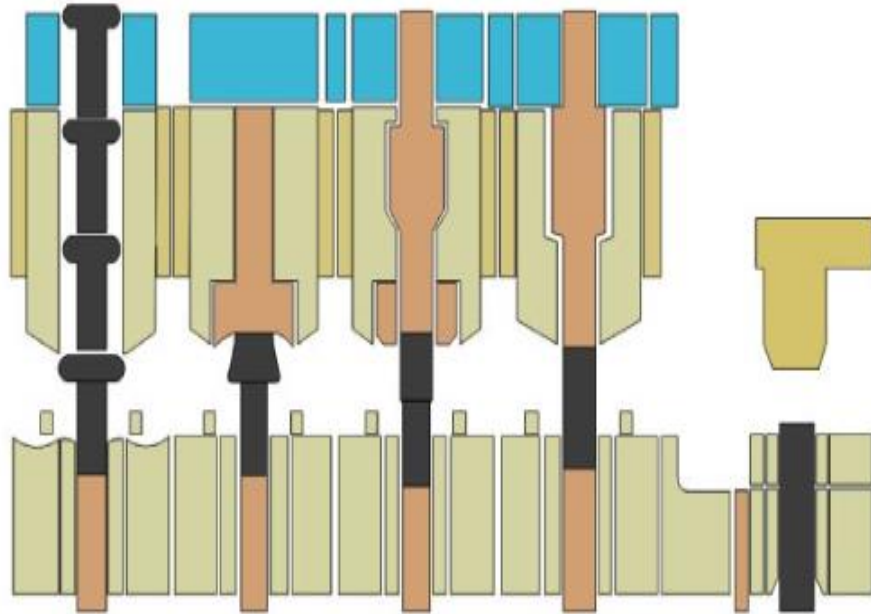
Tablo 3.1: Dövme üretimi karakteristiklerin karşılaştırılması (Başdemir, Baygut, & Çulha, 2018)

	Sıcak	Orta Sıcak	Soğuk
Yüzey Kalitesi	Düşük	Orta	Yüksek
Ara Prosesler	Gerekli değil	Yüzey işlemine gerek yok	Ara tavlama ve fosfat kaplama
Deformasyon Basıncı	Düşük	Orta	Yüksek
Enerji Maliyeti	Yüksek	Orta	Düşük
Tolerans	Geniş	Orta	Dar
Takım Maliyeti	En düşük	Yüksek	Çok yüksek

3.1 Soğuk Dövme

İş parçasına belirli bir yük altında plastik deformasyon yöntemi ile şekil değiştirme işlemine denir. Soğuk dövme yönteminde iş parçasına şekil vermek için yüksek kuvvet uygulamak gerekir. Bu kuvvete bağlı olarak iş parçası ile kalıp arasında sürtünme kuvveti kaynaklı yüksek sıcaklıklar oluşur. Oluşan sıcaklık sonrası kalıp ömürlerini yüksek tutmak için işlem esnasında genelde yağ ile soğutma işlemi yapılır.

Soğuk dövme imalat yöntemi; kalıp tasarımı, kalıp imalat maliyetleri ve seri üretim miktarının fazla olması nedeni ile düşük adetli imalatlarda tercih edilmez. Malzeme tek operasyonda belirli orandan fazla şekil değişikliğine maruz kalamayacağı nedeni ile genellikle minimum 4 operasyon ile imalat yapılır. Operasyonlara bölünmesi ile istasyonlara düşen dövme yükünde azaltılması sağlanmıştır. Bunların yanı sıra fire miktarı ve enerji sarfıyatı düşük, yüzey kalitesi yüksek, tolerans aralığı dar ve parça dayanımı yüksektir (Çoban & Ünlü, 2015).



Şekil 3.1: Soğuk dövme prosesi istasyon adımları

3.2 Sıcak Dövmeye

Sıcak dövmeye, malzemenin 950-1200 °C sıcaklıklarda ısıtılarak plastik şekil verme yöntemiyle şekil verildiği üretim prosesidir. Genellikle yüksek mukavemet buna bağlı dayanıklılığı yüksek malzemelerde tercih edilir. Malzeme ısıtıldığında kristal yapıda değişiklikler meydana gelir, kristal yapıdaki değişiklik ile kolay şekil verme sağlanır (Topçesan, 2024).



Şekil 3.2: Sıcak dövmeye prosesi

3.3 Mekanik İmalat

Bağlantı elemanları, soğuk ve sıcak dövmeye yöntemine ek olarak talaşlı imalat yöntemi ile de üretilebilir. Talaşlı imalat ile üretilen bağlantı elemanlarının maliyeti daha yüksek ve üretim adetleri oldukça düşüktür. Üretim maliyetine ek olarak hammadde tüketim miktarı ve buna bağlı olarak da fire miktarları yüksektir. Genellikle düşük adetli, soğuk ve sıcak dövmeye ile üretilemeyecek hammaddeler ve kalıp tasarımı olmayan bağlantı elemanlarının imalatında tercih edilir.

4. BAĞLANTI ELEMANLARI DIŞ AÇMA YÖNTEMLERİ

Bağlantı elemanlarında diş açma yöntemi malzemenin üretimindeki en önemli kısımlardandır. Bağlantı elemanlarında ovalayarak veya kesme (tornalama) yöntemiyle diş açılır. Ovalama prosesi tornalama prosesine göre daha yüksek hızlı bir imalat yöntemidir. Ovalama yönteminde fire yoktur. Ovalama yöntemi iki adet ovalama topu ya da iki adet ovalama tıraşıyla hidrolik baskının kullanımı sonucu malzemenin dış çap bölgesinde diş açma işlemi iken; kesme işleminde takım ile talaş kaldırılarak diş açılır (Ay & Demircioğlu, 2005, s. 64-66).

4.1 Kesme Yöntemi ile Diş Açma

Kesme (tornalama) yöntemi ile diş açmada, malzeme genellikle silindirik seçilerek dış bölgesinde talaş kaldırma işlemi ile diş profili oluşturulur. En yaygın kullanılan makineler cnc torna ve üniversal tornadır.

Kesme yönteminin avantajlarından başlıcaları; yüksek hassasiyet ile diş geometrilerinin doğru oluşması, diş profilinde üretim yelpazesi genişliği ve yüzey kalitesinin yüksek olmasıdır. Ancak, kesme yönteminin dezavantajları da vardır. Bunlar; üretim hızının düşük olması, verimlilik miktarlarının düşük seviyede olması ve kesici takımlarının aşınmalarından kaynaklı üretim maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Kesme yöntemi için kullanılan kesici takımının talaş kaldırmasına şekil 4.1’de yer verilmiştir.

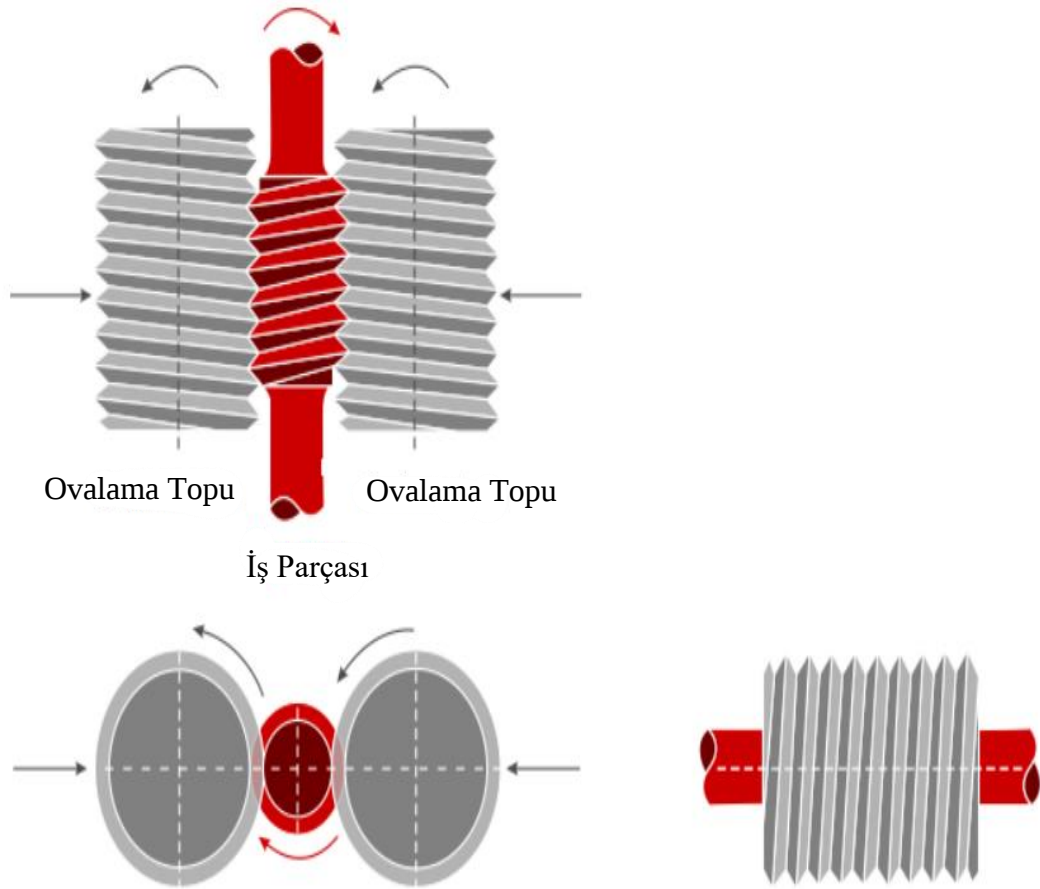


Şekil 4.1: Kesme yöntemi ile diş açma

4.2 Ovalama Yöntemi ile Diş Açma

Ovalama yöntemi, soğuk şekil verme yöntemidir. Bu yöntem plastik deformasyon ile dış çap bölgesinde yüzeye diş profili açılmasıdır. Ana prensibi malzemenin diş açma kalıpları ile genellikle hidrolik sistem kullanılarak baskı sonucu oluşan plastik deformasyonla ezerek diş açma işlemidir (Çoban Özkan & Ünlü, 2016, s. 49).

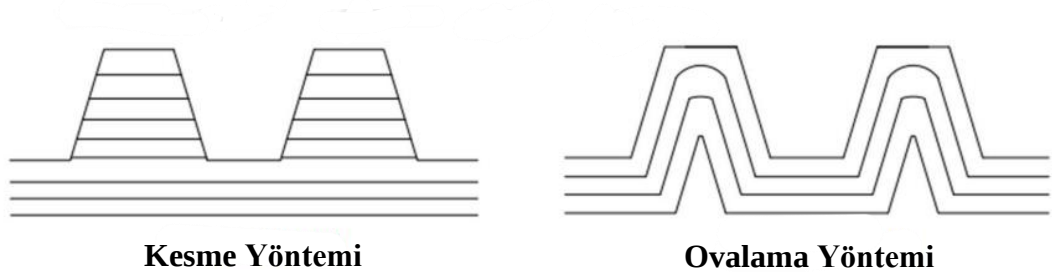
İki farklı kalıp modeli vardır. Bunlar; tarak ve ovalama topudur. Tarak olarak adlandırılan ovalama kalıpları genellikle soğuk dövmede imalat esnasında diş açmada kullanılırlar. Ovalama topları ise genellikle talaşlı imalat ve sıcak dövme prosesleri sonrası diş açma prosesinde kullanılırlar (Ay & Demircioğlu, 2005). Ovalama topu ile imalatın temsili gösterimine şekil 4.2’de yer verilmiştir.



Şekil 4.2: Ovalama yöntemi ile vida diş profili imalat

4.3 Diş Profili Oluşturmada Ovalama ve Kesme Yöntemi Farkları

Diş profili oluşturmada ovalama ve kesme yöntemi en sık kullanılan proseslerdendir. Bu prosesler tercih edilirken; üretim yöntemi, malzeme yapısı, yüzey kalitesi ve üretim adetleri önem göstermektedir. Ovalama yöntemi ile diş açmada kesme yöntemine göre diş profili yüzeyi daha pürüzsüzdür. Ovalama yönteminde plastik deformasyon ile dişlerin oluşturulması esnasında malzeme sertleşir bu da mukavemetinin daha yüksek olmasına neden olur (Acıyan, 2011).



Şekil 4.3: Kesme ve ovalama yönteminde malzeme lif yapısı (Uysal, 2022)

Ovalama yönteminde talaş kaldırma işlemi olmadığı için malzeme kullanımı daha azdır. Bunun yanı sıra üretim yapılan alanın daha temiz olmasına neden olur. Ovalama yöntemi ile diş açma ısıl işlem görmüş veya sert malzeme yapısı bulunan hammaddelerde tercih edilmez. Ovalama rölesi (topu) plastik deformasyon esnasında yüksek sürtünmeye maruz kaldığı için aşınmaya eğilimlidir.

Kesme yönteminde ise tornalama ve frezeleme yöntemleri kullanılarak diş açılacak bölgede talaş kaldırma ilkesine dayanır. Kesme yöntemi ile diş açma; oldukça yüksek üretim zamanına ve ileri tecrübe gerektirmektedir. Kesme yönteminde kullanılacak hammaddenin yelpazesi oldukça geniştir. Yüksek sertlikteki malzemelerde diş açılabilir. Kesme yöntemi ile diş açılan yüzeyler daha pürüzlüdür.

Genel olarak iki yöntem aktif olarak üretimde kullanılmaktadır. Ovalama yönteminde yüksek mukavemet ve yüzey kalitesi öne çıkarken; kesme yönteminde ise hızlı ve geniş uygulama alanlarının olması öne çıkmaktadır.

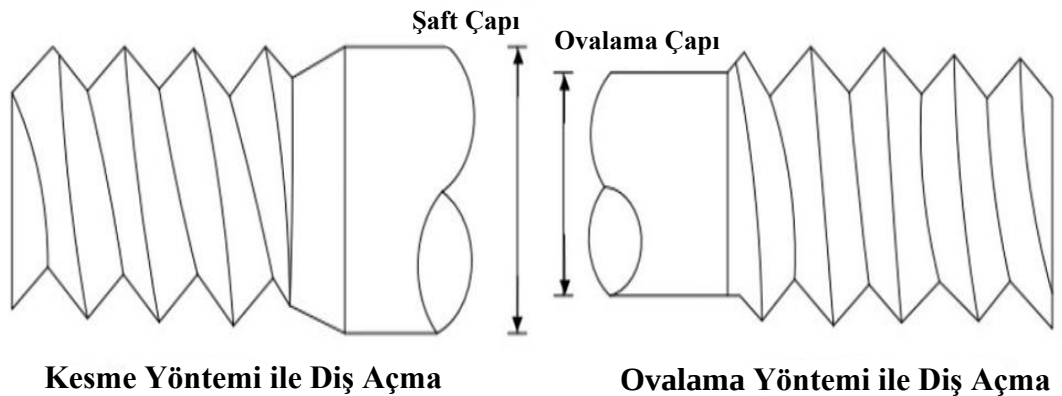
Tablo 4.1: Ovalama ve kesme yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellik	Ovalama Yöntemi	Kesme Yöntemi
Yüzey Kalitesi	Yüksek	Düşük
Üretim Hızı	Yüksek	Düşük
Talaş Miktarı	Yok	Yüksek
Proses Zorluğu	Orta	Yüksek
Mukavemet	Yüksek	Düşük

4.3.1 Ovalama ve Kesme Yönteminde Diş Açma Çapı

Ovalama yöntemiyle diş açmada, plastik deformasyon ile işlenmesi esas alınır. Ovalama prosesinde ovalanacak parça kendi ekseninde dönen ovalama rölesi ile temas ettirilerek baskı ile malzeme yüzeyinde şekil değiştirmesine neden olur.

Kesme yönteminde ise diş profilinin talaş kaldırma yöntemi ile işlenmesi temel alınır. Kesme yönteminde malzemenin başlangıç çapı diş üstüne ve toleranslara göre belirlenir. Ovalama yönteminde ise malzemenin deformasyon kapasitesine göre belirlenir. Kesme ve ovalama yöntemlerinde imalat başlangıç çapı farkı şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Kesme ve ovalama yönteminde başlangıç çapı

5. BAĞLANTI ELEMANLARINDA KALİTE TEST AŞAMALARI

Bağlantı elemanlarında test aşamaları nihai ürünün kullanım alanına uygunluğu kriterleri için kritiktir. Üretim öncesi ve sonrası için birçok farklı deney (test) basamağı vardır. Bu testler sırasıyla aşağıdaki gibidir.

5.1 Giriş Kalite Kontrol

Bu aşama kalite testlerinin ilk aşamasıdır. Seçilen hammaddenin uygunluğu ve verilen sipariş ile gelen hammaddenin aynı olması için kontroller yapılır. Bu aşamada yapılan testler aşağıdaki gibidir.

5.1.1 Spektral (Kimyasal) Analiz

Spektral analiz, hammadde üzerinden kesilen numunenin ışık yoluyla kimyasal bileşenlerinin içerisinde yer alan elementlerin yüzde olarak dağılımını analiz eden cihazdır. Optik emisyon yöntemi ile malzemenin üzerinde plazma veya kıvılcım yöntemi kullanarak yakma esnasında emisyon spektrumuna kaydedilir.

Temel çalışma mantığı elementlerin dalga boyuna ayrılması ve elementlerin dalga boyunun belirlenmesidir (Demir Çelik Enstitüsü, 2024).



Şekil 5.1: Spektral analiz cihazı

5.1.2 Mekanik Testler

Hammadde üzerinden ISO 6892-1 standardına göre çekme testi test numunesi hazırlanır. Daha sonra boyutsal olarak standarda uygun hazırlanan numune statik yük altında teste tabi tutulur. Daha sonra ISO 148-1 standardına göre darbe testi test numunesi hazırlanır. Hazırlanan numune üzerine çektik açılarak Charpy darbe testi yapılır. Bunun yanı sıra giriş kalite de hammaddenin boyutsal ölçüleri kontrol edilir (Mitaş Cıvata, 2024).



Şekil 5.2: Çekme test cihazı



Şekil 5.3: Charpy darbe test cihazı

5.1.3 Mikro Yapı Testleri

Bu aşamada malzemenin iç yapısı mikroskop altında incelenir. Genellikle giriş kalite kontrolde çok sık yapılan testlerden değildir. Yapılan test ile malzemenin; tane boyutları, kristal yapıları ve tane sınırları incelenir. Şekil 5.4'te örnek bir mikroskop cihazına yer verilmiştir.



Şekil 5.4: Mikroskop

5.2 İmalat Aşamasında Kalite Kontrol

İmalat aşamasında cıvatanın geometrik boyutları incelenir. Boyutsal kontroller imalat hatalarının zamanında fark edilmesini ve hatalı imalatın önüne geçilmesi sağlar.

5.2.1 Boyutsal Kontroller

İmalatı yapılan bağlantı elemanlarının çap ve uzunlukları kontrol edilir. Aynı zamanda görsel kontroller de yer alır. Bağlantı elemanlarının nominal ölçülerinin tolerans aralığında olup olmadığı bu aşamada bakılır. Bunun yanı sıra cıvatalarda dış

profilleri ile cıvata kafa bölgesinde yer alan markalama yazıları incelenir. Diş profilinin hatvesi, derinliği ve açısı özel cihazlarla bakılır. Şekil 5.5'te boyutsal ölçüm cihazının görseline yer verilmiştir.



Şekil 5.5: Boyutsal optik ölçüm cihazı

5.3 Isıl İşlem Sonrası Mekanik Testler

İmalatı tamamlanan bağlantı elemanları ısıtılma işlemi sonrası mekanik testlere tabi tutulur. Bu aşamada amaç; kullanım yerine ve talep edilen bağlantı elemanlarının maruz kalacağı yükleri karşılayıp karşılamayacağını doğrulanmasıdır.

5.3.1 Çekme Testi

Bağlantı elemanının kopma dayanımı aralığının tespiti için kullanılır. Bağlantı elemanı üzerine yüklenebilecek en yüksek yük kapasitesi belirlenir. Şekil 5.2'de yer alan çekme cihazı ile sabit yük altında testler yapılır.

5.3.2 Sertlik Testi

Rockwell veya Vickers gibi sertlik ölçüm prosesleriyle bağlantı elemanlarının yüzey sertlikleri ölçülür. Aynı zamanda dış profilinde oluşan sertlik farkı ISO 898-1:2013'e göre 30 HV'den yüksek 320-380 HV sertlik aralığı dışında olamaz (ISO 898-1, 2013).



Şekil 5.6: Üniversal sertlik test cihazı

5.4 Yüzey Kalitesi ve Kaplama Testleri

Bağlantı elemanlarında korozyonun etkisini azaltmak ve görsel estetik görünümü sağlamak için yüzey işlemleri uygulanır. Bu aşamada kaplama kalınlık testi, korozyon testi ve görsel kontroller yapılır. Genellikle bağlantı elemanlarında galvaniz (çinko) kaplama yöntemi ile yüzey kaplaması yapılır.

6. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu başlıkta araştırmamıza konu olan Vickers sertlik ölçüm yöntemi ile 3 farklı deney yöntemi sonrası ISO 898-1:2013 standardının istemiş olduğu 30 HV sertlik farkının sağlanabilmesi için tek değişken değiştirme metodu ile değişkene bağlı sertlik ve mikro yapı dağılımı incelenmiştir. Deney aşamasında kullanılan hammaddeler sırasıyla Ø38,95 42CrMo4+QT, Ø42 42CrMo4+QT, Ø38,95 33MnCrB5-2+QT, Ø42 34CrNiMo6, Ø45 42CrMo4 ve Ø44 30MnB4'tür. Deneysel çalışmamız 4 ana grup altına alınmıştır. 1. grupta kesme (tornalama) metodu ve ovalama yöntemi ile diş açma metodları incelenmiştir. 2. grupta ise hammadde sabit tutularak 15, 25, 35 ve 45 devirlerde sadece devir değiştirilerek dişlerdeki sertlik farkı incelenmiştir. 3. grupta ise tezgah parametreleri sabit tutularak sadece 1, 2 ve 3 baskı olmak üzere baskı sayısı sıklığı arttırılarak sertlik değişimi incelenmiştir. 4. grupta ise tezgah parametreleri sabit tutularak hammadde değişikliği ile istenen sertlik aralığına girilmeye çalışılmıştır. İlgili deney aşağıdaki sıraya ve belirtilen parametrelere göre gerçekleştirilmiştir.

6.1 Numune Hazırlama Süreci

Bu aşamada kalite test numunelerinin hangi tezgahlarda ve hangi proses yöntemi ile imal edildiğini buna bağlı olarak kalite test numunelerinin nasıl hazırlandığı anlatılmıştır.

6.1.1 Şerit Testere Tezgahı ile Numune Kesilmesi

Önceden dış tedarik yöntemi ile sipariş edilen hammaddenin giriş kalite kontrol numunelerinin hazırlanması için kafiye içerisinde rastgele belirlenen 6 metre standart boyda olan hammadde üzerinden her biri 500 mm boyunda Ø38,95 42CrMo4+QT, Ø42 42CrMo4+QT, Ø38,95 33MnCrB5-2+QT, Ø42 34CrNiMo6, Ø45 42CrMo4 ve Ø44 30MnB4 hammaddelerinden numune test malzemesi kesilmiştir. Test malzemesi, şerit testere tezgahında malzeme kalitesi ve çapına göre

hesaplama yapılarak ideal kesme hızına göre kesilmiştir. Şerit testere makinelerinde istenen boya göre kesilen numuneler talaşlı imalat bölümüne sevk edilmiştir.

6.1.2 Üniuersal Torna Tezgahı ile Numune Hazırlanması

Şerit testere tezgahında kesilen kalite numuneleri talaşlı imalat bölümüne sevk edilmiştir. Bu aşamada çekme test numunesi üniuersal torna tezgahında hazırlanmıştır. Üniuersal torna tezgahında ISO 6892-1 standardının istemiş olduğu boyutsal ölçülere göre işlenmiştir. Üniuersal torna tezgahında işlenen numunelerin her iki uç kısmına ovalama tezgahında dış açılarak üzerlerine vız vız ile takip numaraları işlenmiştir. Çekme test numunesi hazırlanırken aynı bölgeden 30 mm boyunda kimyasal analiz numunesi de ek olarak kesilmiştir. İşlemi biten çekme test numuneleri, çekme test makinesinde teste tabi tutulmak üzere kalite birimine sevk edilmiştir. Üniuersal torna tezgahında işleme parametreleri ve sırası aşağıdaki gibidir.

1. Çekme test numunesi hazırlamada, Trens marka SN-50 model üniuersal torna tezgahı kullanılmıştır.
2. Güvenlik önlemlerinin ardından 710 rpm 0,12 mm/dev ilerleme hızında metrik ölçü sistemi ayarlanarak numune üzerinden 1 mm paso ile talaş kaldırma işlemi yapılmıştır.
3. Houghton marka bor yağı, parçanın ve takımların soğutulması için kullanılmıştır. Şekil 6.1 ve 6.2’de resimlere yer verilmiştir.

6.1.3 Üniuersal Freze Tezgahı ile Numune Hazırlanması

Şerit testere tezgahında kesilen darbe test numuneleri çap (dairesel) olarak talaşlı imalat bölümüne iletilmiştir. Bu aşamada çentik darbe test numuneleri ISO 148-1 standardının belirlemiş olduğu boyutsal ölçülere göre imal edilmiştir. 55 mm uzunluğunda 10 mm genişlik ve yüksekliğinde olacak şekilde her malzeme kalitesinden üçer adet olarak darbe test parçaları üretilmiştir. Üniuersal freze tezgahında işleme parametreleri ve sırası aşağıdaki gibidir.

1. Darbe test numunesi hazırlamada, Trens marka universal freze tezgahı kullanılmıştır. Güvenlik önlemlerinin ardından 610 rpm 30 mm ilerleme hızında metrik ölçü sistemi tezgahta ayarlanarak numune üzerinden 2 mm paso ile talaş kaldırma işlemi yapılmıştır.
2. Universal freze tezgahında işlemi biten darbe test numunelerinin dış yüzeyini parlatmak ve talaşlı imalattan kalan çapaklardan kurtulmak için ilgili parçalar universal tezgahta taşlama işlemi yapılmıştır.
3. Taşlama tezgahında kullanılan imalat parametresi 1400 rpm ve 0.03 mm paso miktarı ile taşlama işlemi yapılmıştır.
4. Bu işlemler esnasında Houghton marka soğutma bor yağı, parçanın ve takımların soğutulması için kullanılmıştır.
5. Şekil 6.6'da ilgili imalatlara ait resime yer verilmiştir.

6.1.4 Universal Taşlama Tezgahı ile Numune Hazırlanması

Bu aşamada freze tezgahında işlenen darbe numuneleri her yönden 0.5 mm talaş bırakılarak taşlama tezgahında 1400 rpm ve 0.03 mm paso ile 10 mm yükseklik ve genişliğe taşlanmıştır. Bunun yanı sıra şerit testere tezgahında çekme test numunesi hazırlanırken dış açılacak bölgeden 30 mm boyunda numune kesilmiş ve taşlama tezgahında yine aynı makine parametresi ile spektral analiz yapılacak yüzey (yakma yüzeyi) pürüzsüz hal alana kadar taşlanmıştır. Bu aşamada taşlama esnasında numunelerin yüzeylerinde sürtünme kaynaklı sıcaklıktan oluşabilecek sertleşmeyi önlemek için soğutma yağında Houghton marka bor yağı kullanılmıştır.

6.1.5 Ovalama Tezgahı İle Numune Hazırlanması

Ovalama tezgahında hazırlanan numuneler ikiye ayrılmaktadır. Öncelikle universal torna tezgahında işlenen çekme numunelerine iki yönlü olarak dış açılmıştır. Test numunelerinin dışının açılmasının ardından universal torna tezgahında ovalama çapına düşürülen numuneler ile ovalama çaplı olarak satın alınan hammaddeler üzerine bulgular bölümünde teknik detayları verilen tezgah parametreleri ile dış açma işlemi yapılmıştır.

6.2 Giriş Kalite Kontrol

Bu aşamada deneylerde kullanılacak hammaddenin; spektral analiz, darbe ve çekme testleri ile doğruluğu teyit edilmiştir. Çekme testi, darbe testi ve kimyasal analiz testlerinin nasıl yapıldığı bu bölümde anlatılmıştır.

6.2.1 Çekme Deneyi

Deney aşamasında kullanılacak ana hammaddeden 500 mm boyunda numune kesilerek talaşlı imalat bölümünde ISO 6892-1 veya ISO 898-1:2013 standardının belirlemiş olduğu ölçülere göre numuneler hazırlanmıştır. Laboratuvar ortamında uygulanan çekme deneyi ile malzemenin mekanik özelliklerini; çekme dayanımı, akma dayanımı ve uzama değerleri hesaplanmıştır. Buradaki amaç deneyde kullanılacak hammaddenin doğruluğunun saptanmasıdır. Çekme deney cihazı yılda bir defa akredite laboratuvar tarafından kalibre edilmiştir. Talaşlı imalat bölümünde iki tarafına metrik cinsinden dış açılarak numuneler oluşturulmuştur. Numuneler ilgili standartlarda (ISO 6892-1 veya ISO 898-1, ISO 898-2, ASTM F606/F606M, ASTM E8/E8M, ASTM A370) belirtilen şartlar ve boyutsal uygunlukları kontrol edilerek testlere başlanmıştır. Test aşaması aşağıdaki sıraya göre yapılmıştır.

1. Talaşlı imalat bölümünde, çekme test numunesi belirtilen standartlara göre hazırlanmıştır.



Şekil 6.1: Çekme test numunesi tornada işlenmiş hali

2. Talaşlı imalat bölümünde hazırlanan çekme test numunesine iki yönlü olarak ovalama yöntemi ile diş açılmıştır.

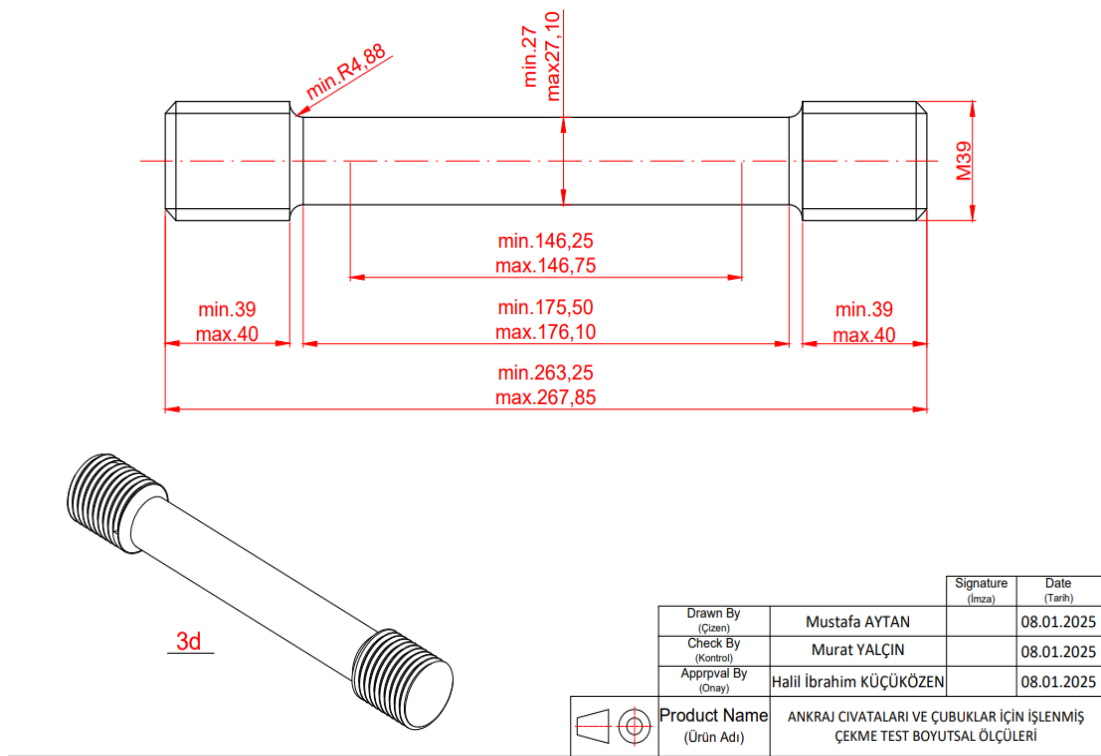


Şekil 6.2: Diş açılmış çekme test numunesi

3. İki yönlü diş açılan çekme test numunesi test cihazı bağlantı aparatları yardımı ile bağlanarak tek yönlü olarak sabit yük altında çekme, akma ve uzama miktarlarına bakılıp grafikler elde edilmiştir.



Şekil 6.3: Çekme testi yapılan numune



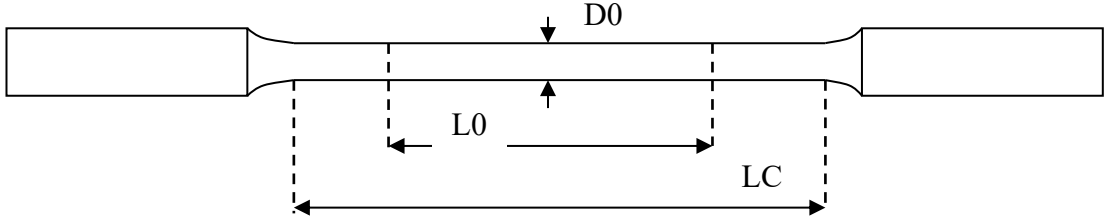
Şekil 6.4: Çekme test numunesi boyutsal ölçüler

Teknik Çizim	Markalama	Referans
	Genel gereksinimler	ISO 898-1 / ASTM F1554 – A193
	Civata/Somun montajı	
	Rondelalar	
	Ön yüklemeye için uygunluk testi	
	Kimyasal kompozisyon	
	Diş	
	Boyutlar	ISO 898-1 / ASTM F1554 – A193
	Boyutsal toleranslar	ISO 898-1 / ASTM F606
	Markalama	
	Mekanik özellikler	
	Yüzey kalitesi	
	Yüzey pürüzlülüğü	
	Sertlik	

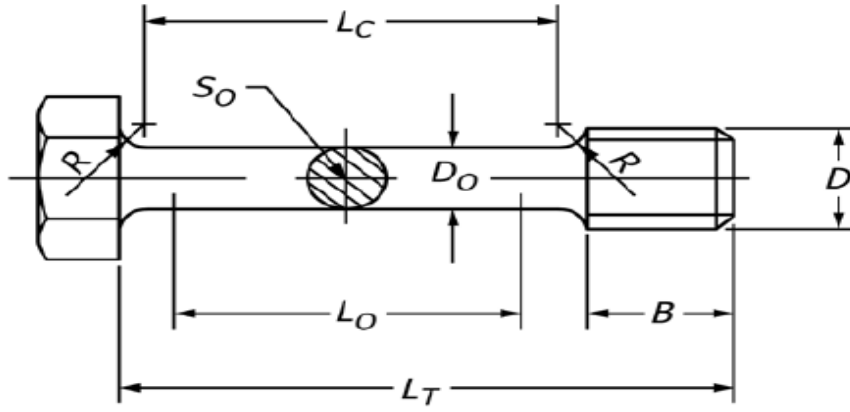
EN ISO Ankrj civataları ve çubuklarının boyutları, L ₀ = 5d ₀ mm											
Size		M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27
d	nom	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27
	min	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00	16,50	18,00	20,25
	max	6,10	7,60	9,10	10,60	12,10	13,60	15,10	16,60	18,10	20,35
d ₀	min	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	27,00
	max	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	29,00
b	min	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,38
	max										
L ₀	min	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00	67,50	75,00	82,50	90,00	101,25
	max	30,50	38,00	45,50	53,00	60,50	68,00	75,50	83,00	90,50	101,75
L _c	min	36,00	45,00	54,00	63,00	72,00	81,00	90,00	99,00	108,00	121,50
	max	36,60	45,60	54,60	63,60	72,60	81,60	90,60	99,60	108,60	122,10
L _t	min	54,00	67,50	81,00	94,50	108,00	121,50	135,00	148,50	162,00	182,25
	max	58,60	72,10	85,60	99,10	112,60	126,10	139,60	153,10	166,60	186,85
Boyut	min	M8x60	M10x75	M12x90	M14x105	M16x120	M18x130	M20x150	M22x160	M24x170	M27x190

Şekil 6.5: Çekme testi standart ölçüleri

6.2.1.1 Çekme Deneyi Numunelerin Uzama ve Kesit Daralması Ölçümleri



Şekil 6.6: Çekme numunesi boyutsal ölçüleri



Şekil 6.7: Çekme numunesi boyutsal ölçüleri(devamı)

D = Nominal dış çapı

D_0 = Test numunesi çapı ($D_0 < \text{ovalama dış çapı}$)

B = Dış boyu ($B \geq D$)

$L_0 = 5 D_0$ ya da $(5.65 \sqrt{S_0})$

$L_C = L_0 + D_0$

L_t = Numune tam boyu (L_c+2R+B),

S_0 = Kesit Alanı

R = Radyus radius ($R \geq 4\text{mm}$)

Teste tabi tutulan numunelerin uzama ve kesit daralma değerleri aşağıdaki tablolarda yer alan değerlere ve işlem sırasına göre bulunmuştur.

İşlenmiş numunelerin uzama ve kesit daralma değeri ölçülmüştür. Referans olarak numunenin çapı D_0 ölçülmüş, ilk alan belirlenmiştir (S_0).

Tablo 6.1: Kesit alanı formülü

$S_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}$	S_0	Numunenin ilk kesit alan (mm^2)
	D_0	Numunenin ilk çapı (mm)

Hesaplanan sonuç aşağıdaki formülde yerine konularak numunenin ilk uzunluğu (L_0) elde edilmiştir.

Tablo 6.2: Numune ilk uzunluk formülü

$L_0 = k * \sqrt{S_0}$	Sabit sayı ($k=5,65$)
$L_0 = k * D_0$	Sabit sayı ($k=5$)

Hesaplanan uzunluk, numune üzerine referans olarak çizilen iki çizginin arasındaki uzunluktur. Malzemenin boyun vermesi ve kopması bu iki çizgi arasında olacağı için uzama değerleri önceden atılan çizikler referans alınarak hesaplanmıştır.

Malzeme kopana kadar teste devam edilmiştir. Test sonunda koparılan numunenin boyu uzamış olup, kesit alanında daralma görülmüştür. Kopan parçalar bir araya getirilerek Manyetik V yatağına konularak kumpas yardımıyla son uzunluk (L_u) ve son alan (S_u) ölçülmüştür. Boydaki uzama ve alandaki daralma değerleri bulunmuştur.

Tablo 6.3: Çekme testi sonrası numune son alanı formülü

$S_u = \frac{\pi D_u^2}{4}$	S_u	Numunenin kopmadan sonraki kesit alan (mm ²)
	D_u	Numunenin kopmadan sonraki çapı (mm)

Kopma sonrası Uzama Hesaplaması

Tablo 6.4: Kopma sonrası numune uzama miktarı hesaplama formülleri

$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$	A	Numunenin uzama (%)
	L_u	Numunenin kopmadan sonraki uzunluğu (mm)
	L_0	Numunenin ilk uzunluğu (mm)

Kopma sonrası Kesit Daralması Hesaplaması

Tablo 6.5: Kopma sonrası kesit daralma hesaplama formülleri

$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$	Z	Numunenin kesit daralması (%)
	S_u	Numunenin kopmadan sonraki kesit alan (mm ²)
	S_0	Numunenin ilk kesit alan (mm ²)

6.2.2 Darbe Deneyi (Charpy Vurma Deneyi)

Charpy vurma deneyi TS EN ISO 148-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Deney başlamadan önce laboratuvar personeli tarafından, numunenin ISO 148-1, ASTM A370, ASTM E23 standardında belirtilen boyutlara uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Numunelerin kontrol edilmesi sonrası çentik açma aparatında yer alan yuvaya numuneler yerleştirilmiştir. Çentik tam ortaya gelecek şekilde numune ortalanmış ve destek vidalarından sıkıştırılarak sabitlenmiştir. Son olarak 3 kollu çark

döndürülerek broş (testere) hareket ettirilirmiş ve çentik açılmıştır. Açılan çentik geçer / geçmez mastarıyla kontrol edilmiştir. Geçer geçmez mastarın görseline şekil 6.7’de yer verilmiştir.



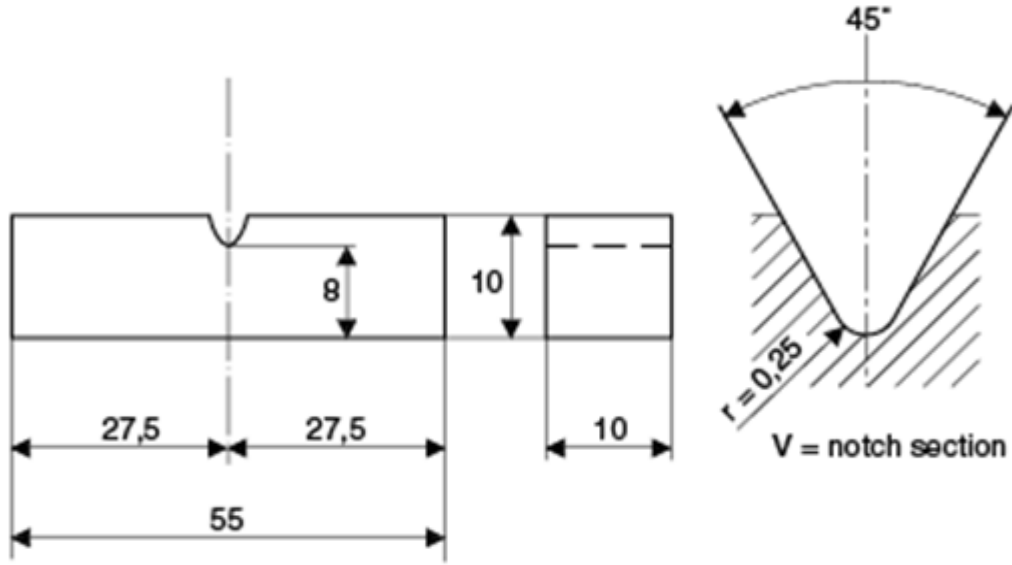
Şekil 6.8: Geçer / geçmez master



Şekil 6.9: Çentik açılmış numune

Master kontrolü sonrası teste tabi tutulacak numuneler içerisinde metanol bulunan soğutucu dolap içerisine konularak 5 dakika bekletilmiştir. Malzemeler istenilen sıcaklığın sağlanması ile maşa yardımıyla numunenin çentik bölgesi çekicinin vuracağı bölgenin tersine bakacak şekilde cihaza yerleştirilmiştir. Soğutma dolabından numunenin çıkartılması ve darbe testinin gerçekleşmesi için 3 saniye içerisinde yerleştirme yapıp çekiç yardımıyla test tamamlanmıştır. Test sonuçları bilgisayar yardımıyla elektronik belgeye dönüştürülmüştür (Mitaş Cıvata, 2024).

6.2.2.1 Darbe Numunesi Boyutsal Kontrolü



Şekil 6.10: Darbe numunesi boyutsal kontrol parametreleri

Tablo 6.6: Darbe numunesi boyutsal kontrol formülleri

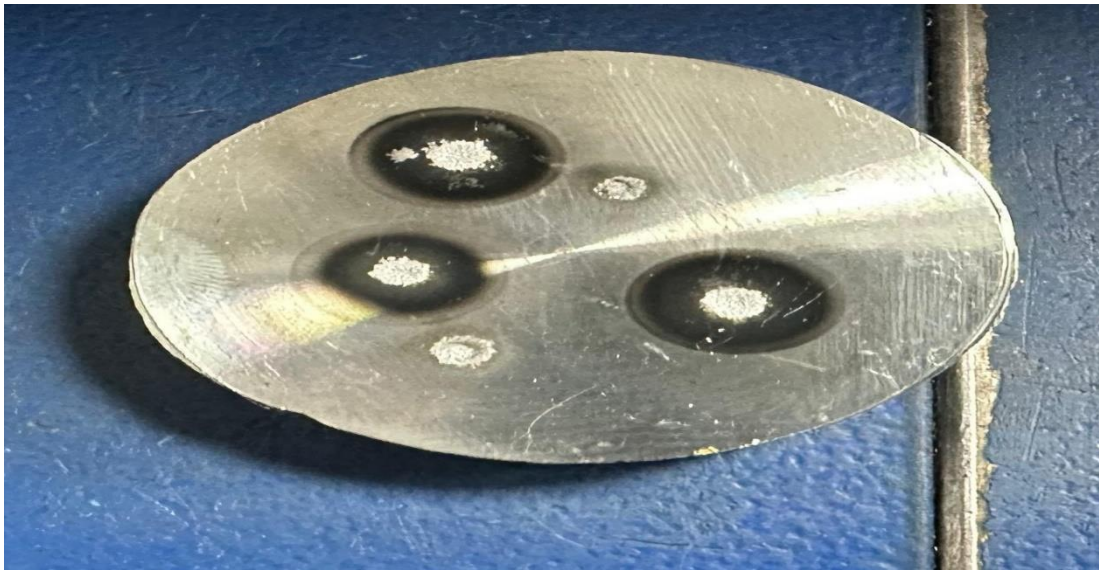
	ISO 148-1	ASTM A370
Uzunluk (L)	$L = 55 \text{ mm} \pm 0,60 \text{ mm}$	$L = 55 \text{ mm} - 2.5 \text{ mm}$
Genişlik (W)	$W = 10 \text{ mm} \pm 0,075 \text{ mm}$	$W = 10 \text{ mm} \pm 0,075 \text{ mm}$
Kalınlık (B)	$B = 10 \text{ mm} \pm 0,11 \text{ mm}$	$B = 10 \text{ mm} \pm 0,075 \text{ mm}$
	$B = 7,5 \pm 0,11$	$B = 7,5 \pm 0,075$
	$B = 5 \pm 0,06$	$B = 5 \pm 0,050$
	$B = 2,5 \pm 0,05$	$B = 2,5 \pm 0,025$
Açı (θ)	$\Theta = 45^\circ \pm 2^\circ$	$\Theta = 45^\circ \pm 1^\circ$
Çentik çapı	$R = 0,25 \text{ mm} \pm 0,025 \text{ mm}$	$R = 0,25 \text{ mm} \pm 0,025 \text{ mm}$
Çentik derinliği	$2 \text{ mm} \pm 0,025 \text{ mm}$	$2 \text{ mm} \pm 0.025 \text{ mm}$

6.2.3 Kimyasal Analiz Deneyi (Spektral Analiz)

Talaşlı imalat bölümünde hazırlanan spektral analiz numunesi, tornada kesim işlemi sonrası analiz yapılacak yüzey taşlanmıştır. Taşlama işlemi sonrası spektral analiz cihazı yakma bölümüne numune yerleştirilmeden önce elektrot tel fırça ile temizlenmiştir. Tel fırça ile temizleme prosesi şekil 6.10’da gösterilmiştir. Temizleme sonrası yakma bölümüne yerleştirilen numune otuz saniye ile bir dakika arası yakma işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar bilgisayar ortamına aktarılmıştır.



Şekil 6.11: Elektrotun tel fırça ile temizlenmesi



Şekil 6.12: Kimyasal analiz ile yakma işlemi sonrası numune yüzeyi

6.3 İmalat Yöntemi ve İmalat Sonrası Kalite Kontrol

Bu bölümde imalat aşamasında kullanılan tezgahların özellikleri ve tezgah parametrelerinin ayarlamasına yer verilmiştir.

6.3.1 Kesme Yöntemi ile İmalat

Bu yöntem universal torna tezgahı ile plastik deformasyon yöntemi kullanılmadan keserek vida dış profilinin oluşturulmasıdır. Katere bağlanan kesici takım ile test parçasının dış çap bölgesinden talaş kaldırılarak yapılan imalat yöntemidir. Bu yöntem seri imalat olmamakla beraber dış açma prosesi oldukça zahmetlidir. Kesme yöntemi ile dış açılan numunede hammadde olarak Ø42 42CrMo4+QT'li malzeme kullanılmıştır. Dış üstü çapına kadar tozlama yöntemi ile dış çap silinmiştir. Bu operasyonda 0,2 mm talaş kaldırılmıştır. Bu işlem esnasında 1000 rpm devirde 0,24 mm/dev ilerleme hızında metrik ölçü sistemi ayarlanarak numune üzerinden 0,2 mm paso ile talaş kaldırma işlemi yapılmıştır. Bununla beraber ERM 22 kodlu ISCAR marka elmas ile dış hatvesi oluşturulmuştur.

Dış hatvesi oluşturulan numuneye profil projeksiyon tezgahında; dış hatvesinin kontrolü, dış üstü ve dış dibi ölçülerinin kontrolleri sağlanmıştır. Profil projeksiyon cihazında kontrollerin ardından ilgili numuneler bakalite gömülerek dış üstü ve dış dibi sertlikleri kontrol edilmiştir.

6.3.2 Ovalama Yöntemi ile İmalat

Bu yöntem ovalama tezgahı ile plastik deformasyon yöntemi kullanılarak vida dış profilinin oluşturulmasıdır. Çalışmamız esnasında kullanılan ovalama tezgahı Profiroll marka PR 50 E PRS modelidir. Ovalama makineleri malzemeleri ezme gücü kullanarak plastik deformasyon ile şekil değişimi sağlayan soğuk şekillendirme yöntemidir. Sadece yuvarlak kesitli parçalara ovalama işlemi yapılır. Ovalama işlemi, ovalama yapılacak iş parçasında tam çap veya ovalama çaplı olarak iki farklı çapta malzeme ile yapılır.

Ovalama çaplı malzeme, nominal çapın altında ölçülere sahip malzemedir. Tam çaplı malzeme ise imalat öncesi şaft çapı ölçüsü ile aynıdır. Tam ap malzemeyi tedarik etmek ovalama çaplı malzemeye göre daha kolaydır. Ovalama çaplı malzemeler genel olarak haddeleme işlemi esnasında özel isteklere göre üretilir. Tam ap malzemede talaş kaldırma yöntemi kullanıldığı için malzeme kaybı olurken ovalama çaplı malzemede hammadde kaybı olmaz. Ovalama yöntemi ile imalat keserek di açma yöntemi ile açılan dilere göre daha yüksek dayanım değerlerine sahiptir.

Çalışmamız kapsamında kullanılan ovalama tezgahında işlem parametreleri aşağıdaki gibidir.

1. Proses için kullanılan ovalama topu; daha önce hiçbir imalatta kullanılmamış olup, Profiroll firması tarafından tasarlanmış 410413 seri numaralı M42*4.5 mm di adımlı ptr radyusludur.



şekil 6.13: Ovalama topu

2. Çalışma güvenliği sağlandıktan sonra M42*4.5 diş adımlı ovalama topu ovalama makinesi üzerinde yer alan ovalama millerine bağlantı elemanları yardımıyla takılır.



Şekil 6.14: Ovalama makinesine ovalama toplarının takılması

3. Ovalama topunun millere takılmasının ardından top açıları manuel olarak açı cıvataları ile yapılmıştır.



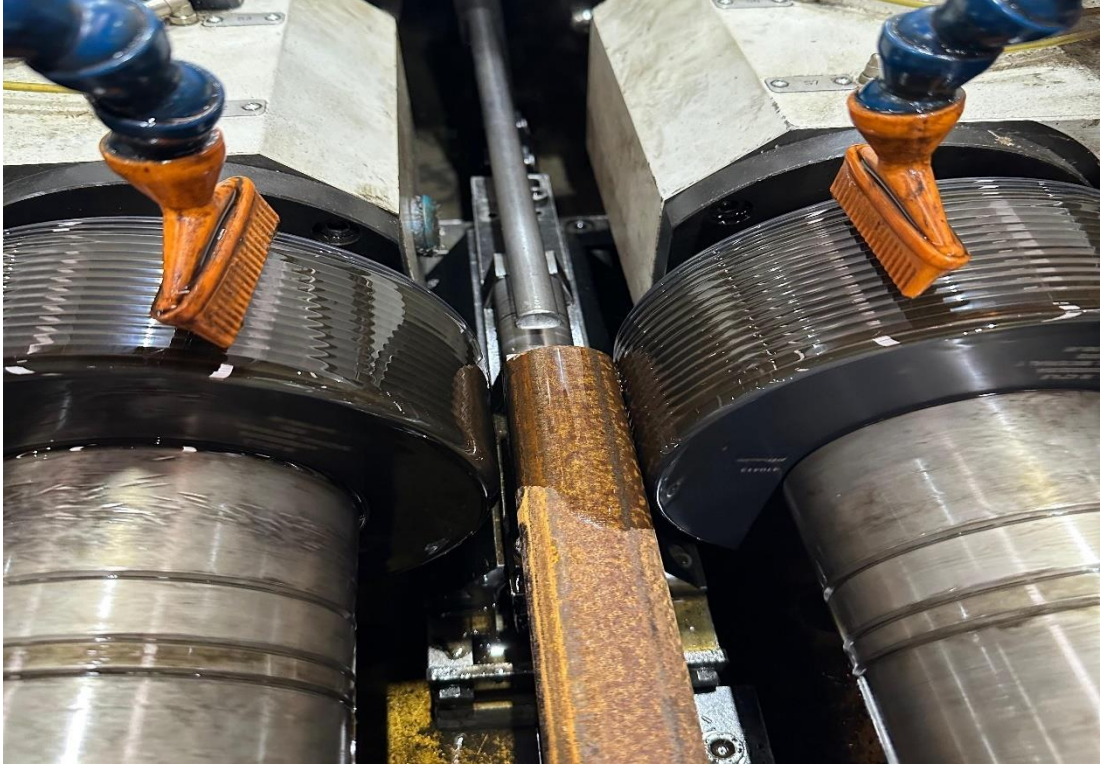
Şekil 6.15: Ovalama topu açısı ayar cıvatası

4. Ovalama topu açıldıktan sonra diş açılacak parçanın çapı ve diş boyuna göre dayama takozu ayarları yapılmıştır.



Şekil 6.16: Ovalama makinesi dayama takozu ayarı

5. Dayama takozu ayarı sonrası ayar olarak 3 adet ayar cıvatası ile ovalama topu ayarının yapılması sonrası, tezgah tarafından ayar hesaplamaları metrik sisteme göre otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.
6. Otomatik ayar sonrası manuel olarak tezgah parametreleri optimize edilmiştir. Bu aşamada amaç deney esnasında imal edilen ürünlerde değişken sayısını manuel olarak tek değişkene düşürmektir.
7. Tezgah parametreleri sırasıyla; dalma süresi 5.5 saniye, ilerleme hızı %50, geri gitme hız %50, tonaj 350 kN, devir 30 rpm, ovalama yağı Mobil 424, iş parçası diş boyu 60 mm ve baskı sayısı 1 olarak belirlenmiştir.
8. Ovalama çaplı iş parçası, altlık üzerine yerleştirilmiş dayama noktasına kadar ilerletilip sabitlenmiştir.



Şekil 6.17: Ovalama makinesinde yer alan altlık bölgesine iş parçasının konumlandırılması

9. Sabitleme sonrası manuel ayak pedalı ile tezgaha başlama komutu verilmiş ve yedinci maddede bahsi geçen tezgah parametrelerine göre ovalama işlemine başlanmıştır.



Şekil 6.18: Ovalama prosesi

10. Ovalama işlemi sonrası master kontrolü yapılarak imalat aşamasında ilk kalite kontrolü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.19: Ovalama prosesi ile vida dış profilinin oluşturulması

Diş hatvesi oluşturulan numuneler öncelikle imalat operatörü tarafından master ile ölçüm yapılmış ve daha sonra sırasıyla, profil projeksiyon tezgahında diş hatvesinin kontrolü, diş üstü ve diş dibi ölçülerinin kontrolleri sağlanmıştır. Profil projeksiyon cihazında kontrollerin ardından ilgili numuneler bakalite gömülerek diş üstü ve diş dibi sertlikleri kontrol edilmiştir. Diş hatvesi oluşturulan numuneye şekil 6.18’de yer verilmiştir.

6.3.2.1 Ovalama Yöntemi ile İmalatta Proses Değişkenleri

Bu bölümde araştırma konumuzun temeli olan ovalama yöntemi ile imalatla ovalama tezgahındaki parametrelerden sabit tutulan değerler ile değişken kabul edilen parametre değerlerinden bahsedilmiştir. İlgili parametre değerleri ve yöntemler aşağıdaki gibidir.

1. İlk olarak 6.3.2 konu başlığında bahsi geçen standart ayarlar ovalama tezgahında yapıldıktan sonra sadece tezgah parametresinde devir değeri değiştirilmiştir. Bu değerler sırasıyla 15 rpm, 25 rpm, 35 rpm ve 45 rpm’dir. Bu aşamada devir değişikliği ile diş profili oluşumu aşamasındaki sertlik dağılımı gözlemlenmiştir. Her devir değeri için

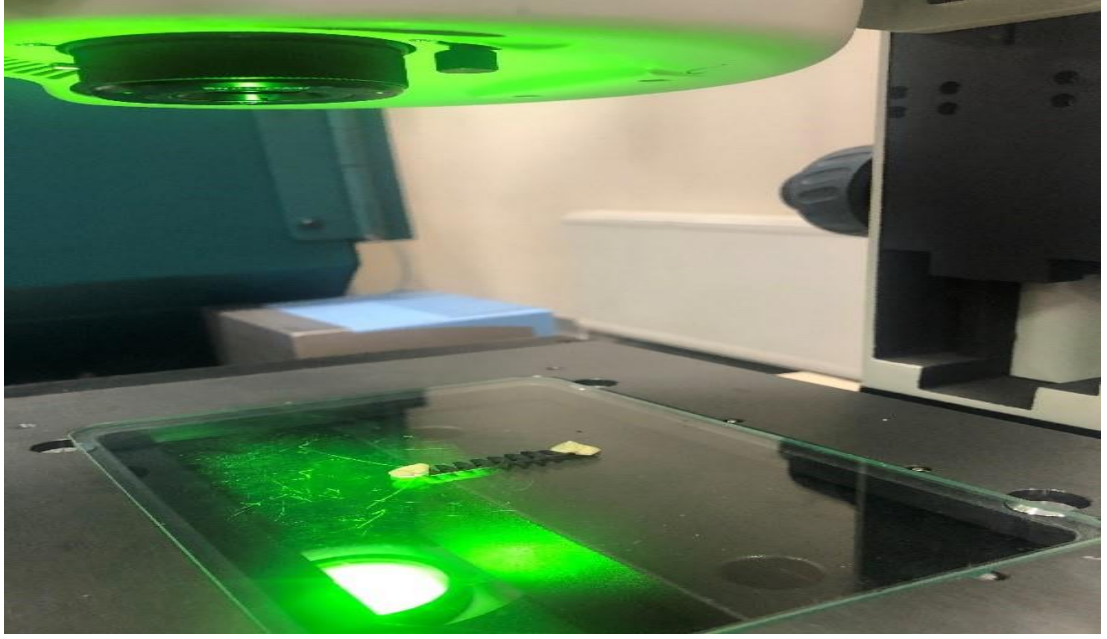
numuneler hazırlanmış ve kalite test aşamaları için numaralandırılmıştır.

2. İlk prosesin numune üretimi bittikten sonra devir değeri 30 rpm olarak düzenlenmiştir. Tezgah standart ayarlara revize edildikten sonra bu aşamada sadece baskı sayısı değiştirilmiştir. Baskı sayısı sırasıyla 1 baskı, 2 baskı ve 3 baskı olarak 3 grup halinde imalat yapılmıştır. Her baskı sayısı değeri için numuneler hazırlanmış ve kalite test aşamaları için numaralandırılmıştır.
3. Son numune imalatında ise tüm tezgah parametreleri standart değerlere alınmış sadece hammadde türünde değişiklik yapılarak prosese hammadde kalitesinin etkisi gözlemlenmiştir. Bu aşamada değişkenler sırasıyla; 33MnCrB5-2+QT, 42CrMo4+QT, 34CrNiMo6, 42CrMo4 ve 30MnB4'tür.

6.3.3 İmalat Sonrası Profil Projeksiyon ile Dış Kontrolü

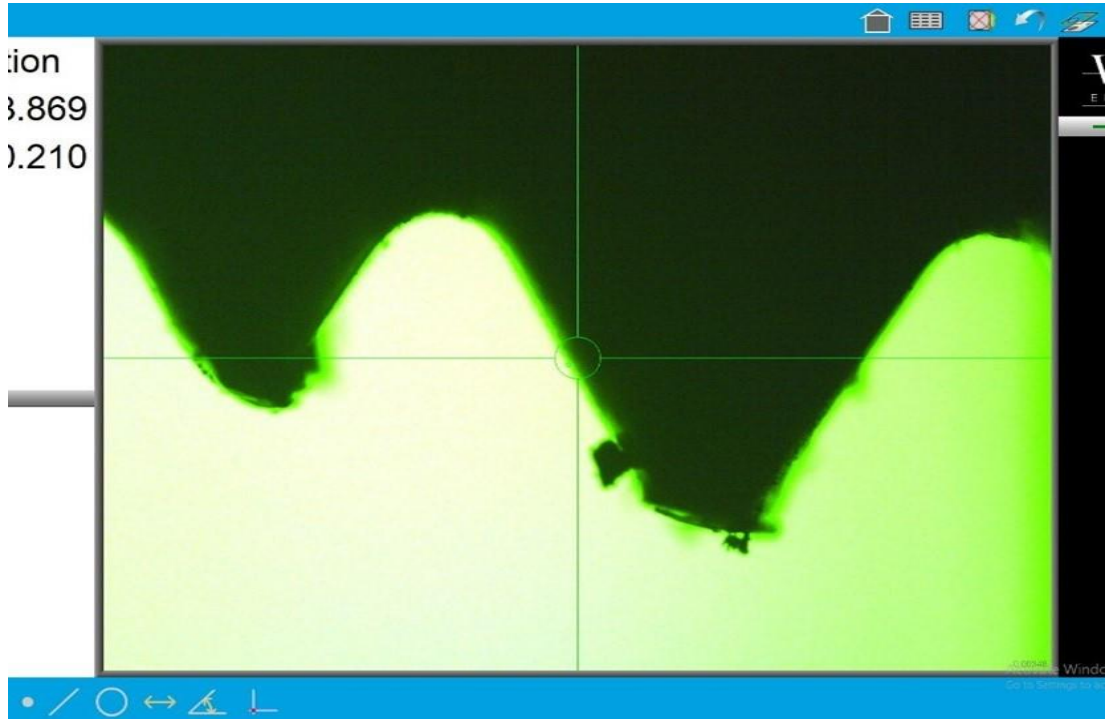
Kesme ve ovalama yöntemi ile dış profilin oluşturulmasının ardından profil projeksiyon cihazında dış boyutsal ölçümleri aşağıdaki sıraya göre gerçekleştirilmiştir.

1. Metalografik numune hazırlama prosedürü esnasında dış bölgesinde 90 derece olarak kesilen numune parçalar profil projeksiyon cihazının tablasına macun ile yapıştırılmıştır. Bu aşamada ölçüm esnasında parçanın hareket etmemesi sağlanmıştır.



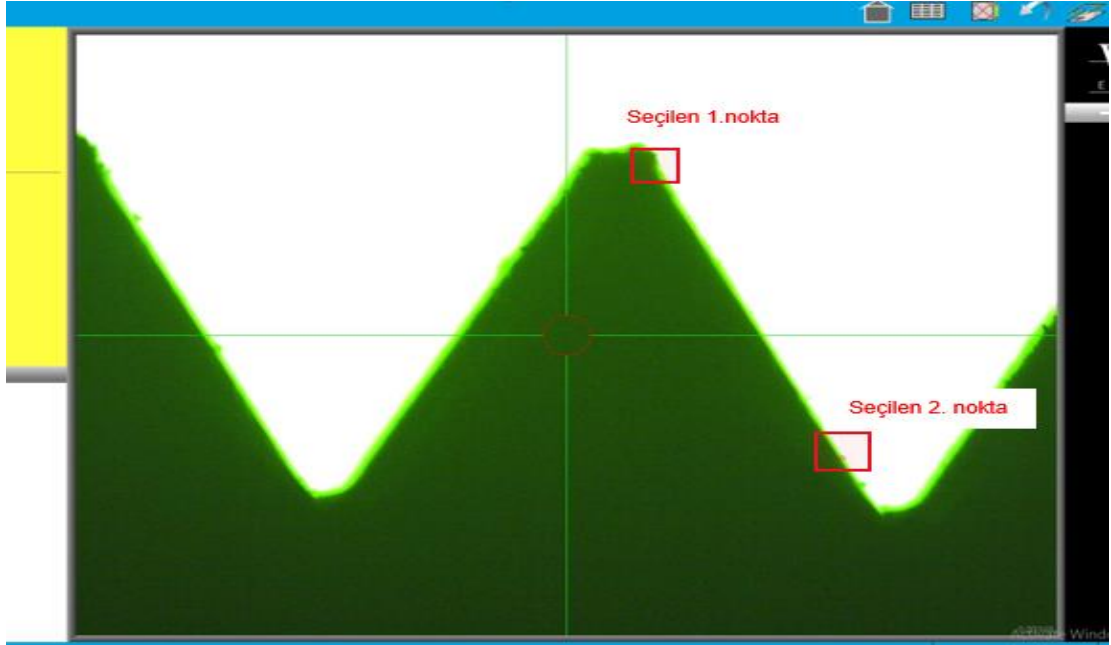
Şekil 6.20: Ölçüm yapılacak numunenin macun kullanılarak tablaya yerleştirilmesi

2. Tablaya yerleştirilen numunede görüntünün netleştirilmesi için x ve y eksen hareket dümeni ile hareket ettirilerek parça lens ucunun odak noktasına getirilmiştir.



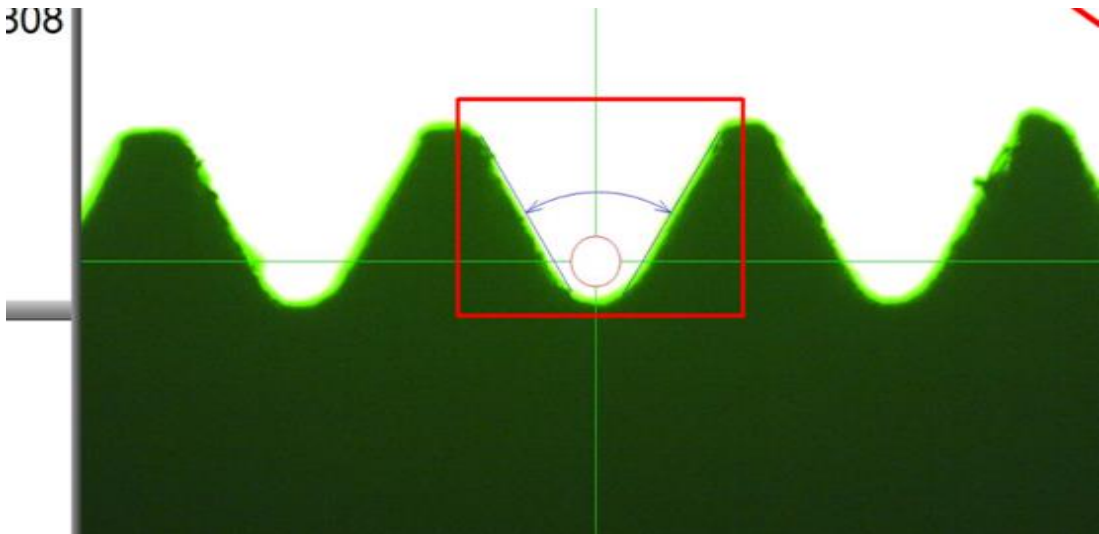
Şekil 6.21 Profil projeksiyon makinesinde netlik ayarlama

3. Tablaya yerleştirilen numunede diş profilinin netleştirilmesi ile 2 farklı ölçüm yöntemi ile diş boyutsal ölçümüne başlanmıştır. Bu aşamada ilk olarak diş tepe ve diş dibi radyus başlangıç noktası arasındaki mesafe ölçölmüştür.



şekil 6.22: Diş yüksekliği ölçüm noktalarının belirlenmesi

4. Diş yüksekliği ölçümü sonrası radyus mesafesi ölçölmüştür. Bununla birlikte radyus açısında ölçölmüştür.



şekil 6.23 Profil projeksiyon cihazı ile diş açısının ölçümü

6.3.4 İmalat Sonrası Metalografi Numunesi Hazırlanması

Bu bölümde metalografi numunesi ham malzeme, yarı ürün, veya son ürünlerin Vickers sertlik cihazında ve görüntü analizi (kalıntı, faz analizi, karbürizasyon, dekarbürizasyon, mikroskobik inceleme ve kaplama kalınlığı) programında incelemeleri gerçekleştirmek için numune hazırlama aşamalarını testlerin nasıl yapıldığı ve testlerin hangi aşamalardan geçtiği anlatılmıştır.

6.3.4.1 Numune Alma İşlemi

Metalografi, metallerin ve alaşımların iç yapısını inceleyerek fiziksel ve kimyasal özelliklerini anlamayı amaçlayan bir bilim dalıdır. Bu incelemeler, optik mikroskop gibi cihazlar kullanılarak gerçekleştirilir ve fazlar, taneler, kalıntılar (enklüzyonlar) gibi yapı elemanlarının türleri, büyüklükleri, şekilleri ve dağılımları detaylı bir şekilde analiz edilir. Ayrıca, bu yapı elemanlarına ilişkin gerekli ölçümler yapılarak malzemenin özellikleri hakkında derinlemesine bilgi edinilir. Aşağıda sıralanan konular incelenmek isteniyorsa enine kesit alınmalıdır.

1. Karbon derinliği ve iç yapısı,
2. Korozyon derinliği ve iç yapısı,
3. Karbonsuzlaşma derinliği ve iç yapısı,
4. Kaplama kalınlığı ve iç yapısı,
5. Yüzey kusurları derinliği,
6. Kalıntıların dağılımı,
7. Yüzeyden merkeze iç yapı değişiklikleri,

Boyuna kesitlerde ise genellikle şu konular incelenir.

8. Isıl işlemin iç yapıda oluşturduğu değişimler,
9. Plastik deformasyon sonucu oluşan tane biçimi değişimleri,
10. Kalıntılarda, plastik deformasyon sonucu oluşan değişimler,
11. İç yapıda textur oluşup oluşmadığı.

6.3.4.2 Kesme ve Bakalit Cihazı ile Numune Hazırlanması

Metalografi çalışmalarında numunenin kesme işlemi, elde edilen verilerin doğruluğu ve güvenilirliği açısından son derece kritik bir aşamadır. Kesme sırasında en önemli husus, numunenin minimum ısınmaya ve minimum deformasyona maruz kalarak çıkartılmasıdır. Bu nedenle, kesme işlemi sırasında soğutma sıvısının etkin bir şekilde kullanılması hayati bir rol oynar. Soğutma sıvısı, sadece malzemenin sıcaklığını kontrol etmekle kalmaz, aynı zamanda kesici takım ile numune arasındaki sürtünmeyi azaltır ve numunenin korozyona uğramasını engeller. Özellikle kesme sürecinde, numunenin sürekli olarak özel bir sıvı ile soğutulması hem yüzey kalitesinin korunmasını sağlar hem de malzemenin yapısal bütünlüğünü koruyarak analizin güvenilirliğini artırır.

Kesme işlemi sırasında kullanılan kesme diskleri, kesilecek malzemenin özelliklerine göre seçilmelidir. Malzemenin sertlik ve süneklik özellikleri, uygun kesme diskinin belirlenmesinde temel faktörlerdir. Farklı malzeme tiplerine uygun kesme disklerinin farklı bileşimlerde tasarlanmış olması, bu süreçte istenilen sonuçların elde edilmesine yardımcı olur. Kesme disklerinin performansı, diskin bağlayıcı yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Sonuç olarak, doğru kesme tekniğiyle ekipman kullanımı, metalografik incelemelerde istenilen sonuçlara ulaşmak ve numunenin yapısal bütünlüğünü korumak için hayati bir önem taşır. Bu süreçte kullanılan yöntemlerin hassasiyeti, malzeme bilimi ve mühendisliği alanındaki analizlerin doğruluğunu belirleyen temel unsurlardandır.

Tablo 6.7: Kullanım amacına göre kesme diskleri

Kesme Diski	Kesme Diskinin Sertlik Değeri	Kullanım Yeri
STRUER 250X1,5X32 mm	300-450 HV	Görüntü Analizi Cihazı
METKON 250X1,6 X32 mm	20-35 HRC	Vickers Sertlik Cihazı

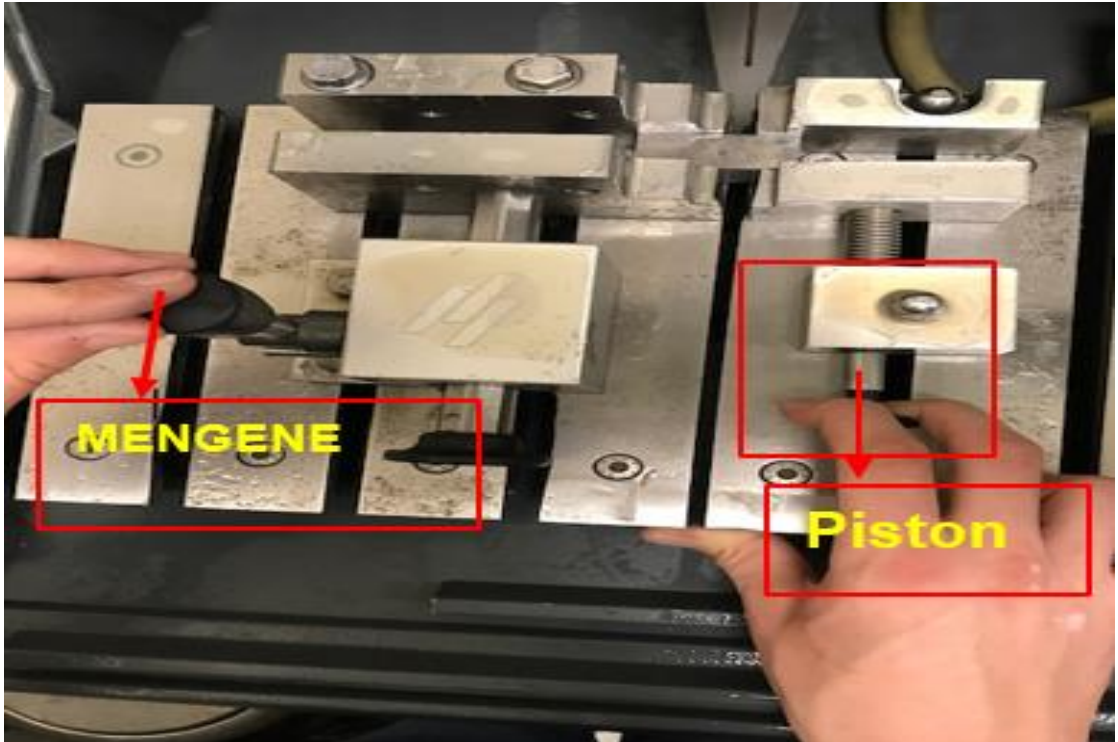
Numune kesme işlemi aşağıda yer alan sıra ve yönteme göre yapılmıştır.

1. Kesme makinesi el ile yukarı yönlü olarak kapağı açılmıştır.



Şekil 6.24: Kesme makinesi

2. Kesme makinesi üst kapağı açıldıktan sonra piston aşağı yönlü çekilerek malzeme çapına kadar çekilmiş daha sonra malzeme sıkıştırılarak mengene kilitlenmiştir.



Şekil 6.25: Kesme makinesi numune yerleştirme

3. Numune piston ile mengene arasına sıkıştırıldıktan sonra kol yardımı ile malzeme kesilmiştir.



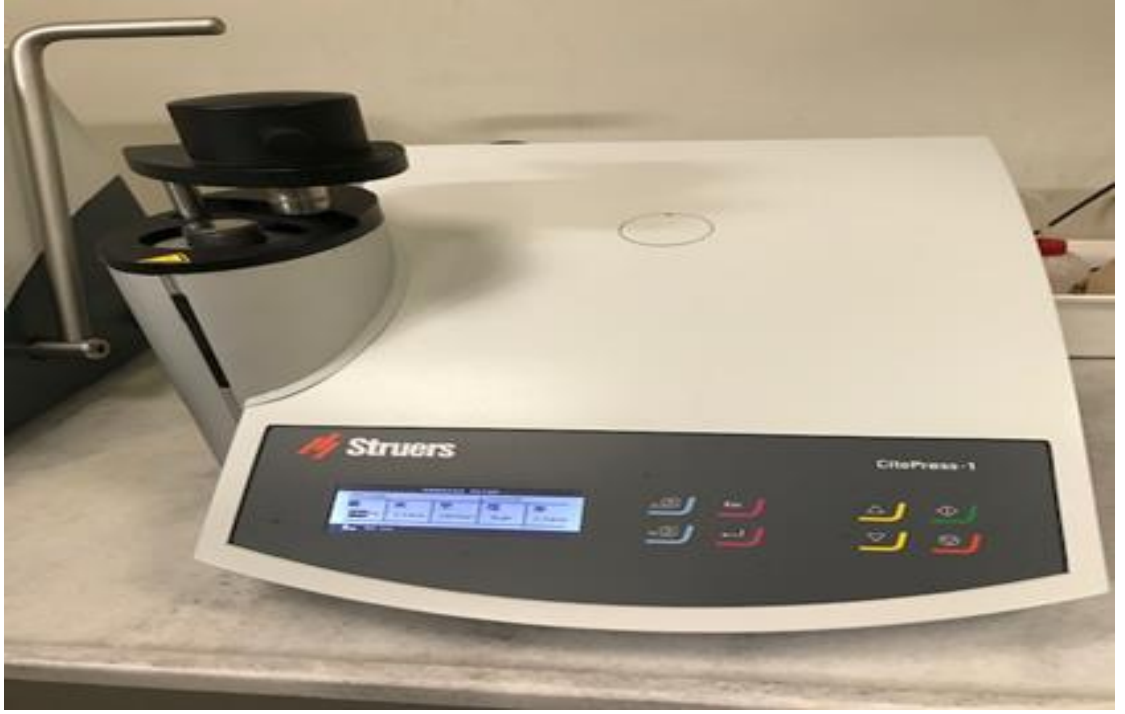
Şekil 6.26: Kesme makinesi kolu

4. 90 derecelik açı ile numuneler kesilmiştir.



Şekil 6.27: Bakalite gömülecek numune

5. Kesilen numune sıcak bakalite alma prosesiyle bakalite gömülmüştür. Bu aşama sertlik testleri için numunenin sabit kalması ve ölçümlerin stabil olması için yapılmıştır.



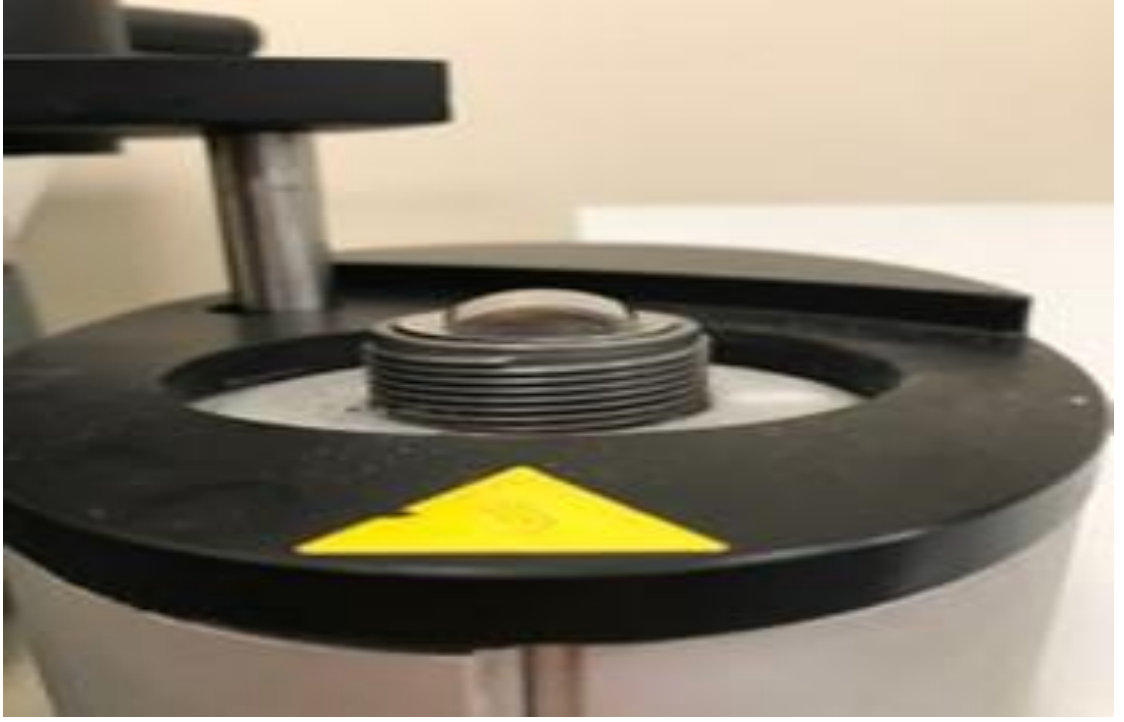
Şekil 6.28: Bakalit makinesi

6. İlk olarak bakalit makinesinin hazne kapağı açılmıştır.



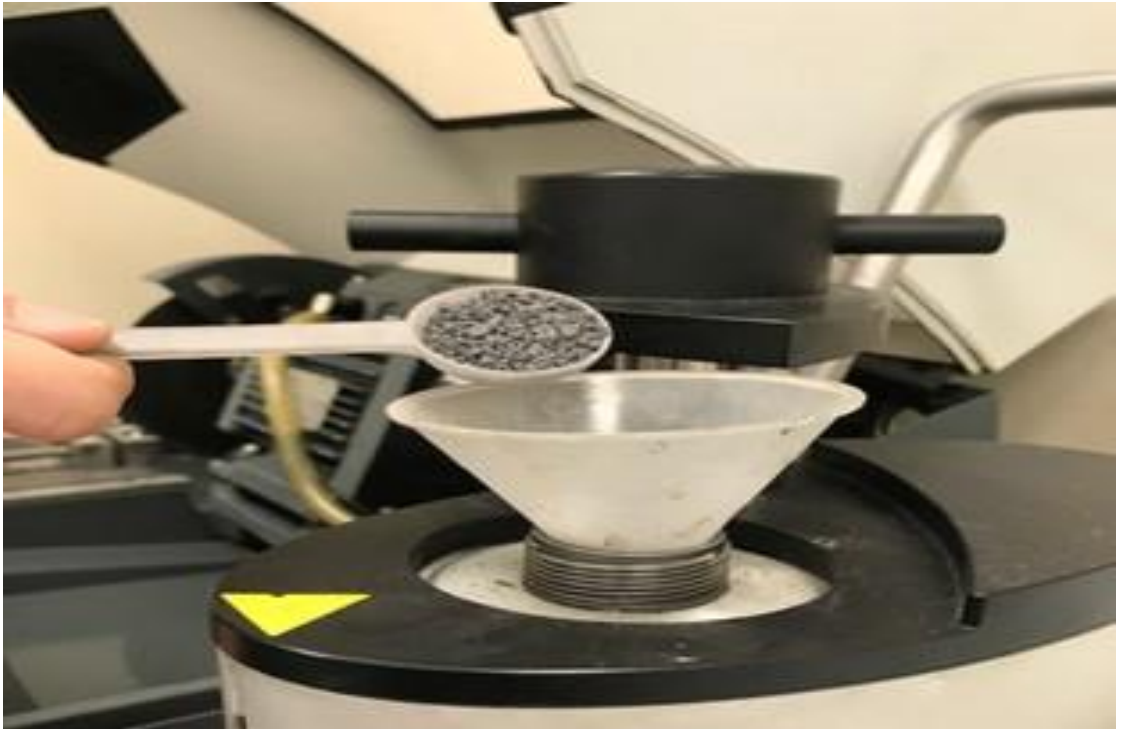
Şekil 6.29: Bakalit makinesi hazne kapağı

7. İncelenecek olan numune yüzeyi aşağı bakacak şekilde bakalit cihazının haznesine yerleştirilmiştir.



Şekil 6.30: Bakalit makinesi kesilen numuneyi hazneye yerleştirme

8. Hazneye yerleştirilen numunenin bakalit ile kaplanması için huni yardımıyla numune büyüklüğü kadar bakalit tozu makineye eklenmiştir.



Şekil 6.31: Huni yardımı ile bakalit tozunun makineye eklenmesi

9. Huni kaldırılıp numune ve bakalit tozunun cihaza yerleştirilmesinin ardından hazne kapağı yerine oturtularak kilitlenmiştir.



Şekil 6.32: Bakalit tozu eklenmesi sonrası makinenin kapağının kapatılması

10. Cihaz kapağı kapatıldıktan sonra numune büyüklüğüne göre 3 ile 6 dakika arası bakalite alma işlemi yapılmıştır.

Vickers sertlik cihazında kullanılması için hazırlanacak olan numuneye siyah bakalit tozu kullanılması tavsiye edilir (Metkon/Epo Hot Mounting). Siyah bakalit tozu için örnek proses süreleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.33: Siyah bakalit proses süreleri

Görüntü analizi bakılacak numunelerde ise beyaz (şeffaf) bakalit tozuna gömülmesi tavsiye edilir. Beyaz bakalit tozu için proses süreleri aşağıdaki gibidir.



HEATING			COOLING	
				
180°C	5.5 min	350 bar	Low	4.5 min

 30 mm

Şekil 6.34: Beyaz bakalit proses süreleri

6.3.4.3 Zımparalama ve Parlatma Cihazı ile Numune Hazırlanması

Zımparalama işlemi, talaş kaldırma yöntemlerinden biri olarak düşünülebilir. Mikroskopik inceleme yapılacak numunelerin yüzeyi, kesim sonrası genellikle pürüzlüdür ve çizikler barındırır. Mikroskop altında net bir görüntü elde edebilmek için son derece düzgün bir yüzey gereklidir. İncelenmek istenen iç yapının tam anlamıyla görülebilmesi adına yüzeydeki deforme olmuş tabakanın giderilmesi zorunludur. Bu amaçla numune; zımparalama ve parlatma işlemlerinden geçirilir. Bu süreç, kademeli olarak uygulanır ve her aşamada bir öncekine oranla daha ince aşındırıcı malzemeler tercih edilir. Örneğin, 75, 54, 18 ve 6 mikronluk zımparalama diskleri sırasıyla büyükten küçüğe doğru kullanılarak işlem gerçekleştirilir. Böylelikle her aşamada oluşan çizik ve deformasyonlar minimize edilir. İşlemin başlangıcında 10-100 μm arasında olan pürüzlülük değeri, titizlikle yapılan çalışmalar sonucunda 1 μm 'ye kadar düşürülür. Zımpara türüne göre tane boyutu farkına şekil 6.34'de yer verilmiştir.

	Zımpara Tane No	Tane boyutu (μm)
KABA	80	210-177
	150	105-88
	180	88-74
	240	53-45
	320	37-31
	400	31-27
İNCE	600	22-18
	800	15-11

Şekil 6.35: Zımparalama kâğıdı ile tane boyutu değişimi



Şekil 6.36: Zımparalama makinesi

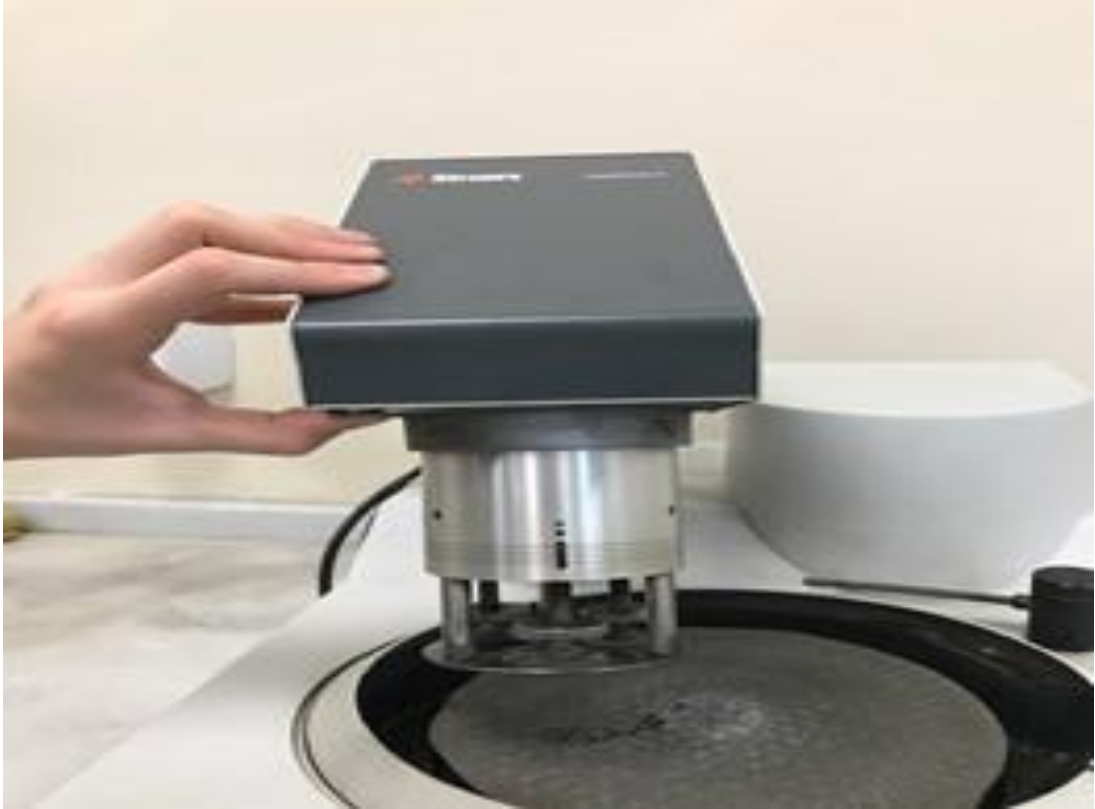
Bakalite gömülen numuneler aşağıda yer alan sıraya ve prosese göre zımparalama işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada ölçüm yapılan yüzeyin yüzey pürüzlüğünü kademeli olarak pürüzsüz hale getirilmiştir.

1. Zımparalama makinesine sırasıyla 75, 54, 18 ve 6 mikronluk zımparalama diski yerleştirilmiştir.



Şekil 6.37: Zımparalama diskinin makineye yerleştirilmesi

2. Sırasıyla her disk için önceden bakalite gömülen numuneler makinenin bakalit yerleştirme haznesine konulmuştur.



Şekil 6.38: Zımparalama makinesi bakalit yerleştirme haznesi

3. Makinenin üst kapağı zımparalama diski üzerine kapatılmış ardından işaretli bölgede yer alan vida ile numune zımparaya sıkıştırılmıştır.



Şekil 6.39: Zımparalama makinesi bakalit yerleştirme ve zımparalama sıkma ayarı

4. Zımparalama işlemi başlamadan makine üzerinde yer alan su vanası açılmıştır.



Şekil 6.40: Zımparalama makinesi su vanası

5. Su vanasının açılması ile birlikte istenen devir ayarlanarak zımparalama işlemi başlatılmıştır.



Şekil 6.41: Zımparalama devir ayar ekranı

6. Zımparalama işlemi üçüncü maddede belirtilen ayarlama sonrası zımparalama işlemi ile birlikte ayar çizgisi son çizgiye gelince 75 mikronluk zımparalama disk 54 mikronluk disk ile değiştirilmiştir. Her disk için yukarıdaki işlemler sırasıyla yapılmıştır.
7. Son olarak 6 mikronluk zımparalama disk ilet zımparalama işlemi yapılmış numuneler su ile yıkanmıştır. Parlatma işlemi için cihaza parlatma çuhası disk ilet yerleştirilmiştir. Diskin yerleştirilmesinin ardından numuneler tekrar cihaza bağlanmış ve disk üzerine parlatma sıvısı sıkılarak parlatma işlemi başlatılmıştır.



Şekil 6.42: Parlatma disk ilet yerleştirilmesi ve parlatma sıvısı sıkılması

8. Parlatma prosesi bittikten sonra numuneler alkol ile temizlenilmiştir. Bu aşamada parlatma işlemi sonrası numune üzerinde kalan partiküller temizlenmiştir. Yıkama işlemi sonrası ılık hava ile numuneler kurutulmuştur. Kurutma için fön makinesi kullanılmıştır.
9. Mikro yapıya bakılacak numunelerde dağlama işlemi yapılmıştır. Kimyasal malzeme ile numune yüzeyi etkileşime sokulmuş ve mikro yapı detaylarının görülmesi sağlanmıştır. Dağlama işlemi için alkol, saf su, gliserin ve asit karışımı kullanılmıştır. Dağlama işlemi sonrası mikro yapı bakılırken iç yapı tam olarak net görülmez ise dağlama işlemi bir kez daha yapılmalıdır.

Yukarıdaki aşamalarda kullanılacak zımpara diskleri, kademeleri, süreleri ve devirleri aşağıdaki tablolarda yer verilmiştir.

Tablo 6.8: Görüntü analizi yapılacak numunede zımpara kademesi

Adım	Zımparalama Kademelerinde Kullanılan Zımparalama Diski	Kullanılan Süspansiyon	Süre(Dk)	Hız (Devir)	Kullanılan Marka
1. Adım	MD PIANO 220 grit	Su	4	250	Struers

Tablo 6.9: Görüntü analizi yapılacak numunede parlatma kademeleri

Adımlar	Parlatma Kademelerinde Kullanılan Süspansiyon	Kullanılan Çuha/Keçe	Süre(Dk)	Hız (Devir)	Elmas Süspansiyon Marka
1. Adım	Dia Duo-2, 9 Mikron Elmas Süspansiyon	Md Allegro	4	50	Struers
2. Adım	DiaDuo-2, 3 Mikron Elmas Süspansiyon	Md Dac	4	50	Struers
3. Adım	DiaDuo-2, 1 Mikron Elmas Süspansiyon	Md Nap	1,5	250	Struers

Tablo 6.10: Vickers sertlik analizi yapılacak numunede zımparalama kademeleri

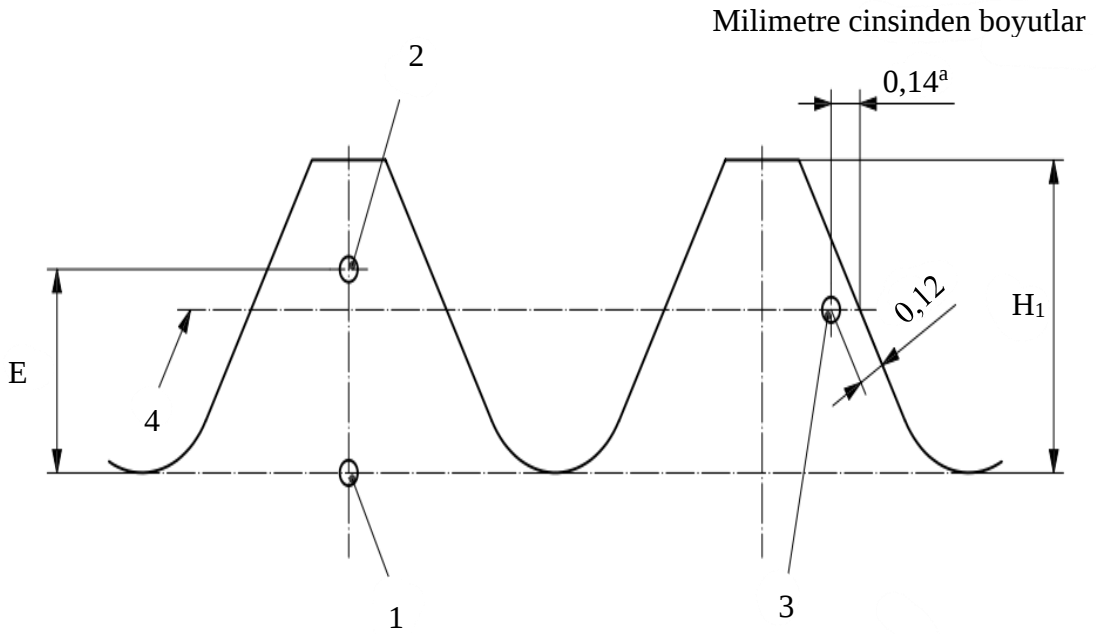
Uygulanacak Adımlar	Kullanılan Zımparalama Diski	Kullanılan Süspansiyon	Süre(Dk)	Hız	Kullanılan Marka
1. Adım	75 mikron zımparalama	Su	3	500 Devir	Metkon
2. Adım	54 mikron zımparalama	Su	3	500 Devir	Metkon
3. Adım	18 mikron zımparalama	Su	3	500 Devir	Metkon
4. Adım	6 mikron zımparalama	Su	3	500 Devir	Metkon

Tablo 6.11: Vickers sertlik analizi yapılacak numunede parlatma kademeleri

Uygulanacak Adımlar	Parlatma Kademelerinde Kullanılan Süspansiyon	Kullanılan Çuha/Keçe	Süre(Dk)	Hız	Kullanılan Marka
3 Mikron	3+Elmas Su	Fedo-3 (3 mikron)	3	500 Devir	Metkon
1 Mikron	1+Elmas Su	Fedo-1s(1 mikron)	3	500 Devir	Metkon

6.3.5 Metalografi Numunesi Hazırlanması Sonrası Vickers Sertlik Ölçümü

Vickers sertliği testi deneyi TS EN ISO 6507-1, ASTM E92 ve ASTM E3842 standartlarına göre yapılmıştır. Test esnasında belirlenen ölçüm noktaları ISO 898-1:2013 standardına göre şekil 6.41’de gösterilmiştir. Deney başlamadan önce laboratuvar personeli tarafından, numunenin TS EN ISO 6507-1, ASTM E92 ve ASTM E3842 standartlarına uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu bölümde gerçekleştirilen proses adımları sırasıyla aşağıdaki gibidir.

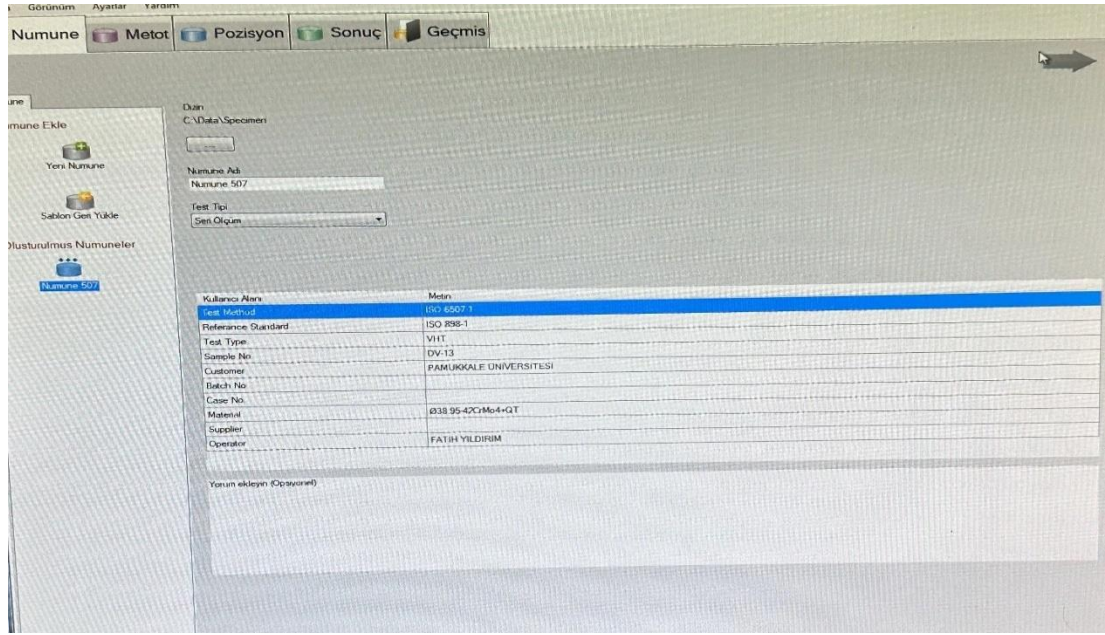


Dekarbürizasyon: $HV(2) \geq HV(1)-30$

Karbürizasyon: $HV(3) \leq HV(1)+30$

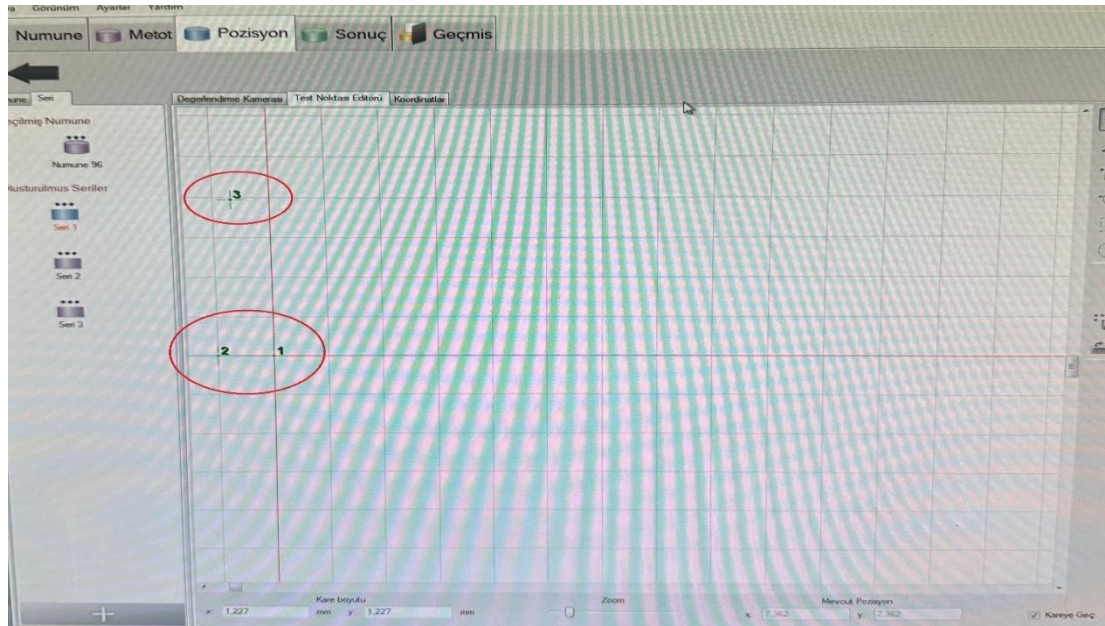
Şekil 6.43: Dekarbürizasyon ve karbürizasyon testi için sertlik ölçüm noktaları

1. Sertlik ölçümü yapılacak numuneler makineye yerleştirilmiştir. Görsel yerleştirme sonrası uygulama ekranında yer alan numune sekmesinde ölçüm yapılacak numunelerin bilgisi girilmiştir.



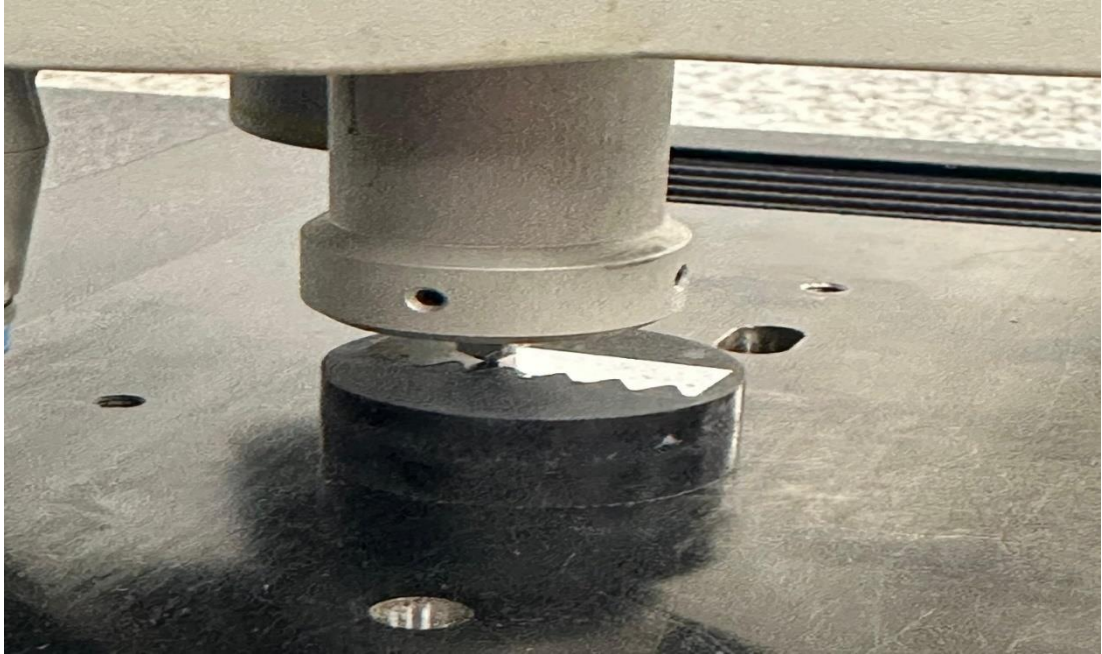
Şekil 6.44: Ölçüm yapılacak numunelerin cihaza tanıtılması

2. Numune bilgisinin girilmesinin ardından görsel olarak cihaza yerleştirilen numune ölçüm ucunun tam altına gelecek şekilde yeniden konumlandırılmıştır. Konumlandırma sonrası yüzey bul komutu ile makineye yüzey tanıtılmıştır. Yüzey tanıma sonrası ölçüm yapılacak test noktaları ızgara üzerinde işaretlenmiştir.



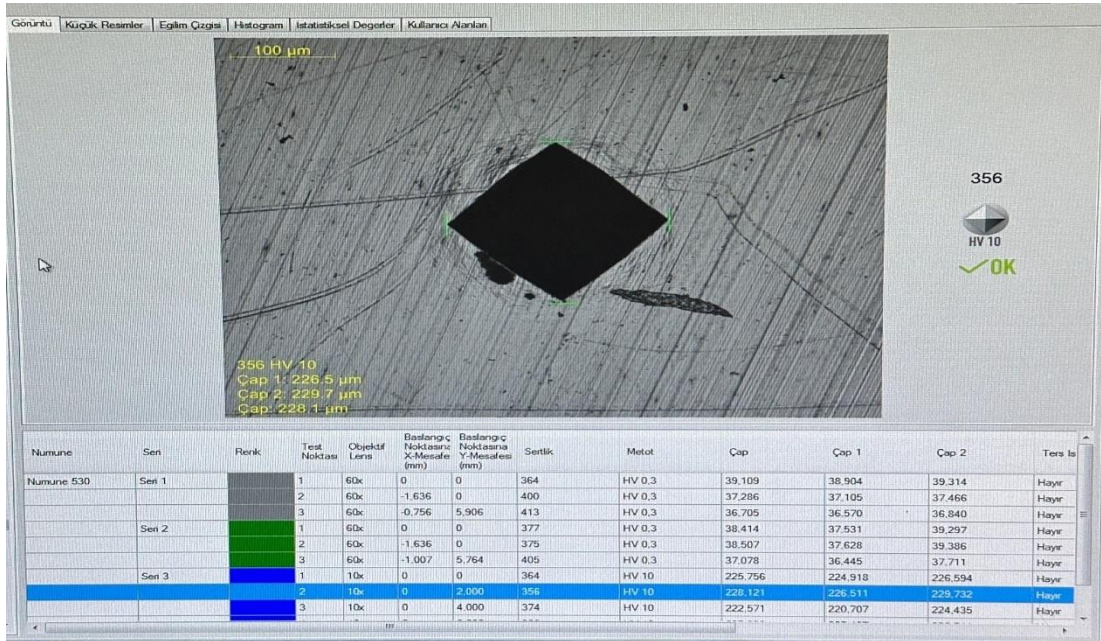
Şekil 6.45: Sertlik testi ölçüm noktaları

3. Test noktaları işaretlendikten sonra sertlik ölçümüne başlanmıştır.



Şekil 6.46: Sertlik numunesi üzerinde sertlik ölçümü

4. Sertlik ölçüm uçları malzeme yüzeyine baskı yaparak baklava şekli oluşturmuş, izlerin oluşturulması sonrası kamera ile iz büyüklüğü tespit edilerek sertlik sonuçları kaydedilmiştir.



Şekil 6.47: Kamera ile sertlik iz büyüklüğü ölçümü

7. BULGULAR

Bu başlıkta tez çalışmamıza konu olan ISO 898-1:2013 standardının istemiş olduğu dış sertlik farkı olan 30 HV değerini ve standardın istemiş olduğu 320 – 380 HV Vickers sertlik dağılımı aralığına girmek için toplamda 6 farklı hammadde üzerinde 4 farklı değişken metodu ile testler yapılmıştır. Yapılan testlerin sonucuna bu bölümde yer verilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan hammaddeler sırasıyla Ø38,95 42CrMo4+QT, Ø42 42CrMo4+QT, Ø38,95 33MnCrB5-2+QT, Ø42 34CrNiMo6, Ø45 42CrMo4 ve Ø44 30MnB4'tür. İlgili hammaddelere verilen hammadde kısa kodları tablo 7.1'de yer verilmiştir. Yazımızın devamında ilgili hammaddelere belirtilen kısa kodlarla yer verilmiştir.

Tablo 7.1: Hammadde bilgisi ve kodları

Hammadde Çapı (mm)	Hammadde	Hammadde Kodu	Hammadde Döküm No
Ø38,95	42CrMo4+QT	HM1	220887
Ø42	42CrMo4+QT	HM2	220742
Ø38,95	33MnCrB5-2+QT	HM3	700091
Ø42	34CrNiMo6	HM4	2159390V
Ø45	42CrMo4	HM5	306095
Ø44	30MnB4	HM6	244300

İlk olarak deneylerde kullanılacak olan hammaddelere çekme testi, darbe testi ve kimyasal (spektral) analiz testleri yapılmıştır. Yapılan test ile kullanılan hammaddelerin belirtilen hammadde şartlarına uygunluğu aranmıştır. İlk yapılan kalite testleri sonrası literatürde belirtilen değerlerle eşleşen hammaddeler üzerinde testlere başlanmıştır. Testler sırasıyla aşağıda belirtilen basamak ve amaçlar doğrultusunda yapılmıştır.

1. Ø42 42CrMo4+QT hammadde üzerinde kesme yöntemi ile vida dış profili oluşturulmuş, Ø38,95 42CrMo4+QT hammadde ile de ovalama yöntemi ile vida dış profili oluşturulmuştur. Kesme ve ovalama

yöntemi ile diş açmada diş sertliklerini ve buna etkiyle mukavemet değerlerini tespit etmeye çalışılmıştır.

2. Ø38,95 42CrMo4+QT hammadde sabit değer kabul edilmiş ve tezgah parametresindeki sadece devir değeri değişken kabul edilerek devire bağlı vida diş profili oluşumunun sertlik üzerine etkisi incelenmiştir.
3. Ø38,95 42CrMo4+ QT hammadde sabit değer kabul edilmiş ve tezgah parametresindeki sadece baskı sayısı değişken kabul edilerek baskı sayısına bağlı vida diş profili oluşumunun sertlik üzerine etkisi incelenmiştir.
4. Ø38,95 33MnCrB5-2+QT, Ø42 42CrMo4+QT, Ø42 34CrNiMo6, Ø45 42CrMo4 ve Ø44 30MnB4 hammaddeleri değişken kabul edilmiş ve tezgah parametreleri tüm hammadde türleri için sabit tutulmuştur. Hammadde türüne bağlı vida diş profili oluşumunun sertlik üzerine etkisi incelenmiştir.

7.1 Hammadde Kalite Test Sonuçları

Tablo 7.1’de yer verilen hammaddelerin tamamına çekme testi uygulanmıştır. Darbe testi sadece ısıtılmış malzemelerde yapılmıştır. Kimyasal (spektral) analiz ise tüm hammaddelerde test edilmiştir.

7.1.1 Çekme Test Sonuçları

Çekme testi daha önce materyal ve bulgular bölümünde teknik değerleri verilen şerit testere, universal torna ve ovalama makinelerinde sabit parametreler ve standardın belirtmiş olduğu ölçüler nazarında hazırlanmıştır. Yapılan test sonuçları ve uluslararası olarak kabul edilen değerler tablo 7.2’de yer verilmiştir. Test sonuçları ile standart değerlerinin karşılaştırılması ile bahsi geçen malzemelerin standart değerlerde olduğu hammaddelerin mekanik özelliklerinin uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7.2: Çekme testi test sonuçları

Ham madde Çapı (mm)	Ham madde	Ham madde Kodu	Ham madde Döküm No	Çekme Testi (Çekme-Akma)	
Ø38,95	42CrMo4+QT	HM1	220887	1100 MPa	973 MPa
Ø42	42CrMo4+QT	HM2	220742	1090 MPa	971 MPa
Ø38,95	33MnCrB5-2+QT	HM3	700091	1050 MPa	997 MPa
Ø42	34CrNiMo6	HM4	2159390V	652 MPa	458 MPa
Ø45	42CrMo4	HM5	306095	953 MPa	682 MPa
Ø44	30MnB4	HM6	244300	595 MPa	358 MPa

Tablo 7.3: Çekme testi mekanik özellikler kontrol tablosu

Ham madde Kodu	Mekanik Özellikler				+AC +PE	+QT+PE (8.8)	+QT+PE (10.9)
HM1	Çekme Dayanımı	R _m	MPa	min		880	1070
				max	630	1000	1170
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MPa	min		725	970
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min		16	12
HM2	Kırılma Sonrası Alan Daralma Yüzdesi	Z	%	min	58	52	48
	Çekme Dayanımı	R _m	MPa	min		880	1070
				max	630	1000	1170
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MPa	min		725	970
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min		16	12
HM3	Kırılma Sonrası Alan Daralma Yüzdesi	Z	%	min	58	52	48
	Çekme Dayanımı	R _m	MPa	min		845	1070
				max	570	1000	1170
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MPa	min		715	970
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min		14	12
HM3	Kırılma Sonrası Alan Daralma Yüzdesi	Z	%	min	61	52	48

Tablo 7.4: Çekme testi mekanik özellikler kontrol tablosu (devamı)

Hammadde Kodu	Mekanik Özellikler				+AC +PE	+QT+PE E (8.8)	+QT+PE (10.9)
HM4	Çekme Dayanımı	R _m	MP _a	min		880	1070
				max	650	1000	1170
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MP _a	min		725	970
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min		16	12
HM5	Çekme Dayanımı	R _m	MP _a	min		880	1070
				max	630	1000	1170
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MP _a	min		725	970
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min		16	12
HM6	Çekme Dayanımı	R _m	MP _a	min			
				max	570		
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MP _a	min			
	Kırılma Sonrası Uzama Yüzdesi	A	%	min			
HM6	Çekme Dayanımı	R _m	MP _a	min			
				max	570		
	Akma Dayanımı	R _{eH}	MP _a	min			
	Kırılma Sonrası Alan Daralma Yüzdesi	Z	%	min	63		

7.1.2 Darbe Test Sonuçları

Darbe testi daha önce materyal ve bulgular bölümünde teknik değerli verilen şerit testere, üniversal freze ve taşlama makinelerinde sabit parametreler ve standardın belirtmiş olduğu ölçüler nazarında hazırlanmıştır. Yapılan test sonuçları ve uluslararası olarak kabul edilen değerlere tablo 7.5’de yer verilmiştir. Test sonuçları ile standart değerlerinin karşılaştırılması ile bahsi geçen malzemelerin

standart değerlerde olduğu, hammaddelerin mekanik özelliklerinin uygun olduğu gözlemlenmiştir. Darbe testi sadece ısıtıl işlem görmüş malzemelerde uygulandığı için sadece ısıtıl işlem görmüş malzemelerde yapılmıştır.

Tablo 7.5: Darbe testi test sonuçları

Ham madde Çapı (mm)	Ham madde	Ham madde Kodu	Ham madde Döküm No	Darbe Testi (Joule)		
Ø38,95	42CrMo4+QT	HM1	220887	40,38	38,44	38,76
Ø42	42CrMo4+QT	HM2	220742	38,95	39,17	41,02
Ø38,95	33MnCrB5-2+QT	HM3	700091	107,1	114,1	111,6

Tablo 7.6: Darbe testi mekanik özellikler kontrol tablosu

Ham madde Kodu	Mekanik Özellikler				+QT+PE (8.8)	+QT+PE (10.9)
HM1	-20 °C Sıcaklıkta Darbe Dayanımı	K _v	J	min	27	27
HM2	-20 °C Sıcaklıkta Darbe Dayanımı	K _v	J	min	27	27
HM3	-20 °C Sıcaklıkta Darbe Dayanımı	K _v	J	min	27	27

7.1.3 Kimyasal (Spektral) Analiz Test Sonuçları

Kimyasal analiz testi daha önce materyal ve bulgular bölümünde teknik değerli verilen şerit testere, üniversal torna makinelerinde sabit parametreler ve standardın belirtmiş olduğu ölçüler nazarında hazırlanmıştır. Yapılan test sonuçları ve uluslararası olarak kabul edilen değerlere tablo 7.7’de yer verilmiştir. Test sonuçları ile standart değerlerinin karşılaştırılması ile bahsi geçen malzemelerin standart değerlerde olduğu hammaddelerin kimyasal özelliklerinin uygun olduğu gözlemlenmiştir. Spektral analiz ile malzeme iç yapısında bulunan kimyasal kompozisyon değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 7.7: Kimyasal analiz test sonuçları

Hammadde Kodu	C	Si	Mn	P	S	Al
HM1	0,4234	0,2123	0,8088	0,0057	0,002	0,022
HM2	0,4428	0,2095	0,8102	0,0056	0,0019	0,023
HM3	0,3225	0,1851	1,414	0,006	0,006	0,033
HM4	0,3048	0,2141	0,572	0,0071	0,0038	0,031
HM5	0,3938	0,2631	0,6946	0,0046	0,0018	0,032
HM6	0,3017	0,2134	0,958	0,0067	0,0011	0,02
Hammadde Kodu	Ti	Cu	Cr	Mo	Ni	B
HM1		0,0801	1,0807	0,1862	0,0474	0,0001
HM2		0,0814	1,0806	0,1825	0,0471	0,0001
HM3		0,015	0,4637	0,0752	0,2771	0,0016
HM4		0,161	1,4116	0,1866	1,3059	0,0003
HM5		0,145	1,0188	0,1788	0,1383	0,0002
HM6		0,0478	0,1743	0,0129	0,0317	0,0017

Tablo 7.8: Kimyasal analiz testi kimyasal kompozisyon özellikleri karşılaştırma tablosu

Hammadde Kodu	Aralık	C	Si	Mn	P	S	Al
HM1	% Min	0,38	0,15	0,6			0,015
	% Max	0,45	0,25	0,9	0,025	0,025	0,06
HM2	% Min	0,38	0,15	0,6			0,015
	% Max	0,45	0,25	0,9	0,025	0,025	0,06
HM3	% Min	0,3	0,15	1,2			0,015
	% Max	0,36	0,25	1,5	0,015	0,015	0,06
HM4	% Min	0,3	0,15	0,5			0,015
	% Max	0,38	0,25	0,8	0,025	0,025	0,06
HM5	% Min	0,38	0,15	0,6			0,015
	% Max	0,45	0,25	0,9	0,025	0,025	0,06
HM6	% Min	0,27		0,8			0,015
	% Max	0,32	0,25	1,1	0,025	0,025	0,06

Tablo 7.9: Kimyasal analiz testi kimyasal kompozisyon özellikleri karşılaştırma tablosu

Hammadde Kodu	Aralık	Ti	Cu	Cr	Mo	Ni	B
HM1	% Min			0,9	0,15		
	% Max		0,25	1,2	0,3		
HM2	% Min			0,9	0,15		
	% Max		0,25	1,2	0,3		
HM3	% Min	0,02		0,3			0,0008
	% Max	0,06	0,25	0,6			0,005
HM4	% Min			1,3	0,15	1,3	
	% Max		0,25	1,7	0,3	1,7	
HM5	% Min			0,9	0,15		
	% Max		0,25	1,2	0,3		
HM6	% Min	0,02					0,0008
	% Max	0,06	0,25	0,3			0,005

7.2 Vickers Sertlik Test Sonuçları

Bu bölümde çekme, darbe ve kimyasal analiz testleri sonucu ile malzeme kabulü onaylanan hammaddelerin, tek değişken metodu ile imalat türü, imalat için kullanılacak makinenin parametreleri ve hammadde farklılıkları ile sertlik dağılımlarının analizleri karşılaştırılmıştır. Bulgular bölümünde yer verilen değişken türleri sırasıyla analiz edilmiş ve sertlik dağılımlarına yer verilmiştir.

7.2.1 Kesme ve Ovalama Yöntemi ile Diş Açma Sertlik Dağılımı

Kesme yöntemiyle diş açmada universal torna tezgahı kullanılmıştır. Ovalama ile diş açmada ise Profiroll marka ovalama tezgahı kullanılmıştır. Kesme yöntemi ile diş açmada talaş kaldırma yöntemi ile diş profili oluşturulduğu için sertlik dağılımı ovalama ile diş açmaya göre daha stabil olduğu gözlemlenmiştir. Kesme ile diş açmada sertlik dağılımının standardın istemiş olduğu 320-380 HV sertlik aralığına girdiği fakat ovalama yöntemi ile diş açmada sertlik dağılımına bakıldığında 413 HV sertliğe kadar diş sertliğinin çıktığı gözlemlenmiştir. Ovalama

ile imalatla plastik deformasyon nedeni ile homojen sertlik elde edilememiştir. Bu aşamada tüm tezgah parametreleri sabit tutulmuş sadece yöntem değiştirilmiştir.

Tablo 7.10: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Hammadde Döküm No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Diş Sertliği (HV1-HV2-HV3)		
KS1	1	220887	HV 0,3	HM1	357	373	350
KS2	2	220887	HV 0,3	HM1	359	355	354
KS3	3	220887	HV 0,3	HM1	362	363	377
KS4	4	220887	HV 0,3	HM1	348	363	373
KS5	5	220887	HV 0,3	HM1	345	348	356
KS6	6	220887	HV 0,3	HM1	334	340	335

Tablo 7.11: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik farkı dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Diş Sertliği (HV1-HV3)		Diş Sertliği Farkı (HV3-HV1)	Hedef Üst Sertlik (HV)
KS1	1	HV 0,3	HM1	357	350	-7	30
KS2	2	HV 0,3	HM1	359	354	-5	30
KS3	3	HV 0,3	HM1	362	377	15	30
KS4	4	HV 0,3	HM1	348	373	25	30
KS5	5	HV 0,3	HM1	345	356	11	30
KS6	6	HV 0,3	HM1	334	335	1	30

Tablo 7.12: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada çekirdek bölgesi sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Hammadde Döküm No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Çekirdek Sertliği (HV1-HV2-HV3-HV4-HV5)				
KS1	7	220887	HV 10	HM1	362	363	361	360	365
KS2	8	220887	HV 10	HM1	365	366	364	366	365
KS3	9	220887	HV 10	HM1	346	344	345	343	348



Şekil 7.1: Kesme yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik dağılımı grafiği

Tablo 7.13: Ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik dağılımı

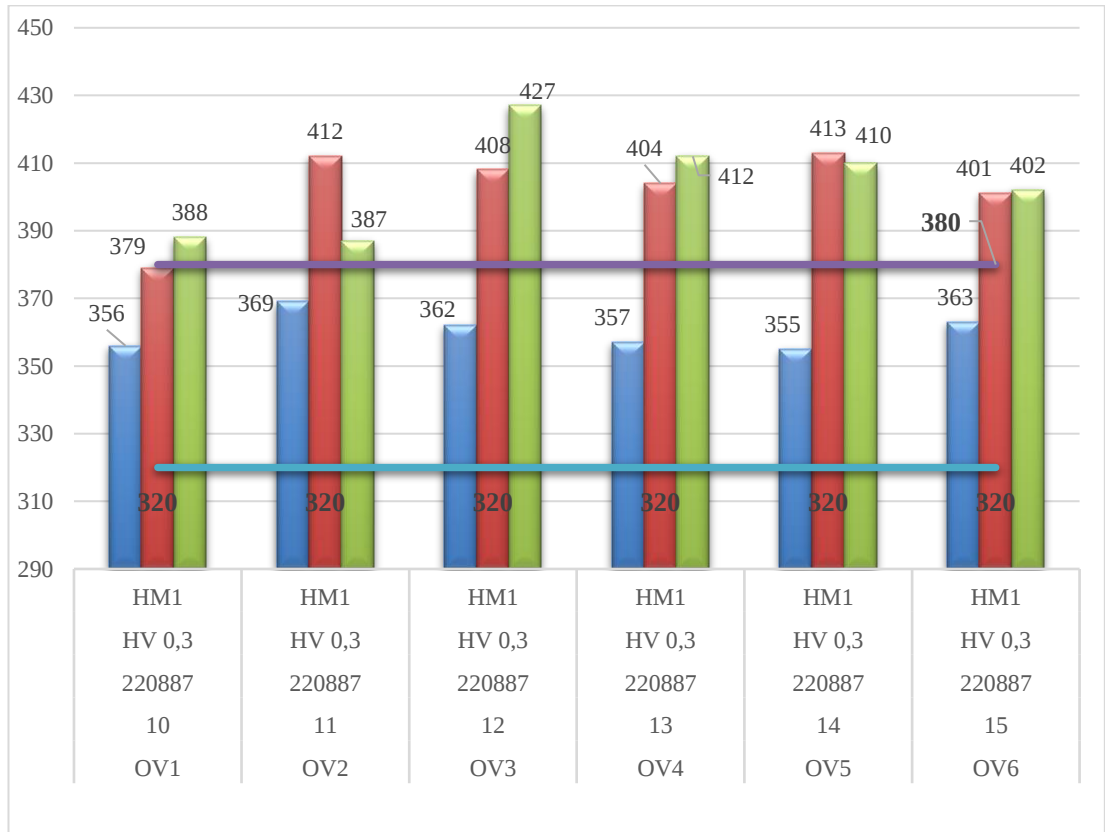
Deney Kodu	Deney Sıra No	Ham Madde Döküm No	Metot	Ham Madde Kısa Kod	Diş Sertliği (HV1-HV2-HV3)		
OV1	10	220887	HV 0,3	HM1	356	379	388
OV2	11	220887	HV 0,3	HM1	369	412	387
OV3	12	220887	HV 0,3	HM1	362	408	427
OV4	13	220887	HV 0,3	HM1	357	404	412
OV5	14	220887	HV 0,3	HM1	355	413	410
OV6	15	220887	HV 0,3	HM1	363	401	402

Tablo 7.14: Ovalama yöntemi ile vida diş profili oluşturmada sertlik farkı dağılımı

Deney Sıra No	Ham Madde Döküm No	Metot	Ham. Kıs. Kod	Diş Sertliği (HV1-HV3)		Diş Sertliği Farkı (HV3-HV1)	Hedef Üst Sertlik (HV)
10	220887	HV 0,3	HM1	356	388	32	30
11	220887	HV 0,3	HM1	369	387	18	30
12	220887	HV 0,3	HM1	362	427	65	30
13	220887	HV 0,3	HM1	357	412	55	30
14	220887	HV 0,3	HM1	355	410	55	30
15	220887	HV 0,3	HM1	363	402	39	30

Tablo 7.15: Ovalama yöntemi ile vida dış profili oluşturmada çekirdek bölgesi sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Hammadde Döküm No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Çekirdek Sertliği (HV1-HV2-HV3-HV4-HV5)				
OV1	16	220887	HV 10	HM1	358	377	368	358	356
OV2	17	220887	HV 10	HM1	347	333	341	331	341
OV3	18	220887	HV 10	HM1	360	356	365	354	349



Şekil 7.2: Ovalama yöntemi ile vida dış profili oluşturmada sertlik dağılımı grafiği

7.2.2 Tezgah Devri Değişkene Bağlı Sertlik Dağılımı

Bu aşamada ovalama tezgahında vida dış profili oluşturulması esnasında tek değişken metodu ile sadece tezgah parametresinde devir değişken olarak kabul edilmiştir. Hammadde ve diğer tezgah parametreleri sabit tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda 15 devir için ortalama sertlik 387 HV, 25 devir için ortalama sertlik 386 HV, 35 devir için ortalama sertlik 382 HV ve 45 devir için ortalama sertlik 381 HV sertlik dağılımı olduğu gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarına göre devir değişken metodunda devirin sertlik dağılımına etkisi yok sayılacak kadar az olduğu gözlemlenmiştir. Tablo 7.16’da sertlik dağılım sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 7.16: Devir değişken metodu Vickers sertlik dağılımı

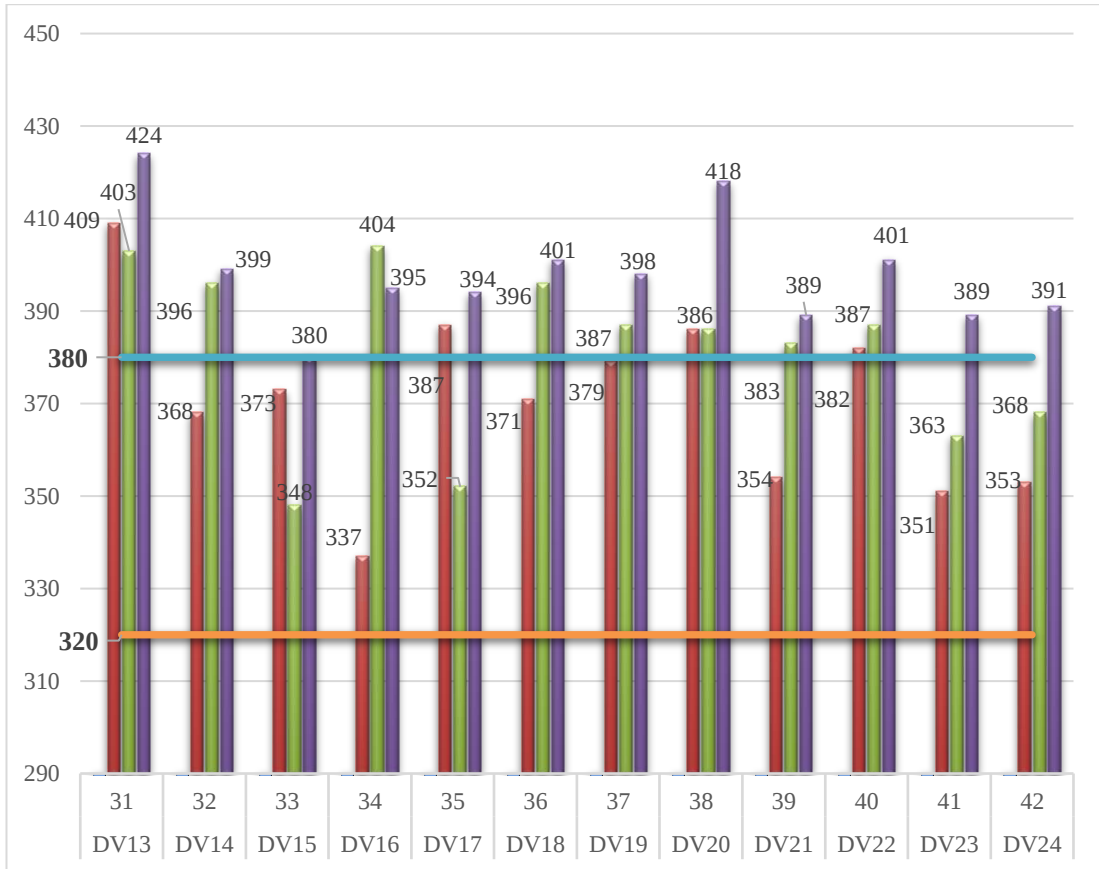
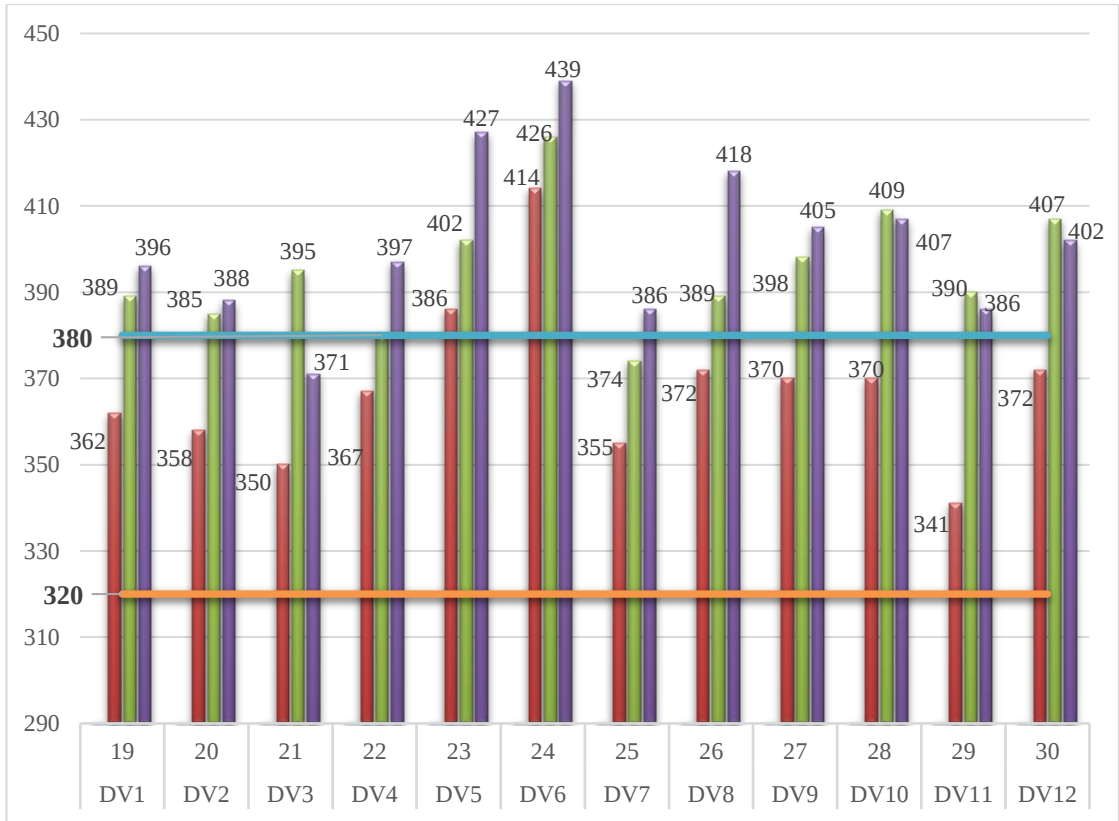
Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Dış Sertliği (HV1-HV2-HV3)		
DV1	19	HV 0,3	HM1	15	1	362	389	396
DV2	20	HV 0,3	HM1	15	1	358	385	388
DV3	21	HV 0,3	HM1	15	1	299	395	371
DV4	22	HV 0,3	HM1	15	1	367	380	397
DV5	23	HV 0,3	HM1	15	1	386	402	427
DV6	24	HV 0,3	HM1	15	1	414	426	439
DV7	25	HV 0,3	HM1	25	1	355	374	386
DV8	26	HV 0,3	HM1	25	1	372	389	418
DV9	27	HV 0,3	HM1	25	1	370	398	405
DV10	28	HV 0,3	HM1	25	1	370	409	407
DV11	29	HV 0,3	HM1	25	1	341	390	386
DV12	30	HV 0,3	HM1	25	1	372	407	402
DV13	31	HV 0,3	HM1	35	1	409	403	424
DV14	32	HV 0,3	HM1	35	1	368	396	399
DV15	33	HV 0,3	HM1	35	1	373	348	380
DV16	34	HV 0,3	HM1	35	1	337	404	395
DV17	35	HV 0,3	HM1	35	1	387	294	394
DV18	36	HV 0,3	HM1	35	1	371	396	401
DV19	37	HV 0,3	HM1	45	1	379	387	398
DV20	38	HV 0,3	HM1	45	1	386	386	418
DV21	39	HV 0,3	HM1	45	1	354	383	389
DV22	40	HV 0,3	HM1	45	1	382	387	401
DV23	41	HV 0,3	HM1	45	1	351	363	389
DV24	42	HV 0,3	HM1	45	1	353	368	391

Tablo 7.17: Devir değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Ham. Kıs. Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Diş Sertliği (HV1-HV3)		Diş Sertliği Farkı (HV3-HV1)	Hedef Üst Sertlik (HV)
DV1	19	HM1	15	1	362	396	34	30
DV2	20	HM1	15	1	358	388	30	30
DV3	21	HM1	15	1	299	371	72	30
DV4	22	HM1	15	1	367	397	30	30
DV5	23	HM1	15	1	386	427	41	30
DV6	24	HM1	15	1	414	439	25	30
DV7	25	HM1	25	1	355	386	31	30
DV8	26	HM1	25	1	372	418	46	30
DV9	27	HM1	25	1	370	405	35	30
DV10	28	HM1	25	1	370	407	37	30
DV11	29	HM1	25	1	341	386	45	30
DV12	30	HM1	25	1	372	402	30	30
DV13	31	HM1	35	1	409	424	15	30
DV14	32	HM1	35	1	368	399	31	30
DV15	33	HM1	35	1	373	380	7	30
DV16	34	HM1	35	1	337	395	58	30
DV17	35	HM1	35	1	387	394	7	30
DV18	36	HM1	35	1	371	401	30	30
DV19	37	HM1	45	1	379	398	19	30
DV20	38	HM1	45	1	386	418	32	30
DV21	39	HM1	45	1	354	389	35	30
DV22	40	HM1	45	1	382	401	19	30
DV23	41	HM1	45	1	351	389	38	30
DV24	42	HM1	45	1	353	391	38	30

Tablo 7.18: Devir değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Çekirdek Sertliği (HV1-HV2-HV3-HV4-HV5)				
DV1	43	HV 10	HM1	15	1	344	345	349	352	351
DV2	44	HV 10	HM1	15	1	336	334	340	342	337
DV3	45	HV 10	HM1	15	1	375	356	379	376	360
DV7	46	HV 10	HM1	25	1	370	378	369	384	376
DV8	47	HV 10	HM1	25	1	361	355	367	351	371
DV9	48	HV 10	HM1	25	1	368	351	350	364	356
DV13	49	HV 10	HM1	35	1	340	334	341	322	320
DV14	50	HV 10	HM1	35	1	347	360	349	347	338
DV15	51	HV 10	HM1	35	1	373	374	369	371	369
DV19	52	HV 10	HM1	45	1	371	374	369	366	350
DV20	53	HV 10	HM1	45	1	340	343	337	337	339
DV21	54	HV 10	HM1	45	1	360	362	361	350	361



Şekil 7.3: Devir değişken metodu ile Vickers sertlik dağılımı grafiği

7.2.3 Tezgah Baskı Sayısına Bağlı Değişen Sertlik Dağılımı

Bu aşamada ovalama tezgahında vida dış profili oluşturulması esnasında tek değişken metodu ile sadece tezgah parametresinden baskı sayısı değişken olarak kabul edilmiştir. Hammadde ve diğer tezgah parametreleri sabit tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda 1 baskı için ortalama sertlik 375 HV, 2 baskı için ortalama 373 HV ve 3 baskı için ortalama 370 HV sertlik dağılımı olduğu gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarına göre baskı sayısının artırılması buna bağlı olarak plastik deformasyon miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. Baskı sayısı ile deformasyon miktarının ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7.19: Baskı değişken metodu Vickers sertlik dağılımı

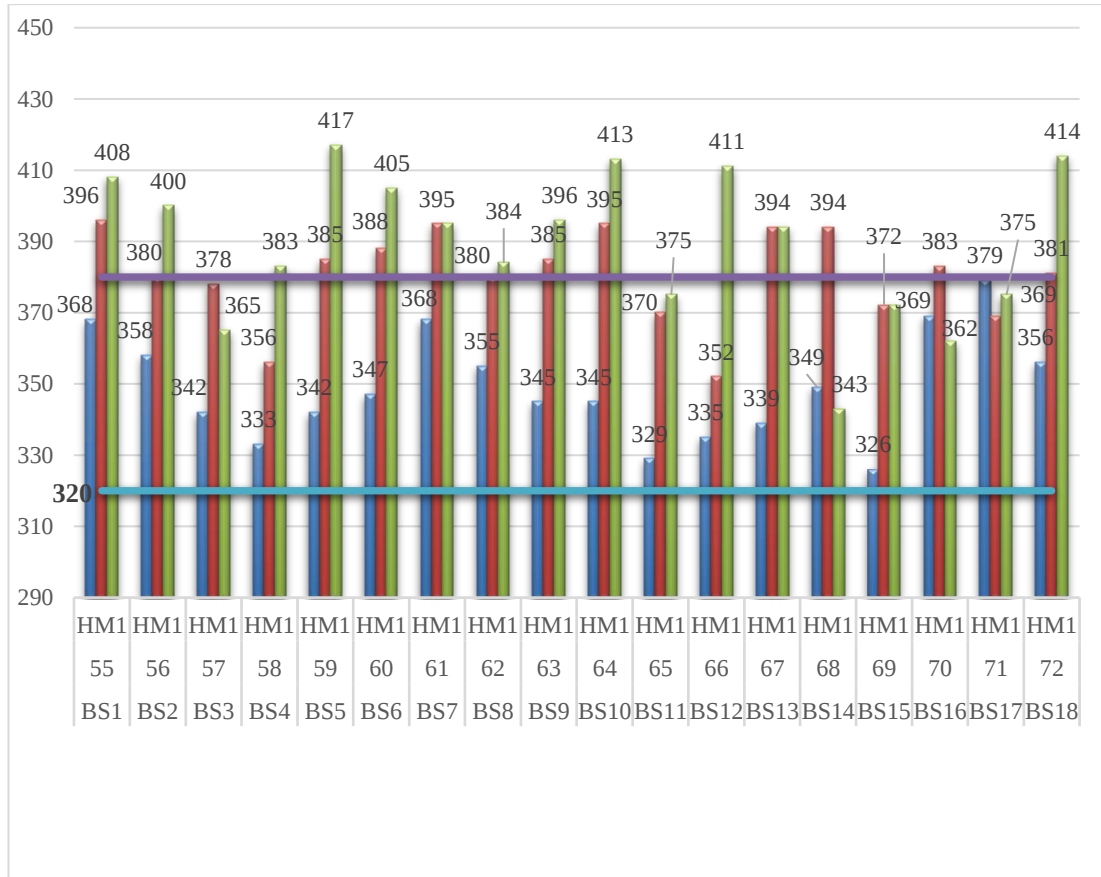
Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Dış Sertliği (HV1-HV2-HV3)		
BS1	55	HV 0,3	HM1	30	1	368	396	408
BS2	56	HV 0,3	HM1	30	1	358	380	400
BS3	57	HV 0,3	HM1	30	1	342	378	365
BS4	58	HV 0,3	HM1	30	1	333	356	383
BS5	59	HV 0,3	HM1	30	1	342	385	417
BS6	60	HV 0,3	HM1	30	1	347	388	405
BS7	61	HV 0,3	HM1	30	2	368	395	395
BS8	62	HV 0,3	HM1	30	2	355	380	384
BS9	63	HV 0,3	HM1	30	2	345	385	396
BS10	64	HV 0,3	HM1	30	2	345	395	413
BS11	65	HV 0,3	HM1	30	2	329	370	375
BS12	66	HV 0,3	HM1	30	2	335	352	411
BS13	67	HV 0,3	HM1	30	3	339	394	394
BS14	68	HV 0,3	HM1	30	3	349	394	343
BS15	69	HV 0,3	HM1	30	3	326	372	372
BS16	70	HV 0,3	HM1	30	3	369	383	362
BS17	71	HV 0,3	HM1	30	3	379	369	375
BS18	72	HV 0,3	HM1	30	3	356	381	414

Tablo 7.20: Baskı değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Ham. Kıs. Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Dış Sertliği (HV1-HV3)		Dış Sertliği Farkı (HV3-HV1)	Hedef Üst Sertlik (HV)
BS1	55	HM1	30	1	368	408	40	30
BS2	56	HM1	30	1	358	400	42	30
BS3	57	HM1	30	1	342	365	23	30
BS4	58	HM1	30	1	333	383	50	30
BS5	59	HM1	30	1	342	417	75	30
BS6	60	HM1	30	1	347	405	58	30
BS7	61	HM1	30	2	368	395	27	30
BS8	62	HM1	30	2	355	384	29	30
BS9	63	HM1	30	2	345	396	51	30
BS10	64	HM1	30	2	345	413	68	30
BS11	65	HM1	30	2	329	375	46	30
BS12	66	HM1	30	2	335	411	76	30
BS13	67	HM1	30	3	339	394	55	30
BS14	68	HM1	30	3	349	343	-6	30
BS15	69	HM1	30	3	326	372	46	30
BS16	70	HM1	30	3	369	362	-7	30
BS17	71	HM1	30	3	379	375	-4	30
BS18	72	HM1	30	3	356	414	58	30

Tablo 7.21: Baskı değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Bas. Say.	Çekirdek Sertliği (HV1-HV2-HV3-HV4-HV5)				
BS1	73	HV 10	HM1	30	1	364	352	363	360	362
BS2	74	HV 10	HM1	30	1	341	340	334	336	338
BS3	75	HV 10	HM1	30	1	361	363	366	365	361
BS7	76	HV 10	HM1	30	2	358	362	358	363	361
BS8	77	HV 10	HM1	30	2	367	367	362	365	370
BS9	78	HV 10	HM1	30	2	367	360	364	366	338
BS13	79	HV 10	HM1	30	3	370	363	380	366	366
BS14	80	HV 10	HM1	30	3	357	358	360	361	364
BS15	81	HV 10	HM1	30	3	323	326	321	324	321



Şekil 7.4: Baskı değişken metodu ile Vickers sertlik dağılımı grafiği

7.2.4 Hammadde Türüne Bağlı Değişen Sertlik Dağılımı

Bu aşamada ovalama tezgahında vida diş profili oluşturulması esnasında tek değişken metodu ile sadece hammadde türü değişken olarak kabul edilmiştir. Tüm tezgah parametreleri sabit tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda HM3 kodlu hammadde için ortalama sertlik 353 HV, HM1 kodlu hammadde için ortalama sertlik 392 HV, HM4 kodlu hammadde için ortalama sertlik 265 HV, HM5 kodlu hammadde için ortalama sertlik 354 HV ve HM6 kodlu hammadde için ortalama sertlik 259 HV olarak gözlemlenmiştir. Test sonuçlarına göre ilgili proseste hammadde türünün en etkili faktör olduğu tezgah parametrelerinin sertlik dağılımına etkisinin hammadde türünün etkisine göre daha az etki ettiği tespit edilmiştir.

Tablo 7.22: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik dağılımı

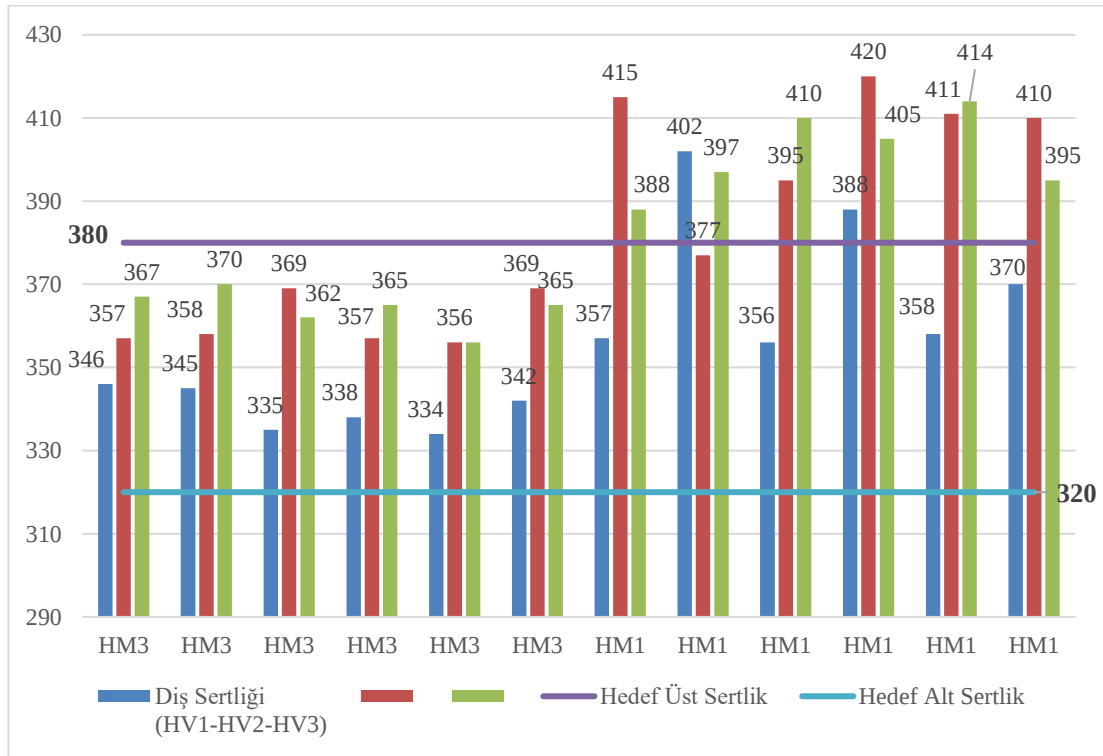
Deney Kodu	Dene y Sıra No	Hammadde Döküm No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/d ak)	Bas. Say.	Diş Sertliği (HV1-HV2-HV3)		
HD1	82	700091	HV 0,3	HM3	30	1	346	357	367
HD2	83	700091	HV 0,3	HM3	30	1	345	358	370
HD3	84	700091	HV 0,3	HM3	30	1	335	369	362
HD4	85	700091	HV 0,3	HM3	30	1	338	357	365
HD5	86	700091	HV 0,3	HM3	30	1	334	356	356
HD6	87	700091	HV 0,3	HM3	30	1	342	369	365
HD7	88	220887	HV 0,3	HM1	30	1	357	415	388
HD8	89	220887	HV 0,3	HM1	30	1	402	377	397
HD9	90	220887	HV 0,3	HM1	30	1	356	395	410
HD10	91	220887	HV 0,3	HM1	30	1	388	420	405
HD11	92	220887	HV 0,3	HM1	30	1	358	411	414
HD12	93	220887	HV 0,3	HM1	30	1	370	410	395
HD13	94	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	258	271	283
HD14	95	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	250	278	270
HD15	96	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	255	271	273
HD16	97	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	258	273	255
HD17	98	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	247	251	276
HD18	99	2159390V	HV 0,3	HM4	30	1	253	280	283
HD19	100	306095	HV 0,3	HM5	30	1	311	329	362
HD20	101	306095	HV 0,3	HM5	30	1	329	365	369
HD21	102	306095	HV 0,3	HM5	30	1	351	348	380
HD22	103	306095	HV 0,3	HM5	30	1	338	369	378
HD23	104	306095	HV 0,3	HM5	30	1	353	373	386
HD24	105	306095	HV 0,3	HM5	30	1	311	341	384
HD25	106	244300	HV 0,3	HM6	30	1	240	276	264
HD26	107	244300	HV 0,3	HM6	30	1	259	266	256
HD27	108	244300	HV 0,3	HM6	30	1	249	262	278
HD28	109	244300	HV 0,3	HM6	30	1	252	255	256
HD29	110	244300	HV 0,3	HM6	30	1	232	262	271
HD30	111	244300	HV 0,3	HM6	30	1	244	269	273

Tablo 7.23: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik farkı dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Baskı Sayısı	Diş Sertliği (HV1-HV3)		Diş Sertliği Farkı (HV3-HV1)	Hedef Üst Sertlik (HV)
HD1	82	HM3	30	1	346	367	21	30
HD2	83	HM3	30	1	345	370	25	30
HD3	84	HM3	30	1	335	362	27	30
HD4	85	HM3	30	1	338	365	27	30
HD5	86	HM3	30	1	334	356	22	30
HD6	87	HM3	30	1	342	365	23	30
HD7	88	HM1	30	1	357	388	31	30
HD8	89	HM1	30	1	402	397	-5	30
HD9	90	HM1	30	1	356	410	54	30
HD10	91	HM1	30	1	388	405	17	30
HD11	92	HM1	30	1	358	414	56	30
HD12	93	HM1	30	1	370	395	25	30
HD13	94	HM4	30	1	258	283	25	30
HD14	95	HM4	30	1	250	270	20	30
HD15	96	HM4	30	1	255	273	18	30
HD16	97	HM4	30	1	258	255	-3	30
HD17	98	HM4	30	1	247	276	29	30
HD18	99	HM4	30	1	253	283	30	30
HD19	100	HM5	30	1	311	362	51	30
HD20	101	HM5	30	1	329	369	40	30
HD21	102	HM5	30	1	351	380	29	30
HD22	103	HM5	30	1	338	378	40	30
HD23	104	HM5	30	1	353	386	33	30
HD24	105	HM5	30	1	311	384	73	30
HD25	106	HM6	30	1	240	264	24	30
HD26	107	HM6	30	1	259	256	-3	30
HD27	108	HM6	30	1	249	278	29	30
HD28	109	HM6	30	1	252	256	4	30
HD29	110	HM6	30	1	232	271	39	30
HD30	111	HM6	30	1	244	273	29	30

Tablo 7.24: Hammadde değişken metodu çekirdek Vickers sertlik dağılımı

Deney Kodu	Deney Sıra No	Metot	Hammadde Kısa Kod	Devir (mm/dak)	Bas. Say.	Çekirdek Sertliği (HV1-HV2-HV3-HV4-HV5)				
HD1	112	HV 0,3	HM3	30	1	343	338	342	345	345
HD2	113	HV 0,3	HM3	30	1	350	340	336	340	346
HD3	114	HV 0,3	HM3	30	1	339	344	347	345	337
HD7	115	HV 0,3	HM1	30	1	374	370	371	363	368
HD8	116	HV 0,3	HM1	30	1	364	361	364	366	361
HD9	117	HV 0,3	HM1	30	1	354	353	362	366	361
HD13	118	HV 0,3	HM4	30	1	213	215	211	215	219
HD14	119	HV 0,3	HM4	30	1	214	218	217	215	218
HD15	120	HV 0,3	HM4	30	1	215	221	217	212	214
HD19	121	HV 0,3	HM5	30	1	299	284	304	310	304
HD20	122	HV 0,3	HM5	30	1	312	306	311	318	309
HD21	123	HV 0,3	HM5	30	1	301	302	303	301	293
HD25	124	HV 0,3	HM6	30	1	209	207	200	201	201
HD26	125	HV 0,3	HM6	30	1	195	196	196	196	200
HD27	126	HV 0,3	HM6	30	1	204	199	209	206	200



şekil 7.5: Hammadde değişken metodu Vickers sertlik dağılımı grafiği

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında ISO 898-1:2013 standardının bağlantı elemanlarında istemiş olduğu teknik şart olan 320-380 HV sertlik aralığı ve dış sertlik farkının 30 HV olması şartının sağlanabilmesi için deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Tüm deneysel çalışmalar ISO/IEC 17025:2017 akreditasyonuna sahip laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalara başlamadan önce deney kapsamında kullanılacak hammaddelerin doğruluğu için çekme, darbe ve kimyasal analiz testlerinde geçirilmiş ve hammaddelerin doğruluğu teyit edilmiştir. Yapılan çalışmalar 4 ana grup altında toplanmıştır. Yapılan test çalışmaları ve ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

1. Kesme yöntemi ile dış açma prosesi, ovalama yöntemi ve dış açma prosesi karşılaştırılmış. Kesme yöntemi ile dış açma prosesinde plastik deformasyon yöntemi kullanılmadığı talaş kaldırma yöntemi ile dış açılmasından kaynaklı olarak homojen sertlik dağılımı ve standardın istemiş olduğu 320-380 HV sertlik aralığına girilebildiği tespit edilmiştir. Kesme yöntemi ile dış açma prosesinde çekirdek bölgesindeki sertlik, dış profili oluşumu sonrası dışlardaki sertlik dağılımının ortalama olarak aynı olduğu deneysel çalışmalar ile gözlemlenmiştir. Ovalama yöntemi ile dış açma prosesinde ise plastik deformasyon kaynak olarak standardın istemiş olduğu aralığa girilemediği, standarda uygun imalatın yapılamadığı tespit edilmiştir. Ovalama yöntemi ile imalatla kullanılan iş parçasının shaft bölgesindeki sertlik ile dış bölgesindeki sertlik farkının ortalama %10 olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
2. Ovalama yöntemi ile dış açma prosesinde tek değişken metodu ile ilk olarak makine parametrelerinde sadece devir değişkeni olarak kabul edilmiş ve yapılan deneysel çalışmalar sonucunda dış açma prosesinde devir miktarının ortalama sertliği 2-6 HV aralığında etki ettiği, prosese etkisinin olumlu yönde yeterli etki sağlamadığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada sadece devir miktarının değiştirilmesi

ile standardın istemiş olduğu aralığa girilemediği tespit edilmiştir. Yapılan test sonuçlarına göre tezgah devrinde en ideal devrin 25-35 rpm olduğu tespit edilmiştir.

3. Ovalama yöntemi ile dış açma prosesinde tek değişken metodunun 3. grupta sadece baskı sayısı değişken kabul edilmiş ve diğer tüm tezgah parametreleri sabit tutulmuştur. Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda ovalama yöntemi ile dış açma prosesinde baskı sayısının ortalama sertliğe 2-5 HV aralığında etki ettiği, prosese etkisinin olumlu yönde yeterli etki sağlamadığı tespit edilmiştir. 3 baskı yöntemi ile imalatta ortalama sertliğin 370 HV değeri olduğu fakat 414 HV sertlik değeri gibi yüksek HV değeri serlerinin sertlik testi ile elde edilmesi ile standardın istemiş olduğu aralığa girilemediği gözlemlenmiştir. Fakat makine parametresinde baskı sayısının devre göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Baskı sayısının artış oranı ile sertlik dağılımının homojen olması arasında doğru orantı olduğu gözlemlenmiştir.
4. Son yöntemde ise tüm makine parametreleri sabit tutulmuş sadece iş parçasının hammaddesi değişken kabul edilmiştir. HM3 (33MnCrB5-2+QT) hammaddesinde ortalama sertliğin 353 HV olduğu standart ile istenen en yüksek sertlik değeri olan 380 HV'yi geçmediği gözlemlenmiştir. HM1 (42CrMo4+QT) hammaddesinde ise ortalama sertliğin 392 HV olduğu standardın istemiş olduğu en yüksek sertlik değeri olan 380 HV'yi geçtiği tespit edilmiştir. Hammadde değişikliği ile standardın istemiş olduğu aralığa girilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar ışığında tezgah parametrelerinin sertlik dağılımına etkisi olduğu fakat istenen sertlik için yeterli olmadığı deneysel çalışmalar ile ispat edilmiştir. Ovalama prosesinde hammaddenin yüksek etki gösterdiği, proses açısından en etkili değişkenin hammadde olduğu deneysel çalışmalar ile kanıtlanmıştır.

9. KAYNAKLAR

- 8991:1986, ISO. (2024, 11 20). Bağlantı elemanları için tanımlama sistemi. 12 2024 tarihinde ISO: <https://www.iso.org/standard/16520.html> adresinden alındı
- Acıyan, A. (2011). Ovalama Yöntemi İle İç Vida Açma. Konya. 12 2024 tarihinde <https://www.scribd.com/doc/237760240/Ovalama-Yontemi-%C4%B0le-%C4%B0c-Vida-Acma> adresinden alındı
- Ay, İ., & Demircioğlu, T. K. (2005). Kesme Ve Ovalama Yolu İle Cıvata-Vida Dişi İmalat Yöntemlerinin Kıyaslanması. Makina Magazin Dergisi, 10, 64-66. 11 23, 2024 tarihinde alındı
- Başdemir, V., Baygut, A., & Çulha, O. (2018). Soğuk Dövme Tekniği ile Bağlantı Elemanı Üretiminde Kullanılan Plastik Şekil Verme Teknolojileri. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 7(3), 22.
- Çoban Özkan, D., & Ünlü, B. S. (2016). Kaynak Cıvata ve Somunlarının Çeşitleri, Üretimi, Yöntemi ve Kullanım Alanları. Mühendis ve Makina, 57(678), 44-52. 11 23, 2024 tarihinde alındı
- Çoban, D., & Ünlü, B. S. (2015). Cıvata ve Somunların Çeşitleri ve Üretimi. C.B.Ü. Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler(20), 43-45.
- Demir Çelik Enstitüsü. (2024, 12). 12 21, 2024 tarihinde Karabük Demir Çelik Enstitüsü: <https://demircelik.karabuk.edu.tr/spektral-analiz-laboratuvari/> adresinden alındı
- ISO 4969. (2015). Çelik - Makroskopik inceleme için dağlama yöntemi. Cenevre, İsviçre. 12 2024 tarihinde alındı
- ISO 6057-1. (2002). Metal malzemeler Vickers sertlik deneyi-Bölüm 1: Deney metodu,. Cenevre, İsviçre. 12 2024 tarihinde alındı
- ISO 898-1. (2013). Karbon çeliğinden yapılmış bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri ve alaşımlı çelik - Bölüm 1: Cıvata, vida ve saplamalar. Cenevre, İsviçre. 12 21, 2024 tarihinde <https://www.iso.org/standard/60610.html> adresinden alındı
- Mitaş Cıvata. (2024). Mitaş Cıvata. 12 21, 2024 tarihinde Mitaş Cıvata: <https://www.mitascivata.com/quality-test-machine.php> adresinden alındı
- Profiroll. (2015). Profiroll Technologies Gmbh. Almanya. 12 2024 tarihinde <http://www.profiroll.com/tr/index.html> adresinden alındı

Temiz, V. (2024, 11 20). İstanbul Teknik Üniversitesi Sunular:
<https://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Civata.pdf> adresinden alındı

Tidning, I. T. (2024, 11 09). Projekt Runeberg.
<https://runeberg.org/tektid/1871/0050.html> adresinden alındı

Topçesan. (2024, 11 23). Topçesan. 2024 tarihinde
<https://topcesan.com.tr/yetkinlikler/#:~:text=S%C4%B1cak%20D%C3%B6vme&text=Bu%20teknik%2C%20metalin%20y%C3%BCksek%20s%C4%B1cakl%C4%B1klara,1300%C2%B0C%20aral%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda%20ger%C3%A7ekle%C5%9Ftirilir.> adresinden alındı

Uysal, D. (2022). Rüzgar Türbin Santrali Kritik Bağlantı Elemanlarının Vida
Dişlerindeki Mikro Sertlik Değerlerine İmalat Parametrelerinin Etkilerinin
İncelenmesi. Mersin: Mersin Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine
Mühendisliği Ana Bilim Dalı. 12 21, 2024 tarihinde
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden
alındı