

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAKLA TAMİRİ YAPILAN KALIPLARIN CNC
FREZE TEZGAHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mustafa KARCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa AY

İSTANBUL 2010

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAKLA TAMİRİ YAPILAN KALIPLARIN CNC
FREZE TEZGAHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mustafa KARCI
(14152242008914)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mustafa AY

İSTANBUL 2010

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL ve ONAY BELGESİ

Mustafa KARCI'nın "KAYNAKLA TAMİRİ YAPILAN KALIPLARIN CNC FREZE TEZGAHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22.02.2010 tarih ve 2010/04-03 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalı Makine Eğitimi Programında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Mustafa AY

1. Üye : Prof. Dr. Mustafa KURT

2. Üye : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin KURT

Tezin Savunulduğu Tarih :

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nuntarih ve sayılı kararı ile Mustafa KARCI'ın Makine Eğitimi Anabilim Dalı Makine Eğitimi Programında Y.Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Meral ÜNAL

ÖNSÖZ

Bu çalışma, değerli hocam Prof. Dr. Mustafa KURT' a ve hocamın nezdinde Makine Eğitimi Bölümü hocalarıma desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Kalıp Sanayisinin ihtiyaç duyduğu bazı bilgileri, Parsan Makine Parçaları A.Ş. firmasının ve çalışanlarının desteği ile uygun ortam ve koşullarda sonucunda hazırlanış olup makine eğitimi bölümü atölyelerinde işlenmiştir. Bu çalışmanın endüstrimize faydalı olduğunu görmek benim için büyük bir onur olacaktır.

Böyle bir çalışmanın ortaya çıkmasında bana yol gösterici, söz ve fikir sahibi olan Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa AY hocama, bana verdiği destek ve bana duyduğu güven nedeni ile teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatımın akışını değiştiren, yüreği faydalı olmak arzu ve sevdası ile yanan, her zaman örnek almaya çalıştığım değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Serdar SALMAN' a her sözümün kifayetsiz kalacağı bilinci ile sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; bu çalışmada bana her türlü desteği veren, güvenimi ve inancımı perçinleyen, sonsuz sevgilerini hep yanımda hissettiğim KARCI ailesine ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRAC.....	vi
SEMBOLLER.....	vii
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
TABLolar.....	xii
BÖLÜM I GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM II GENEL BİLGİLER.....	12
II.1. TALAŞ KADIRMA YÖNTEMLERİ VE PARMak FREZE İLE İŞLEME.....	12
II.1.1. Talaş Kaldırma Yöntemleri.....	12
II.1.2. Dik Kesme.....	13
II.1.3. Eğik Kesme.....	13
II.1.4. Çevresel Frezeleme.....	14
II.1.5. Alın Frezeleme.....	15
II.1.5.1. Simetrik Frezeleme Yöntemi.....	16
II.1.5.2. Asimetrik Frezeleme Yöntemi.....	17
II.1.6. Zıt Yönlü ve Aynı Yönlü Frezeleme Yöntemi.....	17
II.1.7. Parmak Frezeler.....	19
II.1.8. TSE 303 Standardına Göre Parmak Freze Elamanlarının Tanımı.....	20
II.1.9. Frezeleme İşlemi İçin Parmak Frezenin Seçim Kriterleri.....	22
II.2. KALIPÇILIK, KALIP TAMİRİ VE KAYNAKLI TAMİR.....	24

II.2.1. Kalıpcılık İle İlgili Tanımlar ve Kalıp Çeşitleri.....	24
II.2.2. Kalıpcılık Alanları.....	26
II.2.2.1. Metal Kalıpları.....	26
II.2.2.2. Plastik ve Kauçuk Kalıpları.....	28
II.2.2.3. Cam Kalıpları.....	30
II.2.3. Kalıplarda Karşılaşılabilecek Hasarlar ve Çözüm Örnekleri.....	31
II.2.3.1. Kalıplarda Görülen Hatalar Ve Tashihi.....	32
II.2.3.2. Kalıpların Bakım ve Onarım Kaynağı.....	32
II.2.3.3. Kalıpların Tamir Sürecinde Uygulanması Gereken İşlemler...33	
II.3. KAYNAK YÖNTEMLERİ.....	45
II.3.1. Dolgu Kaynağı ve Kaynak Elektrodlar.....	46
II.3.1.1. Dolgu Kaynağının Tanımı.....	46
II.3.1.2. Örtülü Elektrodla Ark Kaynak Dolgusu.....	46
II.3.1.3. Örtülü Elektrodlar.....	49
II.3.1.4. Cüruf Oluşturan Maddeler.....	50
II.3.1.5. Kaynak Elektrodlarının Örtü Türüne Göre Sınıflandırılması.....	52
BÖLÜM III. TEZ ÇALIŞMALARI.....	62
III.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	62
III.2. DENEY TASARIMI VE MODELLEME TEKNİKLERİ.....	63
III.2.1. Taguchi Yöntemi.....	63
III.3. MALZEME VE METOT.....	65
III.3.1. Malzeme.....	65
III.3.1.1. CNC Freze Tezgahı.....	66
III.3.1.2. Deneyde Kullanılan İş Parçası Malzemesi (DIN 1.2344) Özellikleri.....	66
III.3.1.3. Deneyde Kullanılan Kaynak Elektrodu.....	67
III.3.2. Deney Metotları.....	68

III.3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Deneyleri.....	68
III.3.2.2. Kesme Kuvveti Deneyleri.....	69
III.3.2.3. Talaş Kaldırma Sıcaklığı Ölçüm Deneyleri.....	70
III.3.2.4. Talaş Kaldırma Sıcaklığı Ölçüm Deneyleri.....	71
III.4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	73
III.4.1. DIN 1.2344 Sıcak Kalıp Malzemesinin Parmak Freze Çakısı İle İşlenmesi.....	73
III.4.1.1. Yüzey Pürüzlülüklerinin Sonuçları Değerlendirilmesi.....	76
III.4.1.2. Kesme Kuvveti Sonuçları Değerlendirilmesi.....	79
III.4.1.3. Talaş Kaldırma Sıcaklığı Sonuçlarının Değerlendirilmesi... 	82
III.4.1.4. ANOVA ile Parametrelerin Değerlendirilmesi.....	82
III.4.1.5. Regresyon Modeli ile Ra Tahminsel Denklem Oluşturulması.....	86
BÖLÜM IV. SONUÇLAR.....	87
KAYNAKLAR.....	89

ÖZET

KAYNAKLA TAMİRİ YAPILAN KALIPLARIN CNC FREZE TEZGÂHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği, çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı kesici takımlarla frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve kesme kuvvetleri deneysel olarak incelenmiştir. İlerleme oranı, kesme hızı ve talaş derinliği yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve kesme kuvvetlerine etkisi araştırılmıştır. Buna ilaveten, frezeleme sonucu elde edilen talaş formları incelendi. Frezeleme işleminin optimizasyonu için Taguchi tekniği kullanıldı. Ayrıca, her bir parametrenin elde edilen sonuçlara etkisinin tayini içinde varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Son olarak bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasındaki ilişki regresyon analizi ile modellenmiştir. Bu çalışma ile DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği, çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı ile optimal işlenebilirliği tayin edilmiştir.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF CUTTING PARAMETERS OF THE REPAIR WELDING OF MOLDS MANUFACTURED IN MILLING PROCESS

In this study, an experimental investigation on surface roughness, cutting temperature and cutting forces in milling of DIN 1.2344 hot work-tool steel using multi-layered coated TiAlN cutting tools is presented. The influences of the feed rate, cutting speed and depth of cut on surface roughness, cutting temperature and cutting force have been examined. In addition to that, the obtained chip formations have been observed. In order to optimize the milling process, Taguchi optimization method has been used. The influence of each parameter on obtained results has been determined by using analysis of variance (ANOVA). The relationship of the dependent parameters and independent parameters has been modeled with Regression analysis. The optimal machinability of DIN 1.2344 hot work-tool steel using multi-layered coated TiAlN cutting tool has been successfully determined in this study.

January, 2010

Mustafa KARCI

SEMBOLLER

Ac	: Yarıçapta Kesme Derinliği
Al	: Aliminyum
Ap	: Kesme Derinliği
C	: Karbon
Cr	: Krom
Fz	: Yeme Oranı
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
Si	: Silisyum
n	: Dönme Yönü
N	: Azot
Ti	: Titanyum
t_o	: Talaş Derinliği
t_c	: Talaş Kalınlığı
v	: İlerleme
α	: Talaş Açısı
Φ	: Kesme Açısı
⁰C	: Santigrat Derece
Vc	: Kesme Hızı

KISALTMALAR

AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Standardı)
AWS	: American Welding Society
EDM	: Soğutma Sıvısı
FEA	: Finite Element Anaysis
MIM	: Metal Injection Moulding
MAG	: Metal Aktif Gaz
MIG	: Metal İnerit Gaz
TIG	:Tungsten Inert Gas
HSM	: High Speed Machining
PCBN	: Plikristalin Bor Nitrür
HRC	: Rockwell C Sertliği

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil II.1. Talaş Kaldırma Yöntemi.....	12
Şekil II.2. Dik Kesme Modeli.....	13
Şekil II.3. Eğik Kesme Modeli.....	13
Şekil II.4. İki Boyutlu Ortogonal Model.....	14
Şekil II.5. Çevresel Frezeleme İşleminde Talaş Kaldırma İşlemi.....	15
Şekil II.6. Alın Frezeleme Çakısı.....	16
Şekil II.7. Simetrik Alın Frezelemenin Gösterilisi.....	16
Şekil II.8. Asimetrik Frezelemenin Gösterilisi.....	17
Şekil II.9. (a) Zıt Yönlü Frezeleme Şematik Gösterimleri. (b) Aynı Yönlü Frezeleme Şematik Gösterimleri.....	18
Şekil II.10. Frezeleme Biçimleri.....	19
Şekil II.11. Çeşitli Parmak Frezeler.....	19
Şekil II.12. Kullanıldıkları Yerlerine Göre Parmak Frezeler.....	23
Şekil II.13. Ezme Kalıbının Aşırı Yük ve Sıcaklığa Maruz Kalması Sonucunda oluşan Çatlak.....	31
Şekil II.14. Kaynak Öncesi Hazırlıklar.....	34
Şekil II.15. Dolgu Kaynağında ITAB'ın Şematik Gösterimi.....	34
Şekil II.16. Dolgu Kaynağının Uygulanmasında Dikkat Edilecek Noktalar.....	35
Şekil II.17. Pasolar arası ön ısıtma uygulanmış numunenin kesit görüntüsü.....	36
Şekil II.18. Kalıp Yüzeyinin Sıcaklığın Etkisi ile Liflenmesi.....	37
Şekil II.19. Çöken bir kalıbın kaynakla tashih edilmiş bir görünümü.....	38
Şekil II.20. Çöken Bir Kalıbın Kısmi Kaynakla Tashih Edilmiş Bir Görünümü.....	38
Şekil II.21. Yazı Diplerindeki Liflenme.....	39
Şekil II.22. Tutucuya Geçen Bir Göbek Kalıp.(Sıkı Geçme).....	40
Şekil II.23. Alt ve Üst Tutucuya Örnek.....	40
Şekil II.24. İtici ve Plaka Çeşitleri.....	41

Şekil II.25. Yatay Pres Tutucuları.....	42
Şekil II.26. Eğim ve Açının Görüldüğü Bir Kalıp.....	42
Şekil II.27. Alt ve Üst Göbek Kalıba Bir Örnek.....	43
Şekil II.28. Çapak Kesme Kalıbının Tezgâha Montaj Edilmiş Hali.....	44
Şekil II.29. Örtülü elektrod ark kaynağının şematik gösterimi.....	49
Şekil II.30. Örtülü Elektrod Ark Kaynağı İle Bir Kalıbın Tamiri.....	49
Şekil II.31. Elektrod Örtüsünün Damla Geçişi Üzerine Etkisi.....	50
Şekil III.1. Taguchi ‘nin Kalite Kontrol Sistemi.....	63
Şekil III.2. Johnford VMC – 550 Model CNC Freze Tezgahı.....	66
Şekil III.3. Deneyde Kullanılan İş Parçaları.....	67
Şekil III.4. Deneyde Kullanılan Kesici Takım Örnekleri.....	68
Şekil III.5. MAHR-Perthometer M1 Taşınabilir Pürüzlülük Cihazı.....	68
Şekil III.6. KISTLER Dinamometre.....	69
Şekil III.7. KISTLER 5019b Tipi Yük Amplifikatörü.....	69
Şekil III.8. Termometrenin Görüş Açısı.....	71
Şekil III.9. Deney Düzeneğinin Şematik Görüntüsü.....	73
Şekil III.10. Deneyin Fotoğrafik Görüntüsü.....	74
Şekil III.11. Deneyse Çalışmanın Görüntüsü.....	74
Şekil III.12. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin S/N Oranları (İnce Paso İçin).....	77
Şekil III.13. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin S/N Oranları (Kaba Paso İçin).....	77
Şekil III.14. Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları (kaba paso için).....	78
Şekil III.15. Max. Kesme Kuvvetlerinin S/N Oranları (Kaba Paso İçin).....	78
Şekil III.16. Max. Kesme kuvvetlerinin S/N oranları (ince paso için).....	80
Şekil III.17. Talaş derinliği ve ilerlemenin kesme kuvvetine etkisi (İnce paso için).....	80
Şekil III.18. Max. Kesme kuvvetlerinin S/N oranları (kaba paso için).....	81
Şekil III.19. DynoWare yazılımından okunan kuvvetler.....	82
Şekil III.20. Talaş derinliği ve ilerlemenin kesme kuvvetine etkisi (Kaba paso için).....	82

Şekil III.21. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (ince paso için).....	83
Şekil III.22. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin kesme sıcaklığına etkisi (İnce paso için).....	84
Şekil III.23. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (kaba paso için).....	85
Şekil III.24. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin kesme sıcaklığına etkisi (Kaba paso için).....	85

TABLO LİSTESİ

SAYFA NO

Tablo II.1. Çeşitli Parmak Frezelerin Özellikleri ve Kullanıldıkları Yerler.....	21
Tablo II.2. Bazı Tür Örtülü Elektrodların Örtü Bileşenleri.....	52
Tablo II.3. Örtüye Katılan Alaşım Elementlerinin Alaşımlandırma Verimleri.....	55
Tablo II.4. Örtülü Elektrodların Karakteristik Özellikleri.....	61
Tablo III.1. Faktöriyel Tasarımı ile Taguchi Yönteminin Kıyaslanması.....	64
Tablo III.2. CNC Freze Tezgahının Teknik özellikleri.....	66
Tablo III.3. DIN 1.2344'in Kimyasal Özellikleri.....	67
Tablo III.4. DIN 1.2344'in Mekanik Özellikleri.....	67
Tablo III.5. Askaynak as p 312'in kimyasal özellikleri.....	67
Tablo III.6. Askaynak as p 312'in mekanik özellikleri.....	68
Tablo III.7. Deney Parametreleri (İnce Paso İçin).....	72
Tablo III.8. L9 Deney Tasarımı (İnce Paso İçin).....	72
Tablo III.9. Deney Parametreleri (Kaba Paso İçin).....	72
Tablo III.10. L9 Deney Tasarımı (Kaba Paso İçin).....	73
Tablo III.11. Yüzey Pürüzlülüğü (Ra μm), Kesme Sıcaklığı (oC), Kesme Kuvveti (N) değerleri (ince paso için).....	75
Tablo III.12. Yüzey Pürüzlülüğü (Ra μm), Kesme Sıcaklığı (oC), Kesme Kuvveti (N) değerleri (kaba paso için).....	75
Tablo III.13. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin S/N Oranları(İnce Paso İçin).....	76
Tablo III.14. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin S/N Oranları (Kaba Paso İçin).....	78
Tablo III.15. Max. Kesme Kuvveti Değerlerinin S/N Oranları (İnce Paso İçin).....	79
Tablo III.16. Max. Kesme Kuvveti Değerlerinin S/N Oranları (Kaba Paso İçin).....	80
Tablo III.17. Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Sıcaklıkların S/N Oranları (İnce Paso İçin).....	83

Tablo III.18. Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Sıcaklıkların S/N Oranları (Kaba Paso İçin).....	84
Tablo III.19. Ra değerlerine göre ANOVA sonuçları (ince paso için).....	85
Tablo III.20. Ra değerlerine göre ANOVA sonuçları (kaba paso için).....	86

BÖLÜM I

GİRİŞ ve AMAÇ

Endüstrinin her dalında malzemeye şekil vermek amacıyla kalıplar kullanılmaktadır. Çalışma esnasında bu kalıp yüzeylerinde çeşitli hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarları giderme yollarından biride kırılan, çatlayan, aşınan kalıbın hasarlı kısmını kaynak yardımıyla doldurup çeşitli işlemler uygulayarak tekrar kullanılabilir hale getirilmektedir. Çeşitli kaynak yöntemleri endüstri sektöründe uzun yıllar kullanılmaktadır. Endüstrinin her dalında imalat ve onarım safhalarında kullanılır. Kaynak ve tamir yapılan kalıbın tekrar kullanılabilmesi için dolgu kaynağı yapılan kısmın tekrar işlenerek eski şekline getirilmesi gerekmektedir. Bu işleme tezgahlarından biriside CNC freze tezgahıdır.

CNC freze tezgahı malzemelerden talaş kaldırarak hızlı ve kaliteli ürünler oluşturmak için yüksek kesme hızında ve ilerlemede çalışabilmektedir. Malzeme teknolojisindeki gelişmelerle yüksek mukavemete sahip malzemeler elde edilmiştir. Bu malzemeler üzerinden talaş kaldırma esnasında uygun kesici takımın seçimi maksimum verimliliğin sağlanması için şarttır. Takım malzemesi ve kesme geometrisinin seçimi çok önemlidir. Takım uygun seçilmiş olsa bile işleme koşulları standart dışı ise verimlilik düşer. Yüksek verimliliğin ve ekonomik işleme yapabilmek için işlenecek malzeme ve kesici takım çeşitlerinin her biri ile ilgili teorik çalışmalar yapılması gerekir.

Bu tez içerisinde çeşitli malzemeler ve çeşitli geometrilere sahip parametrelerle yapılan frezeleme işlemleri için kesme hızları ve aşınma arasındaki ilişkiler hakkında belirtilen literatür çalışmaları bulunmaktadır.

M. El Mansoria ve diğerleri yaptıkları çalışmada; ısı dayanımı gerektiren takımların imalatında kullanılan nikel esaslı ve sert yüzeylere sahip tabakaların, kuru işlenmelerine yönelik detaylıca araştırmalarda bulunmuşlardır. 60 mm kalınlığa sahip 56NiCrMoV7 çelik bloğunun yüzeyinde çeşitli işleme testleri gerçekleştirilmiştir. Yarı otomatik MIG kaynağı kullanılarak 56 NiCrMoV7 çeliğinden hazırlanmış olan malzemenin yüzeylerinde tabaka kalınlığı 2-3mm arasında değişen beş katmanlı

Histolley C türü malzeme biriktirilmiştir. Hızlandırılmış olan işleme testlerinde sadece sert yüzey tabakalarının yapısı değiştirilmiştir. Hızlandırılmış işleme testlerinde 80m/dak'lık kesme hızı (vc), 0,12 mm lik aksenal kesme derinliği (ap), 12 mm lik yarıçapta kesme derinliği (ac) ve 0,05 mm lik yeme oranı (fz) kullanılmışlardır. Gerçekleştirilmiş olan bu yüzey sertleştirme işleminin işlemedeki temel sınırlaması çok yüksek oranda metodolojik olarak heterojen yapılı olmasıdır. Bu heterojenliğin interdendritik yapı içerisindeki dendritik bağın (gevrek nikel fazı) bozulmasından kaynaklanmaktadır. Kesme deneyleri süresince iş parçası yüzeyinin yüksek sertlikten dolayı kesici takımların yan yüzeylerinin aşındığı tespit edilmiştir. Bu değişimin takım malzemesinin ufalanması neticesinde, takımda oluşan kırıntıların birbirlerine yapışarak, kertikleri ve kesme bölgesini çok şiddetli olarak ufalanmasından dolayıdır.

Sonuçlar ve görüşler; Nikel esaslı sert yüzeyli tabakaların işlenmesinde, takım aşınmasının vaktinden önce meydana gelmesinden dolayı yüksek hızda kuru ortamda işlenebilmesi sınırlı oranlarda kalmaktadır. Bu durumun nedeni; kesme bölgesinde meydana gelen parçacıkların birbirine sürtünmesi sonucu yapışıp, takım malzemesi yüzeyinden parçacık koparıp zamanla aşınmasına yol açarak iş göremez hale gelmesine neden olmasıdır. Kesme takımlarının hızlı bir şekilde bozulmasını önleyebilmesi kesme parametrelerinin optimizasyonun sağlanması ile gerçekleşebilir. Bu optimizasyonlarda aşağıda belirlendiği gibi gerçekleştirilmelidir.

- 1- Soğutucu sıvı kullanılarak parçacıkların uzaklaştırılması kolaylaştırılıp, kesme sırasında sürtünmeden dolayı meydana gelen ısınmanın azaltılması ve aşınmanın giderilmesiyle
- 2- Yeterli oranda aksenal bir kesme derinliğinin seçilip, sertleştirilmiş tabakalardan kaçınılmasıyla
- 3- Kesme hızının azaltılıp, yeme oranının arttırılmasıyla, sürtünme dayanımının düşürülmesiyle
- 4- Kesme koşullarına uygun kesme takımının bulunmasıyla
- 5- Mikro yapının işlenebilirliğe etkisinin tam olarak anlaşılmasıyla [1].

M.C. Kang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; Hybrit kaplama yöntemi kullanarak yüzeyleri karbür kaplanmış $Ti_{0.75} Al_{0.25} N$ ve $Ni_{0.69} Al_{0.23} Si_{0.008} N$ takım malzemelerinin sulu, kuru ve minimum oranda yağlayıcı içeren ortamlarda AISI D2

soğuk işlenmiş kalıp çeliğinin yüksek hızda işlenmesinin karşılaştırmışlardır. Süper sert Ti-Al-Si-N filimler, Si_3N_4 mikro yapısı içerisinde dağılmış halde bulunan nano boyutlarda (Ti,Al,Si,N) kristallerinden oluşan nanokompozitler olarak karakterize edilmektedirler ve bu malzemeler WCo-C numunelerine hybrid kaplama yöntemiyle sertleştirilmişlerdir. Ti,Al,Si,N filminin sertliği Si oranının artmasıyla artar ve %8 Si oranında maksimum değeri olan yaklaşık 48 GPa'a ulaşır. Yüksek hızda kesme oranı altında dikey olarak yüksek hızda işleme merkezi kullanılarak kaplanmış olan takım malzemelerinin aşınma değerleri tespit edilmiştir. Yapılan deneyler neticesinde, minimum oranda yağlamanın en iyi performansa sahip olduğu görülürken, sulu ortamda işleme esnasında meydana gelen termal çatlaklardan dolayı takım ömrünün en az değerde olduğu görülmüştür. Minimum oranda yağlama hem $Ti_{0.75} Al_{0.25} N$ hem de $Ni_{0.69} Al_{0.23} Si_{0.008} N$ kaplama takımlarının ömürleri için faydalıdır. Bu tür bir çalışmanın yüksek sertlikteki malzemelerinin yüksek hızda işlenmesinde endüstriyel uygulamalara uygun olabileceği tespit edilmiştir.

$Ti_{0.75} Al_{0.25} N$ ve $Ni_{0.69} Al_{0.23} Si_{0.008} N$ kaplamalar hybrid yöntemiyle WCo-C numuneler ve kesici takımların yüzeylerinde biriktirilmiştir. Ti-Al-N kaplama içerisinde %8 oranında Si ilave edildiğinde Ti-Al-N kristalleri ve Si_3N_4 amorf yapısına oranla iyi oranda kompanze olmuş mikro yapı elde edilmiştir. Ti-Al-N kaplaması $700^{\circ}C$ nin üzerindeki sıcaklıklarda süper oranda oksidasyona dayanım oranına sahipken, Ti-Al-Si-N kaplamasının Ti-Al-N kaplamaya oranla çok daha iyi oksidasyon dayanımının olduğu tespit edilmiştir. mql(minimum oranda yağlama) işlemi hem $Ti_{0.75} Al_{0.25} N$ ve $Ni_{0.69} Al_{0.23} Si_{0.008} N$ kaplanmış takımların mql ile kesme sırasında yüksek hızlarda son frezeleme altında mükemmel kesme performansı göstermektedir. Ayriyeten bu malzeme ile kaplanmış olan takımın oldukça yüksek mikro sertlik değerine ve fevkalade oksidasyon dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir [2].

A.K.M. Nurul Amin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; PBCN (polikristalin bor nitrid) ucun, sertleştirilmiş olan D2 çeliğinin oda sıcaklığında ve tavllanmış durumdayken frezelenmesine ait olarak deneysel incelemelerde bulunulmuş ve bu deneylerden elde edilen sonuçlar üzerine yorumlarda bulunulmuştur. Çatlak yoğunluğu, parçacık oluşumundaki düzensizlik, takım aşınması ve takım yüzeyinden partikül kopması ile işlenmiş olan parçaların yüzeylerinin pürüzlülüğünün karşılaştırılması yapılmıştır. Parçaların birincil ve ikincil testereye benzer dişler içermekte olduğu ve bunların oluşum oranlarının çatlak yoğunluğuyla ilişkilendirildiği

bulunmuştur. Tanımlanmış olan malzemenin işlenmesi esnasında bu malzemenin yüzeyinde meydana gelen ilk ortalama aşınma miktarının oda sıcaklığındakine oranla biraz daha fazla olduğu, bu işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılan takımın ömrünün de daha fazla olduğu görülmüştür. Takımda meydana gelen bu yetersizliğin nedeni, yüzeysel olarak meydana gelen plastik deformasyon, difüzyon ve kertik oluşumu gösterilebilir. Dişlerin yeme yüzdesinin, kesme hızının, tavlamanın ve çatlaklardaki genişlemenin direkt olarak yüzey pürüzlülüğünü etkilediği gözlemlenmiştir. Tavllanmış olan malzemenin işlenmesi sonucu 0,4 mikrondan daha düşük oranlarda yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir ki yüksek kesme hızlarında bu malzemenin öğütülmesinden ve parlatılmasından sakınılmalıdır [3].

Lincoln Cardoso Brandao ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; Kalıpcılıkta ve kalıplarda kullanılmakta olan sertleştirilmiş çeliklerin, yüksek hızda frezelenmesi esnasında meydana gelen ısınma, deneysel ve teoriksel olarak araştırılmıştır. AISI H13 ve AISI D2 çelikleri Ti-Al-N kaplanmış ve PCBN uçlarla frezelenmiştir. Takım geometrisi kalıpcılık endüstrisinde yaygın bir şekilde işlenmekte olan kompleks yüzeyler ve ince parçalara uygun olacak şekilde, takım-iş parçası arasındaki ilişkiye bağlı olarak tasarlandı. Kuru işlemede sıkıştırma ve soğutma sistemleri kıyaslandı. AISI D2 çeliğinin yüksek hızda frezelenmesi esnasında oldukça düşük oranlarda sıcaklık değişiminin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle soğuk havada, ısının işleme bölgesinden uzaklaştırılması için tüm soğutma sistemleri yüksek kapasitede kullanıldı. Sıkıştırılmış havanın iş parçasının kısmen kararlı bir sıcaklıkta tutulabilmesinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Soğutma sistemlerinde kullanılan ortalama ısı yayılım katsayısı ve iş parçasında meydana gelen enerji değişimi arasındaki bağıntıyı tespit edebilmek amacıyla teorik olarak bir modelde kullanıldı.

Sonuçlar;

- 1- Sıkıştırılmış hava ve değişik soğutma sistemleri kullanılması kıyaslandığında, soğutulmuş havanın iş parçasının sıcaklığını sabit bir şekilde tutulmasına izin verdiği görülmüştür.
- 2- Fr_1 ve Fr_2 olmak üzere farklı geometrilere sahip Ti-Al-N kaplanmış takımların işlenmesi sırasında Fr_1 türü takım geometrisinin şeklinin parçacık oluşumuna izin verir türde olmasından dolayı iş parçasının sıcaklığının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Fr_3 türünde takım geometrisine sahip PBCN türü takımla diğerlerine oranla daha fazla kesme hızı kullanıldığından dolayı iş parçasının sıcaklığının en az düzeyde olduğu tespit edilmiştir.
- 3- AISI D2 çeliğinin AISI H13 çeliğine oranla daha sert olmasından dolayı daha yüksek sıcaklık değeri ölçüldü [4].

P. Koshy ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; AISI D grubunda yer alan takım çelikleri sahip oldukları mükemmel aşınma dirençleri ve sertleşebilme özelliklerinden dolayı soğuk şekil verilmiş kalıpların imalatında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Yaptıkları çalışmada 58 HRC' ye sertleştirilmiş olan soğuk iş takım çeliğini karbür ve sermet takımlarla ve katı karbür uç bulunan frezelerle işlenmesine ait deneyler hakkında detaylı bilgiler gösterilmiştir. Yaptıkları çalışmanın amacı; takım aşınma mekanizmalarının ve uygun kesme parametrelerinin belirlenmesidir. AISI D2 çeliğiyle 52 HRC'ye serleştirilmiş olan AISI H13 çeliğinin kesilmeleri esnasındaki takımların ömrü ve yüzeylerinin pürüzlülüğü birbirleriyle kıyaslanmıştır. PCBN takımı kullanılarak yüzey frezelenme işlemine ait verilerde detaylı olarak belirlenmiştir. Sementit karbür ürünlerle takım ömrü arasında çok az bir farkın olduğu bulunmuştur. Takım ısınması mekanizmaları; talaş ve adhezyon aşınmasıdır. 25-200 m/dak'lık kesme hızında 15-35 m kesme boyutlarında max. 0.3mm'lik aşınmanın görüldüğü takımın yan kısımları takım ömrü ölçütü olarak alınmıştır. H13 için kesme hızı 150-350 m/dak olarak alınmıştır ve 50-250 arasındaki takım ömrü hesaplanmıştır.

Sonuçlar;

- 1- 58 HRC 'ye sertleştirilmiş AISI D2 çeliğinin frezelenmesinde takım ömrünün 40 m den daha küçük kesme boyutuna sahip olduğu tespit edilmiştir.
- 2- Takım aşınmasının temel mekanizmalarının talaş, adhezyon ve sürtünmeden kaynaklandığı tespit edilmiştir. PCBN takımlarının kesme bölgesindeki kırılmalardan etkilendiği tespit edilmiştir.
- 3- Sertleştirilmiş D2 çeliğinin işlenmesinde kullanılan takımın ömrünün H13 dekine oranla daha düşük olduğu ve bunun da D2 çeliğinin sahip olduğu yüksek sertlik ve kimyasal bileşiminden dolayı olduğu tespit edilmiştir.
- 4- Karbürlü uçla frezeleme işleminde 1-6 mikron oranında değişmekte olan yüzey pürüzlülüğü, PCBN de bu oranın 0,1-0,2 mikron arasında değiştiği tespit edilmiştir [5].

Masanori ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; yüksek oranda nitrojen(azot) ne mukavemetlendirilmiş olan östenit paslanmaz çeliklerin kaynak edilebilirliği ve işlenebilirliği araştırılmıştır. JJI ve SSS 316 LN türü malzemeler ITER toroidal bobinin yapısal olarak bileşimleridir. EB kaynağıyla JJI'nin kaynak edilmesi sonucu max. 40mm kalınlığında tabakaların oluşabileceği bulunmuştur. Yapılan çalışmalar 900 mm'nin üzerindeki boyutlara başarıyla uygulanmıştır. TİG kaynağıyla 26 g/dak. Oranında dolgu yapılabilmektedir. Yapılan kaynak uygulamalarına ek olarak JJI ve ST-SS 316 LN'nin işlenebilirliğine yönelik araştırmalarda yapılmıştır. Değişik türlerde takımlarda işlemlerin neticeleri açıklanmıştır. Takım ömrünün artmasının sağlayabilmek için kesme hızının düşük olması gerekmektedir. 40m/dak.'lık kesme hızında (9 m boyundaki malzeme için) takım ömrünün 2 saatten daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 30 dakikalık işlemeden sonra 40 m/dak.'lık kesme hızında kesici takımın aşınma oranının kabul edilebilir sınırlar dahilinde olduğu ve 0,1 mm olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: JJI ve SSS 316 LN 'nin kaynak edilebilirlikleri ve işlenebilirlik özellikleri göz önüne alındığında ITER TF bobinlerinin yapısal bileşenleri olarak kullanılabilirliği tespit edilmiştir. JJI türü malzemenin EB kaynağı ile kaynak edilmesi sonucunda max. 40 mm kalınlığında kaynak tabakasına ulaşılabilirliği tespit edilmiştir. JJI türü bu malzemenin TİG kaynağı ile kaynak edilmesi sonucu 26g/dak. Biriktirme oranına ulaşmıştır.

JJI ve SSS 316 LN türü malzemelerin yapılan bu kaynaklama işlemine ek olarak işlenebilirliklerinin tespit edilmesi için değişik türlerde takımlarla işlenebilirliklerinde araştırılmıştır. Takım ömrünün artırılabilmesi için ortalama kesme hızının 40m/dak olarak seçilmesi gereklidir [6].

Tsao Chung-Chen, Hocheng Honk yaptıkları çalışmada; TiCN/TiAlCN kaplanmış olan farklı takım malzemesiyle değişik kesme koşulları altında su verilmiş olan AISI 1045 çeliğinin frezelenmesi taguchi yöntemiyle incelenmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, AISI 1045 çeliğinin frezelenmesinde kontrol edilmesi mümkün faktörlerin (farklı kaplamalarla biriktirme, besleme oranı, mil hızı ve takım malzemesi) arasında temel olarak etkileyen faktör takım malzemesidir. Ayrıca değişik sert kaplamalar içerisinde TiCN'nin en iyi performansa sahip olduğu belirlenmiştir. Fakat farklı kaplama yöntemleriyle gerçekleştirilen biriktirme (depolama) işlemlerinin etkisinin çok önemli olmadığı saptanmıştır.

Sonuç: elde edilen deneysel sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1- Su verilmiş AISI 1045 çeliğinin işlenmesinde kontrol edilebilir faktörlerin arasında en fazla etkinin takım malzemesinin olduğu ve bunda takım ömrünü etkilediği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, TiCN sert kaplamanın biriktirilmesinin diğer kaplamalara oranla daha iyi performansa yol açtığı bulunmuştur.
- 2- Sert kaplama tabakalarının takım yüzeyi üzerine biriktirilmesi ile takım yüzeyinde meydana gelen aşınma probleminin azaltılması sağlanabilmektedir. Su verilmiş AISI 1045 çeliğinin işlenmesinde K40 takım malzemesinin TiCN ile kaplanması ile en iyi aşınma dayanımının elde edildiği görülmüştür. TiAlCN kaplamaya K40 takım malzemesinin benzer işleme durumlarında birbirleriyle ilişkili olabileceği TiCN kaplamanın K40 takım malzemesinin kesiciliğinin %188 oranında arttırdığı tespit edilmiştir [7].

P. Krajnik ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; Kalıp takımlarının modern yöntemlerle işlenmesi, geleneksel işleme yöntemlerine oranla modern üretimin yöntemleri ile kalıp takımlarının işlenmesi daha zordur. Kesme işlemi, temel teorisi ve kesme geometrisi birbirine benzer fakat bu işlemleri gerçekleştirmek için gerekli olan teknolojiler bir birine oranla daha zordur. Yüksek hızda kesme prensipleri geleneksel işlem takımlarına uygun değildir. Geleneksel yöntemle ve yüksek hızda kesme yoğunluğuyla

elde edilmiş olan talaşların oluşum durumu ve birbirleri arasındaki farkta bu çalışmada analiz edilmiştir. EDM ve HSM birbirlerine oranla kıyaslandı ve yüksek hızda kesmenin büyük faydalar sağladığı tespit edildi. Modern CAM kullanımıyla takım ömrü optimize edilebilir ve gereksiz olan işlem süresi ile işleme maliyetleri hesaplandığından ihmal edilmesi sağlanır.

Sonuç olarak yüksek hızda kesmenin faydaları aşağıdaki gibi sıralaya biliriz;

- 1- Tüm işleme proseslerini kısa bir sürede gerçekleştirmesini sağlar
- 2- Yüzey kalitesini geliştirir.
- 3- Daha az ilave işlemeye gereksinim vardır.
- 4- İşleme bölgesi sıcaklığını düşürür ve takım ömrünü arttırır.
- 5- EDM kullanımını azaltır.
- 6- Doğru bir şekilde tam olarak işlene bilmeyi sağlar.
- 7- 5 ekseninde işlemeye imkan sağlar [8].

J.A. Arsecularatne ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; Sertleştirilmiş AISI D2 çeliğinin PCBN kesici takımla işlenilmesidir. Sertliği 62 HRC olan AISI D2 çeliğini PCBN takımlarla farklı kesme parametrelerde işlenmesine ait deneysel incelemeler açıklanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde en uygun işlemlerin ve kesici takım hızının 0.08- 0.2 mm/dev ve 70-120 m/dak olduğu PCBN takımlardaki kullanım ömrünü kesici takımı yan yüzeylerindeki aşınmalardan dolayı azaldığı tespit edilmiştir. Takım ömrünün en yüksek kabul edilebilir değeri ve 70 m/dak oldukça düşük kesme hızında olduğu tespit edilmiştir. Bu hızın işlemede takım ve iş parçası kombinasyonu göz önüne alındığında en uygun değer olduğu tespit edilmiştir. Bu durumlar göz önüne alındığında takım ömrü ve kesme parametreleri arasındaki ilişki toylar türü takım ömrü belirleme eşitliğine uygundur.

Seçilmiş olan AISI D2 çeliği ve PCBN takımları için oldukça yüksek takım ömrüne ve çok talaşa 7m/dak ulaşılmıştır. Ancak yüksek kesme testi sonucunda oldukça yüksek talaş yoğunluğuna ulaşıncaya düşük kesme oranında takım ömrü artmıştır. Elde edilmiş olan takım ömrü ve talaş hacmi değerlerinin geleneksel yöntemlerle karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin karburlu ve kaplanmış takımların ömrü ve talaş yoğunluğunun bu çalışmada geliştirilmiş olan yönteme oranla daha yüksek değerleri yüksek sertlikteki D2 çeliği iş parçasının sonuçları ile benzer yönde olduğu tespit edilmiştir [9].

J.A. Ghani ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; Sert H13 takım çeliğinin yüksek hızda frezelenmesinde P10 titanyum nitrür kaplama takımın performansını incelenmişlerdir. 50 ± 3 HRC değerine kadar sertleştirilmiş olan AISI H13 takım çeliği yüksek kesme hızında P10 titanyum nitrür kaplanmış karbür uçla kaba talaş ve son paso frezeleme, kesme hızı, yenme oranı, kesilen bölgenin derinliğinin takım ömrü üzerinde olan etkileri deneysel olarak açıklamaya çalışmışlardır. Frezeleme koşullarındaki test oranlarındaki takım ömrünün yenme oranından ve talaş derinliğinden oldukça yüksek oranda etkilendiği sonucuna da varılmıştır. Bunun nedeni olarak ta kesme derinliğinin ve yüksek yenme oranına bağlı olarak takımın yüzeyinde çatlaklar oluşmaktadır. Yüksek kesme hızına bağlı olarak ta, kesme bölgesinde de çatlaklar görülüyor. Yapılan deneysel incelemelerin sonucunda belirtilmiş olan kesme hızı, kesme derinliğinin takım özelliklerini etkilediği tespit edilmiş olup kesme hızının testleri çok az oranda etkilediği, yüksek kesme hızına bağlı olarak aşınan bölgelerde yüksek bir ısı elde edilmektedir. Bu ısısında etkisiyle yüksek yenme oranı ve kesme derinliğine de bağlı olarak kesme bölgesindeki çatlamanın süresini azaltıcı yönde etki ettikleri görülmüştür [10].

K.A. Abou-El-Hossein ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; modifiye edilmiş AISI P20 çeliğini frezeleme işleminde kullanarak kesme yönünün belirlenmesini incelemiştir. AISI P20 takım çeliğine frezeleme işlemindeki kesme kuvvetinin birinci ve ikincil modelleri geliştirilerek birbirleri arasında kıyaslanmıştır. Birinci ve ikinci modellerdeki kesme gücü eşitlikleri 4 kesme parametresi göz önüne alınarak yüzey metodolojisi kullanılarak geliştirilmiştir. Parametreler arasındaki ilişki oluşturulmaya çalışılmıştır. Talaş derinliği ile yenme arasındaki ilişki konulmuş, boylamasına olarak AISI P20 titanyum nitrür kaplama uçlarla frezelenmesinde ön görülen boylarına kesme kuvveti yüzey metodolojisi metodu ile göz önüne alınarak test edilip uygun bir biçimde tespit edilebilmiştir. İşleme tekniğine ait tespit edilmiş değerler RSM minitab kullanılarak doğru bir şekilde tahmini değerlere de dayanarak deneysel olarak açıklana bilmiştir. Faktörler arasında yenme oranının en önemli faktör olduğu ve kesme gücünün artan yenme oranıyla ve kesme derinliğiyle arttığı fakat kesme hızının artmasına bağlı olarak ta kesme hızının azaldığı tespit edilmiştir [11].

Helen Coldwell ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; Takımlarda, haddelerde, dökümde, plastik kalıplarda, ısıtılmış 48-52 HRC sertliğe sahip AISI D2 çeliğin yaygın olarak kullanılmaktayken 60-62 HRC arasında yüksek oranda sertliğe

sahip AISI D2 çelikleri pres takımı olarak kullanılmaktadır. Son 10 yıldır sertleştirilmiş numunelerden prizmatik bileşenlerden direk olarak üretimi üzerine yüksek hızla frezeleme ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada bu çeliklerin işlenebilirliği üzerine deneysel araştırmalarda bulunulmuştur. Deneysel çalışmalar neticesinde AISI H13 çeliğinin frezelemesinde karbür esaslı takımların AISI D2 çelikleri içinde parmak freze ile yapılmıştır. H13 çeliği matkapla 30 m/dak yeme oranı 0.1 mm/min ve 16 mm derinliğinde delik açılabilir. Delme işlemi esnasında soğutucu olarak su ve soğutucu sıvılar kullanılmıştır. D2 çeliğinin delinmesinde H13 çeliğinin delinmesine oranla 6 ila 9 kat arasında değişen oranlarda delinmesi zordur. Sonuç olarak D2 çeliğinin yüksek hızda işlenmesi tekniği ile geleneksel işleme teknikleri birbiri ile kıyaslanarak otomotiv pres takım parçalarındaki üretilebilirliği detaylı olarak araştırılmıştır. Yüksek hızda üretim tekniği kullanıldığında üretim süresinin %75 oranda azaldığı fakat takım ömrünün de buna bağlı olarak azalmaların olduğu tespit edilmiştir. H13 (52 HRC) delinmesinde alüminyum titanyum nitrür kaplanmış karbür takımlar kullanılmış, su ve soğutucu sıvısı kullanılmıştır ve talaş oluşumunun yaygın olarak bozukluklarının olduğu tespit edilmiştir. H13 çeliğinin delinmesinde sıvı kullanılmasının hybrit oluşmasına neden olduğu görülmüştür. D2 çeliğinin delinmesi ve frezelenmesinde kullanılan takımların ömrünün D2 içinde çözünmemiş halde bulunan krom karbür partiküllerinden dolayı H13 takım çeliğinin işlenmesinde kullanılan takım ömrüne oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. 60 HRC D2 çeliğinin delinmesinde takımın ömrünün kısa olduğu ancak oldukça iyi yüzey kalitesi oluşturduğu tespit edilmiştir [12].

Wilson Tafur Preciado ve arkadaşı yaptıkları çalışmada; AISI P20 ve VP50IM çeliklerinde üretilmiş enjeksiyon kalıpları kaynakla tamir edilmiş homojen plaka parlatılmış ve işlenmiştir. P20'ye kaynak olarak TIG kaynağı, dolgu teli olarak AWS A5.28-96 ER 80S-B6. kullanılmıştır. VP50IM içinde benzer ve farklı AWS A5.28-96 ER 80S-B6. kullanılmıştır. Farklı ısı girdilerinde dolgu kaynağı yapılmıştır. Deneysel sonuçlardan elde edilen verilerde kimyasal bileşenler, mikro yapılar ve sertlik değerleri birbiri ile ilişkilendirilmiştir. P20 çeliği için zımpara yerine parlatma taşı kullanıldığında parlak bir yüzey elde edilir. Parlak bölge ile hitap bölgesi tam olarak görülmüştür. İşleme yüzeyi, su verme ve tamperleme işlemine tabi tutulduğundan dolayı homojen olmadığı görülmüştür. VP50IM çeliği için zımpara kullanıldığında homojen bir yüzey elde edilir. Aynı türde dolgu metali kullanıldığında da düzgün bir

yüzey elde edilmiş, farklı bir metal kullanıldığında homojen olmayan yüzeyler elde edilmiştir. Her iki malzeme içinde kaynağın sertliğine bağlı olarak parlak yüzeylerin sertliğindeki farklılıklardan dolayı homojen olmayan yüzeyler elde edilmiştir. Homojenliğin işlenmiş yüzeylerdeki sertliğe bağlı olmadığı kimyasal bileşen ve alaşım elementlerine bağlı olduğu görülmüştür [13].

Sadettin Orhan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; freze kullanarak titreşim ve takım aşınması arasındaki ilişki deneysel olarak incelenmiştir. AISI D3 soğuk iş takım çeliği 35 HRC sertliğinde CBN kullanılarak kristelin bor nitrür işleme yönündeki titreşim ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sensör yardımıyla yapılmıştır. Takım aşınmasında mikroskop yardımıyla açıklanmıştır. Takım aşınmasının artmasıyla birlikte titreşimde görülmüştür. Takımdaki aşınma 160 mikrometreyi aştıktan sonra titreşim görülmeye başlıyor artan değerlerde de titreşimin arttığı görülüyor [14].

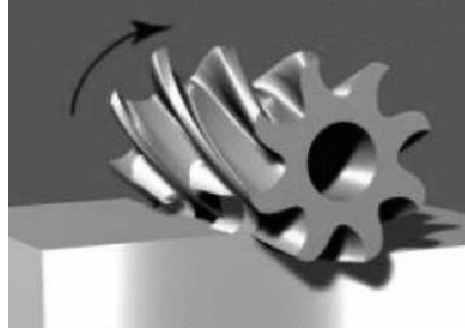
BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1. TALAŞ KALDIRMA YÖNTEMLERİ VE PARMAK FREZE İLE İŞLEME

II.1.1. Talaş Kaldırma Yöntemleri

Kesici bir kenara sahip bir takım ile parça yüzeyinden Şekil II.1’de görüldüğü gibi malzeme ayırma yöntemi talaş kaldırma olayı olarak adlandırılır. Bu olay esnasında iş parçasından ayrılan parçaya da talaş adı verilir.

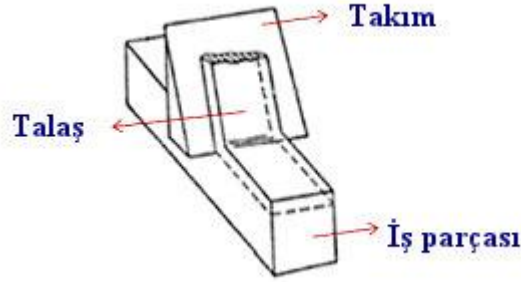


Şekil II.1. Talaş kaldırma yöntemi.

Talaş kaldırma, fiziksel bakımdan kesici takım ile iş parçası arasındaki kesme ve ilerleme hareketi sonucunda elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması, takım ucunun aşınması gibi olaylar meydana gelen fiziksel ve karmaşık bir olaydır. Bu, ancak takıma uygulanan kuvvetin yeterli ve kesici takım malzemesinin iş parçası malzemesinden daha sert olmasıyla gerçekleşir Kesici takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Metal tabakasında akmalar başlar ve gerilmeler, malzemenin kopma dayanımı sınırını aştığı anda tabaka talaş şeklinde bir yüzey boyunca parçadan ayrılır. Kesme, kesicinin parçaya nüfuz etme şekline göre iki şekilde meydana gelmektedir [15].

II.1.2. Dik Kesme

Dik kesmede işleminde kesme hızı vektörü ile takımın kesme kenarı birbirine diktir. Şekil II.2.'de dik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil II.2. Dik kesme modeli.

II.1.3. Eğik Kesme

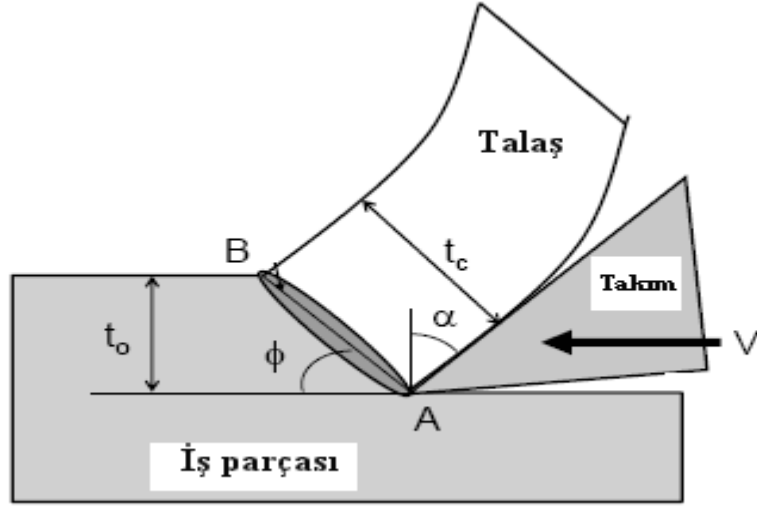
Eğik kesmede kesme hareketi ile kesici uç birbirine dik değildir. Şekil II.3.'de eğik kesme modeli şematik şekilde gösterilmektedir.



Şekil II.3. Eğik kesme modeli.

Üç boyutlu kesme işlemlerini modellemek için iki boyutlu model üç boyutlu işlemlerin davranışlarını ideal gösteren bir geometriye sahip olduğundan deformasyon işleminin açıklanmasında bu iki boyutlu modelden yararlanır.

Şekil II 4.'de iki boyutlu ortogonal model üzerinde kesme birinci kayma bölgesi, hızı Vektörü, talaş açısı (α), kesme açısı (Φ), kesme yüzeyi boyunca iş parçasından ayrılacak olan talaşın kalınlığı (t_o), kesme işlemi sonucu oluşan talaşın kalınlığı (t_c) şematik olarak gösterilmektedir.

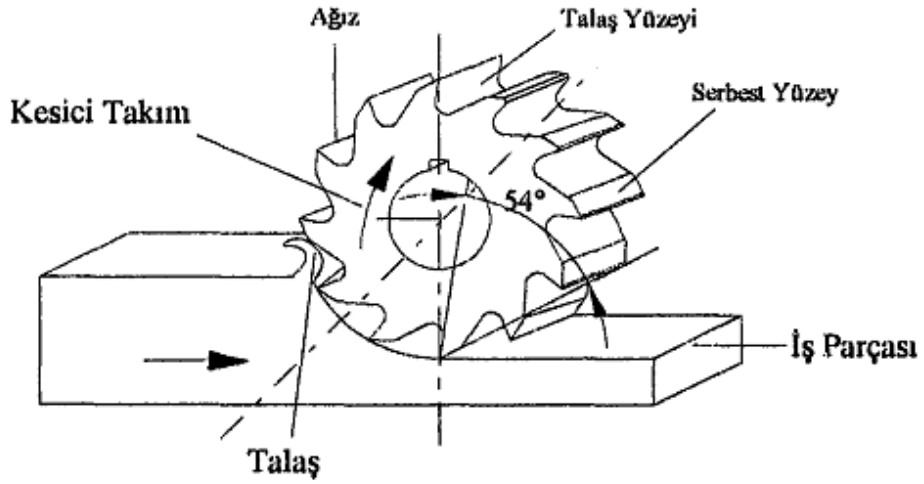


Şekil II.4. İki boyutlu ortogonal model.

Takımın iş parçası üzerine talaş oluşumu için yeterli olan belirli bir kuvvetle bastırıldığı ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği düşünülürse, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında akmlar başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı zaman tabaka talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca malzemeden ayrılır [15]. Frezeleme işleminde, kesici takımın kendi ekseninde dönmesi ve bununla beraber parçanın ilerleme hareketi yapması sonucu talaş kaldırma işlemi gerçekleşir. Parçanın işlenmesi sırasında takım ve iş parçası arasında üç ayrı hareket meydana gelir. Bunlar sırasıyla kesme hareketi, ilerleme hareketi ve yardımcı hareketlerdir. Frezeleme işleminde kesme hareketi takımın dönmesiyle meydana gelir. İş parçası ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketlerde, iş parçasına kesici takım yaklaşması ve kesme işleminden sonra parçadan ayrılması gibi hareketlerdir. İş parçası yüzeyinin işlenmesine göre frezeleme işlemleri çevresel ve alın frezeleme olarak iki grupta incelenir [16].

II.1.4. Çevresel Frezeleme

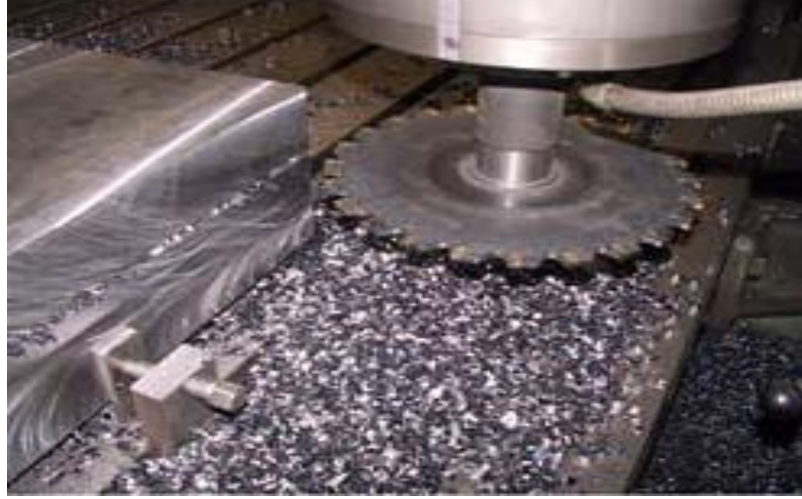
Çevresel frezeleme, eksenini yatay durumda bulunan ve silindirik bir frezenin çevresindeki kesici dişlerle talaş kaldırma işlemidir. Bu yöntemde kesici takımın her bir dişi bağımsız olarak düşünüldüğünde talaş kaldırma işlemi; tornalamada olduğu gibi meydana gelir. Ancak burada iş parçası ilerleme hareketi yapar ve dişler belirli bir eksen etrafında döner. Bu nedenle işlem sırasında talaş kesit alanı devamlı değişir. Bunun için tornalama işlemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Şekil II.5’de çevresel frezeleme görülmektedir [17].



Şekil II.5. Çevresel frezeleme işleminde talaş kaldırma işlemi.

II.1.5. Alın Frezeleme

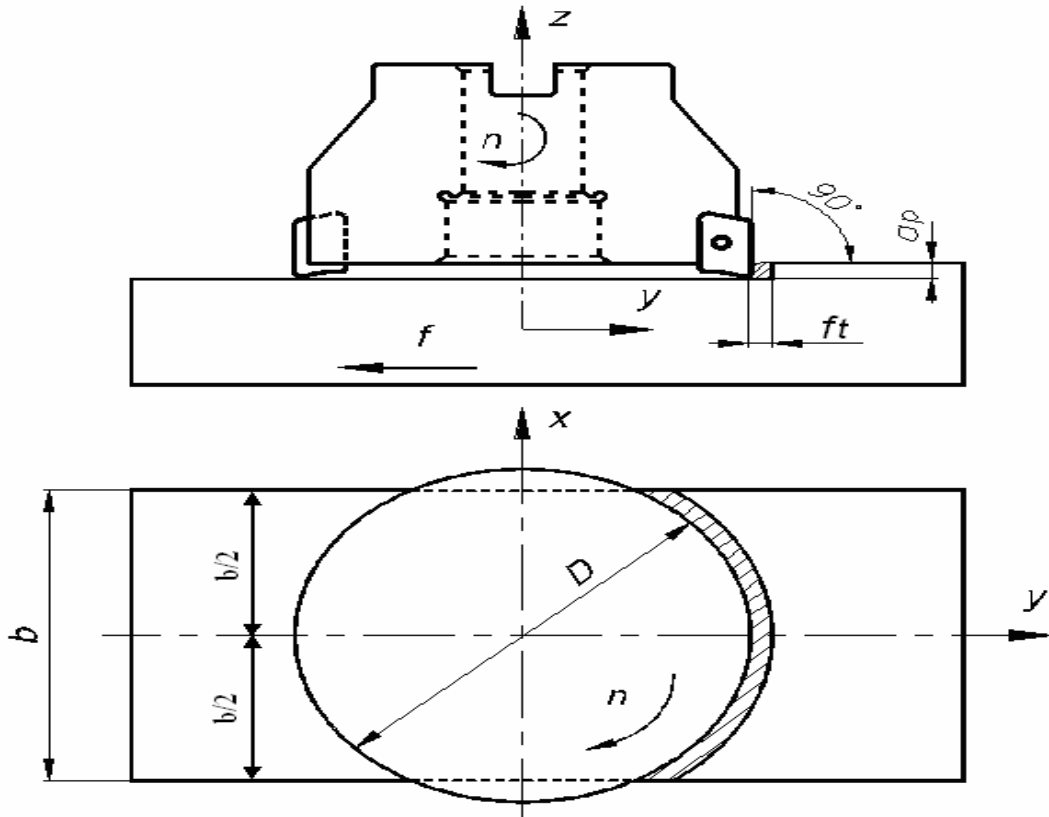
Freze çakısının alın ve çevresindeki kesici ağzların birlikte kesmesi ile yapılan frezelemedir. Elde edilen yüzeyler çakının dönme eksenine diktir. Burada kesme işleminin büyük bir kısmı, çevredeki kesici ağzlar tarafından yapılır. Alın yüzeydeki kesici ağzlar ise ince talaş işleme etkisi gösterirler. Silindirik alın freze çakıları ve takma uçlu alın freze çakıları ile düzlem yüzeyler işlenmeden önce iş mili diklik kontrolünün yapılması gerekmektedir. Silindirik alın freze çakıları, yüksek hız çeliğinden (HSS) bir bütün olarak imal edildiği gibi sert maden takma uçlu kesiciler sinterleme yöntemi ile imal edilir. Sinterleme yöntemi ile imal edildikten sonra kaplama yöntemleri ile kaplanarak daha yüksek kesme hızlarına ulaşmak mümkün olmaktadır. Sert maden kesici uçlar tutucu şaftın etrafına mekanik sıkımalı veya lehimleme yöntemi ile takılırlar. Alın freze çakıları ile düzlem yüzeylerden simetrik ve asimetrik yöntemle talaş kaldırılır.



Şekil II.6. Alın frezeleme çakısı.

II.1.5.1. Simetrik Frezeleme Yöntemi

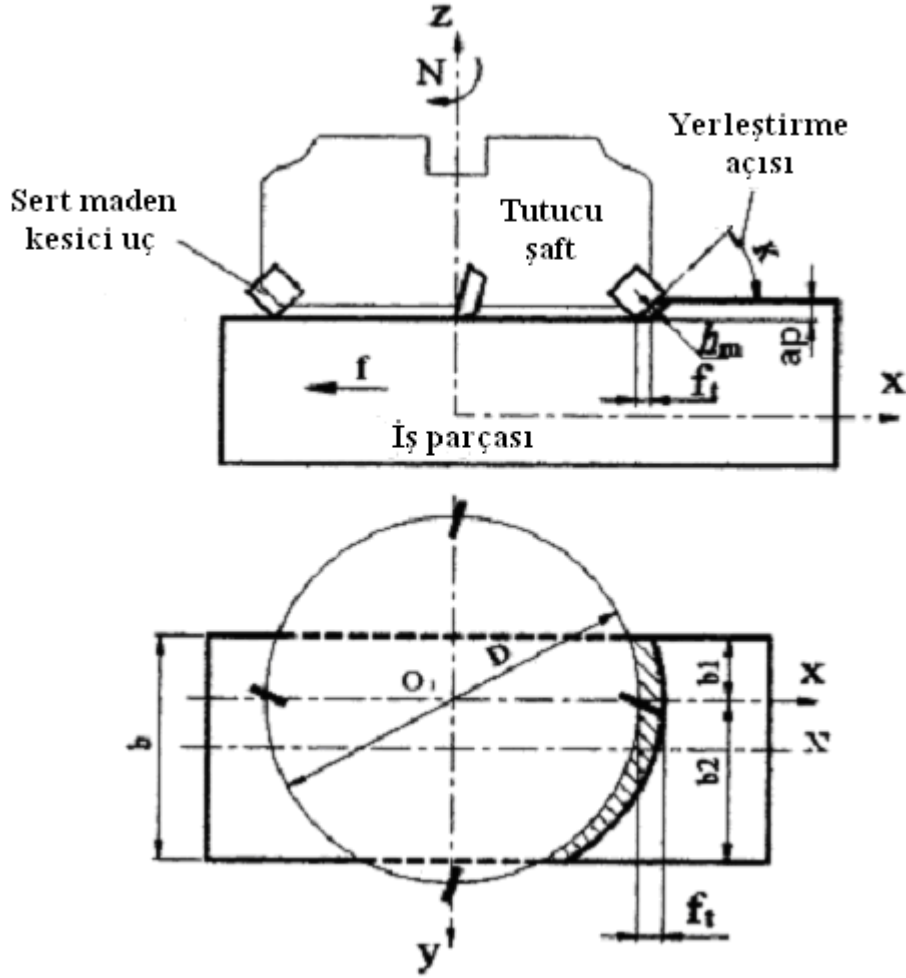
Alın frezeleme çakısı ile Şekil II.7’de görüldüğü gibi simetrik frezeleme yapılmaktadır. Simetrik frezeleme yöntemi kesici takımın dönme eksenini ile iş parçasının ilerleme yönündeki eksenini çakıştırmak suretiyle talaş kaldırma işlemidir. Yani kesici takım talaş kaldırırken iş parçasının tam ortasında hareket ettirilmelidir.



Şekil II.7. Simetrik alın frezelemenin gösterilisi

II.1.5.2. Asimetrik Frezeleme Yöntemi

Kesici takımın dönme eksenine iş parçasının ilerleme yönündeki eksenine çakışmıyor ise bu frezeleme yöntemine asimetrik frezeleme yöntemi denir. Şekil II.8'de görüldüğü gibi alın freze çakısı ile asimetrik olarak talaş kaldırılmaktadır. Simetrik ve asimetrik olarak talaş kaldırılabilmesi için, kesici takımın çapı frezelenecek iş parçasının genişliğinden daima büyük olmalıdır [18,19].

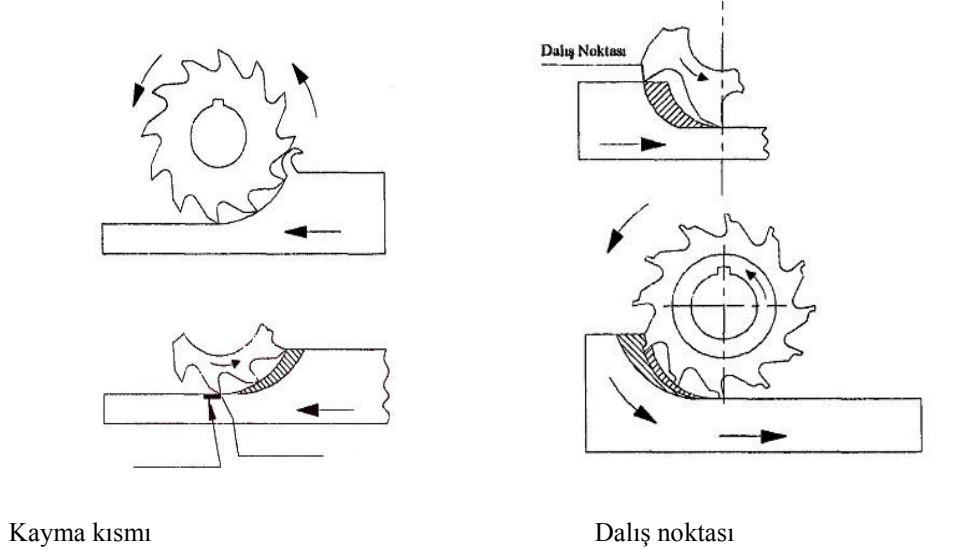


Şekil II.8. Asimetrik frezelemenin gösterilmesi

II.1.6. Zıt Yönlü ve Aynı Yönlü Frezeleme Yöntemi

Zıt yönlü frezeleme işleminde, iş parçasının ilerlemesi kesici takımın dönme yönüne karşı olduğu zaman yapılan frezeleme yöntemidir. Şekil II.7.(a)'da gösterildiği üzere karşı olarak dönmekte ve kesme işlemi aşağıdan yukarıya doğru yapılmaktadır. Bu yöntemde kesici takımın iş parçasının çıkış noktasında maksimum talaş kaldırma işlemi yapan aynı yönlü frezelemede Şekil II.7. (b)'de görüldüğü gibi, kesici takımın

iş parçasıyla temas noktasındaki kaldırdığı talaş maksimum, çıkış noktasında ise minimum olur. Çevresel frezeleme dikkate alındığında aynı yönlü frezeleme işleminde takım, iş parçası üst yüzeyine baskı uygulayarak parçayı tezgah tablasına bastırarak kendine doğru çekmeye çalışır.



Şekil II.9. (a) Zıt yönlü frezeleme şematik gösterimleri. (b) Aynı yönlü frezeleme şematik gösterimleri

Aynı ve zıt yönlü frezeleme yöntemi ile talaş kaldırma işleminin birbirine göre avantajlı ve dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Bu farklılıkları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

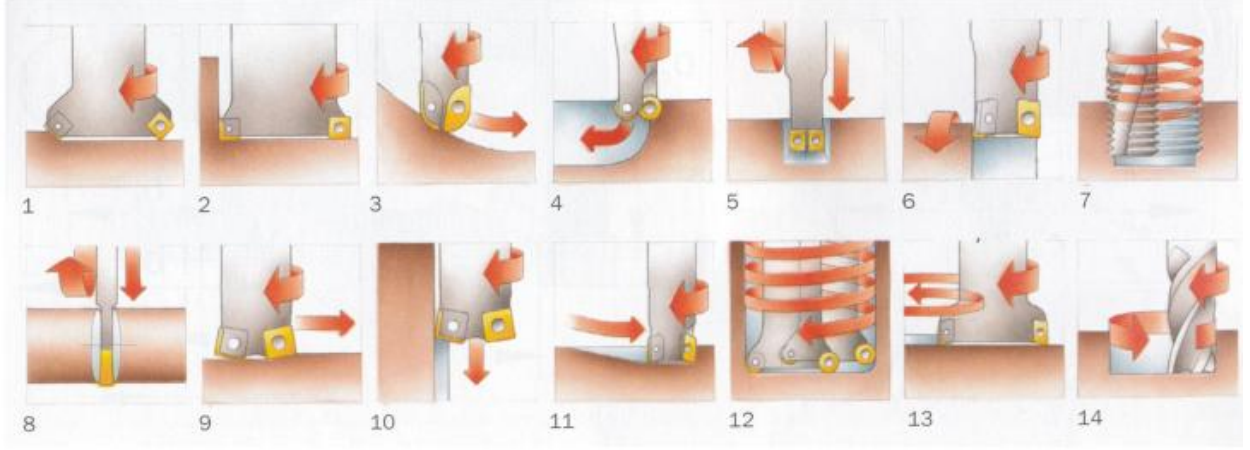
1. Zıt yönlü frezelemede kesme kuvveti ile iş parçasının karşı koyma kuvveti zıt yöndedir. Bu sebeple meydana gelen kesme kuvveti bileşkesi büyüdüğünden tezgâhın enerji sarfıyatı artmaktadır.

2. Kesme kuvvetinin başlangıçta en yüksek olması, aynı yönde frezeleme yöntemi için bir kusurdur. Parçayı tablaya bastırıyor, çalışması ise bir üstünlüktür. Bu sayede iş parçasının titreşimi azalacak ve yüzey kalitesi yükselecektir.

3. Döküm yoluyla elde edilen parçaların yüzeylerinde sert tabaka olduğundan aynı yönlü frezeleme yönteminde kesme dişi başlangıçta sert tabakaya nüfuz etmeye çalışır. Bu nedenle takım daha çabuk aşınır ve takım ömrü azalır.

4. Zıt yönlü frezeleme yönteminde diş daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak kesme ağzının ucu çok azda olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle diş ilk temasında kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma takım aşınmasına ve takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır.

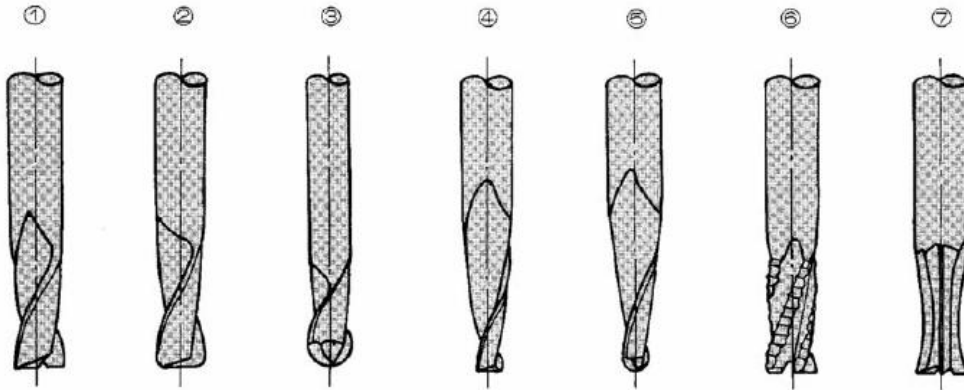
5. Zıt yönlü frezeleme yönteminde talaş kaldırma esnasında iş parçasının yüzeyinde oluşan elastik ve plastik deformasyon etkisinden dolayı işlenen iş parçasının yüzey kalitesi iyi değildir [15-17].



Şekil II.10. Frezeleme biçimleri

II.1.7. Parmak Frezeler

Frezeleme işlemlerinde çeşitli kanalların, yan duvarların ve çevrelerin işlenmesinde en çok kullanılan freze parmak freze diye isimlendirilen kesici takımıdır.



Şekil II.11. Çeşitli parmak frezeler

II.1.8. TSE 303 Standardına Göre Parmak Freze Elamanlarının Tanımı

Kesici kısım, kesme işlemini yapan ve üzerinde kesici ağızların bulunduğu kısımdır.

Sap; frezelerin tezgâha bağlanmasını yarayan, silindirik veya konik kısımdır.

Kesici ağız; frezenin kesici kısmı üzerinde meydana getirilen ve üzerinde talaş yüzeyi, kesici kenar, zırh ve serbest yüzeyin bulunduğu kısımdır.

Talaş yüzeyi; kesici ağız üzerinde talaş kanalından kesici kenara doğru olan ve işleme esnasında çıkan talaşın sürterek geçtiği yüzeydir.

Talaş kanalı; komşu iki kesici ağız özel biçimde meydana getirilen ve talaşın çıkmasını sağlayan kısımdır.

Kesici kenar; talaş yüzeyi ile serbest yüzey veya freze sırtının ara kesitidir.

Serbest yüzey; sırtı frezelenmiş frezelerde kesici kenardan boşaltılmış sırta uzanan ve talaş kaldırma esnasında sürtünmesi için belli bir açı altında boşaltılmış kısımdır.

Boşaltılmış sırt; sırtı frezelenmiş frezelerde serbest yüzey ile talaş kanalı arasında belli bir biçimde oluşturulan kısımdır.

Düşürülmüş sırt; sırtı tornalanmış frezelerde kesici kenardan geriye doğru uzanan radyal ve/veya aksiyal yönde düşürülmüş kısımdır.

Sırtı frezelenmiş freze; kesici ağızların sırtı freze ile belirli bir biçimde boşaltılmış frezedir.

Sırtı düşürülmüş freze; kesici ağızların sırtı istenilen biçimde ve belli bir açı altında geriye doğru tornalama ile düşürülmüş frezedir.

Talaş açısı; kesici ağızları dönme eksenine paralel olan frezelerde kesici kenar üzerindeki bir noktadan takım dönme eksenine indirilen dik ile talaş yüzeyi arasındaki açıdır.

Serbest açı; kesici kenardan geçen teğet düzlem ile serbest yüzey arasındaki açıdır.

Kama açısı; kesici ağızlar dönme eksenine paralel olan frezelerde talaş yüzeyi ile serbest yüzey arasındaki açıdır.

Dış çap; frezelerin kesici kenarları üzerinden geçen dairenin çapıdır.

Helis yönü; frezede kesici ağızların dönme eksenine göre sağa ve sola doğru yükselme yönüdür.

Kesme yönü; frezenin tezgâha bağlandığı sap veya malafa tarafından bakıldığındaki dönme yönüdür.

Frezeleme işleminin geometrisine ve işleme tipine göre çeşitli parmak frezeler kullanılabilir.

Tablo.1. Çeşitli parmak frezelerin özellikleri ve kullanıldıkları yerler

	Parmak Freze tipi	Parmak Freze tipi Özellikleri	Uygulama Alanları
1	Kare Parmak Freze	Dış Kesme Kenarı ile 90° Açı Yapar	I profilinde kanal frezeleme işlemlerinde
2	Radyüslü Parmak Freze	Kesici takımın dış kesme kenarı ve kesilen kenarlar arasında bir radius bulunur.	Genel kalıp işlemleri ve model uygulamalarında
3	Küresel Parmak Freze	Kesici kenarlar küresel forma sahiptir	Kalıp matris kopyalama işlemleri, vs.
4	Konik Parmak Freze	Yan kesici kenarlar belirli bir açıda koniktir.	Kalıp erkek yüzeylerinde
5	Konik Küresel Parmak Freze	Kesici kenarlar küresel forma sahiptir Yan kesici kenarlar belirli bir açıda koniktir.	Kalıp matris kopyalama işlemleri, vs.
6	Kaba Talaş Parmak Freze	Yan kesici kenarlarda çentikli dişler bulunur.	Kaba talaş işlemlerinde
7	Özel Formlu Parmak Freze	Yan kesici kenarlar özel bir forma sahiptir	Özel kenar profilleri için

II.1.9. Frezeleme İşlemi İçin Parmak Frezenin Seçim Kriterleri

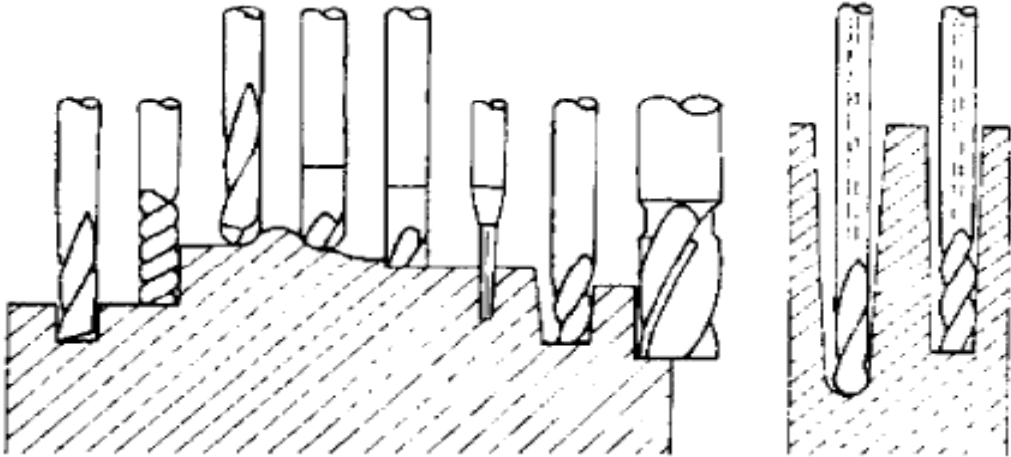
Bir frezeleme işleminde en önemli temel parametreler kesicinin devir sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir. İş parçasının cinsi, geometrisi ve yüzey kalitesi v.b. faktörler bu temel parametrelerin değerlerine etki etmektedir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve malzeme hakkında çok açık bilginin olmaması durumunda güvenlik açısından düşük kesme derinliği ve ilerleme hızı seçilmelidir. Bir parmak frezenin çalışma aralığı çap ve talaş derinliği kapasiteyle tanımlanır. Bazı takımların kapasitesine işlemin tipide etkide bulunur. Bir kenarın veya 90^0 'lık bir faturanın işlenmesi genellikle iki yüzeyin oluşturulmasını gerektiren, kenar işleme olarak da bilinen, kenar frezelemedir. Bu işlemde takımın sehimi bir sınırlayıcı rolü oynayabilir. Bir kanal veya faturanın işlenmesi genellikle tam kanal açma olarak adlandırılır ve üç yüzeyin işlenmesini gerektirir. Kanalin her iki ucu açık olabileceği gibi bir ucu kapalıda olabilir. Parmak frezenin kesme kavrama açısı 180^0 'dir. Dolayısıyla freze, çevresinin yaklaşık yarısına kadar kesmeye katılmıştır. Bu ise kanal yan yüzeylerinin takımı sehime karşı desteklemesi demektir. Tam kanal açma işlemlerinde sınırlayıcı faktör genellikle talaşın naklidir. Yüksen talaş debisine sahip modern parmak frezeler çok etkili takımlardır, ancak kesici kenarın kırılmasına yol açabilecek talaş yığılmasının önlenmesi de şarttır. Sıkıştırılmış hava ile basınçlı soğutma sıvısının kanaldaki kesme bölgesine sevk edilmesi talaşların çabuk bir şekilde bölgeden uzaklaştırılması açısından son derece gereklidir.

Parmak frezeler aksel yönde hareket edecek şekilde tasarlanmış bir takımdır. Bu doğal olarak parmak frezeyi, özellikle yüksek işleme hızlarında, kesme kuvvetlerinin etkilerine karşı oldukça hassas bir duruma getirmektedir. Bu nedenle parmak frezeleme işleminde çok rijit bir takım tutucu sistemine gereksinim vardır. Aksi takdirde parmak frezeleme işleminde, büyük efektif takım uzunlukları nedeniyle, sehim ve titreşim kaçınılmazdır. Parmak frezelerin çeşitli saplı tipleri mevcuttur ve bunların bazıları değerlerinden daha iyidir. Pens adaptörleri ve modüler takım tutucular genellikle sapı çok rijit bir şekilde tespit edilmesi sayesinde mükemmel bir rijitlik sağlar.

Titreşimin fazla olması neticesinde parmak freze şekil değişimine uğrayarak yüzey kalitesinin kötü olmasına sebebiyet verir. Bir parmak frezeleme işlemindeki kesme kuvvetleri işlem sonucuna fazlası ile etkide bulunurlar [20].

Radyal, aksenal ve teğetsel kuvvetler parmak frezeyi eğilmeye ve çekmeye zorlar. Gerçekleştirilmek istenilen işlem ile ilişkili olarak frezeleme yönü ve herhangi bir eğim veya helis açısı da dikkate alınmalıdır. Kullanıldıkları yerlere göre parmak frezeleri şöyle adlandırılırlar;

1. Spiral parmak freze
2. Çok helisli parmak freze
3. Küresel parmak freze
4. Seramik küresel parmak freze
5. seramik parmak freze
6. Konik parmak freze
7. Lehimli parmak freze
8. Düz grafit parmak freze
9. küresel grafit parmak freze



Şekil II.12. Kullanıldıkları yerlere göre parmak frezeler

II.2. KALIPÇILIK, KALIP TAMİRİ VE KAYNAKLI TAMİR

II.2.1. Kalıpçılık ile İlgili Tanımlar ve Kalıp Çeşitleri

Kalıp ve Kalıpçı genel olarak şu şekilde tanımlanabilir. Özdeş parçaları istenilen ölçü tamlığı sınırları içerisinde ve en kısa zamanda üreten, malzeme sarfiyatı ve insan gücünün asgari düzeyde tutulmasına yardımcı olan ve takım tezgâhları ile çalışabilen aygıta kalıp denir. Bu aygıtın tasarımını hazırlayan, yapımını gerçekleştiren ve çalıştırabilen kişiye de kalıpçı denir. Bu açıklamalardan sonra kalıpçılık mesleği genel olarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir. Seri üretimi gerçekleştirilecek herhangi bir kalıbın tasarımına, yapımına ve çalıştırılmasına olanak sağlayan, uygulamalı eğitim ve öğretim yöntemlerini bir bütün olarak kabul eden meslek dalına kalıpçılık mesleği denir.

Kalıpçılık mesleğini konu edinenler, en azından basit matematik ve tasarı geometri kavramlarını, makine teknik resim çizimini ve okunuşunu, markacılık ve ölçme bilgisini, bütün takım tezgâhlarının kullanımını, ısı ve sertlik ölçme işlemlerinin yapılışını, ayrıca makine elemanlarının montajını gerektiren bilgileri almak zorundadır. Bu bilgileri alan ve pratik uygulamaları iyi değerlendirebilen bir kalıpçı, aşağıdaki konularda bilgi ve beceri sahibi kişidir.

1. İyi bir kalıp tasarımcısı olarak göze çarpar.
2. Makine teknik resmini çizme ve okuma yeteneğine sahiptir.
3. Kalıp konstrüksiyonu hazırlamakta uzmandır.
4. Komple kalıbı oluşturan elemanların hangi takım tezgahında ve nasıl işlenebileceğini organize etmede uzmandır.
5. Komple kalıbı meydana getiren malzemeleri en iyi şekilde seçebilen uzmandır.
6. Kalıp elemanlarının ısıl işlemlerini ve sertlik ölçme tezgahını kullanarak, parçaların sertlik değerlerini denetleyen kontrolördür.
7. Kalıbı oluşturan elemanların montajını yapandır.
8. Kalıplanacak parçanın malzemesini hazırlayan, yapımı bitmiş olan kalıbı imalat tezgâhına emniyetle bağlayan ve doğabilecek kazaları tasarlayarak giderici tedbirleri alabilen kişiler, kendilerini bu mesleğe adanmış kişilerdir.

Gelişmekte olan teknoloji çağında, kalıpcılığın kolayca açıklanamayacağı bir gerçektir. Çünkü kalıpcılık, günlük hayatımıza girmiş pek çok parçaların üretimini gerçekleştiren önemli sektörlerden biridir. Günlük hayatımıza giren bu parçaların üretiminde; zaman, kalite ve ölçü tamlığı, malzeme tasarrufu ve özdeşlik sağlayan, ayrıca işçilik giderlerini asgari düzeye indiren kalıpcılıktır. Kalıpları öncelikle işçiliklerine ve kalitelerine göre sınıflandırmak gerekmektedir.

Bunlar kısaca A tipi, B tipi ve C tipi kalıplar olarak tanımlanabilir. Kalıpların hangi tipinin nasıl bir karakteristik özellik çizdiğini anlayabilmek için kısaca bu türlerin tanımlanması gerekmektedir.

A Tipi Kalıp; Ardışık (Progresif) veya transfer kalıbı tipinde, otomatik transfer sistemine sahip, açık veya kapalı (iklimlendirilmiş, havalı soğutmalı) transfer sistemli ve yüksek hassasiyetteki kalıplardır. Genelde, operasyonları bir baskıda tamamlanamayan çok hassas parçaları imal etmektedirler.

B Tipi Kalıp; Genelde baskıda biçimlendirilen; nispeten büyük boyutlu ve hassasiyetleri biraz daha düşük olan sac parçalarının imalatında kullanılan kalıplardır. Üzerlerinde, kamlı, maçalı, hidrolik ve pinomatik tahrik sistemleri yer alabilmektedir. Kalıp ve makinenin bütünlük arz ettiği (aküple) ‘seri işlem makineleri’ de bu gruba dahil edilebilir.

C ve D Tipi Kalıplar; İmalat sayısı 100.000’in altında olan, nispeten kaba toleranslı, döküm gövdeli ve kilo ile satılabilen düşük kalıplardır. Esas amacı birbirinden farklı olmayan, ancak çalışma sistemi ve ürettikleri parçalar bakımından farklılıklar gösteren kalıpcılığı aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür;

1. Metal Kalıpları
 - a. Sinterleme Kalıpları,
 - b. Presle Şekil Verme,
 - c. Enjeksiyon Kalıpları,
 - d. Kokil Kalıpları,
 - e. Ekstrüzyon Kalıpları,
 - g. Haddeler,

2. Plastik ve Kauçuk Kalıpları

- a. Enjeksiyon Kalıpları,
- b. Ekstrüzyon Kalıpları,
- c. Şişirme Kalıpları,
- d. Vakum kalıpları,
- e. Pişirme Kalıpları

3. Cam Kalıpları

II.2.2. Kalıpcılık Alanları

Türkiye, Kalıpcılık Sektörü'nde birçok firma çeşitli alanlarda faaliyetlerini devam ettirmektedir. Bu çeşitlilik, her alan için tamamen farklı bir uzmanlık konusu yaratmaktadır. Bu sebeple, kalıpcılık alanlarını tam manasıyla kavrayabilmek için bu uzmanlık alanlarını derinlemesine incelemek gerekmektedir.

II.2.2.1. Metal Kalıpları

Türk Kalıpcılık Sektörü'nde gerek yurtiçi, gerekse yurtdışı piyasada katma değeri yüksek olan sac metal kalıpları özellikle ithalatımızda yoğun olarak talep edilmektedir. Bu noktada yüksek talep gören sac metal kalıplarının çeşitliliğini vurgulamak faydalı olmaktadır.

a. Sinterleme Kalıpları

Sinterleme, toz halindeki malzemenin erime sıcaklığı altındaki bir sıcaklığa belli bir süre maruz bırakılarak tozların birbirlerine değdikleri noktalardan başlayarak kaynaşmasına denir. Moleküler çekim kuvvetleriyle parçacık kabuğunda oluşan yüzey geriliminin, sıcaklıkla azaltılıp birbirine kaynaşması, bu yönüyle eriterek kaynaşmadan çok farklılık gösterir. Bu safhaların tamamlanması da Sinterleme yolu ile kalıbın oluşmasına olanak sağlamaktadır.

b. Presle Şekil Verme

Presle şekil verme, metal kalıplar için ihtiyaçlara uygun olarak edinilmiş pres makineleriyle şekillendirme sürecidir. Presle yapılan ürünler, demirli metallerin özelliklerine sahiptir. Çelikten ve karışımlardan yapılabilirler; basit şekilde hızlıca

üretilebilirler. Presleme sürecinde yapılabilecek işlemlerden bazıları; kesme ve dilimleme işleri, açık kesme ve parsiyel kesme, sıkıştırarak delme ve hassas delme, çapak alma, delik açma ve zımbalama, kırpma, tıraşlama ve kalibre etme, yüzey düzleştirme ve ütüleme, bükme, görünüş, döküm, kenar kıvrıma, açık kalıpta dövme ve kapalı kalıpta dövme, serbest ekstrüzyon, geriye, ters ekstrüzyon veya kalıpta ekstrüzyon, gerdirerek şekil verme.

c. Enjeksiyon Kalıpları (MIM, Metal Injection Moulding)

Metal Enjeksiyon Kalıplama ya da diğer adıyla MIM teknolojisi özellikle son 15-20 yıl içerisinde alternatif bir imalat metodu olarak kendini göstermeye başlamıştır. Göreceli olarak küçük, hassas ve karmaşık şekilli parçaların ekonomik biçimde üretilmesine imkân tanıyan MIM teknolojisi bugün itibariyle dünyada 1 milyar \$ tutarında iş hacmine ulaşmıştır. El aletleri endüstrisi, optik, tıp ve medikal endüstri, ateşli silahlar endüstrisi, havacılık endüstrisi, elektronik ve otomotiv endüstrisi günümüzün kitlesel imalat sektörlerine hizmet vererek sürekli gelişme gösteren MIM endüstrisinin, 2010 yılı itibariyle 2 milyar \$'a varan bir Pazar büyüklüğüne erişeceği tahmin edilmektedir. MIM teknolojisi, aslında önceden bilinen toz metalürjisi ve plastik enjeksiyon teknolojilerinin bir arada kombine edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Ancak MIM'in bir üretim metodu olarak uyarlanması ve ticari olarak kullanılmaya başlanması 1990'lara dayanmaktadır. Böylece nispeten karışık şekillere sahip parçalar kolayca ve milyonlarca üretilebilmektedir.

d. Kokil Kalıpları

Madenin döküleceği kalıpları hazırlamak amacı güden kalıplama işleminde kokil kalıplar döküm kumundan veya madenden oluşmaktadır. Kokil döküm metalden yapılan kokil kalıpta veya külçe kalıbında uygulanır. Kokil kalıba döküm genellikle dökme demir veya çelikten imal edilmiş ve birden fazla kullanılabilen kalıplar için kullanılır. Parçanın boşluk kısımlarını şekillendirmek için metal maçalar kullanılabilir. Kullanılabileceği gibi, kabuk maçaların da kullanımı mümkündür. Döküm işlemi yerçekimi kuvvetinden yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Kokil kalıbı seri halde alüminyum, magnezyum, çinko ve bakır alaşımların dökümüne uygundur.

e. Ekstrüzyon Kalıpları

Ekstrüzyon kalıbı zor koşullar altında çalışan bir nesnedir. İçinden geçen metal sanıldığı gibi sıvı değildir. Metal, ancak ideal 7-8 ton/cm²'lik basınçlar altında kalıp içinden adeta yırtılarak, zorla akar, bunun yanında sıcaklık ideal olarak 460-470 °C derecedir. (500⁰C ye çıkar). Üretim sırasında basınç da zaman zaman fazlası ile aşılır. Bu koşullar altında çalışan ekstrüzyon kalıbı sıcak aşınma, çökme, kırılma, ısıl yorulma gibi nedenlerden dolayı, çekilen profilin gramajı artar ve siparişin bitimine kadar kalıbın değiştirilmesi gerekebilir. İşte bu nedenlerle alüminyum ekstrüzyon kalıpları, ekstrüzyon fabrikalarında adeta bir sarf malzemesi gibidir, çok tüketilir.

Kalıplarda tasarım ve üretiminde kullanılan düşük seviyedeki otomasyonla kombine olarak, kalıplardaki sonuç, değişken tasarım kalitelerinde ve ekinde, imalatta reproduksiyon özelliği (yeniden 'aynen' imal edilebilirliği) zayıflığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu düşük imalat reproduksiyon özelliği, istenilen görüntünün çekilebilmesi için, iyi tasarlanmış kalıpların bile niçin hala test ve ölçümleme gerektirdiğinin cevabının ta kendisidir. Bu engellerin ortadan kalkması için daha çok bilimsel yaklaşımlı çalışma yapılmalıdır. Bunu pratiğe geçirmek için, yeni kalıp tasarım destek sistemlerinin, son yıllarda çok geliştirilmiş 3 boyutlu CAD-CAM ve FEA (Finite Element Anaysis) modelleme programlarının yardımı ile araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

g. Haddeleme

Malzemeleri eksenleri etrafında aynı hızla ve birbirine zıt yönde dönen iki merdane arasına geçirerek yapılan şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme iki şekilde gerçekleştirilmektedir.

1. Sıcak Haddeleme

2. Soğuk Haddeleme

II.2.2.2. Plastik ve Kauçuk Kalıpları

Plastik ve kauçuk kalıpları sac metal kalıplarına oranla daha az katma değer yaratsa da Türkiye'nin ihracatında önemli bir yere sahip olduğundan çeşitliliğinin vurgulanması gerekmektedir.

a. Enjeksiyon Kalıpları

Enjeksiyon kalıbı, erimiş sıcak plastik malzemenin basınçla enjekte edildiği ve burada soğuduğu bir kalıp sistemidir. Enjeksiyon kalıbının görevleri arasında ergimiş plastiğe şekil vermek, kalıplanan sıcak malzemenin rijit ve katı hale gelene kadar soğumasını sağlamak, iyi bir katılma meydana geldikten sonra, iki (veya daha fazla) bölüme ayrılarak, parçayı kalıp dışına itmektir. Parça kalitesi tamamen kalıp tasarımına, üretimine ve kalıpcının işçilik kalitesine bağlıdır. Kalıbın büyüklüğü ve enjeksiyon makinesi kapasitesi arttıkça ortaya çıkan maliyetler de artmaktadır. Örnek vermek gerekirse çöp kovası ve kapağı üretiminde kullanılan kalıbın maliyeti 25.000 \$'a kadar çıkabilmektedir. Bu maliyetler dışında orijinal tasarım fikri, pazar araştırması, parçanın prototipleri, geliştirme, pazarlama gibi konular ikincil maliyetlerdir.

b. Ekstrüzyon Kalıpları

Ekstrüzyon kalıplarının üretimi sürecinde öncelikle üretim planlaması ile birlikte kalıp tasarım çizimleri yapılır. Üretim resmine göre sertifikalandırılmış çelikler testere kesilir. Tornalama işlemi yapılır. CNC işleme merkezlerinde havuzlar boşaltılır, pim delikleri delinir, zıvanalar şekillendirilir. Kalıbı oluşturan tüm parçalar ilgili işleme merkezlerinde ve tezgâhlarda talaşlı şekillendirildikten sonra montajı yapılır. Kalıp kalite kontrolden geçirilir ve ısıtma işlemine gönderilir. Tüm tel erozyon keşiş ve tüm finish (porthole) işlemleri ısıtma işleminden sonra yapılır. Kalıp ve Ürün Tasarımlar üç boyutlu (3D) CAD programlarıyla yapılmakta ve CNC işlemleri 5 eksenli CAM programları üzerinden yapılmaktadır. Son kalite kontrol onayından geçen kalıp müşteriye teslim için hazırdır. Kusursuz numune alındıktan sonra, nitratlama (tenifer işlemi) uygulanır. Alüminyum profillerin ekstrüzyon yöntemi ile üretimi için 3 esas gereklidir.

1. Kütük (billet, biyet)
2. Ekstrüzyon presi,
3. Ekstrüzyon kalıbı.

c. Şişirme Kalıpları

Şişirme kalıp sistemleri, hızlı bir üretim sürecine sahip, hafif taşıma giderleri az, temiz yüzeyler ve monolitik bağlantılar elde edebilen sistemlerdir. Şişirme kalıplara örnek olarak; bidon, pet şişe vb. mamuller gösterilebilir.

d. Vakum Kalıpları

Elektronik olarak da kontrol edilebilir olanağı sağlayan Vakum kalıplama sistemleri pahalı çelik kalıplara ihtiyaç duyulmaksızın plastik prototipler üretebilmek için

kullanılırlar. Vakum kalıplama sistemlerinde kullanılan reçineler plastik, kauçuk ya da cam gibi hemen hemen bütün malzemeleri taklit etmeye müsaittirler. Vakum döküm işleminin esasını; ABS, naylon ve kauçuk parçaların üretimini simüle eden poliüretan parçalar oluşturmaktadır.

e. Pişirme Kalıpları

Pişirme, tozların yüksek sıcaklıklara maruz bırakılarak bir araya gelip bağ kurmaları sürecidir. Mikro yapısal temelde, bu birleşme uygun boyun şekilleriyle (kaynak bağları) parçacıklar arasındaki temas noktalarında oluşur. Boyun büyümesine neden olan olaylar genellikle, difüzyon işlemleri olan birkaç olası transfer mekanizmalarına bağlıdır. Difüzyon ısı ile aktifleştirilir. Pişirmenin temel sebebi; sertlik, mukavemet, yorulma ömrü, elektrik iletkenliği, ısıl genleşme, manyetik doyumluk veya korozyon direnci gibi parça özelliklerini iyileştirmektir. Bu özelliklerden her birinin pişirme derecesine duyarlılığı oldukça farklı olabilir. Ama genellikle yoğunlaşma derecesi ile artarlar.

II.2.2.3. Cam Kalıpları

Önceden tasarlanmış cam mamulün modeline göre belirlenmiş üretim tekniği doğrultusunda, ergimiş haldeki sıcak cam hamuruna bir takım aletler ve makineler yardımıyla veya elde şekil vererek cam eşya meydana getirilmesi sürecidir.

Süreçler;

1. Cam hammaddelerinin, istenilen ölçüde karışımını yaparak 1475 derecelik cam eritme fırınlarına verilmesini sağlar.
2. Cam üfleme borusunun ucuna şekillendirilecek eşyaya yetecek kadar cam fırından aldığı bir top cam madenini üfleyerek, çekerek veya direk otomatik veya otomatik olmayan araçlar yardımıyla şekil verir.
3. Modele göre hazırlanmış metal cam kalıplarına veya diğer otomatik kalıp tezgâhlarına camı yerleştirerek bir müddet bekler ve kalıpları fırına vererek camın kalıbın şeklini almasını sağlar.
4. Kalıplardan çıkardığı cam mamulü, ısının kademe kademe düştüğü soğutma fırınlarına bırakır.
5. Soğuması gerçekleşen cam mamulü, zımparalayarak otomatik taşlama makinesine bırakarak pürüzlü yüzeylerin düzeltilmesini sağlar.

II.2.3. Kalıplarda Karşılaşılabilecek Hasarlar ve Çözüm Örnekleri

II.2.3.1. Kalıplarda Görülen Hatalar Ve Tashihi

Kalıp tasarımı dövme prosesi için önemli bir parametredir. kalıp, dizayn aşamasında iken dövme öncesi ön şekillendirme işlemleri uygun hesap ve programlarla belirlenmelidir. Aksi takdirde kalıp imalata verildiğinde üretilen malzemede çeşitli kusurlar meydana gelir. Dövme yolu ile üretilen parçalar kullanıldığı yer açısından önem arz ettiği için hayati değer taşır. İmalat esnasında basma kuvveti sıcaklığın etkisiyle kalıpta çeşitli deformasyonlardan sebep hatalar oluşur. Bunlar liflenme, çökme, yazı bozukluğu, küçük granür parçaların kopması (tırnak diye tabir edilir.), pimlerin kopması, geçme kalıplarda plakanın kayması veya ezilmesi, tutucu bombeleşmesi, itici şişmesi, geçme kalıplarda kalıpların kaçık geçirilmesi, tutuculardaki aşınması(burç yuvaları), merkezleme hatası, koç-kırlangıç uyuşmazlığı, çapak kesme itici uyuşmazlığı olarak sayılabilir.



Şekil II.13. Ezme kalıbının aşırı yük ve sıcaklığa maruz kalması sonucunda oluşan çatlak.

II.2.3.2. Kalıpların Bakım ve Onarım Kaynağı

Hızla gelişen kalıp sektörü, üretim süreçlerine en fazla katkı sağlayan sektörlerden biridir. Kalıp üretimi ve tamiratıyla uğraşan firmaların en büyük sıkıntısı, hatalı işlem yapılan veya üretim esnasında hasar gören kalıpların tamiratıdır. Şekillendirme, delme, kesme veya metal döküm kalıpları her kullanımda büyük bir zorlamaya tabi

olmaktadır. Bu zorlanmaların etkisiyle kalıpların yüzeylerinde aşınma ve çatlama gibi hasarlar ortaya çıkmakta ve ürün toleransları bu aşınma veya hasardan dolayı değişmektedir. Bu noktada kalıpların kaynaklı tamiri son derece önemli bir rol oynamaktadır. Kalıp tamirinde kaynağın kaliteli olması yeterli bir kriter değildir, aynı zamanda kaynak boyutunun kontrol edilebilir olması gereklidir. Çeliğin kaynaklanabilirliği, karbon eşdeğerine bağlı olup, basitçe %0,2'den daha fazla C içeren çeliklerin kaynaklanabilirliği zayıftır denebilir. Kalıp üretiminde kullanılan takım çelikleri ise neredeyse her zaman %0,2'den fazla karbon ihtiva ederler ve dolayısıyla kaynaklanabilirlikleri oldukça düşüktür ve kaynak işlemleri oldukça zordur. Takım çeliklerinin karbonun yanı sıra içerdikleri diğer alaşım elementleri, çeliğin sertleşebilirliğini arttırmakta ve kaynak sırasında ısınan bölgeler yumuşarken, soğuma evresinde de belli bölgeler sertleşmektedir. Böylece kaynaklı bir parçada yumuşaktan serte doğru bir sertlik değişimi görülür. Bu gerilmeli, durum çoğu zaman parçaların çatlamasına yol açar. Ancak son yıllarda hem kaynak yöntemlerindeki ve elektronlardaki/tellerdeki gelişmeler hem de takım çeliklerinin tasarımı aşamasında kaynaklanabilirliği yüksek çeliklerin düşünülmesi ve ona göre hareket edilmesi bu zorluğu önemli ölçüde azaltmıştır. Günümüzde kalıplar üzerinde kaynak kullanımı giderek yaygınlaşan ve sonuçları itibarıyla da olumlu gelişmeler içeren bir uygulamadır. Kalıplarda kaynak uygulamalarına şu nedenlerden dolayı ihtiyaç duyulabilir:

1. Tasarımda değişiklik talepleri,
2. Çatlayan ya da aşınan kalıpların onarımı,
3. Dökülen ya da aşınan kenarların yenilenmesi,
4. Kesici kenarların ya da boşluk yüzeylerinin sert dolgu ile doldurulması,
5. Kalıpların işlenmesinde meydana gelen hataların düzeltilmesi.

Literatüre baktığımızda, kalıplarda karşılaşılan sorunların giderilmesinde TIG kaynak yönteminin sıklıkla tercih edildiğini görmekteyiz. Çok dar ve karmaşık geometrilerin, çok az miktarlarda malzemeyle, sıçrama olmadan ve dar bir ITAB bölgesi oluşumuyla tamir edilebilmesi TIG kaynağının tercih edilmesinde etkili olmaktadır.

Bir kalıbın tamirinde kullanılan dolgu metalinin özellikleri, ana metalin özellikleriyle (kimyasal bileşim ve mekanik özellikler) uyumlu olmak durumundadır. Aksi takdirde kaynaktan sonra uygulanan yüzey bitirme işlemlerinde (zımparalama, parlatma) kaynaklı bölge ile ana malzemenin farklı miktarlarda aşınmasına bağlı olarak yüzeyde pürüzlülük farklılıkları oluşacaktır. Bu durum yüzey hassasiyeti son derece önemli

olan kalıplarda sorun teşkil edecektir. Preciado ve Bohorquez'in yaptığı bir çalışmada P20 enjeksiyon kalıp malzemesinden hazırlanmış numunelere, ana metalden farklı özelliklere sahip bir dolgu metali kullanılarak, değişik ısı girdileriyle TIG dolgu kaynağı uygulanmış ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Aynı işlem, yine kalıp malzemesi olan VP50IM malzemesine de birisi ana metalle benzer özellikte, diğeri ise ana metalden farklı özelliklerde olan iki ayrı dolgu malzemesi kullanarak uygulanmıştır. Sonuçta ise yüzey pürüzlülüğünün ısı girdisiyle çok belirgin bir değişim göstermediği saptanmıştır.

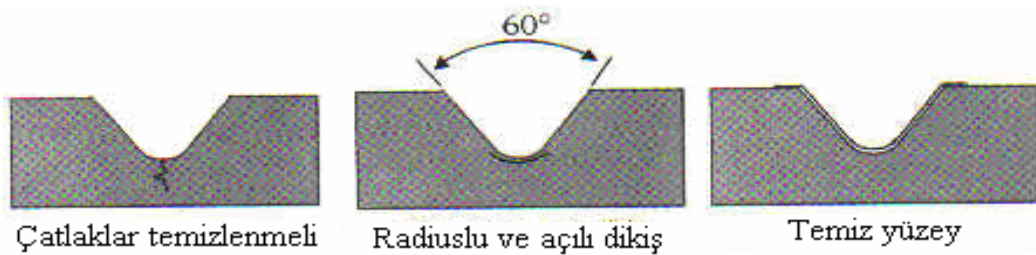
II.2.3.3. Kalıpların Tamir Sürecinde Uygulanması Gereken İşlemler

a. Kaynak Elektrodunun Seçilmesi

Kaynak yapılacak kalıp çeliğinin bileşimine ve daha önce görmüş ise ısıl işlemine uygun bir kaynak elektrodunun seçilmesi çok önemlidir. Bu seçim için takım çeliği üreticilerinin önerileri dikkate alınarak, kaynağı uygulayan operatörlerin deneyimleri çerçevesinde seçim yapılmalıdır.

b. Kaynak Öncesi Hazırlıklar

Kaynak edilmesi tasarlanan bölgenin etrafı, kalıp yüzeyi ve birleşme yüzeyinin tamamı temizlenmeli, kaynak dikişi hasarsız bölgeye ulaşınca kadar inmelidir. Kaynak dikiş dibi yuvarlaklaştırılmalı ve birleşme yüzeyinin bir kenarı dikeyle en az 30° açı yapacak şekilde olmalıdır. Kaynak işlemine başlamadan önce taşlanmış bölgeler, bütün hataları giderildiğinden emin olmak için sıvı penetran testiyle kontrol edilmelidir.



Şekil II.14. Kaynak öncesi hazırlıklar.

Kaynak öncesi kalıbın tümü ön ısıtma işlemine tabi tutulmalıdır. Kaynak eğer soğuk durumdaki bir takımla yapılırsa, kaynak dolgusu ve kalıptaki ısı etkileşim bölgesi çok hızlı soğuyacaktır. Martensite dönüşüm ve katılaşma sırasında oluşan gerilmeler, ısı etkileşim bölgesinde ya da dolguda çatlaklara yol açabilir. Bu yüzden sertleştirilebilir

bir çelik için ön ısıtma sıcaklığı martensite dönüşüm başlangıç sıcaklığından (Ms) 50-100 °C fazla olmalıdır.



Şekil II.15. Dolgu kaynağında ITAB'ın şematik gösterimi.

Sertleştirilmiş ve menevişlenmiş bir çelik için normalde ön ısıtma sıcaklığı sertlik kaybına uğramamak için menevişlenme sıcaklığından daha fazla olmamalıdır. Bazı durumlarda, takım eğer düşük sıcaklıkta menevişlenmiş ise takımın sertliğini düşürmeden, martensit dönüşüm başlangıç sıcaklığının (Ms) üzerindeki bir sıcaklıkta ısıtma yapmak mümkün değildir. Bu yüzden sertlikteki az bir miktar azalma kabul edilmek zorundadır. Ön ısıtmanın, kalıbın üzeri iyi yalıtılmak koşuluyla, sıcak yüzey üzerinde yapılması en uygun yöntemdir. Böylece sıcaklık kaynak sırasında da sabit tutulabilir. Alevle bölgesel ön ısıtma tavsiye edilmez çünkü bu kalıbın bozulmasına ya da daha kötüsü, çatlaklara neden olabilir.

a. Kaynağın Uygulanması

Tabana atılan ilk tabaka pasolar küçük çaplı elektrotla ve düşük ısı girdisi ile kalıp metalini çok fazla etkilemeden yapılmalıdır. Bu işlemden sonra, geriye kalan aşamalar daha büyük çaplı elektrotla ve daha büyük ısı girdisi ile yapılabilir. Son aşamada kalıp yüzeyini geçecek şekilde bir katman oluşturulmalıdır. Küçük çaplı kaynaklar bile en az iki tabakalı olmalıdır.



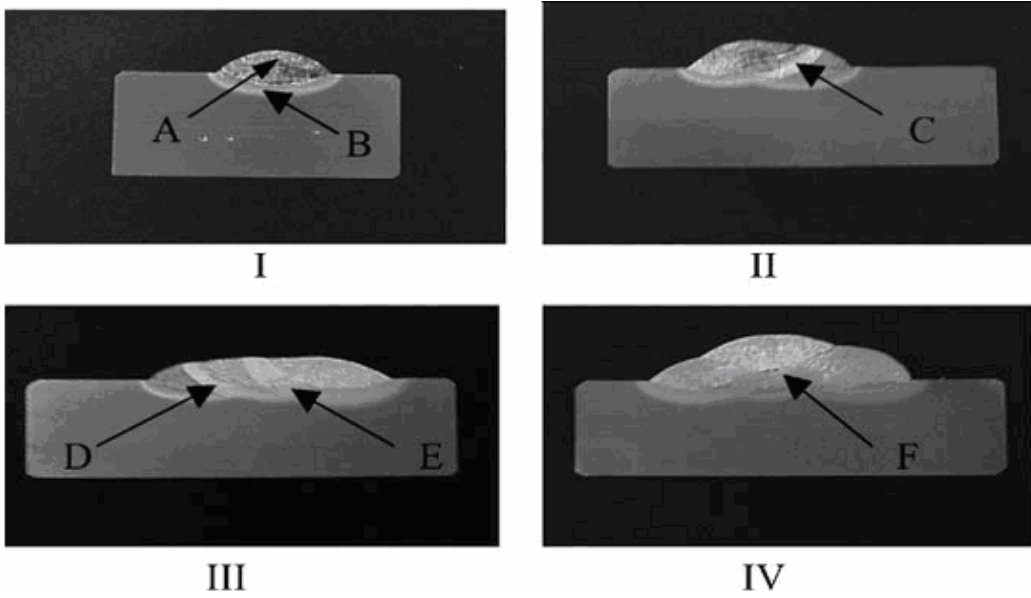
Şekil II.16. Dolgu kaynağının uygulanmasında dikkat edilecek noktalar.

Büyük hasarların tamirinde, büyük kaynak dikişlerinin dibini yumuşak, kalanını ise sert dolgu malzemesi ile doldurmak, kaynak sonrasında gerilmeleri azaltacağı için tercih edilmelidir. Geniş yüzeylerin ya da uzun kaynak dikişlerinin kaynağında olabildiğince ince ve kısa pasolarla çalışmak uygun olup, çaprazlama yöntemiyle dikişler yüzeye tatbik edilerek, olabildiğince homojen bir sıcaklık dağılımı yaratılmalıdır.

b. Kaynak Sonrası İşlemler

Kaynak işlemi, kalıbı ısı etkisi altında bırakan bir işlemdir ve kalıbın farklı bölgeleri bu ısıya farklı şiddetlerde maruz kalmaktadır. Bu da kaynak öncesi ister sertleştirilmiş, ister yumuşak tavlı olsun, kalıbın mikro yapısında değişikliklere neden olacaktır. Kaynak sonrasında yapılacak bir ısıl işlem ile kalıp çeliğinin eski mikro yapısal özelliklerinin geri kazanılması gerekmektedir. Sertleştirilmiş bir kalıpta bu işlem bir menevişleme olup, son meneviş sıcaklığının 15-20 °C altında yapılmalıdır. Eğer kaynak öncesi kalıp sertleştirilmemiş ise uygun bir sıcaklık ve süre tespiti ile kalıba yumuşak tavlama ısıl işlemi uygulanmalıdır. Tamir kaynağında, kaynak işleminden sonra yapıda oluşan gerilmeler kalıbın ömrü için tehdit oluşturmaktadırlar. Bu artık gerilmelerin kaynak sonrası uygulanacak gerilme giderme tavlamalarıyla uygun bir şekilde giderilmesi gerekmektedir. Bu uygulamalar çoğu zaman atölye şartlarında rahatlıkla yapılabilir. Fakat özellikle büyük kalıpların tamirinden sonra bu tür işlemlerin uygulanması hem çok zor olabilir hem de oldukça maliyetli ve zaman

alıcısıdır. Artık gerilmeler genellikle, kaynak sırasında yoğun bir ısı etkisi altında kalan malzemenin eski, gerilmemiş haline geri dönememesinden kaynaklanır. Kaynak işlemi esnasında lokal olarak ısınan parçada, soğuma sırasında distorsiyonların oluşumuna neden olan bir takım çekmeler meydana gelir. Bu distorsiyonlar, boyuna, enine, açısallık veya bunların kombinasyonu şeklinde olabilir. Oluşabilecek bu tür distorsiyonların en aza indirilmesi ve kaynak sonrası uygulanacak gerilme giderme tavlama işlemine alternatif oluşturması bakımından, “pasolar arası sıcak tutma yöntemi” önerilmektedir. Bu yöntemde tamir edilecek bölgeye uygulanan ilk kaynak pasosu bir sonraki paso için tavlama niteliği taşımaktadır.



Şekil

II.17. Pasolar arası ön ısıtma uygulanmış numunenin kesit görüntüsü

1.Liflenme

Genellikle alt kalıp yüzeyinde düz bölgelerde görülür. Kalıp çalıştıkça düz bölgenin sıcaklık ve basma kuvveti etkilerine maruz kalarak dalga şeklinde lifimsi bir yapıya dönüşmesiyle oluşur. Önlem alınmaz ise malzeme yüzeyinde tırtıllı bir yüzey oluşur. Bu liflenen bölge taş motoru ile taşlanarak düz hale getirilir. Daha sonra dövülecek malzemenin akışını kolaylaştırmak için keçe işlemi uygulanarak yüzey pürüzlülüğü azaltılır. Eğer işlem yapılacak yüzeyin ölçüleri tolerans dışına çıkmış ise kaynak tashih işlemi uygulanır. Daha sonra yüzey freze ile işlenerek tolerans ölçülerine getirilir [21].



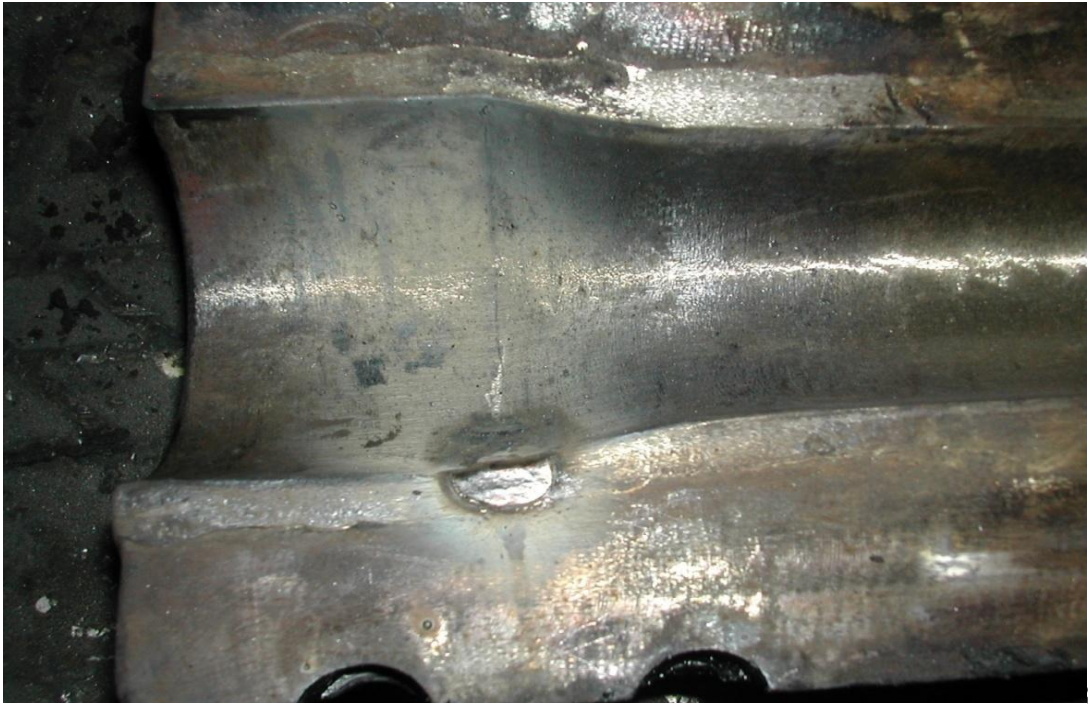
Şekil II.18. Kalıp yüzeyinin sıcaklığın etkisi ile liflenmesi.

2. Çökme

Kalıp gravürlerinin veya burçların darbeye en fazla maruz kalan bölgelerinde darbenin etkisi ile şekil değiştirmesidir. Genellikle dikey eksen doğrultusundaki gravürlerde görülür. Örneğin dişli kalıplarında dişlinin ortasına zımba vasıtası ile delik delinebilmesi için kalıba meme olarak adlandırılan parça eklenir. İlk vuruşlarda meme darbelere direk maruz kaldığı için zamanla çöker veya kırılır ya da parça kopar. Çökme hatası taş motoru ile tesviye edilerek giderilebilir. Parçada kopmalar veya ölçüleri tolerans dışına çıkmış ise kaynak ile doldurma işlemi yapılır ve sonra taş motoru ile düzetme işlemi uygulanır [21].



Şekil II.19. Çöken bir kalıbın kaynakla tashih edilmiş bir görünümü



Şekil II.20. Çöken bir kalıbın kısmi kaynakla tashih edilmiş bir görünümü.

3.Yazı Bozukluğu

İmalat esnasında çalışan kalıbın yazı bölgesinde liflenme veya çökme görülür. Kalıptan yazı, taş motoruyla silinir. Boşluklar kaynakla doldurulur. Freze veya taş

motoru ile taşlanarak tekrar ölçüsüne getirilir. Daha sonra kalıp ısıtılarak yazı yeniden yazılır [21].



Şekil II.21. Yazı diplerindeki liflenme.

4.Geçme Kalıp Hataları

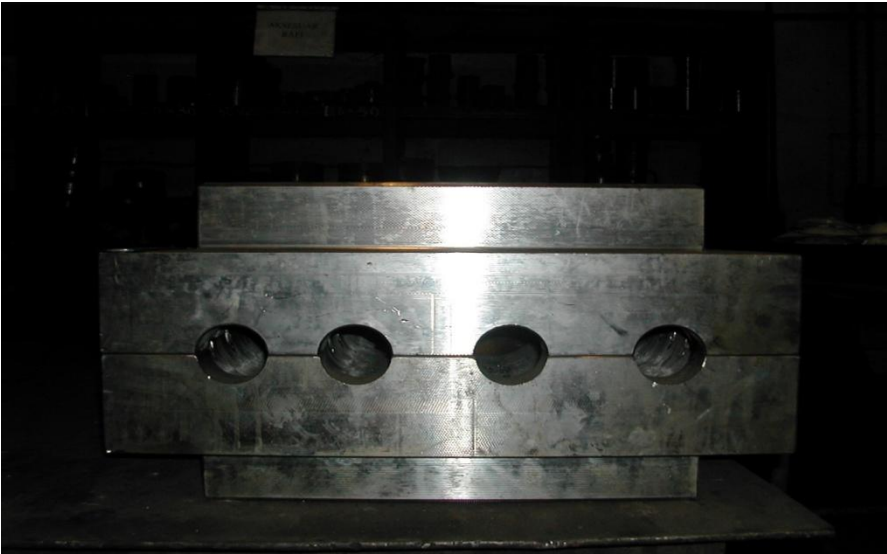
Geçme kalıplar tutucu kalıp ve göbek kalıptan oluşur. Tutucu ile geçme kalıp arasına plaka konularak malzeme kalınlığı ayarlanır. İmalat esnasında bu plakalar kayarsa malzeme kalınlığında farklılıklar oluşur. Kalıp devamlı darbeye maruz kaldığı için bu plakalar zamanla ezilerek kalınlık ölçüsünde azalma görülür bu da malzeme ölçülerinde azalma görülür. Bu da malzeme ölçülerinin tolerans dışı gelmesine neden olur. Plakanın kaymaması için plaka ile göbek kalıp ölçülerinin birbirine yakın ölçülerde olması gereklidir [21].



Şekil II.22. Tutucuya geçen bir göbek kalıp.(Sıkı geçme)

5.Tutucunun Bombeleşmesi

Genellikle eksantrik preslerde görülür. Basma kuvvetinin etkisiyle tutucuların yan bölgelerinde zamanla bombeleşme olur. Bu hatanın önlenmesi için öncelikle kalıplarda tutucuların birbirine tam yanaşmaları gerekmektedir. Yan bölgelerdeki bombelik freze ile düzlenerek hata giderilir [21].



Şekil II.23. Alt ve üst tutucuya örnek.

6.İtici Hataları

İtici sistemi ile çalışan pres ve çekicilerde görülür. Dövme parçasındaki sıcaklık zamanla iticiye geçeceğinden ısının etkisiyle iticide genleşme olur. Kalıp dizayn edilirken gerekli itici boşluğu ve şişme payı ilave edilerek dizayn edilmelidir. Diğer bir itici problemine malzemenin kalıba sıkıştığı durumlarda ve darbenin de etkisiyle iticinin çökmesidir. Çöken iticinin boyu kısılacığından malzemenin boyu uzun çıkar. İtici kaynak tashih edilerek ya da aynı ölçülerdeki başka bir itici ile değiştirilerek hata önlenir [21].



Şekil II.24. İtici ve plaka çeşitleri.

7.Tutucudaki Aşınma

Genellikle yatay preslerde görülür, pistonların tutucu içersine girip çıkmasıyla zamanla tutucular aşınır. Kaynakla tashih yapılarak hata önlenir [21].



Şekil II.25. Yatay pres tutucuları.

8.Kalıp Tasarımında Eğiklik ve Açıdan Kaynaklanan Hatalar

Eğiklik ve açının istenilen ölçüde ayarlanamaması sonucu malzeme katlanma ya da kırışıklık hataları gözlenir. Çapak kalıbında kesme açısı olmaması, parçanın çapak kalıbına düzgün konulmaması ve çapak kalıbının küçük olması parçalarda sıyrımalara neden olur. Bu hatalar, kalıp tasarımı yapılırken malzemenin rahat ilerleyebileceği bir geometri seçilerek giderilebilir [21].



Şekil II.26. Eğim ve açının görüldüğü bir kalıp.

9. Kalıba Fazla Yük Uygulanmasından Oluşan Hatalar

Bu hata, parçanın kalıp içersinde sıkışarak parçanın kalıptan ayrılmasını zorlaştırır. Kalıpta hata çabuk çökme, liflenme görülür. Kalıpta kırılma da görülebilir. Dövme esnasında uygulanan yük kontrol altında tutulmalıdır [21].

10. Kalıba Yetersiz Yük Uygulanmasından Oluşan Hatalar

Yetersiz yük uygulanması sonucu istenilen ölçülerde deformasyon sağlanamaz. Karmaşık malzemelerde malzeme akması zorlaşarak parçanın şekillenmesinde bozukluklar görülür. Dövme sırasındaki yük kontrol altında tutulmalıdır [21].

11. Alt ve Üst Kalıplardaki Uygunsuzluktan Kaynaklanan Hatalar

Dövme süresi kalıpların birbirine tam olarak geçmesi ile belirlenir. Kalıplar arası uygunsuzluk bu sürenin uzamasına neden olmaktadır. Kalıp dizaynına dikkat edilerek bu hata önlenir [21].



Şekil II.27. Alt ve üst göbek kalıba bir örnek.

12. Şahmerdan ve Reckpresten Gelen Hatalar

Şahmerdan çekiçlerinin vurma yüzeylerinin düzgün olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca radyüslerin yeterince büyük dövülen parçaya uygun olması gerekmektedir. Aksi halde katmer oluşturur. Şekilde görüldüğü gibi reckpres çekiçlerde şahmerdan çekiçleri gibi radyüslerin ve vurma yüzeylerindeki düzgünlüğünün aynısı olmalıdır. Küçük parçaların şahmerdanla dövülmesi esnasında plastik şekil değiştirme yüzeyde kalıyorsa, iç kısımlarda dentritik kırılmayacaktır. Mukavemet açısından parça zayıf olacaktır. Bunu önlemek için, şahmerdan yerine presler kullanılmalıdır [21].

13. Kalıp montajından Kaynaklanan Hatalar

Dövmecilikte rekabet edebilmek, prodüktiviteyi arttırmak, maliyeti düşürmek için yürüyen bir imalatın adetini arttırmanın montaj ve demontaj konusuna da yerli hıza sahip olmanız gerekmektedir. (Doğru ve istenilen şekilde) Bu nedenle montaj ve demontaj yapan elamanların yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmaları gerekir [21].



Şekil II.28. Çapak kesme kalıbının tezgâha montaj edilmiş hali.

II.3. KAYNAK YÖNTEMLERİ

Kaynak yöntemleri, uygulanan enerjinin şiddeti ve türüne göre ergitme kaynağı ve basınç kaynağı olmak üzere sınıflandırılabilir gibi, işlemin amacına göre de birleştirme ve doldurma kaynağı olmak üzere iki grup altında incelenebilir. Ergitme kaynağı, iki veya daha fazla metalik malzemeyi yalnız sıcaklığın etkisi ile yerel olarak ısıtarak, gerektiğinde ek kaynak metali ile birlikte eritip birleştirmektir. Basınç kaynağı, iki veya daha fazla metalik malzemeyi ısıtmadan ya da ısıtarak ek kaynak metali kullanmadan yalnız basınç altında birleştirmektir. Ergitme kaynağında, kaynak sıcaklığı birleştirilen malzemenin erime sıcaklığından daha yüksektir; buna karşın basınç kaynağında metal erimeden kaynak gerçekleştirilir. Birleştirme kaynağı, iki veya daha fazla parçayı çözülemez bir bütün durumuna getirmektir. Dolgu kaynağı ise, bir iş parçasının hacmindeki eksikliği tamamlamak veya hacmini büyütmek, ayrıca korozif veya aşındırıcı etkilere karşı korumak amacı ile üzerine sınırlı olarak belirli özelliklere sahip malzeme yığılmıştır. Metalik malzemelere uygulanan ergitme kaynağı, ısı enerjisinin türüne ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma biçimine göre, birbirlerinden farklılık gösteren çeşitli yöntemler uygulanarak gerçekleştirilir. Günümüz endüstrisinde en sık uygulanan ergitme kaynağı yöntemleri şunlardır:

1. Döküm ergitme kaynağı
2. Gaz ergitme kaynağı
3. Elektrik ark kaynağı
4. Karbon elektrod ile kaynak
5. Çıplak tel elektrod ile kaynak
6. Örtülü elektrod ile kaynak
7. Özlü elektrod ile kaynak
8. Toz altı kaynağı
9. Koruyucu gaz altında kaynak (gazaltı kaynağı)
10. TIG kaynağı
11. Ark atom kaynağı
12. Normal TIG kaynağı
13. Plazma ark kaynağı
14. MIG/MAG kaynağı
15. Soy gaz korumalı kaynak (MIG kaynağı)
16. Aktif gaz korumalı kaynak (MAG kaynağı)
17. Özlü tel elektrot ile MIG/MAG kaynağı

18. Elektrik direnç ergitme kaynağı (Elektrocuruf)

19. Elektron ışın kaynağı

20. Lazer ışın kaynağı

21. Termit Kaynağı

Endüstride yaygın kullanılan başlıca basınç kaynağı (katı faz kaynağı) yöntemleri de aşağıda sıralanmıştır:

1. Soğuk basınç kaynağı

2. Ultrasonik kaynak

3. Demirci (ocak) kaynağı

4. Döküm basınç kaynağı

5. Gaz basınç kaynağı

6. Elektrik direnç kaynak yöntemleri

7. Direnç nokta kaynağı

8. Direnç dikiş kaynağı

9. Yakma alın kaynağı

10. Direnç saplama kaynağı

11. Yüksek frekans kaynağı

12. Sürtünme kaynağı

13. Elektrik ark basınç kaynağı

14. Difüzyon kaynağı

15. Sürtünen elemanla birleştirme kaynağı [22].

II.3.1. Dolgu Kaynağı ve Kaynak Elektrodları

II.3.1.1. Dolgu Kaynağının Tanımı

Dolgu, istenen özellikleri veya boyutları elde etmek üzere, bir metalin yüzeyine dolgu metali koymak şeklinde tanımlanır. İşlem genellikle, farklı bir mühendislik uygulaması için tüm gerekli niteliklere sahip olamayacak bir parçanın ömrünü uzatmak, gerek duyulan yerde korozyona mukavemet, aşınmaya mukavemet ve sağlamlık gibi özellikler sağlamaktadır. Çalışan her alet veya makine eskiyerek, aşınmaya uğrayacak ve ilk ölçüsünü kaybedecektir. Bu durumda ise dolgu kaynağının önemi ortaya çıkmaktadır. Dolgu kaynağının başlıca faydalarını sıralamak gerekirse;

1.Yeni parçanın sadece ihtiyacı olan kısmına, üstün özelliği olan pahalı alaşımları kullanma imkânını vermektedir. Esas parça gövdesinde daha yumuşak ve sünek bir

metal kullanmakla da işleme masrafları azalmakta ve darbeye karşı dayanım artmaktadır.

2. Parçaların ömrü uzamaktadır.

3. Yedek parça temininin zor olduğu durumlarda, eski parça kısa zamanda tekrar işler hale getirilebilmektedir. Eski parçanın dolgu ile tamiri çoğu zaman yeni parçadan çok daha ucuza malolmaktadır.

4. Kısmen kırılmış veya hatalı işlenmiş parçalar tamir edilebilmektedir. Örneğin; bir veya birkaç dişi kırılmış bir çarkın dişleri yeniden teşkil edilebilmekte veya döküm parçasının yüzeydeki kusurları giderilebilmektedir. Günümüzde dolgu kaynağı tamir ve bakım işlerinde olduğu gibi imalat sahasında da önem kazanmıştır. Dolgu kaynağında amaç metalsel parçaları birbiri ile birleştirme değil, yüzeylerin bir veya birkaç tabaka eş, benzer veya farklı bir metalle kaplanmasıdır. Parçaların çalışması esnasında meydana gelebilecek karşı dirençlerinin artırılması için yapılabileceği gibi, aşınmış parçaları yeniden çalışabilir duruma getirmek amacıyla uygulanabilen metalsel bir örtme kaplama işlemidir. Böylece aşınmış, korozyona uğramış veya darbe, iç gerilmeler ve yorulma nedeniyle bir kısmı kırılmış bir parça eski boyutlarına getirilebilmekte, yeni parçaların bazı bölgelerinde ise ana malzemeye oranla daha üstün aşınma, sıcakta oksitlenme, darbe veya korozyona dayanıklılık elde edilerek o bölgenin sürtünme katsayısını yükseltmek mümkün olabilmektedir. Özellikle bazı parçalarda meydana gelen aksaklıkların o parçaları yeniden üretmek yerine dolgu kaynağıyla tamir edilme yoluna gidilmesiyle hem zamandan hem de mali açıdan tasarruf sağlanmaktadır.

Uluslararası Kaynak Enstitüsü'nün tarifine göre dolgu kaynağı; ergitme kaynağı usulleri, metal püskürtme veya lehimleme ile bir ana metal üzerine bileşimi ve özellikleri verilen bir metalin bir veya birkaç tabaka halinde kaplanması işlemidir.

Çok geniş olan bu tarif elektrik ark kaynağı, koruyucu gaz kaynak yöntemleri, toz altı, gaz ergitme kaynağı ile metal püskürtme ve lehimleme gibi bütün kaynak yöntemlerini kapsamaktadır.

Tamir veya tamamlama amacı ile yapılan dolguda, dolgu malzemesi ana metale çok yakın veya aynı bileşimdedir. İlave edilen dolgu parçaya bir takım yeni özellikler sağlayacaksa ana metalden farklı olarak seçilir. Dolguda uygulanacak metod, dolgunun konusu, yani tamir veya yeni imalât oluşu, parçanın çalışma koşulları, ana metal ile kaynak metalinin cinsi, kabul edilebilen şekil değişimleri (deformasyon ve distorsiyonlar) ve işlemin süre ve maliyetine göre belirlenir. Onarım kaynağı, hasar

meydana geldikten sonra, işlevini yapamaz hale gelen paçalara uygulanmaktadır. Burada amaç, parçayı hasardan sonra onararak yeniden işlevine kavuşturmaktır.

Onarım kaynağı uygulama alanları;

1.Kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynak hatalarının onarımı,

2.Hasara uğramış kaynaksız parçaların onarımı,

3.Aşınmış parçaların onarımı şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Bakım kaynağı, parçanın hasara uğramadan işlevine devam etmesini sağlamak amacıyla, işlevini yapmakta olan parçalara (hasar oluşmadan önce) uygulanır. Uygulama, özellikle aşınmaya karşı düzenli yağlama yapmanın parçanın kullanım ömrü açısından mümkün veya uygun olmadığı zamanlar sık sık başvuru bir işlemdir. Aşınmış parçalar değiştirme zorunluluğu doğmadan önce defalarca tamir edilebilir. Yedek parça temini zor olduğu zaman aşınmış parça kısa zamanda tekrar çalışabilir duruma getirilebilmekte böylece aşınmış parçanın dolgu ile tamiri çoğu zaman yeni parçadan çok daha ucuza maledilebilmektedir. Ayrıca taşınması zor ve ekonomik olmayan büyük ve ağır parçaların taşınabilir cihaz ve donatımlarla buldukları yerlerde kaynak edilerek tamir edilmesi mümkün olabilmektedir. Dolgunun abrazyon mukavemetine yardımcı olduğu yerlerde işlem genellikle sert dolgu olarak adlandırılır. Bu terim, darbe mukavemeti veya alçak sürtünme nitelikleri için sağlam bir dolgunun yapıldığı yerlerde kullanılır. “Sert” adı sözlük anlamı yerine, burada dayanıklılığı-kalıcılığı ifade etmektedir. Sert dolgunun amacı çalışma ömrünü uzatmaktır. Sert dolgu, aşınmaya karşı daha nitelikli yüzeyler oluşturmak veya parçaları orijinal boyutlarına getirilebilmek için metal parçaların yüzeylerinin değişik kaynak yöntemleri kullanarak özel alaşımlı malzemelerle doldurulmasıdır. Metalik malzemeler birçok nedenle aşınırlar. Sert dolgu, metal parçaların çalışma ömürlerini uzatmak için aşınma direnci yüksek yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir metottür. Yararlarının içinde daha az parça değişim

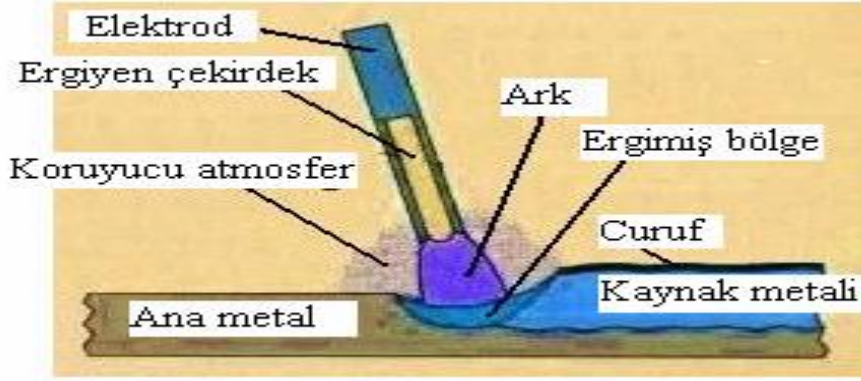
ihtiyacı, bakım süresinin azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği, sökme takma süresinin azalması, stok bulundurma miktarlarının azalması ve genel maliyetlerin azalması vardır.

Temel olarak sert dolgu; aşınan parçaları orijinal boyutlarına getirmek ve yeni fakat aşınmaya hassas metal parçaların hızlı aşınmasını önlemek amacıyla uygulanmaktadır [23].

II.3.1.2. Örtülü Elektrodla Ark Kaynak Dolgusu

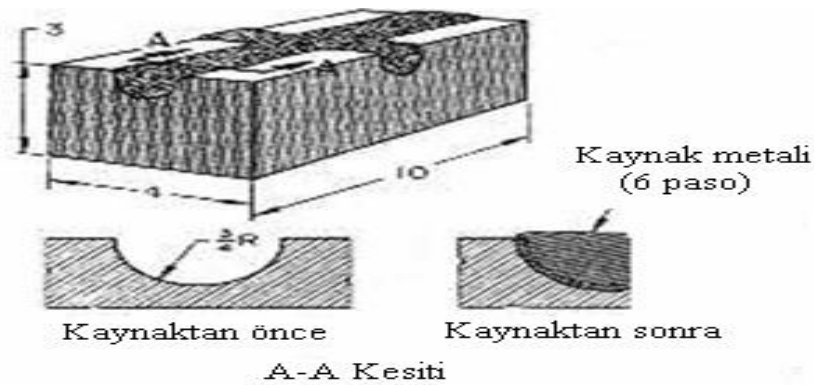
Elle yapılan örtülü elektrod ark kaynak dolgusunda, düşük donanım maliyeti, her işe yatkınlık, yöntemi oldukça yaygın kılmıştır. Kaynak az çok her pozisyonda ve durumda çok küçük işlerden büyük alanlara kadar her boyutta yapılabilir. Birçok uygulamada tek çözüm yolu olup birçoklarında da, özellikle sürekli yöntemlerin önemli fayda sağlamadıkları hallerde, ekonomik çözüm olmaktadır.

İşlem kaynakçının gözetim ve denetimi altında yürütülmektedir. Kaynakçının, çatlamaı asgariye indirmek üzere ark gücünü aşağıda tutması, dolgu malzemesinde pahalı alaşım elementi kaybını azaltmak için kısa arklarla çalışması, aynı nedenle aşırı kaynak banyosundan kaçınması, ana metalle karışmayı asgaride tutması ve özellikle alçak hidrojen (LH) elektrodlarıyla rutubet girişini sınırlaması gibi önlemleri çok faydalı olmaktadır [24].



Şekil II.29. Örtülü elektrod ark kaynağının şematik gösterimi

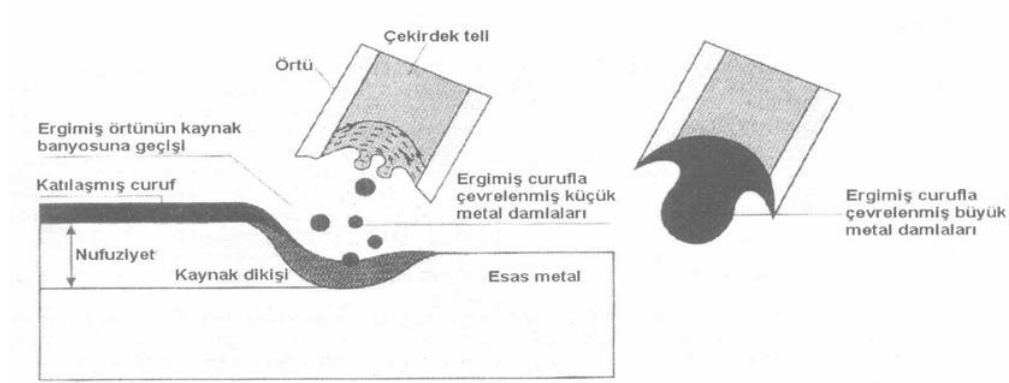
Yöntemin başlıca dezavantajları ise, sürekli elektrod değişimi gerektirdiğinden zaman kaybının oluşması, yüzeyde oluşan curuf tabakasının temizlenme gerekliliği ve düşük yığıma hızıdır [24].



Şekil II.30. Örtülü elektrod ark kaynağı ile bir kalıbın tamiri

II.3.1.3. Örtülü Elektrodlar

İlk olarak İsveçli Oscar Kjelberg tarafından 1904 yılında üretilmiş olan örtülü elektrotlarda, çıplak kaynak telinin üzerinde sarma, daldırma ve ekstrüzyon ile geçirilmiş bir örtü maddesi (kabuk) vardır. Örtülü elektrotları elde etmek için, yukarıda belirtilmiş olan yöntemlerin hepsi olumlu sonuç vermelerine karşın, bugünün endüstrisi, birçok üstünlükleri nedeniyle üretim tekniği olarak, özel tasarlanmış bir ekstrüzyon yöntemini uygulamaktadır. Bir elektrodun kaynak karakteristikleri tümü ile bu örtünün bileşiminin etkisi altındadır. Yığılan kaynak metalinin miktarı, kaynak dikişinin nüfuziyeti ile bir dereceye kadar da kaynak banyosu bileşimi, bu örtü bileşimi ile kontrol altına alınabilir. Kaynak dikişinin biçimi, iç bükeyliği veya dış bükeyliği, yüzey düzgünlüğü, yüzey tırtıllarının durumu gibi özellikler yine örtü bileşimi değiştirilerek istenen yönde ayarlanabilmektedir.



Şekil II.31. Elektrod örtüsünün damla geçişi üzerine etkisi [4]

Elektrod örtüsünün sağladığı yararları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Arkın tutuşmasını ve oluşumunu kolaylaştırır. Kaynağın hem doğru hem de alternatif akımla yapılmasını sağlar,
2. Ergiyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine ve akışkanlıklarına etkiyerek, gerek tavan ve gerekse düşey pozisyonlarda çalışmayı kolaylaştırır,
3. Koruyucu bir gaz atmosferi oluşturarak kaynak dikişini atmosferin olumsuz etkilerinden korur,
4. Kaynaktan sonra dikişin üzerini bir cüruf tabakası ile örterek dikişin yavaş soğumasını sağlar,
5. Ergimiş kaynak banyosunu dezokside eder. Gerektiği durumlarda kaynak dikişini alaşımlandırır. Elektrod örtüsünü oluşturan maddelerin türleri oldukça karışıktır. Her

örtü formülü gerek üretim ve gerekse kaynak teknolojisi yönünden en azından aşağıdaki gereksinimleri sağlayabilmelidir:

6. Üretim kolaylığı,
7. Depolama ve taşıma uygunluğu,
8. Kaynak karakteristiği,
9. Cürufun kolay temizlenmesi,
10. Kaynak metalini metalürjik olarak etkilemesi.

Elektrod standartları, elektrotun kullanılma karakteristiğini, kaynak metalinin mekanik özelliklerini ve bazen de kaynak metalinin analiz sınırlarını belirtir. Elektrot örtüsü formülü ise üreticiye bırakılmıştır. Günümüzde kaynak elektrodları üretiminde en fazla kullanılan örtü maddeleri Tablo II.2.'de de sıralanmıştır [25].

Tablo II.2. Bazı tür örtülü elektrodların örtü bileşenleri [25]

Tür	Formül	Yorum
Selülozik	%20–60 rutil (titandioksit), %10–20 selüloz, %15–30 kuartz, %0–15 karbonatlar, %5–10 ferromangan	Selüloz ark bölgesinde yanarak gaz koruması oluşturur. Hidrojen kaynak ısı girdisini artırır.
Rutil	Yaklaşık olarak %40–60 rutil, %15–20 kuartz, %0–15 karbonatlar, %10–14 ferromangan, %0–5 organik maddeler	Oluşan cüruf kaynak metalini örterek koruyucu etki yapar. Hidrojen bileşeni oldukça yüksektir (15–30 ppm). Kaynak dikişinde fazla miktarda kalıntı oluşumu tehlikesi vardır.
Asitik	Demir ve mangan tozu, kuartz, karışık silikatlar, karbonatlar, ferromangan.	Oldukça yüksek hidrojen bileşeni ile kaynak metalinde yüksek miktarda cüruf oluşumu bulunur.
Bazik	%20–50 kalsiyum karbonat, %20–40 (fluspat) kalsiyum florür, %0–5 kuartz, %0–10 rutil, %5–10 ferro alaşımlar.	Özellikle düşük hidrojen bileşeni vardır (≤ 10 ppm); özellikle az alaşımlı yapı çeliklerinin kaynağında kullanılır. Elektrotlar kuru olarak tutulmalıdır. Kaynak metalinde düşük miktarda katışkı bulunur.

II.3.1.4. Cüruf Oluşturan Maddeler

Kaynak banyosu üzerinde bir cüruf oluşturarak, ergimiş metalin çabuk soğumasını önlemek ve havanın zararlı etkisinden korunmak için katılan bu maddeler dört ana grupta incelenebilir:

1. Karbonatlar

Elektrod örtüsü üretiminde cüruf oluşturmak üzere genellikle kalsiyum ve magnezyum karbonat veya bunların karışımı gibi suda çözülmeyen türden mineraller kullanılır. Suda çözülen bileşikler bağlayıcı olarak kullanılan cam suyunun bozulmasına neden olduklarından örtü bileşeni olarak kullanılmazlar. Stronsiyum ve baryum karbonat da bazı durumlarda, belirli miktarlarda örtüye girer. Potasyum ve sodyum karbonat ise çok az miktarda (%1'den az) kullanılır.

2. Silikatlar

Cüruf oluşturmak amacı ile 1400 °C'nin altında eriyen her türlü silikat örtüye katılabilir. Eldeki güç ve pahalı silikatlar örtüye ek bir özellik kazandırmadıklarından, bu iş genellikle, kuartz ve feldspat gibi kolaylıkla sağlanabilen türler kullanılır.

3. Oksitler

Bu tür örtülerde, titandioksit ve demiroksit cüruf oluşturan bileşiklerdir. Magnetit, hematit, ilmenit, rutil bu oksitlerin doğada var oldukları şeklidir. Magnezyum, alüminyum, silisyum, krom gibi metallerin oksitleri de örtüye katılabilirler.

4. Florürler

Florürler, genellikle suda çözündüklerinden, ancak bazı türleri örtü içinde kullanılabilir. Kullanılan florürler içinde fluspat (kalsiyum florür) en önemli yeri tutar. Örtü içinde kullanılan bir diğer florür de kriyolittir (sodyum/alüminyum florürü).

5. Arkı dengeleyen Maddeler

Potasyum bileşikleri, potasyum oksalat, zirkonyum karbonat, lityum karbonat ve titan bileşikleri arkın dengeleme ve alternatif akımda arkın sürekliliğini sağlamak amacıyla örtüye katılan maddelerdir.

6. Gaz Atmosferi Oluşturan Maddeler

Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrışmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu bir gaz örtüsü oluşturmak amacıyla örtüye selüloz, kireçtaşı, odun tozu, dekstrin katılır.

7. Ekstrüzyon İşlemine Kolaylaştırıcı Maddeler

Gliserin, talk, kaolen, betonit, mikadır.

8. Bağlayıcı Maddeler

Sodyum silikat, potasyum silikat, dekstrin, şekerdir.

9. Örtüye, Kurutma ve Depolama Sırasında Mukavemet Kazandıran Maddeler

Örtüye, kurutma sırasında ve kuruduktan sonra mukavemetini arttırmak amacıyla bağlayıcı elemanların yanı sıra asbest gibi elyafli mineraller de katılır. Son yıllarda asbestin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkileri göz önünde bulundurarak, yerine mika gibi pul pul levhacıklar biçiminde mineraller katılmaktadır. Bunların miktarı, örtü türüne göre değişmekle birlikte genellikle çok azdır. Bu mineraller birer silikat oldukları için kaynak sırasında cürufa geçer ve cüruf yapıcı bir bileşen rolünü oynarlar.

10. Dezoksidasyon ve Alaşımlama Yapan Maddeler

Ferrosilisyum, ferromanganez, elektromanganez, ferrokrom, ferromolibden, ferronyobyum, dezoksidasyon işlemini gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak amacıyla katılan bileşiklerdir. Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri, kaynak sırasında kaynak metaline elementin türüne göre, ancak belirli bir oranda geçerler. Bu nedenle, elektrod üretilirken örtüye katılan alaşım elementlerinin verimleri göz önüne alınır. Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementlerinin kaynak dikişini alaşımlandırma verimleri Tablo II.3.'de verilmiştir [25].

Tablo II.3. Örtüye katılan alaşım elementlerinin alaşımlandırma verimleri [25]

Alaşım Elementleri	Elementlerin Örtü İçerisindeki Alaşım Biçimi	Alaşım Elamanının Yaklaşık Verimi (%)
Karbon	Grafit	75
Manganez	Ferromangan	75
Fosfor	Ferfosfor	100
Kükürt	Demirsülfit	15
Silisyum	Ferrosilisyum	45
Krom	Ferrokrom	95
Nikel	Eloktrolit Nikel	100
Bakır	Bakır	100
Niyobyum	Ferronyobyum	70

Titanyum	Ferrotitan	5
Molibden	Ferromolibden	97
Berilyum	Bakır-berilyum Alaşımı	0
Bor	Ferroboron	2
Azot	Nitritli Manganez	50
Tungsten	Ferrotungaten	80
Aliminyum	Ferroaliminyum	20
Zinkonyum	Nikel-Zinkonyum Alaşımı	5

Alaşım elementlerinin toz taneleri ufaldıkça, alaşımlandırma verimi de o oranda artar. Günümüzde, bazı durumlarda alaşımlı kaynak dikişleri elde etmek için, alaşımlı tel yerine normal tel ve alaşım elementi içeren bir örtü kullanmak çok daha ekonomik olmaktadır. Bu tür elektrodalara sentetik elektrot adı verilmektedir [25].

II.3.1.5. Kaynak Elektrodlarının Örtü Türüne Göre Sınıflandırılması

Ark kararlılığı, nüfuziyet derinliği, dolgu oranı ve pozisyonda kullanabilme yeteneği elektrot örtüsünün kimyasal bileşimden büyük ölçüde etkilenir. Elektrot örtüsünü oluşturan maddelerin türleri karışıktır. Elektrod örtüleri hazırlanırken bu maddeler belirli miktarlarda harman yapılır ve özel olarak tasarlanmış ekstrüzyon presinde elektrod çekirdek teline sıvanır. Bu maddelerin birbiri ile karıştırılmasında bazı kurallar vardır. Her tür elektrod örtüsü için özellikle ana bileşenlerin bazı oranlar çerçevesinde kalmaları zorunludur. Tersisi durumda, elektrot örtüsü kendinden beklenen özellikleri sağlayamaz. Bu karışım oranları uzun yılların deneyim sonucunda formüle edilmişlerdir. Örtülü elektrotlar, örtülerinin içerdikleri ana bileşenin türüne, cüruflarının asitlik veya bazlık durumuna göre çeşitli gruplara ayrılırlar [25].

1. Rutil Örtülü Elektrodlar

Bu tür elektrodarda, örtü ağırlığının yaklaşık %35'den fazlasını titandioksit oluşturur. Örtü, titandioksitin yanı sıra feldspat, kuvarz, az miktarda selüloz, yine az miktarda ferromangan; bağlayıcı olarak ta sodyum veya potasyum silikat içerir. Değişik örtü

kalınlıklarında üretilen rutil elektrotlarda ergiyen kaynak metali, örtü kalınlığı arttıkça incelen damlalar halinde geçer ve aynı zamanda artan örtü kalınlığı dikişin mekanik özelliklerine de olumlu yönde etkir. Bu tür örtüler, dikişi tamamen örten, oldukça kalın, rengi kahverenginden siyaha kadar değişen, çabuk katılaşılan cüruf oluştururlar. Cürufun özellikleri, örtüyü oluşturan maddelerin miktar ve türüne bağlıdır. Örtüye katılan feldspat ve asbest gibi silisli maddeler çok akıcı cüruf veren titandioksit ile karışarak cürufun uygun bir akıcılıkta kalmasını sağlar. Bu tür elektrotlar ile hem doğru hem de alternatif akımda kaynak yapılabilir. Bu elektrotlar üniversal türlerdir, her pozisyonda kaynak yapmaya elverişlidirler; oldukça yumuşak bir ark ile sakin bir çalışma sağlarlar. Rutil elektrotlar; rutil asit, rutil selülozik, ince örtülü rutil ve kalın örtülü rutil gibi gruplara ayrılır. Rutil asit türler herhangi bir asit tür örtüsünde bulunan, demir oksit yerine, titandioksit veya ilmenit konulmasıyla elde edilmiştir. Bu şekilde kaynak metalinin oksijen içeriği azaldığından daha iyi mekanik özellikler elde edilir. Kalın örtülü elektrotlarda, oldukça fazla miktarda cüruf olduğundan koruyucu gaz atmosferine fazlaca gereksinim duyulmaz; dolayısı ile bu türler çok az organik madde içerirler. Rutil örtülü elektrotların belli başlı özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Uygun kaynak metali mekanik özellikleri,
- Cüruf özelliğine bağlı güzel görünümlü kaynak dikiş profili,
- Florür içeren akıcı cüruf ile pozisyonda kaynak yapabilme yatkınlığı,
- Kolay temizlenebilen cüruf

2. Asit Örtülü Elektrotlar

Bu tür elektrotların örtüsü fazla miktarda ferromangan, demiroksit, kuartz ve diğer dezoksidan maddeler içermektedir. Bu elektrotlar genelde kalın olarak üretilirler ve kaynak sırasında, kaynak metalinin geçişi, örtü kalınlığı arttıkça inceler. Cürufların katılma aralığı geniştir; çabuk akan ve düz dikişler veren bir elektrottur. Yukarıdan aşağıya doğru düşey kaynak hariç diğer tüm pozisyonlarda kullanılabilir. Cürufun arka tarafından görünüşü bir bal peteğini andırır, çok gözenekli ve gevrekli. Hem doğru hem de alternatif akımda kullanılabilen bu elektrotların aralık doldurma yeteneği iyi değildir, kaynak ağızlarının iyi hazırlanması, birbirine uyumlu olması gerekir [25].

3. Oksit Örtülü Elektrotlar

Bu tür elektrotlarda örtünün önemli bir bölümü demiroksittir, kaynak sırasında metal geçişi bir akış halindedir. Yüksek akım yüklenme özelliğine sahiptirler; kaynak yaparken yüksek sıcaklık nedeni ile cüruf ve metal, çok akıcı konuma geldiğinden ancak yatay ve oluk pozisyonlarda kullanılırlar. Kaynak sırasında şiddetli karbon ve mangan yanması olduğundan yalnız karbonlu çeliklerin kaynağı için çok elverişlidirler. Ancak, kaynak metali ve cüruf çok akıcı olduğundan bu tür elektrotların, aralık doldurma yeteneği iyi değildir. Ark sıcaklığı çok yüksek olup, sıcak çatlama eğilimi fazladır. Güzel görünüşlü ve düzgün dikiş elde edilmek istendiğinde oksit tür elektrotlar kullanılmalıdır. Magnetit, kuvarz, kalsiyum karbonat, kaolen ve cam suyu belirli ölçülerde karıştırılarak oksit tür elektrod örtüleri elde edilir [25].

4. Bazik Örtülü Elektrotlar

Genellikle kalın örtülü olarak üretilen bazik karakterli elektrotların örtüsü, kalsiyum ve diğer toprak alkali metallerin karbonatları ile bir miktar kalsiyum florür içermektedir. Bu örtünün bileşiminde karbonatlar yalnız başlarına kullanılmazlar, tersi durumda oluşan cüruf kaynak metalini örtemez, kalsiyum florür cürufa, kaynak metalinin iyi ıslatma ve banyoyu oksidasyondan ve gaz emişinden diğer cüruf yapıcı mineraller oranla daha iyi korur. Bu tür cüruflar sıvı iken çok akışkan olduklarından, akışkanlığı azaltmak için örtüye, az miktarda silikat veya rutil katılmaktadır; örtüye katılmış olan ferrosilisyum ise kaynak metalinde oksitlerin neden olabileceği gözeneklerin oluşmasını önlemektir. Bazik elektrotların örtülerinde hidrojen oluşturacak maddeler bulunmadığından kaynak sırasında, dikişin hidrojen kapma olasılığı çok azdır. Hidrojenin, geçiş bölgesinde ince dikiş altı çatlaklarına neden olduğu göz önüne alınırsa, bazik elektrotların kullanılmasının önemi kendini gösterir.

Kaynakta hidrojen oluşturan ve bağlayıcı olarak kullanılan sodyum ve potasyum silikatın içindeki nemi tamamen yok edebilmek için bu elektrotlar 400–500 °C'lik kurutma işlemine tabi tutulurlar. Bazik elektrotlar çok higroskopik olduklarından kuru yerlerde depolanmalı ve rutubet kapmış elektrotlar ise kullanılmadan önce mutlaka 250 °C'de, en az 30 dakika kurutulmalıdırlar. Bu tür örtülü elektrotlarda kaynak metali, kaynak banyosuna, orta irilikteki damlalar halinde geçer; cüruf kahverengiden siyaha kadar değişir ve cürufun kalkması diğer elektrotlara kıyasla daha güçtür. Bazik elektrotlar genel olarak doğru akımda pozitif kutba bağlanarak kaynak yapılır; bazı türleri alternatif akım ile de kullanılabilir, ancak bunların örtülerinde potasyum

bileşiklerinin bulunması gereklidir; bunu sağlamak için de genellikle bağlayıcı olarak potasyum silikat kullanılır. Bazik elektrotlar tüm kaynak pozisyonlarında kullanılabilirler. Aralık doldurma yetenekleri çok iyidir. Bu elektrotlarla yapılmış olan kaynak dikişleri oldukça iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bazik elektrotlar, sıfır altı sıcaklıklarda da oldukça yüksek çentik darbe mukavemetine sahip olan dikişler verirler. Bazik elektrod örtüsü, daha önce de belirtildiği gibi sıvı durumda iken çok akışkan bir cüruf oluşturur; bu durum bu durum kaynak dikişinin iç bükey ve kaba görünüşlü olmasına yol açar. Bunu önlemek, yani cürufu biraz daha az akışkan duruma geçirmek için örtüye, bir miktar zirkonyum oksit veya zirkonyum silikat katılır. Örtüsü böyle olan elektrotlara zirkon-bazik tür elektrot adı verilir. Örtüye zirkonyum oksit veya silikat yerine; rutil veya ilmenit katılması ile de cürufun akıcılığını ayarlamak olanağı vardır. Ancak, bu durumda örtü, bazik türden çok, içine kalsiyum florür katılmış rutil tür elektrot özellikleri taşımaktadır. Bugün bu tür örtüsü olan elektrotlara rutil-bazik tür örtülü elektrod adı verilmektedir [25].

Bazik elektrotların kullanım yerleri;

Hemen hemen tüm kaynak pozisyonları için uygun olan bazik örtülü elektrotların kullanıldıkları başlıca yerler şunlardır:

- Bileşimi bilinmeyen, karbonlu ve az alaşımlı çelikleri kaynağında,
- Yüksek miktarda karbon, kükürt, fosfor ve azot içeren çeliklerin kaynağında,
- Farklı karbon içeren çeliklerin kaynakla birleştirilmelerinde,
- Çatlama olasılığını azaltmak amacıyla kalın kesitli parçaların kaynağında,
- 0 °C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde çalışan makine, donanım ve yapıların kaynağında,
- Dinamik zorlamalara karşı yüksek mukavemet istenen kaynak dikişlerinde,
- Rijit konstrüksiyonların kaynağında.

Bazı durumlarda, bazik karakterli örtülü elektrotlar ile kaynak edilmiş parçaların kök pasolarında küçük gözeneklere rastlanabilmektedir. Bunlar, elektrotun yanlış seçilmesi, hatalı kullanılması ve hatalı işlem uygulanması sonucunda oluşmaktadır [25].

Selülozik Örtülü Elektrotlar;

Bu tür elektrotların örtüsünde, yandığı zaman gaz haline geçen organik maddeler bulunur. Örtü ağırlığının %30'unu selüloz oluşturur. Bazı ülkelerde saf selüloz

miktarını azaltmak amacı ile kâğıt hamuru, odun tozu da örtüye belirli oranlarda katılmaktadır. Örtüye katılmış olan bu organik bileşenler ark sütununda ayrışarak karbon monoksit, karbondioksit ve hidrojenin açığa çıkmasını sağlarlar ve bu gazlar yüksek iyonizasyon potansiyellerinden ötürü ark gerilimin yükseltir ve dolayısı ile kaynak arki daha güçlü ve sert, kaynak metali taşanımı sprey biçiminde olur ve dikişin nüfuziyeti yükselir. Aynı akım şiddeti kullanılarak, selülozik elektrot ile diğer elektrot türlerine nazaran %70 daha derin nüfuziyet elde edilir. Bu tür elektrotlar genellikle, orta ve kalın örtülü olarak üretilirler. İnce örtülü olarak üretildikleri zaman cüruf, transfer halindeki damlacıklara çok az bir koruma etkisi yapar; kaynak dikişi üzerine oluşan cüruf çok azdır ve sıçrama kaybı yüksektir. Buna karşın, bu elektrotlar ile yapılan kaynak dikişlerinin aralık doldurma yeteneği ve nüfuziyeti oldukça iyidir, her pozisyonda kaynak için (özellikle yukarıdan aşağıya düşey) uygulanabilirlikleri sayesinde et kalınlığı 12,5 mm'den az olan boru hatlarının kaynağında ve gemi yapımı endüstrisinde geniş bir uygulama alanı bulmuşlardır. Kaynak işlemi sırasında yanan selüloz çok iyi bir koruyucu gaz atmosferi oluşturur ve koruma büyük çapta yanan örtüden çıkan gazlar tarafından gerçekleştirilir ancak dikiş az da olsa, bir miktar hidrojen kapar; bu ise bazı tür çeliklerin kaynağı için sakıncalı olabilir. Örtüye katılmış olan titan bileşikleri arkın kararlılığını sağladıkları gibi, cürufun kolaylıkla kalkmasına da yardımcı olurlar; örtüye bir miktar ferro-silisyum ve ferro-mangan katılarak, kaynak sırasında oksitlenerek kaybolan, manganın tamamlanması ve kaynak banyosunun dezoksidasyonu sağlanır. Eskiden bu tür örtülere asbestte katılmaktaydı; ancak, bu maddenin sağlık koşullarını kötüleştirmesinden dolayı kullanımından vazgeçilmiştir. Bu tür elektrotların üretiminde genelde sodyum silikat kullanıldığı için ancak doğru akım ile uygulanabilirler. ABD'de oldukça popüler olan ve AWS A5.1'e göre E6011 simgesi ile tanımlanan bir tür elektrodun üretiminde potasyum silikat kullanıldığından bunlar alternatif akım ile de kullanılabilirler. Tablo II.4.'de örtülü elektrotların karakteristik özellikleri gösterilmiştir [25].

Tablo II.4. Örtülü Elektrodların Karakteristik Özellikleri [25]

Özellikler	A Asit Esaslı Örtü	B Bazik Esaslı Örtü	C Selülozik Esaslı Örtü	D Rutil Esaslı Örtü
Örtünün Esas Bileşenleri	Demir ve Manganoksit	Kalk ve Kalsiyum Florür	Yanabilen Organik Maddeler	Titandioksit (Rutil)
Arkta Metal Taşınımı	İnce Damlalı	İri ve Orta Damlalı	İri ve Orta Damlalı	Orta ve İnce Damlalı
Aralık Doldurma Yeteneği	Orta	İyi	İyi	Orta İyi Arası
Dikiş Görünüşü	Parlak, İnce Tırtıllı	İnce ve Orta Kalınlıkta Tırtıllı	Tırtıllı	Parlak, Tırtıllı
Nüfuziyet derinliği	Orta	İyi	İyi	İyi
Cruf Temizleme İşlemi	Çok Kolay	Zor	Kolay	Kolay
Ark Boyu	Tel Çapı Kadar	Tel Çapının Yarısı Kadar	Tel Çapı Kadar	Tel Çapı Kadar
Akım türü	Doğru Akım Elektrot (-) Kutupta, Alternatif Akım	Doğru Akım Elektrot (+) Kutupta	Doğru Akım Elektrot (+) Nadiren (-) Kutupta	Doğru Akım Elektrot (-) Kutupta, Alternatif Akım
Duman Oluşumu	Orta Şiddette	Kuvvetli	Çok Fazla	Orta Şiddette
Mekanik Özellikler	Düşük	Yüksek Toklukta Kaynak Metali	İyi	İyi

BÖLÜM III. TEZ ÇALIŞMALARI

III.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada deneysel çalışma yapılmıştır ve deney şartları mevcut literatür araştırması da dikkate alınarak yapılmıştır.

Deneysel çalışmada, Kesme kuvveti ve kesme anında oluşan sıcaklık gözlenmiştir. Elde edilen üründe ise, yüzey kalitesi incelenerek, kesme parametrelerindeki değişim ile yüzey kalitesinin arasında bir ilişki elde edilmeye çalışılmıştır.

Kesme kuvveti ölçümü için, yine literatürde kullanımı yaygın olan Dinamometre ile ölçüm yöntemi tercih edilmiştir. Hazırlanan iş parçası dinamometre üzerine sabitlenerek delme esnasında oluşan kuvvet verileri bilgisayara x, y ve z eksenlerinde grafiksel olarak aktarılmıştır.

Ayrıca, talaş kaldırma esnasında kesici takım ile iş parçası arasında oluşan ısı infrared teknolojisi ile ölçülerek değerlendirilmiştir.

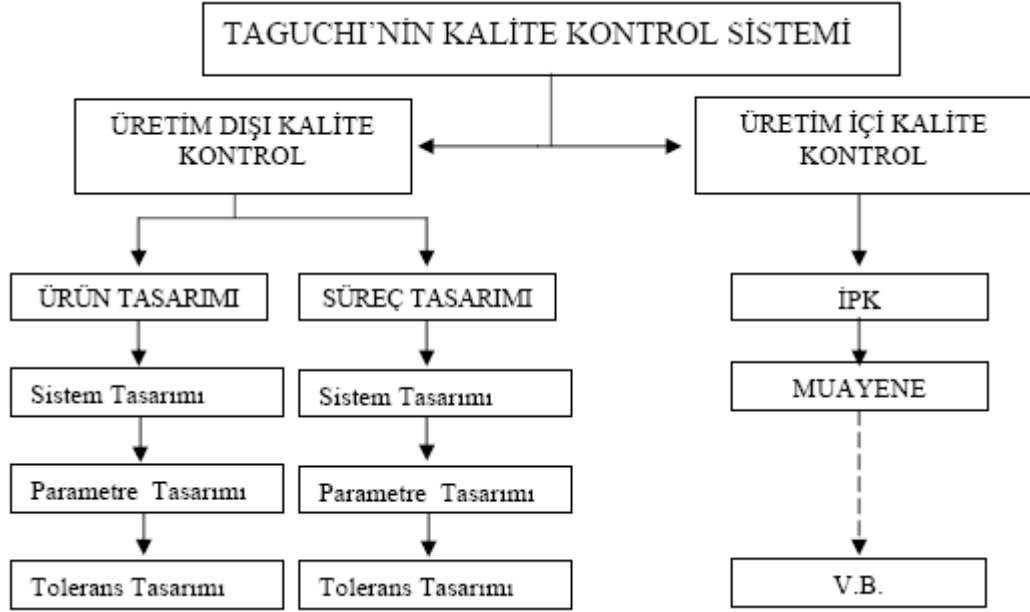
Elde edilen deneysel sonuçlar, Literatürde yaygın olarak kullanılan optimizasyon tekniklerinden Taguchi metodu ile optimize edilerek, parametre optimizasyonu yapılmıştır. Varyans analizi ile sonuçların şekillenmesinde etkili parametreler ve etki oranları tayin edilmiştir. Regresyon modeli kullanılarak da bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasında denklem kurulmuştur.

III.2. DENEY TASARIMI VE MODELLEME TEKNİKLERİ

III.2.1. Taguchi Yöntemi

Taguchi yöntemi, ortogonal dizinleri kullanarak deney sayılarını önemli ölçüde azaltan ve ayrıca kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini minimize etmeye çalışan deney tasarım yöntemidir. Taguchi, deneyin tasarımı aşamasında deney sayısını azaltarak, kaliteyi deney tasarımı aşamasında yakalayabilmektedir.

Taguchi yönteminin kalite kontrol sistemi Şekil III.1’de görülmektedir.



Şekil II0.1.Taguchi 'nin kalite kontrol sistemi

Taguchi yöntemi, talaşlı imalatta yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Taguchi yöntemi kullanılarak yapılacak deney tasarımında takip edilecek yol aşağıda sıralanmıştır.

- Problemin belirlenmesi
- Faktörlerin ve seviyelerin belirlenmesi
- Bağımlı değişkenin seçimi
- Deney tasarımının seçimi
- Deneylerin yapılması ve verilerin elde edilmesi
- Verilerin analizi
- Sonuçlar

En genel şekilde yukarıdaki yol takip edilerek deney tasarımını yapmak mümkündür. Taguchi yönteminin diğer deney tasarımı yöntemlerine göre üstünlüğü Aşağıdaki tabloda görülmektedir. Aynı faktör ve seviyeler için faktöriyel tasarım ve Taguchi yönteminin öngördüğü deney sayıları Tablo III.1' de sunulmuştur.

Tablo II0.1. Faktöriyel tasarımı ile Taguchi yönteminin kıyaslanması

Faktör	seviye	Deney sayıları	
		Faktöriyel tasarım	Taguchi yöntemi
2	2	4 (2^2)	4
3	2	8 (2^3)	4
4	2	16 (2^4)	8
7	2	128 (2^7)	8
15	2	32768 (2^{15})	16
4	3	81 (3^4)	9

Taguchi, uygulamadaki problemleri hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir S/G oranı tanımlamıştır.

1. *Hedef Değer - en iyi tip problemler için,*

$$\mu = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \text{ ve } \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (\text{III.1})$$

olduğu durumda,

$$S/N = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right) \quad (\text{III.2})$$

Yukarıdaki III.1 denklemde n, her bir tasarım parametresi matrisi kombinasyonu için kullanılan harici gürültü gözleme kombinasyonlarının sayısıdır.

2. *Daha-Küçük-Daha-İyi tipi problemler için,*

$$S/N = -10 \cdot \text{Log} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (\text{III.3})$$

Bu durumda sinyal, $y = 0$ olmasını amaçlayan sabit bir değerdir.

3. Daha-Büyük-Daha-İyi tipi problemler için,

Kalite performans karakteristikleri süreklidir ve negatif değildirler, bu tip problemlerde y değerinin olabildiğince büyük olması istenir. S/G oranını bulmak için bu tip problemler Daha-Küçük-Daha-İyi tipi problemlere performans karakteristikleri göz önüne alınarak değiştirilmektedir.

$$S / N = -10 \cdot \text{Log} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) = -10 \cdot \text{Log}(MSD) \quad (\text{III.4})$$

Burada MSD ortalama standart sapmayı ifade etmektedir. Tasarım parametrelerini ayarlamadaki stratejide ilk olarak çıktı değişkenliğini minimize etmek amacıyla kontrol faktörleri kullanılır, daha sonra sinyal faktörleri kullanılarak ortalama değer arzulanan hedef değere yaklaştırılır. Kontrol ya da sinyal faktörü olmadığı belirlenen tasarım parametreleri ise performansı etkilemedikleri sürece düşük maliyet ayarlarında tutulur. Taguchi metodu, çıktı değişkenliğinin etkisini minimize ederken aynı zamanda çıktı performansını ekonomik olarak maksimize etmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır.

İmalatta, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, sıcaklık oluşumu gibi parametrelerde hedeflenen minimum değerlere ulaşmaktır. Bunun için parametre tasarımı yapılmakta ve en ideal yani optimal parametreleri içine alan bir deney oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu açıdan, bu çalışmada en küçük en iyidir yaklaşımı Taguchi ile optimizasyonda kullanılacaktır.

III.3. MALZEME VE METOT

Malzeme ve metot bölümünde, deneysel yöntem kullanılarak yapılan araştırmada kullanılan kesici takım, iş parçası, takım tezgâhı, gerekli ölçüm aletleri ve cihazları incelenecektir. Ayrıca deneysel araştırmada kullanılan metotlar da bu bölümde sunulacaktır.

III.3.1. Malzeme

III.3.1.1. CNC Freze Tezgahı

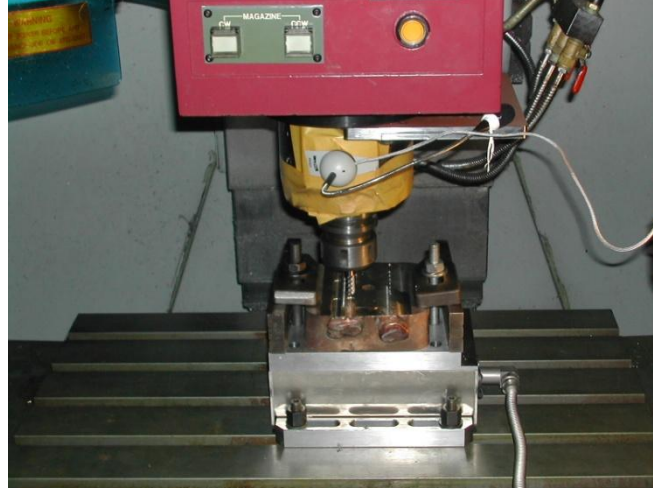
Deney düzeneğinde kullanılan CNC tezgahı; üç eksenli lineer ve dairesel interpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO format programlama yapabilen FANUC kontrol ünitesi O-M serisi, bir adet freze tezgahıdır (Şekil III.2). Tablo III.2’de CNC Freze tezgahının teknik özellikleri verilmiştir.

Motor gücü 30 HP, X: 850 mm Y: 550 mm ve Z: 450 mm hareket kabiliyetine sahip, yüksek yüzey kalitesinde JOHNFORD VMC-850/550+APC CNC Fanuc 0T x-y-z eksenli CNC Freze Tezgahı

Tablo II0.2. CNC Freze Tezgahının Teknik özellikleri

Model No	VMC – 850 / 550+APC
----------	---------------------

Hareket sınırları	X : 850 mm Y: 550 mm Z : 450 mm
İş mili motor Gücü	30 KW
Tabla yükleme kapasitesi	1980 Lbs (900 kg)
Tezgah zemin alanı	92.5" x 98.4" (2350 x 2500)
Makine ağırlığı	7500 KG



Şekil II0.2. Johnford VMC – 550 Model CNC Freze Tezgahı

III.3.1.2. Deneyde Kullanılan İş Parçası Malzemesi (DIN 1.2344) Özellikleri

Endüstride kalıp sanayinde kullanılan DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği; yüksek sıcaklık kararlılığı, ısı iletkenliği, tokluğu ve aşınma direncini kaybetmeyen bir malzemedir. DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği ısıl işleme sertleştirilebilmektedir.

Deneyde kullanılan numuneler kare şeklinde olup, 135x135 mm ve 50 mm kalınlığındadır(Şekil III.3). Tablo III.3’de DIN 1.2344’e ait kimyasal kompozisyonlar ve Tablo III.4’de ise mekanik özellikleri sunulmuştur.

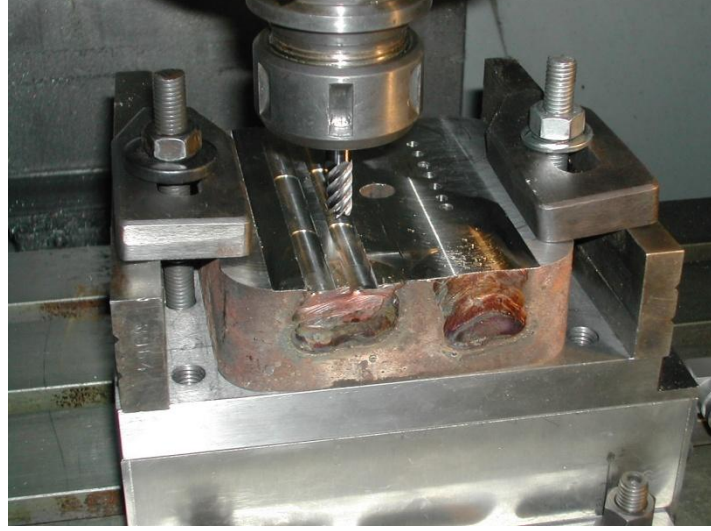
Tablo II0.3. DIN 1.2344’in kimyasal özellikleri

DIN 1.2344	C	Mn	Si	Cr	Mo	V
Temel	0.35	0.40	0.8	4.8	1.2	0.85

Tablo II0.4. DIN 1.2344’in mekanik özellikleri

Çekme Dayanımı	Çentik-Darbe	Uzama(%)	Sertlik(HRC)
----------------	--------------	----------	--------------

(N/mm ²)	Dayanımı (N/mm ²)		
460	530-650	24	25-36



Şekil II0.3. Deneyde kullanılan iş parçaları

III.3.1.3. Deneyde Kullanılan Kaynak Elektrodu

Deneyde askaynak as p 312 tipi çapı 4 mm uzunluğu 350 mm olan kaynak elektrodu kullanılmıştır.

Tablo II0.5. Askaynak as p 312'in kimyasal özellikleri

Askaynak as p 312	C	Mn	Si	Cr
Temel	0.1	0.9	0.9	2.9

Tablo II0.6. Askaynak as p 312'in mekanik özellikleri

Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Uzama(%)
800	600	25

III.3.1.4. Deneyde Kullanılan Kesici Takımlar

Deneysel çalışmada kullanılan parmak frezeler 4XSGEO L9322 Karbid parmak freze olup Çoklu-katmanla TiAlN kaplanmışdır. Bu takımlar Şekil III.4'de görülmektedir.



Şekil II0.4. Deneyde kullanılan kesici takım örnekleri

III.3.2. Deney Metotları

III.3.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Deneyleri

Deneysel çalışmada, işleme sonrası elde edilen iş parçasının işlenen yüzeyindeki pürüzlülük değeri MAHR-Perthometer ile ölçülmüştür. Her ölçüm hassasiyeti arttırmak için üç defa tekrarlanmıştır. Şekil III.5’de ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil II0.5. MAHR-Perthometer M1 taşınabilir pürüzlülük cihazı

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, ortalama yüzey pürüzlülük değeri (R_a) esas alınarak ölçümler yapılmış ve sonuçlar R_a 'ya göre yorumlanmıştır.

III.3.2.2. Kesme Kuvveti Deneyleri

Deneysel çalışmada kesme kuvveti ölçümünü gerçekleştirmek için oluşturulan düzenekte iş parçasının işlenmesi esnasında iş parçasını etkileyen üç- eksenli bileşenlerinin ölçülmesinde ve analizinde kullanılmıştır. Oluşturulan düzenekteki parçalar; üç boyutlu kistler dinamometre (Şekil III.6), üç kanallı charge-amplifikatörü, dinamometreye bağlanabilen uç bağlama aparatı, ölçüm bilgilerinin analizi için DynoWare isimli yazılım programı, bilgisayar bağlantısı için ISA tipi A/D kartı ve ara bağlantı kablolarından oluşmaktadır.



Şekil II0.6. KISTLER dinamometre

Yük amplifikatörü olarak KISTLER 5019b tipi yük amplifikatörü kullanılmıştır (Şekil III.7). Bu amplifikatör kuvvet sensöründen üç eksen (x,y,z) gelen voltaj sinyallerini ayrı ayrı değerlendirmektedir.



Şekil II0.7. KISTLER 5019b tipi yük amplifikatörü

Kesme esnasında, yazılım yardımı ile üç eksen oluşmuş kuvvetler ölçülmüş ancak yorumlamalar için maksimum kuvvetler dikkate alınmıştır. Optimizasyon ve varyans analizinde de maksimum kuvvetler dikkate alınarak sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

III.3.2.3. Talaş Kaldırma Sıcaklığı Ölçüm Deneyleri

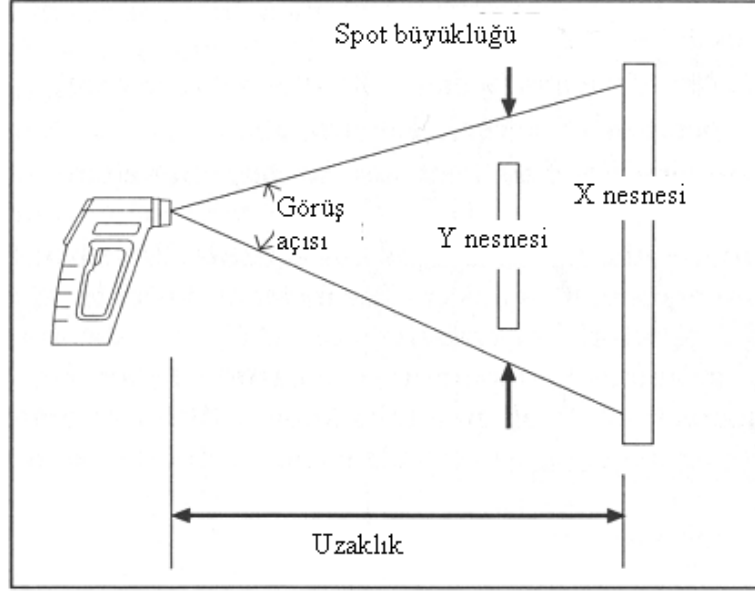
Deneyel çalışmada, sıcaklık ölçümünü gerçekleştirmek için bir düzenek oluşturulmuştur. Bu düzenekte, Sıcaklık ölçümü infrared sıcaklık ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Infrared termometreler, sıcaklığı ölçülen nesne ile temas etmediğinden diğer dokunmalı tip termometrelere oranla birçok avantajlara sahiptirler. Bu avantajlar şunlardır:

- Temassız, temiz ölçüm: Malzemelerin yumuşak, ıslak ve erişilmez olduğu yerlerde kolay ve temiz ölçüm olanağı sağlarlar.

- Küçük, hareketli veya çok sıcak nesnelere: Infrared termometreler sadece nesnelere yayılan enerjiyi algıladıkları için küçük ve harekete halindeki nesnelere sıcaklıklarının ölçülmesinde, dokunmalı termometrelere oranla çok daha kullanışlıdır. Sıcaklığı 3000°C'ye kadar olan nesnelere uzak mesafelerden kolayca ölçülebilmektedir.
- Ulaşılması güç nesnelere: Görüş alanında olan ve erişilmesi güç olan nesnelere sıcaklıkları, Infrared termometreler ile çok uzaktan ölçülebilmektedir.
- Emniyet: İnsanların giremediği emniyetsiz ve zor yerlerde Infrared termometreler güvenle çalışabilmektedir.
- Ölçüm hızı: Infrared ölçümler diğer dokunmalı ölçümlerden çok daha hızlıdır. Saniyede birçok okuma yaparlar ve sonuçları hassas olarak verirler. Aynı ölçümleri dokunmalı termometreler ile yapmak uzun zaman alır.
- Tekrarlanabilirlik ve doğruluk: Infrared termometreler sıcaklığı ölçülen nesnelere ile temas etmediğinden hassasiyetlerinden ve doğruluklarından kaybetmezler. Tekrarlanabilirlikleri yüksektir. Uzun yıllar problemsiz ve hasarsız olarak hizmet verirler. Infrared ölçümler ile üretim yönteminin sürekli kontrol altında tutmak, üretim hatalarının azalmasını sağlar ve bunun sonucunda ürün kalitesi artar. Ayrıca olası problemlerin Infrared termometreler ile daha başlangıç aşamasında tespit etmek beklenmeyen ani duruşları engellediği gibi bakım zamanını ve gerekli malzemelerin daha iyi programlanmasını sağlamaktadır. Bunun sonucunda da bakım masrafları ve üretim kayıpları önemli ölçüde azalmaktadır. Ayrıca izolasyon hatlarında kullanılan Infrared termometreler enerji kayıplarının azaltılmasında önemli rol oynarlar.

Her optik cihazın bir görüş açısı vardır. Sıcaklık ölçülmeden önce kullanıcı, cisme uygun uzaklıkta bulunduğunu kontrol etmelidir. Görüş açısı, cihazın üstündeki V şeklindeki çıkıntıdan veya lazer çember şeklini gösterirken ayarlanabilir. Eğer ölçülecek cismin önünde başka bir engel varsa bu çekilmelidir. X nesnenin sıcaklığını ölçmek için Y nesnesi kaldırılmalı, Y nesnesinin sıcaklık ölçümü için de termometre daha yakına getirilmelidir. Termometrenin görüş açısı Şekil III.8'de görülmektedir.



Şekil II0.8. Termometrenin görüş açısı

Frezelemede talaş kaldırma esnasında kesici takım ile iş parçası arasındaki temas noktasında oluşan sıcaklıklar yorumlanırken maksimum sıcaklık değeri dikkate alınmıştır. Gerekli yorumlamalar ve sonuç çıkarımı maksimum sıcaklık değerine göre yapılmıştır.

III.3.3. Deney Tasarımları

Deney tasarımı Taguchi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Böylece, daha az deney ile daha geniş kapsamlı sonuçlara ulaşmak mümkün olmuştur. Bu durumda, zaman ve maliyetten kazanım sağlanmıştır. Kalite karakteristiğini belirlerken, ölçülecek yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti oranlarının en az olması istendiğinden dolayı, deneyler sonucunda ulaşılması beklenen kalite değerlerinden, en küçük en iyidir prensibi uygulanmıştır.

$$S/N = -10 \cdot \text{Log} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

(III.5)

Denklem III.5 deki n = deney şartlarında yapılan deney sayısını ve y ise ölçülen karakteristiği (Bağımlı değişkeni) ifade etmektedir.

Bu deneysel çalışmada parametreler olarak, İlerleme oranı (f), devir (n) ve talaş derinliği (d) seçilmiştir. Tüm deneylerde Çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı karbür parmak frezeler kullanılmış ve deneyler ince ve kaba paso işleme şeklinde yapılmıştır. Deneyde kullanılacak parametreler ve seviyeleri Tablo III.5 ve Tablo III.7’de, L9

deney tasarımı ise Tablo III.6 ve Tablo III.8’de sunulmuştur. Deney düzeneğinin şematik görüntüsü Şekil III.9’da verilmiştir.

Tablo II0.7. Deney parametreleri (İnce paso için)

Parametreler	(A) İlerleme Oranı (mm/min)	(B) Devir (dev/min)	(C) Talaş Derinliği (mm)
Seviye I	150	2000	0.25
Seviye II	200	2500	0.50
Seviye III	250	3000	0.75

Tablo II0.8. L₉ Deney tasarımı (İnce paso için)

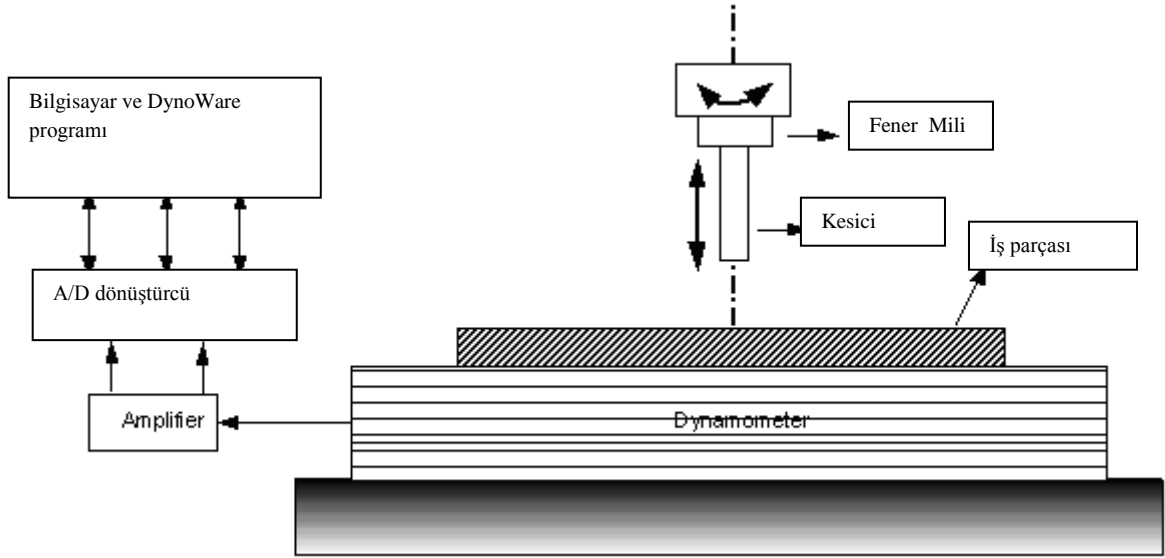
Deney No.	Değişkenler	(A)	(B)	(C)
		f (mm/min)	n (dev/min)	d (mm)
1	A ₁ ,B ₁ ,C ₁	1	1	1
2	A ₁ ,B ₂ ,C ₂	1	2	2
3	A ₁ ,B ₃ ,C ₃	1	3	3
4	A ₂ ,B ₁ ,C ₂	2	1	2
5	A ₂ ,B ₂ ,C ₃	2	2	3
6	A ₂ ,B ₃ ,C ₁	2	3	1
7	A ₃ ,B ₁ ,C ₃	3	1	3
8	A ₃ ,B ₂ ,C ₁	3	2	1
9	A ₃ ,B ₃ ,C ₂	3	3	2

Tablo II0.9. Deney parametreleri (Kaba paso için)

Parametreler	(A) İlerleme Oranı (mm/min)	(B) Devir (dev/min)	(C) Talaş Derinliği (mm)
Seviye I	100	1500	1
Seviye II	200	1800	1.5
Seviye III	300	2100	2.0

Tablo II0.10. L₉ Deney tasarımı (Kaba paso için)

Deney No.	Değişkenler	(A)	(B)	(C)
		f (mm/min)	n (dev/min)	d (mm)
1	A ₁ ,B ₁ ,C ₁	1	1	1
2	A ₁ ,B ₂ ,C ₂	1	2	2
3	A ₁ ,B ₃ ,C ₃	1	3	3
4	A ₂ ,B ₁ ,C ₂	2	1	2
5	A ₂ ,B ₂ ,C ₃	2	2	3
6	A ₂ ,B ₃ ,C ₁	2	3	1
7	A ₃ ,B ₁ ,C ₃	3	1	3
8	A ₃ ,B ₂ ,C ₁	3	2	1
9	A ₃ ,B ₃ ,C ₂	3	3	2

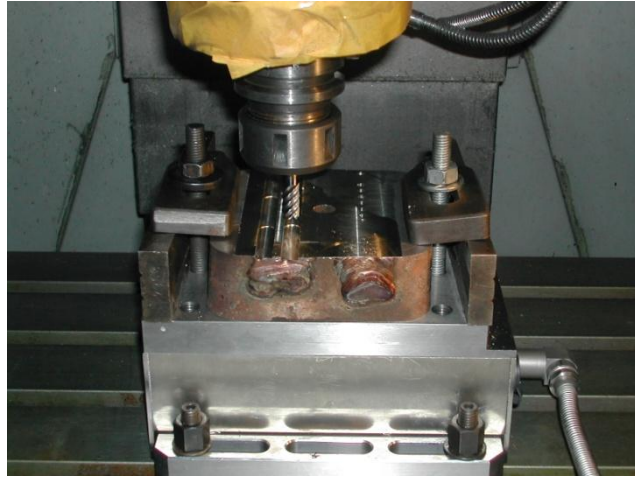


Şekil II0.9. Deney düzeneğinin şematik görüntüsü

III.4. DENEYSSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

III.4.1. DIN 1.2344 Sıcak Kalıp Malzemesinin Parmak Freze Çakısı ile İşlenmesi

DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği sahip olduğu özelliklerden dolayı kalıp imalatında yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklık kararlılığı, ısı iletkenliği, tokluğu ve aşınma direnci gibi sahip olduğu mekanik özellikleriyle ilgi görmektedir. Bu malzemeler ısı işlem görmeden önce 20-30 HRC sertliğe sahipken ısı işlem sonrasında 30-60 HRC sertliğine kadar ulaşabilmektedirler. Bu tür malzemelerin işleme parametrelerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda H13 malzemesi olarak da isimlendirilen bu malzemenin işleme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

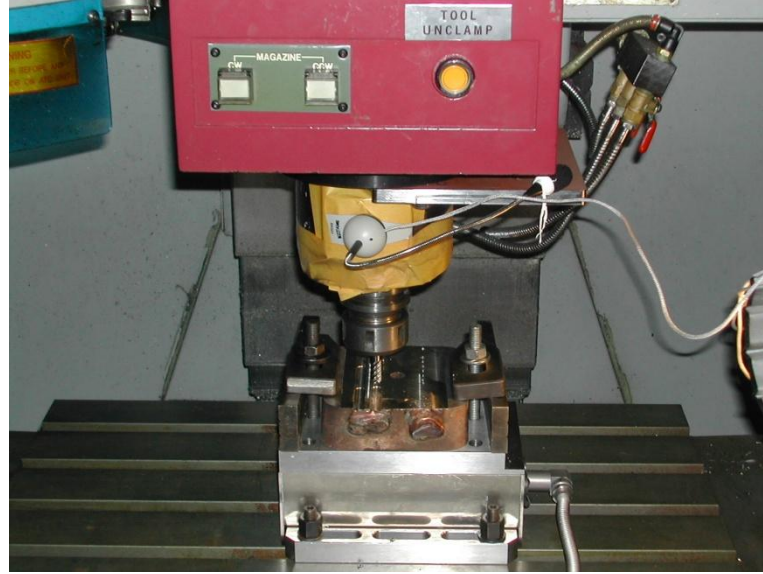


Şekil II0.10. Deneyin fotoğrafik görüntüsü

Kalıpla imalat, sanayinin önemli imalat yöntemlerinden birisidir. Yaygın olarak kullanılmasından dolayı kalıp maliyetleri de imalat işlemlerinde büyük önem arz etmektedir. Yıpranmış bir kalıbın yeniden imalatı yüksek maliyet ve en önemlisi de

zaman kayıplarına sebep vermektedir. Maliyet ve zaman kaybını azaltmak ve kullanılan kalıbın kullanım süresini daha da uzatabilmek için kalıpların tamir ve bakımları büyük öneme sahiptir. Özellikle hasar görmüş ve tamir edilebilecek kalıpların tamir ve bakımı firma için büyük bir kazanç sağlayacaktır.

Şekillendirme, delme, kesme veya metal döküm kalıpları her kullanımda büyük bir zorlamaya tabi olmaktadır. Bu zorlanmaların etkisiyle kalıpların yüzeylerinde aşınma ve çatlama gibi hasarlar ortaya çıkmakta ve ürün toleransları bu aşınma veya hasardan dolayı değişmektedir. Bu noktada kalıpların kaynaklı tamiri son derece önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 110.51. Deneysel çalışmanın görüntüsü

Yapılan deneysel çalışmada DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği malzemesi üzerinde yapay hatalar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu hatalar kaynakla tamir yapılmıştır. Deneysel numunelerinin kaynakla tamiri yapılan bölgeden çoklu-katmanla TiAlN kaplamalı karbür parmak frezelerle talaş kaldırılmıştır. Kaynakla tamiri yapılmış kalıpların işleme parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Aşağıda deneyler sonucu ince paso ve kaba paso için elde edilen yüzey pürüzlülüğü (R_a μm), kesme sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve kesme kuvveti (N) değerleri Tablo III.9 ve Tablo III.10'da verilmiştir.

Tablo III.11. Yüzey Pürüzlülüğü (R_a μm), Kesme Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), Kesme Kuvveti (N) değerleri (ince paso için)

Deneysel No.	Değişkenler	R_a (μm)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Kesme Kuvveti (N)
1	A_1, B_1, C_1	0.64	25	17.67
2	A_1, B_2, C_2	0.67	30	70.40
3	A_1, B_3, C_3	0.71	27	129.00

4	A ₂ ,B ₁ ,C ₂	0.85	29	70.40
5	A ₂ ,B ₂ ,C ₃	0.94	31	52.83
6	A ₂ ,B ₃ ,C ₁	0.58	26	27.92
7	A ₃ ,B ₁ ,C ₃	1.15	34	77.73
8	A ₃ ,B ₂ ,C ₁	0.71	27	13.28
9	A ₃ ,B ₃ ,C ₂	0.80	34	33.78

Tablo III.12. Yüzey Pürüzlülüğü (Ra μm), Kesme Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), Kesme Kuvveti (N) değerleri (kaba paso için)

Deney No.	Değişkenler	Ra (μm)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Kesme Kuvveti (N)
1	A ₁ ,B ₁ ,C ₁	0.46	46	159.76
2	A ₁ ,B ₂ ,C ₂	0.42	70	206.65
3	A ₁ ,B ₃ ,C ₃	0.58	94	206.63
4	A ₂ ,B ₁ ,C ₂	0.66	69	363.07
5	A ₂ ,B ₂ ,C ₃	1.04	102	407.32
6	A ₂ ,B ₃ ,C ₁	0.54	48	197.85
7	A ₃ ,B ₁ ,C ₃	1.51	65	247.65
8	A ₃ ,B ₂ ,C ₁	0.99	53	328.22
9	A ₃ ,B ₃ ,C ₂	0.85	78	413.18

III.4.1.1. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan deneysel çalışmada irdelenen konulardan biride işlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerleri olmuştur. Yıllardır yapılan çalışmalar sonucunda yüzey pürüzlülüğünün oluşumunda etkin parametreler belirlenmiş hatta bununla ilgili ampirik denklemler üretilmiştir.

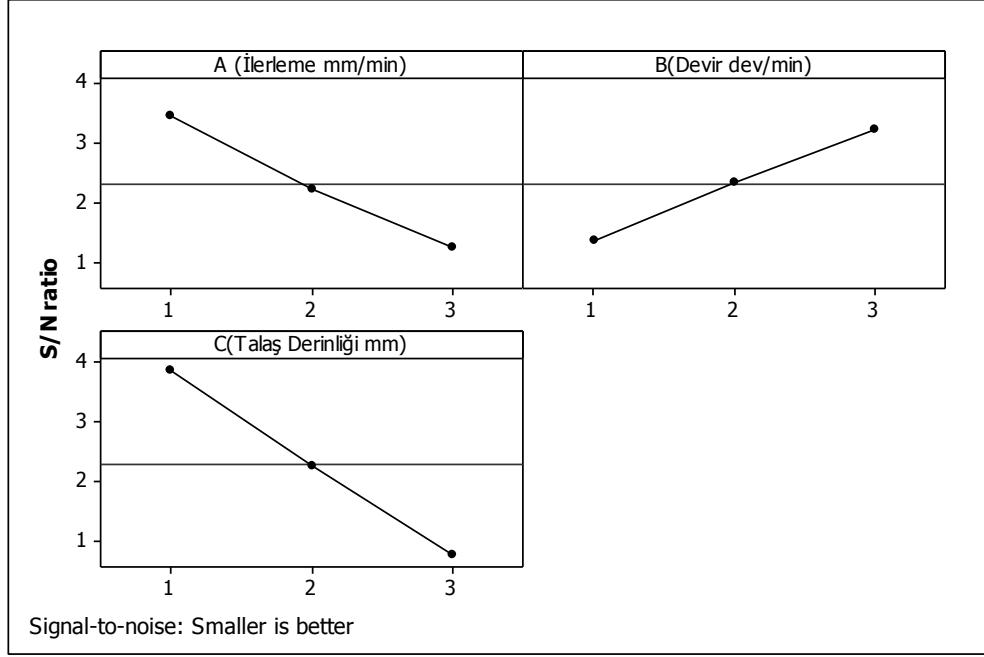
$$R_a = \frac{f \cdot r^2 \cdot 1000}{4D} \quad (III.6)$$

Burada, R_a : yüzey pürüzlülüğünü, f : ilerleme oranını, r ise uç yarıçapını ve D : kesici takımın çapını ifade etmektedir. Denklem III.6'da görüldüğü gibi, R_a yüzey pürüzlülüğü değeri, ilerlemenin artışı ile artmakta, kesici takım uç yarıçapının artması ile de azalmaktadır. Ancak bu, çok genel bir denklemdir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar bu denklemle örtüşmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinden elde edilen diğer bir önemli neticede, oluşan talaşın görsel özelliği yüzey kalitesi hakkında tahminde bulunulmasına olanak sağlamaktadır. Daha düzgün ve sürekli kırılan talaşların elde edildiği deneysel çalışmalarda talaş kaldırılan yüzeyin pürüzlülük değeri daha az olurken, aksine kırılmayan ve kıvrımlaşarak kesici takım ve iş parçası etrafında biriken talaşların elde edildiği deneysel çalışmada talaş kaldırılan yüzeyin pürüzlülüğü ise daha fazla olmaktadır.

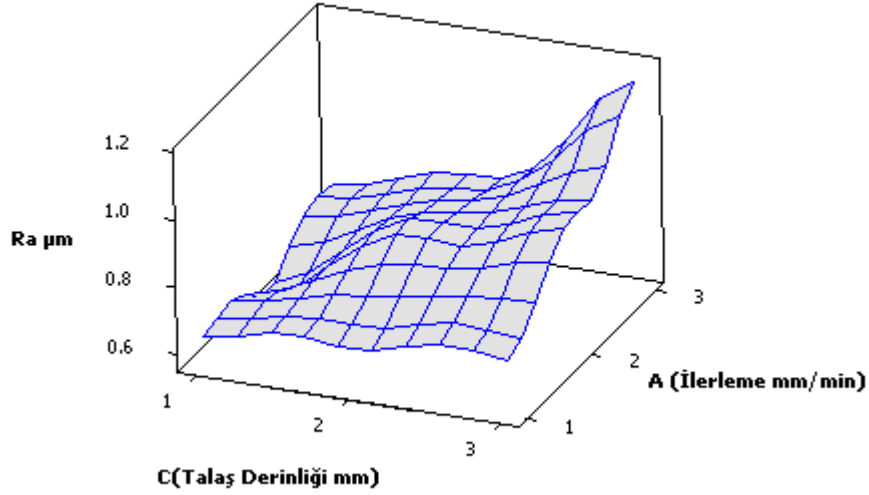
Genel olarak, elde edilen pürüzlülük değeri, 0.3- 1.6 μ m arasında olmuştur ki bu değerler beklentileri karşılamaktadır. Yüzey pürüzlülük değerinin işleme parametrelerine göre S/N oranları aşağıdaki Tablo III.11. ve Şekil III.12'de sunulmuştur.

Tablo III.13. Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları(ince paso için)

Seviye	A (İlerleme mm/min)	B(Devir dev/min)	C(Talaş Derinliği mm)
1	3.4432	1.3580	3.0948
2	2.2268	2.3303	2.2761
3	1.2330	3.2148	0.7661
$\Delta_{\max-\min}$	2.2102	1.8568	3.0948
Rank	2	3	1



Şekil II0.62. Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları (ince paso için)



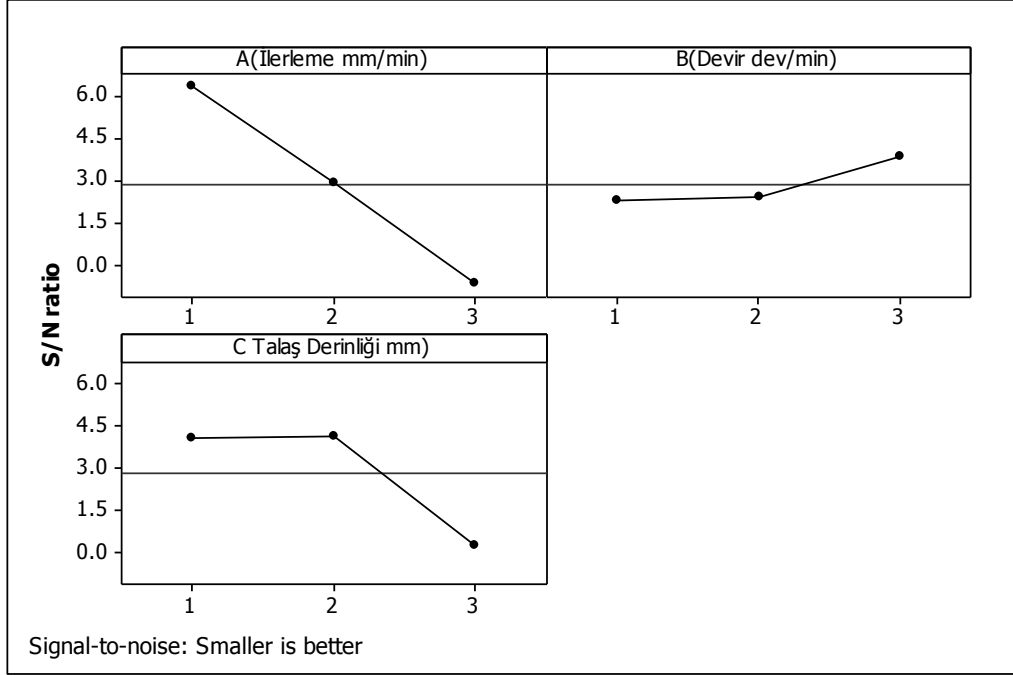
Şekil II0.73. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkileri (ince paso için)

Tablo III.11 ve Şekil III.12’de görüldüğü gibi, yapılan dokuz deneyde elde edilen ince paso için S/N oranına göre ilerleme oranının 200 mm/min, kesme devri 3000 dev/min ve talaş derinliğinin de 0.25mm olduğunda en iyi yüzey kalitesinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Tablo III.12 ve Şekil III.14’de görüldüğü gibi, kaba paso için S/N oranına göre ilerleme oranının 100 mm/min, kesme devri 2100 dev/min ve talaş derinliğinin de 1.5mm olduğunda en iyi yüzey kalitesinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu durum, Ra’daki değişimin ilerleme oranı ve kesme devrinin artışından hayli etkilenmekle birlikte, tamamen bu parametrelere bağlı olmadığını göstermektedir.

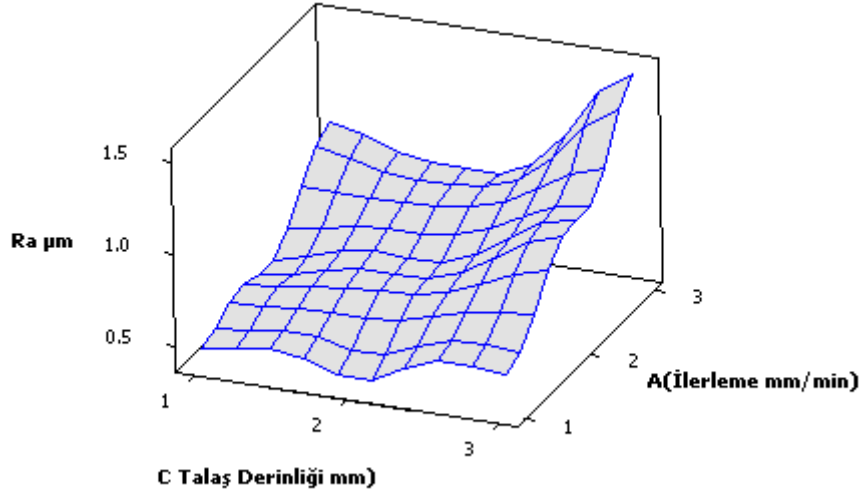
Tablo III.14. Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları (kaba paso için)

Seviye A(İlerleme mm/min) B(Devir dev/min) C TalaşDerinliği mm)

1	0.4867	0.8767	0.6633
2	0.7467	0.8167	0.6433
3	1.1167	0.6567	1.0433
$\Delta_{\max-\min}$	0.6300	0.2200	0.4000
Rank	1	3	2



Şekil II0.84. Yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranları (kaba paso için)



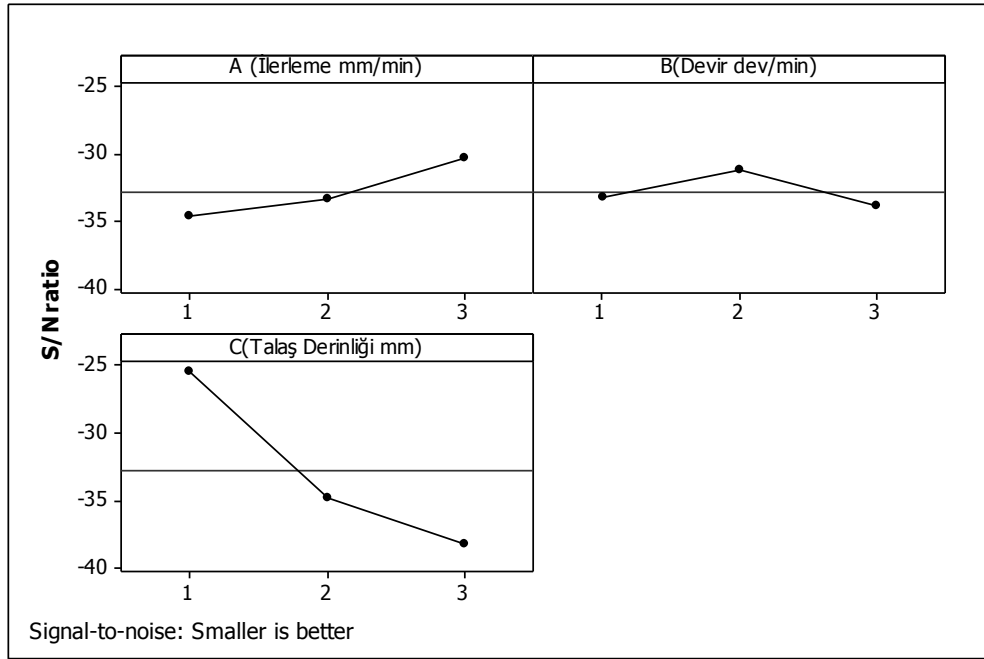
Şekil II0.95. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkileri (kaba paso için)

III.4.1.2. Kesme Kuvveti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

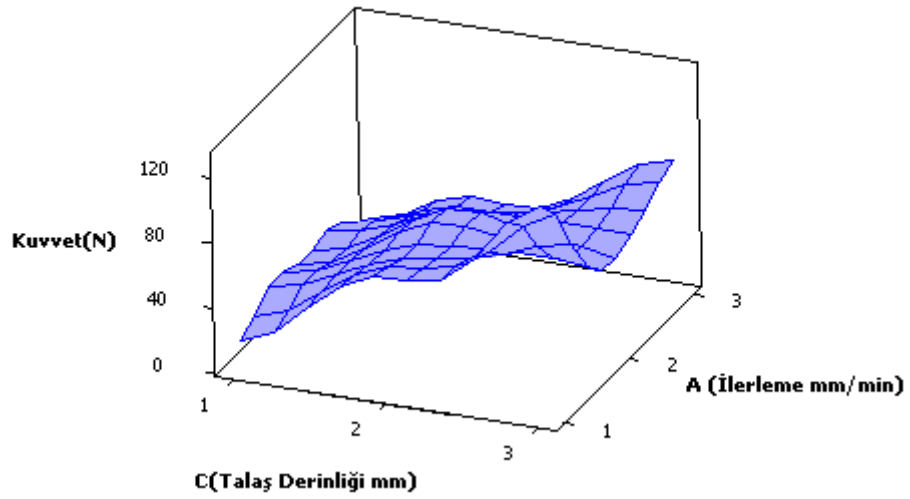
Kistler dinamometre kullanılarak gerçekleştirilen kesme kuvveti ölçümleri ile elde edilen sonuçlar, kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkisinin anlaşılması açısından belirleyici olmuştur. Deneysel çalışmada elde edilen kesme kuvveti neticelerinden maksimum kesme kuvvetleri dikkate alınmıştır. Kesme kuvvetlerinin iyi tayin edilmesi hem iş parçası hem de kesici takım açısından önemlidir. Çünkü kesme kuvvetleri hem iş parçasını hem de kesici takımı etkilemektedir. Kesme kuvvetlerinin sadece kesici takım aşınmasına değil, aynı zamanda iş parçasında meydana gelen gerilmelere ve hatta üretilen ürünün boyutsal doğruluğuna da etkisi vardır. Bu bağlamda, bir malzemenin işlenebilirliğinin tayininde, o malzeme üzerinden talaş kaldırma esnasında gerekli kesme kuvvetlerinin en uygun seviyelerinin tayin edilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir. Kesme esnasında kesme kuvvetlerinin büyüklüğünde en etkin parametrelerden biri kesici takım uç yarıçapı diğeri ise talaş derinliği olarak kabul edilebilir. Yıllardır yapılan bilimsel araştırmalar ve imalat sanayindeki tecrübeler bunu göstermektedir. Ancak, bunlar genel kabullerdir, imalat sanayindeki gelişmeler ve özellikle iş parçası olarak kullanılan malzeme özellikleri, kesici takım kaplama türleri ve işleme koşulları da kesme kuvvetinin oluşumunda etkili olan faktörlerdir.

Tablo III.15. Max. Kesme kuvveti değerlerinin S/N oranları (ince paso için)

Seviye	A (İlerleme mm/min)	B(Devir dev/min)	C(Talaş Derinliği mm)
1	-34.70	-33.24	-25.44
2	-33.44	-31.29	-34.83
3	-30.28	-33.90	-38.16
$\Delta_{\max-\min}$	4.42	2.61	12.72
Rank	2	3	1



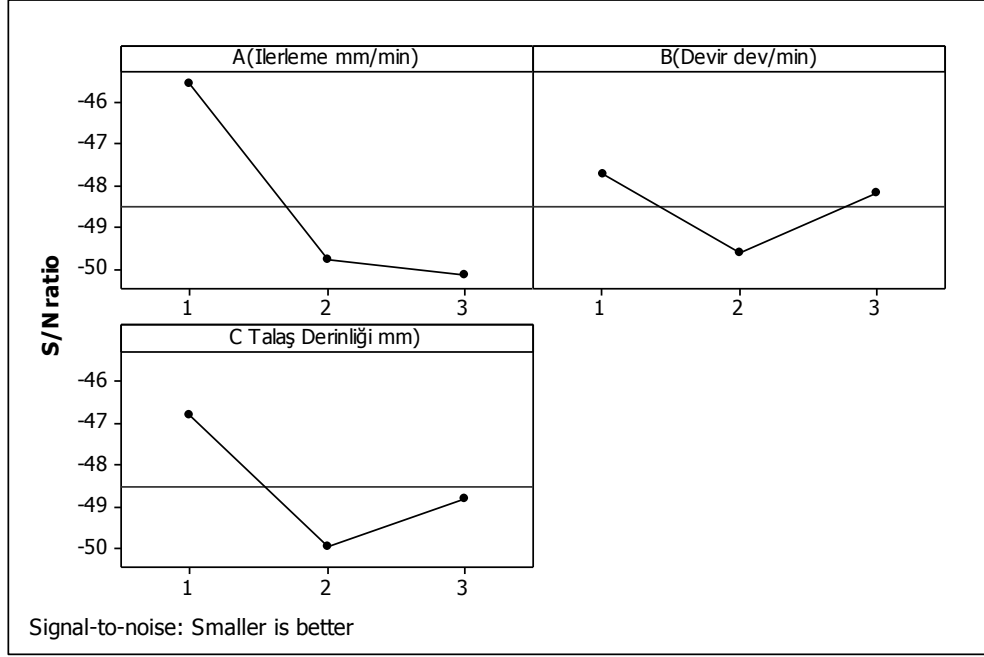
Şekil III.16. Max. Kesme kuvvetlerinin S/N oranları (ince paso için)



Şekil III.17. Talaş derinliği ve ilerlemenin kesme kuvvetine etkisi (İnce paso için)

Tablo III.16. Max. Kesme kuvveti değerlerinin S/N oranları (kaba paso için)

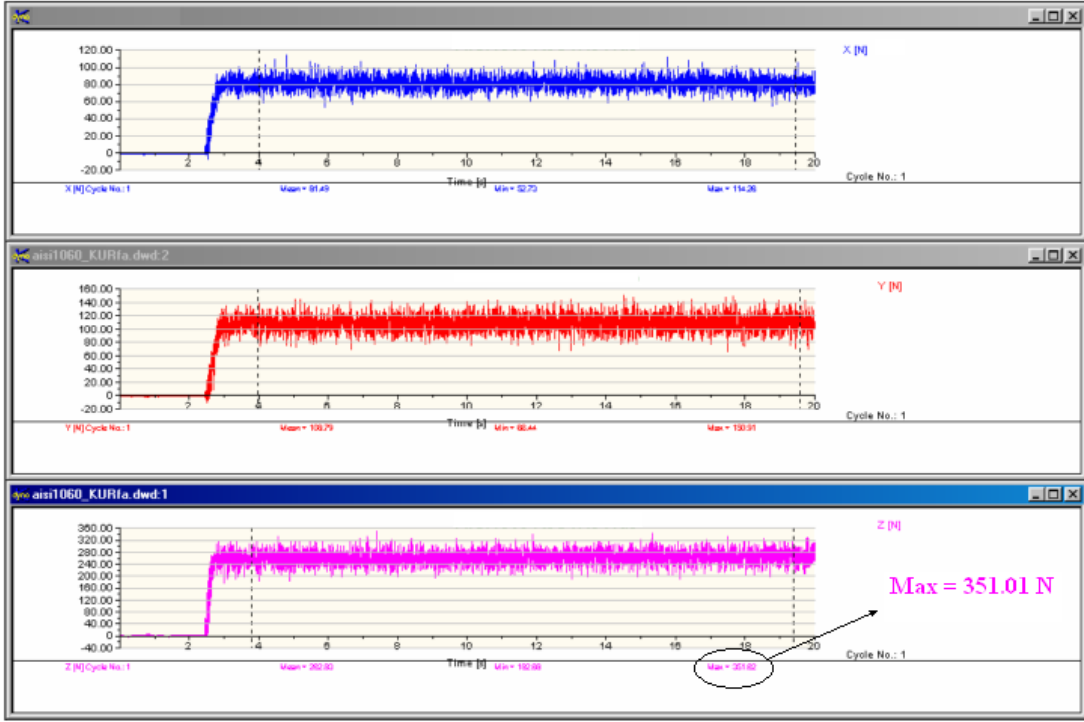
Seviye	A(İlerleme mm/min)	B(Devir dev/min)	C Talaş derinliği mm)
1	-45.56	-47.72	-46.77
2	-49.78	-49.61	-49.94
3	-50.17	-48.18	-48.79
$\Delta_{\max-\min}$	4.61	1.89	3.17
Rank	1	3	2



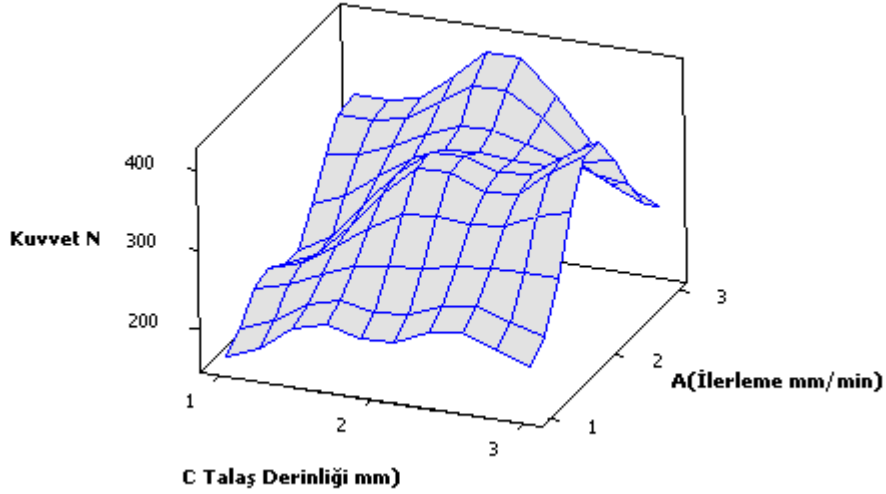
Şekil II.108. Max. Kesme kuvvetlerinin S/N oranları (kaba paso için)

Tablo III.13, Şekil III.16 ve Şekil III.17’de görüldüğü gibi, yapılan dokuz deneyde elde edilen ince paso için S/N oranına göre ilerleme oranının 200 mm/min, kesme devri 3000 dev/min ve talaş derinliğinin de 0.25mm olduğunda en düşük kesme kuvvetinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Tablo III.14, Şekil III.18 ve Şekil III.20’de görüldüğü gibi, kaba paso için S/N oranına göre ilerleme oranının 100 mm/min, kesme devri 2100 dev/min ve talaş derinliğinin de 1.5mm olduğunda en düşük kesme kuvvetinin elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu durum, kesme kuvvetindeki değişimin ilerleme oranı ve talaş derinliğinin artışından hayli etkilenmekle birlikte, tamamen bu parametrelere bağlı olmadığını göstermektedir.

Deneysel çalışma esnasında DynoWare yazılımından okunan kesme kuvveti sonuçları Şekil III.19’da görülmektedir. Şekil III.19’da görüldüğü gibi 3 farklı eksenlerdeki kesme kuvvetleri sonuçları kaydedilmektedir. Ancak, X ve Z eksenlerinden meydana gelen kuvvetler ihmal edilmektedir. Asıl talaş kaldırma için gerekli olan kuvvet F_y kuvveti olarak kabul edilmekte ve yorumlamalar ona uygun yapılmaktadır.



Şekil III.119. DynoWare yazılımından okunan kuvvetler



Şekil III.20. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin kesme kuvvetine etkisi (Kaba paso için)

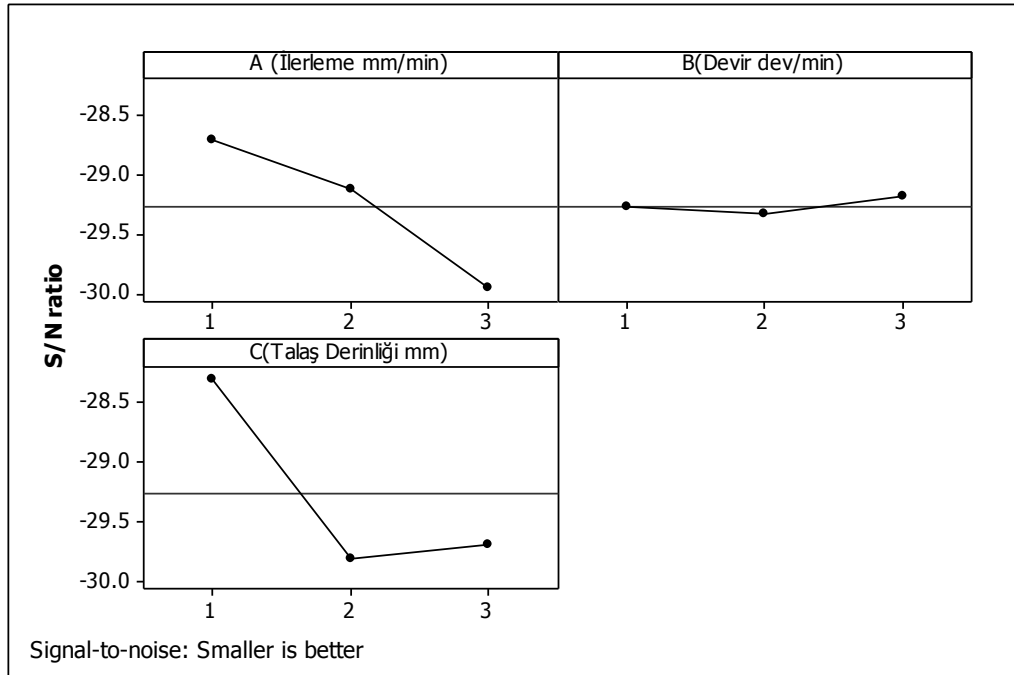
III.4.1.3. Talaş Kaldırma Sıcaklığı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Talaşlı imalatta, kesme esnasında kesici takım ile iş parçası arasında meydana gelen sıcaklık ve bunun etkileri üzerine araştırmalar, araştırmacıların ilgi alanları arasındadır. Sıcaklık ölçümünde en sık kullanılan yöntemler infrared ve termokupl yöntemleridir. Bu yöntemleri kullanarak, iş parçası ile kesici takım arasındaki sürtünmeden meydana gelen sıcaklık tahmin edilmeye ve ölçülmeye çalışılmaktadır. Sıcaklığın belli değerleri aşması, hem iş parçası hem de kesici takıma olumsuz tesir

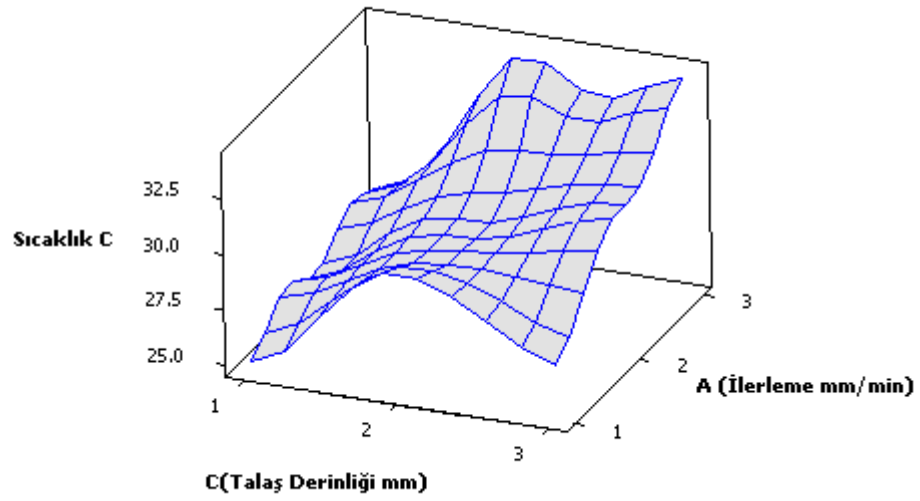
etmektedir. Bu gerçeğin yanı sıra, araştırmacılar; bir malzemenin işlenmesinde sıcaklık oluşumunun belirlenmesini ve bu değerleri kesme parametrelerini değiştirerek optimal noktaya çekerek, kesici takım ile iş parçasının; oluşan sıcaklıktan minimal ölçüde olumsuz etkilenmesi için gayret sarf etmekte ve bunu da işlenebilirlik kriterleri içerisinde irdelemektedirler. Bu durum dikkate alınarak, işlenebilirlik testinde sıcaklık ölçümleri infrared kamera ile alınmış ve talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları ince paso için Tablo III.15, Şekil III.21 ve Şekil III.22’de, kaba paso için Tablo III.16, Şekil III.23 ve Şekil III.24’de sunulmuştur.

Tablo III.17. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (ince paso için)

Seviye	A (İlerleme mm/min)	B (Devir dev/min)	C (Talaş Derinliği mm)
1	-28.71	-29.28	-28.30
2	-29.12	-29.33	-29.81
3	-29.96	-29.19	-29.69
$\Delta_{\max-\min}$	1.25	0.15	1.51
Rank	2	3	1



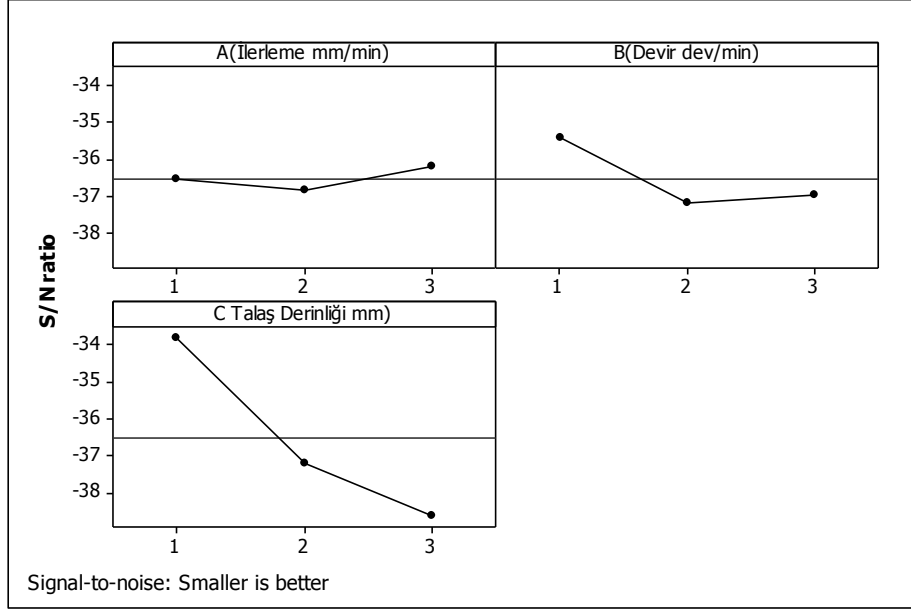
Şekil III.21. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (ince paso için)



Şekil III.22. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin kesme sıcaklığına etkisi (İnce paso için)

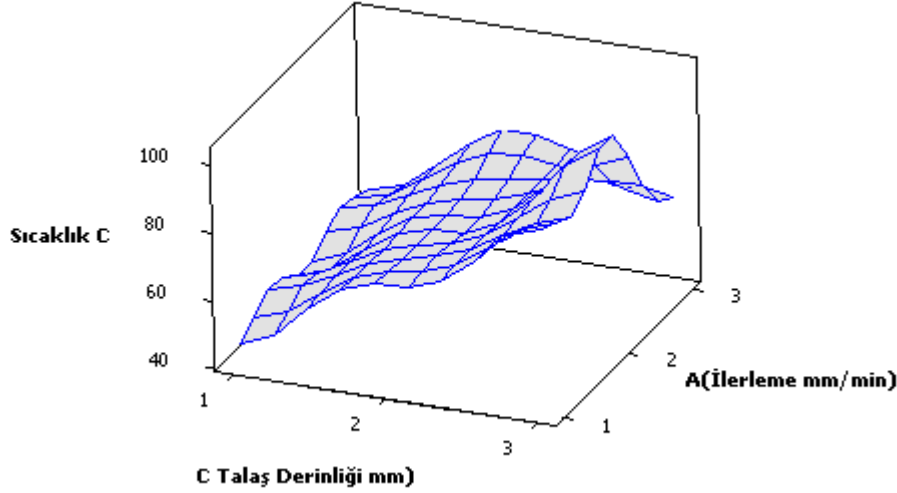
Tablo III.18. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (kaba paso için)

Seviye	A(İlerleme mm/min)	B(Devir dev/min)	C (Talaş Derinliği mm)
1	-36.54	-35.43	-33.79
2	-36.86	-37.19	-37.17
3	-36.20	-36.98	-38.63
$\Delta_{\max-\min}$	0.66	1.76	4.84
Rank	3	2	1



Şekil II.23. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkların S/N oranları (kaba paso için)

Şekillerden anlaşılacağı gibi, sıcaklık hem ilerleme oranındaki artış ile artmakta hem de talaş derinliğinin artışı sıcaklığı arttırmaktadır. Ancak, yüksek kesme hızlarında meydana gelen sıcaklık değişimi, düşük kesme hızlarına oranla daha az olmuştur.



Şekil III.24. Talaş derinliğinin ve ilerlemenin kesme sıcaklığına etkisi (Kaba paso için)

III.4.1.4. ANOVA ile Parametrelerin Değerlendirilmesi

DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği üç değişik faktör, üç değişik seviyede kullanılarak ince ve kaba paso olmak üzere dokuzar deney yapılmış ve bu deneylerin her birinden farklı Ra yanıt değerleri ölçülmüştür. Bu farklılıkların tamamen tesadüf mü yoksa faktörlerinden mi kaynaklandığı ve her faktörün bu yanıtı etkisini belirlemek için varyans analizi kullanılmaktadır. İnce paso için ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin varyans analizi sonuçları Tablo III.17'de sunulmuştur. Tablo

III.17’de görüldüğü gibi, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği TiAlN kaplamalı kesici takımlarla işlenmesi sonucu işlenen yüzeydeki pürüzlülüğün oluşumunda en etkili faktör % 51.48 ile talaş derinliği oranıdır.

Tablo II0.19. Ra değerlerine göre ANOVA sonuçları (ince paso için)

Notasyonlar	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Değişkenler	F oranı	Yüzde Oran (%)
A	2	0.068467	0.034233	20.96	27,83
B	2	0.050867	0.025433	15.57	20,68
C	2	0.126600	0.063300	38.76	51,48
Hata (e)	2	0.003267	0.001633		0,01
Toplam	8	0.249200			100

Kaba paso için ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin varyans analizi sonuçları Tablo III.18’de sunulmuştur. Tablo III.18’de görüldüğü gibi, DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği TiAlN kaplamalı kesici takımlarla işlenmesi sonucu işlenen yüzeydeki pürüzlülüğün oluşumunda en etkili faktör % 61.13 ile ilerleme oranıdır.

Tablo II0.20. Ra değerlerine göre ANOVA sonuçları (kaba paso için)

Notasyonlar	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Değişkenler	F oranı	Yüzde Oran (%)
A	2	0.60140	0.30070	62.65	61,13
B	2	0.07760	0.03880	8.08	7,88
C	2	0.30480	0.15240	31.75	30,98
Hata (e)	2	0.00960	0.00480		0,01
Toplam	8	0.99340			100

F dağılımı hipotezine göre yapılan varyans analizinde, 0.05 α düzeyine göre tablo değerleri kullanılmıştır. Güven aralığı % 95 seçilmiştir. Buna göre, $F_{0.05,2,8} = 4,46$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda, A,B ve C faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü oluşumuna istatistiksel ve fiziksel etkisi olduğu görülmektedir.

III.4.1.5. Regresyon Modeli ile Ra Tahminsel Denklem Oluşturulması

Talaş kaldırma için kullanılan kontrol faktörleri (İlerleme oranı, kesme hızı ve talaş derinliği) ile yanıt (Ortalama yüzey pürüzlülüğü) arasında tahmini denklem oluşturma ve bunlar arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bu ince paso deneysel çalışması için elde edilen R_a denklemi aşağıda denklem III.7’de sunulmuştur.

$$R_a = 0.463 + 0.107 A - 0.0917 B + 0.145 C + (\varepsilon) \quad R^2 = 0.982$$

(III.7)

Bu kaba paso deneysel çalışması için elde edilen R_a denklemi aşağıda denklem III.8’de sunulmuştur.

$$R_a = - 0.007 + 0.315 A - 0.110 B + 0.190 C + (\varepsilon) \quad R^2 = 0.89$$

(III.8)

Bu denklemde A ilerleme oranını, B kesme devrini ve C talaş derinliğini sembolize etmektedir. Ayrıca, ε hatayı ifade etmektedir. İnce ve kaba paso işlemleri için denklemlerin belirleme katsayısı R^2 değerleri 0.982 ve 0.89 olarak elde edilmiştir. R^2 değerinin 1 e yaklaşması, tahmin modelinin gerçek ilişkiye yakınlığını ifade etmekte ve 0.8 ve üzeri olması durumunda kuvvetli ilişki olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada elde edilen tahminsel denklemde R^2 0.8 üzeri olduğu için kabul edilebilir sınırlar içindedir ve kuvvetli ilişkiye sahiptir.

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Kaynakla tamiri yapılmış DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği deney numunesinin TiAlN kaplanmış kabür parmak freze ile işlenebilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada faydalı neticeler elde edilmiştir. İşlenebilirlik için incelenen kriterler, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti, sıcaklık olmuştur. Bu kriterlerin en ideal şartlarda gerçekleşmesinde etkili olduğu düşünülen üç kontrol faktörü (ilerleme oranı, kesme devri ve talaş derinliği) üç farklı seviyede seçilmiş ve ince ve kaba paso işleme yöntemleri deneysel çalışmada uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Kaynakla tamiri yapılmış DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği malzemesinin TiAlN kaplamalı kesici takımlarla ince paso ile işlenmesinde, işlenmiş yüzeyde oluşan pürüzlülük değerinde en etkili kontrol faktörü talaş derinliği oranıdır. Kaba paso ile işlenmesinde, işlenmiş yüzeyde oluşan pürüzlülük değerinde en etkili kontrol faktörü ilerleme oranıdır.
- Kesme kuvvetinin oluşumunda her üç kontrol faktörü (kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme oranı) de etkili olmuştur. İnce paso işlemi için optimal kesme kuvveti değerine, $f=200$ mm/min, $n= 3000$ dev/min ve $d=0.25$ mm de ulaşılmıştır. Kaba paso işlemi için optimal kesme kuvveti değerine, $f=100$ mm/min, $n= 2100$ dev/min ve $d=1.5$ mm de ulaşılmıştır.
- Talaş kaldırma esnasındaki oluşan sıcaklık, ince paso işlemi için talaş derinliği ve ilerlemenin etkili olduğu anlaşılmaktadır. Kaba paso işlemi için talaş derinliği ve kesme devri etkili olmuştur. Ancak, düşük kesme hızlarındaki sıcaklık artışı, yüksek kesme hızlarındaki sıcaklık artışına nazaran daha fazla olmuştur.
- Taguchi optimizasyon tekniği, Kaynakla tamiri yapılmış DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği malzemesinin işlenebilirliği deney tasarımında ve parametrelerin optimizasyonu ile yanıt değerlerin istenilen oranlarda seyretmesinde etkili bir teknik olduğu yapılan çalışma ile görülmüştür.
- Varyans analizi (ANOVA) ile, deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların oluşumunda hangi kontrol faktörünün ne kadar önem derecesine sahip olduğu başarılı bir şekilde belirlenmiştir.

- Regresyon analizi ile, ince paso deneysel çalışma için Ra tahminsel denklemi % 98,2 doğruluk ile kaba paso için % 89 doğruluk ile elde edilmiştir.
- Elde edilen sonuçlar literatür dikkate alınarak değerlendirildiğinde, TiAlN kaplamalı kaynakla tamiri yapılmış DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği malzemesinin işlenebilirliğine olumlu katkı sağladığı ve özellikle kesici takımın performansındaki iyileşmeye ivme kazandırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Kaynakla tamiri yapılmış DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliği malzemesinin TiAlN kaplama ile kuru frezeleme, istenilen geometrik ve boyutsal toleranslarda parçalar üretilebileceği bu çalışmadan çıkan bir diğer sonuç olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] M. EL Mansori, M. Nouari “Dry machinability of nickel-based weld-hardfacing layers for hot tooling” *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 47
- [2] M.C. Kang.; K.H. Kim.; S.H. Shin; S.H. Jang; J.H. Park; C. Kim; M.C. Kang; K.H. Kim; S.H. Shin; S.H. Jang; J.H. Park; C. Kim.: “Effect of the minimum quantity lubrication in high-speed end-milling of AISI D2 cold-worked die steel (62 HRC) by coated carbide tools” *Surface & Coatings Technology* 202 (2008) 5621–5624
- [3] A.K.M. Nurul Amina; Shuriani Binti Dolaha; Marlina Binti Mahmuda; M.A. Lajis.: “Effects of workpiece preheating on surface roughness, chatter and tool performance during end milling of hardened steel D2” *journal of materials processing technology* 201 (2008) 466–470.
- [4] Lincoln Cardoso Branda; Reginaldo Teixeira Coelho; Alessandro Roger Rodrigues.: “Experimental and theoretical study of workpiece temperature when end milling hardened steels using (TiAl)N-coated and PcBN-tipped tools” *journal of materials processing technology* 199 (2008) 234–244.
- [5] P. Koshy; R.C. Dewes; D.K. Aspinwall.: “High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel (58 HRC)” *Journal of Materials Processing Technology* 127 (2002) 266–273
- [6] Masanori Onozuka; Katsusuke Shimizu; Kazuhiro Urata; Masahiro Kimura; Hirokazu Kadowaki; Mamoru Okamoto; Hideo Nakajima; Kazuya Hamadab; Kiyoshi Okuno.: “Basic analysis of weldability and machinability of structural materials for ITER Toroidal Field coils” *Fusion Engineering and Design* 82 (2007) 1431–1436
- [7] Tsao chung-chen; hocheng honk.: “comparison of the tool life of tungsten carbides coated by multi-layer TiCN and TiAlCN for end mills using the taguchi method” *journal of materials processing technology* 123 (2002) 1-4

- [8] P. Krajnik; J. Kopac.: "Modern machining of die and mold tools" *Journal of Materials Processing Technology* 157–158 (2004) 543–552
- [9] J.A. Arsecularatne ; L.C. Zhang ; C. Montross ; P. Mathew.: "On machining of hardened AISI D2 steel with PCBN tools" *Journal of Materials Processing Technology* 171 (2006) 244–252
- [10] J.A. Ghani; I.A. Choudhury; H.H. Masjuki.: "Performance of P10 TiN coated carbide tools when end milling AISI H13 tool steel at high cutting speed" *Journal of Materials Processing Technology* 153–154 (2004) 1062–1066
- [11] K.A. Abou-El-Hosseini; K. Kadrigama; M. Hamdi; K.Y. Benyounis.: "Prediction of cutting force in end-milling operation of modified AISI P20 tool steel" *Journal of Materials Processing Technology* 182 (2007) 241–247
- [12] Helen Coldwell; Richard Woods; Martin Paul; Philip Koshy; Richard Dewes; David Aspinwall.: "Rapid machining of hardened AISI H13 and D2 moulds, dies and press tools" *Journal of Materials Processing Technology* 135 (2003) 301–311
- [13] Wilson Tafur Preciado; Carlos Enrique Nino Bohorquez.: "Repair welding of polymer injection molds manufactured in AISI P20 and VP50IM steels" *Journal of Materials Processing Technology* 179 (2006) 244–250
- [14] Sadettin Orhan; Ali Osman Er; Necip Camuşcu; Ersan Aslan.: "Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness" *NDT&E International* 40 (2007) 121–126
- [15] Akkurt, M.: "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları". Birsen Yayınevi, (2004)
- [16] Şahin, Y.: "Talaş Kaldırma Prensipleri 1". Nobel Yayın Dağıtım, (2000)
- [17] Gülmez, S. : "Bor Alaşımli Çeliklerin Alın Frezelenmesinde Kesme Kuvvetlerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi". Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, (2003)
- [18] SME Publication Committee : "Tool & Manufacturing Engineers Hand Book", Third Edition, Dallas, D:B., MC Graw Hill Book Company, Michigan, (1976)

- [19] Aslan, Ö.S.: “Freze Tezgahında Talaş Kaldırma İşlemine Etki Eden Faktörlerin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, (2000)
- [20] Bakır, b.: “ CNC Freze Tezgahlarında Kullanılan Karbür Parmak FrezeTakımı Geometrisinin İşlenebilirliğe Etkilerinin İncelenmesi” Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek LİSANS Tezi, (2005)
- [21] Yiğitarıslan, E.: “ Sıcak Dövme İşleminde Karşılaşılan Hatalar, Önlenmesi ve Maliyete Etkisi” Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek LİSANS Tezi, (2009)
- [22] Oğuz, B.: Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayınları, İstanbul. (1993)
- [23] Oğuz, B.: “Dolgu Kaynağı El Kitabı” Oerlikon, İstanbul. (1976)
- [24] Oguz, B.: “Ark Kaynağı”, Oerlikon Yayını, İstanbul. (1989)
- [25] Kaluç, E.: Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt 1, Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:MMO/2004/356, Kocaeli. (2004)

ÖZGEÇMİŞ

6 Şubat 1978 tarihinde Manisa'nın Salihli ilçesinde doğdum. İlk ve ortaöğretimimi Manisa'da tamamladım. Marmara Üniversitesi Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliğini 2004 yılında bitirdikten sonra, aynı yıl Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Eğitimime başladım.