



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

MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ İŞLENMESİNDE TAKIM YOLU STRATEJİSİNİN İNCELENMESİ

Alper TAŞKIN

BURDUR, 2018

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

**MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ İŞLENMESİNDE
TAKIM YOLU STRATEJİSİNİN İNCELENMESİ**

Alper TAŞKIN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI

BURDUR, 2018

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Magnezyum Alaşımlarının İşlenmesinde Takım Yolu Stratejisinin İncelenmesi”** başlıklı bu tezin;

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

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

05 /10/ 2018

(İmza)

Alper TAŞKIN

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamında deneysel çalışma ve gerekli ölçümleri yapmamda yardımcı olan değerli hocam, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Uğur KÖKLÜ'ye teşekkürü borç bilirim.

0438-YL-17 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca maddi manevi destekleriyle beni teşvik eden kıymetli Aileme teşekkürlerimi sunarım.

Eylül, 2018

Alper TAŞKIN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Magnezyum Alaşımları	3
2.2. Magnezyumun Önemi ve Kullanım Yerleri	4
2.3. Talaş Kaldırma Prensibi	5
2.4. Kesme Kuvvetleri	8
2.5. Aşınma.....	9
2.5.1. Adhezif Aşınma	9
2.5.2. Abrazif Aşınma	10
2.5.3. Yorulma Aşınması	10
2.5.4. Korozyon Aşınması	10
2.6. Magnezyumun İşlenebilirliği	11
2.6.1. Kuru İşleme	11
2.6.2. Hava Soğutmalı İşleme.....	12
2.6.3. Kesme Sıvılı İşleme.....	12
2.7. Yüzey Pürüzlülüğü	12
2.8. Literatür Taraması	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Deney Düzeneği	19
3.1.1. CNC Tezgahı	19
3.1.2. Kesme Parametreleri.....	20
3.1.3. Takım Yolu Modelleri	20
3.1.4. AZ91 Alaşımın Deneye Hazırlanması.....	22
3.1.4.1. AZ91 Alaşımın Mekanik Özellikleri.....	25
3.1.5. Karbür Parmak Freze	26
3.1.6. Kesme Kuvvetlerini Ölçme Sistemi	27
3.1.7. Deneyde Kullanılan Soğutma Sistemi ve Sıcaklık Ölçümü	28
3.1.8. Takım Aşınmasını Dijital Mikroskop ile Görüntüleme.....	29
3.1.9. Topografik Görüntü Alma ve Yüzey Pürüzlülük Ölçme.....	31
3.2. Deney Metotları.....	33
3.2.1. Takım Yolunun Süre Üzerine Etkisi	34
3.2.2. Takım Yolunun Kuvvetler Üzerine Etkisi	36
3.2.3. Kesici Takımdan Alınan Sıcaklık Değerleri.....	40
3.2.4. Kesici Takım Aşınma Analizleri	41
3.2.5. İş Parçası Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Analizi.....	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	49
4.1. Literatür ile Kıyaslama	52
5. SONUÇ	54
KAYNAKLAR	56

	Sayfa
EKLER.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	102



ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Magnezyum alaşımlarında kodlama yöntemi.....	3
Şekil 2.2. Parmak frezeleme geometrisi.....	6
Şekil 2.3. Talaş oluşumunun kesit görünüşü.....	6
Şekil 2.4. Frezelemede kesme kuvvetleri.....	8
Şekil 2.5. Aşınma türleri.....	9
Şekil 2.6. Çeşitli metal alaşımların işlenmesinde harcanan enerji miktarı.....	11
Şekil 2.7. Yüzey pürüzlülüğü görseli.....	13
Şekil 3.1. CNC tezgahı.....	19
Şekil 3.2. Takım yolu modelleri.....	20
Şekil 3.3. Takım yolu modelleri.....	21
Şekil 3.4. Parçanın tezgaha bağlanış şekli.....	22
Şekil 3.5. Numune modeli.....	23
Şekil 3.6. İşlenmiş numune örneği.....	23
Şekil 3.7. Farklı takım yolları ile işlenmiş parçalar.....	24
Şekil 3.8. İşlenen numunelerin tamamı.....	25
Şekil 3.9. Karbür parmak freze.....	26
Şekil 3.10. Deneylerde kullanılan karbür parmak freze kesici uçlar.....	27
Şekil 3.11. Kuvvet ölçüm ekipmanları.....	27
Şekil 3.12. Lazerli termometreyle sıcaklık ölçümü.....	28
Şekil 3.13. Dijital mikroskop ile kesici takımı görüntüleme.....	29
Şekil 3.14. Dijital mikroskop ile kesici takımı görüntüleme.....	30
Şekil 3.15. Dijital mikroskop ile takım aşınmasını görüntüleme.....	30
Şekil 3.16. Optik profilometre cihazı.....	31
Şekil 3.17. Optik profilometre cihazı ile yüzey pürüzlülük ölçümü.....	32
Şekil 3.18. Topografik görüntü.....	32
Şekil 3.19. İşleme sırasında çekilmiş bir fotoğraf.....	33
Şekil 3.20. Takımın işlem sırasındaki adım sayıları ve süreleri.....	34
Şekil 3.21. Takım yolu stratejisinin süre üzerinde etkisi.....	35
Şekil 3.22. F_x kuvvetleri.....	36
Şekil 3.23. F_y kuvvetleri.....	37
Şekil 3.24. F_x ve F_y kesme kuvvetleri.....	38

	Sayfa
Şekil 3.25. Takıma etkiyen kuvvet diyagramları.....	39
Şekil 3.26. Kesici takım sıcaklıkları.....	40
Şekil 3.27. Kesici takım ağzının aşınmamış hali.....	41
Şekil 3.28. Kesici takım ağzının aşınmış hali.....	41
Şekil 3.29. Kesici takım kısa ağızlardaki aşınma görselleri.....	42
Şekil 3.30. Kısa ağızlardaki aşınma miktarları.....	43
Şekil 3.31. Kesici takım orta ağızlardaki aşınma görselleri.....	44
Şekil 3.32. Orta ağızlardaki aşınma miktarları.....	45
Şekil 3.33. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a).....	46
Şekil 3.34. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_q).....	47
Şekil 3.35. Yüzey topografyaları.....	48
Şekil 4.1. Hadzley'in kullandığı takım yolu modelleri.....	52

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.2. Mg alaşımları standartları ve bileşimleri	4
Tablo 3.1. Kesme parametreleri	20
Tablo 3.2. AZ91 alaşımın mekanik özellikleri.....	25
Tablo 3.3. Karbür parmak freze ölçüleri.....	26
Tablo 3.4. Dijital mikroskop özellikleri.....	29
Tablo 3.5. Optik profilometre cihazı özellikleri.....	31
Tablo 3.6. Takımın işlem sırasındaki adım sayıları ve süreleri.....	34
Tablo 3.7. F_x kuvvetleri.....	36
Tablo 3.8. F_y kuvvetleri.....	37
Tablo 3.9. İşleme sırasında takım üzerinden alınan sıcaklıklar.....	40
Tablo 3.10. Kısa ağızlardaki aşınma miktarları.....	43
Tablo 3.11. Orta ağızlardaki aşınma miktarları.....	45
Tablo 3.12. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a).....	46
Tablo 3.13. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_q).....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a_r	: Freze yarıçap
Al	: Alüminyum
ASTM	: Amerika Malzeme Tecrübeleri Kurumu
BUE	: Talaş yığıntısı
cal	: Kalori
cm	: santimetre
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
g/cm³	: gram / santimetre küp
GJ/m³	: gramjoule / metre küp
Kcal	: Kilo kalori
Mn	: Magnezyum
mm	: Milimetre
m/dak	: metre/ dakika
mm/dev	: milimetre / devir
MQL	: Minimum miktarda yağlamalı
N	: Newton
Ni	: Nikel
I₁	: Freze tam boy
I₂	: Freze helis boyu
P	: Freze köşe radyüsü
R_a	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
R_q	: Kök kare ortalama pürüzlülük
Sn	: Saniye
Si	: Silisyum
V_c	: Kesme hızı
Zn	: Çinko
Z	: Freze ağız sayısı
°A	: Angström
°C	: Santigrad
µm	: Mikro metre

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Magnezyum Alaşımlarının İşlenmesinde Takım Yolu Stratejisinin İncelenmesi

Alper Taşkın

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Gültekin BASMACI

Eylül, 2018

Talaşlı işleme endüstrisinde artan verimlilik talebi, farklı takım yolu stratejileri kullanarak cep frezelemede hızlı talaş kaldırma tekniğini beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasıyla, AZ91 magnezyum alaşımının işlenmesi sırasında farklı takım yolu stratejilerinin takıma gelen kuvvetlere ve takım aşınmasına etkisi hakkında deneysel bir inceleme yapılmıştır. İşlem sırasında kesici takıma soğutma uygulamanın kuru işleme göre avantajları tespit edilmiştir. Soğutma tipi olarak basınçlı hava ve kesme sıvısı uygulanmıştır. İşlem sırasında kesici takım üzerinden alınan sıcaklık değerlerine göre, kesme sıvısı kullanmanın hava ile soğutmaya göre üstünlükleri görülmüştür. Farklı takım yolları ile yapılan kesme işlemlerinde de takımın sıcaklık değerleri alınmıştır. Kesici takım-parça temasının uzun sürmesi durumunda sıcaklık artmış ve buna bağlı aşınma değerleri artmıştır. Daha az aşınan kesici takımlarla yapılan işlemlerde daha hassas yüzey pürüzlülükleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: takım yolu, magnezyum, işlenebilirlik, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0438-YL-17 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Investigation of Tool Path Strategy in the Machining of Magnesium Alloys

Alper Taşkın

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Gültekin BASMACI

September, 2018

Increased productivity demands in the machining industry, bring fast chip removal techniques in pocket milling using different tool path strategies. In this thesis study, an experimental investigation was carried out on the effect of different tool path strategies on wear-affecting forces and tool wear during the machining of AZ91 magnesium alloy. Advantages of the insert cooling process over the dry process have been determined during the process. Pressurized air and cutting fluid are applied as cooling type. According to the temperature values obtained through the cutting tool during the process, the advantages of using cutting fluid compared to air cooling are seen. The temperature values of the tool were also taken during the cutting operations with different tool paths. If the cutting tool-piece contact takes a long time, the temperature increases and the wear values increase accordingly. More precise surface roughness has been achieved in operations with less worn cutting tools.

Keywords: tool path, magnesium, machinability, tool wear, surface roughness

The present M. Sc. Thesis was supported by Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordinatorship Under the Project number of 0438-YL-17.

1. GİRİŞ

İmalat, endüstriyel uygulamaların temelini oluşturur ve geçmişte olduğu gibi günümüzde de incelenmesi ve geliştirilmesi endüstriyel uygulamalar için vazgeçilmez bir unsurdur. İmalat sektöründeki gelişmeler sürekli artarak devam etmektedir. Ürünün tasarımıyla başlayan imalat süreci, hangi tip işleme yönteminin kullanılacağına karar verilmesiyle devam eder ve kalite kontrol gibi aşamalarla son bulur. Bu süreç içerisinde talaş kaldırma işlemleri ise imalat endüstrisinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Beklentilerin hep daha yüksek olması imalat sürecindeki gelişmeleri hızlandırmıştır. Bu gelişmeler imalat yöntemlerini doğurmuş, teknolojiye imalat yöntemlerini klasikten modernleşmeye geçirmiştir. İmalat yöntemlerinden modern işleme yöntemleri son yüz yıl içerisinde önem kazansa da bazı klasik yöntemler önemini asla yitirmemiştir (Buldum, 2013).

Talaşlı işleme endüstrisinde artan verimlilik talebi, farklı takım yolu stratejileri kullanarak cep frezelemesinde hızlı talaş kaldırma tekniğini beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasıyla, AZ91 magnezyum alaşımının işlenmesi sırasında farklı takım yolu stratejilerinin takım aşınmasına etkisi hakkında bir inceleme yapmak amaçlanmaktadır. Çalışma 4 farklı takım yolu üzerinden incelenmiştir. Malzemenin işlenmesinde kuru, hava soğutmalı ve kesme sıvılı olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmıştır. En uygun işlenebilirlik adım sayısı, süre ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak incelenmiş olup kuvvetler ve kesici takımın aşınması karşılaştırılmıştır. Parçaların işlenen yüzeylerinin topoğrafik görüntüleri alınmış ve yüzey pürüzlülükleri karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Magnezyum en bol bulunan elementlerden biri olup, yerkabuğunda %2,7 ve okyanuslarda %0,13 orana sahiptir. Dünyada mevcut kullanım seviyelerine göre Lut Gölü'nde en az 22.000 yıl yetecek kadar magnezyum olduğu tahmin edilmektedir. Bu da maden cevheri rezervlerinde neredeyse sınırsız bir kaynak sağlar (Froes, 1998).

Magnezyum element olarak ilk, Sir Humphrey Davey tarafından 1808 yılında keşfedilmiştir. Periyodik tabloda IIA grubunda bulunan toprak alkali elementidir (Buldum, 2013).

Simgesi	: Mg
Özkütlesi	: 1,74 g/cm ³
Atom numarası	: 12
Atom ağırlığı	: 24,312 g/mol
İyon değeri	: +2
Kaynama sıcaklığı	: 1107 °C
Ergime sıcaklığı	: 650 °C
Elektron düzeni	: 3S ²
Kristal yapısı	: Hekzagonal
Atom yarıçapı	: 1,60 °A (12 koordinasyon sayılı metalik durumda)
Kovalent yarıçapı	: 1,36 °A
İyon yarıçapı	: 0,65 °A (6 koordinasyon sayılı kristaldeki)
Atom hacmi	: 14,0 (atom ağırlığı/yoğunluk)
Birinci iyonlaşma enerjisi	: 176 kcal/mol
Özgül ısısı	: 0,25 cal/g °C
Isı iletkenliği	: 0,38 cal/cm ² , s.cm.°C (oda sıcaklığında)
Elektrik iletkenliği	: 0,224 mikro/hm ⁻¹ (0° ile 20 °C arasında)
Erime ısısı	: 2,14 kcal/atomgram
Kaynama ısısı	: 32,517 kcal/atomgram
Asit-Baz özelliği	: Baz

2.1. Magnezyum Alaşımları

Magnezyum alaşımları bünyesinde en yüksek oranda sahip olduğu 2 elementin ilk harfleri ve kendi içinde sahip oldukları yüzdelik oranlara göre adlandırılırlar. Şekil 2.1'de Magnezyum alaşımlarının kodlama yöntemi gösterilmektedir. Bu kodlama yöntemine göre, magnezyum alaşımının nominal olarak %9 alüminyum ve %1 çinko içerdiğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Magnezyum alaşımlarında kodlama yöntemi

İkili magnezyum-alüminyum sistemi, geniş bir yelpazede magnezyum döküm alaşımların temelidir. Araştırmada kullanılan AZ91 alaşımı, ana alaşım elementleri olarak %9 alüminyum ve yaklaşık %0,5 çinko içerir. ASTM standartlarına göre AZ91 bileşenleri Tablo 2.1'de verilmiştir. Korozyon direncini iyileştirmek üzere %0,2 manganez eklenmiştir. Ancak manganez ve alüminyum, yüksek sertlikle çözülemez parçacıklar oluşturur ve bunun işlenen parça materyalinin işlenebilirliği üzerinde olumsuz bir etkisi vardır, bu da malzeme yığıntısına (BUE oluşumu) ve işlenen yüzeyin bozulmasına neden olur. Buna ek olarak magnezyum alaşımların korozyon davranışı demir, bakır ve nikelin katodik metalik kirliliklerden olumsuz etkilenir. Bu elementlerin konsantrasyonu, kritik olmayacak miktarlara düşürülmüştür.

Tablo 2.1. Mg alaşımları standartları ve bileşimleri

Mn Alaşımı	Alaşım Elementi ve Oranı %								
	Al	Zn	Mn	Si (mak)	Fe (mak)	Cu	Ni (mak)	Diğer	Mg
AZ91	8,5- 9,5	0,45	0,17	0,05	0,004	0,001	0,001	0,01	Kalan

2.2. Magnezyumun Önemi ve Kullanım Yerleri

Magnezyum, 1930'lerden bu yana hâlihazırda geniş bir yelpazede kullanılırken, daha sonra artan materyal maliyeti yüzünden kullanımından kaçınılmış, ancak kısa bir süre önce Rönesans benzeri bir canlanma yaşayarak otomotiv endüstrisinde tekrar kullanılmaya başlanmıştır (Beck, 1939).

Çevre kirliliğinin artmasını engellemek için enerji tüketiminin azaltılması gerekliliği genel olarak kabul görmektedir. Magnezyum yaygın olarak kullanılan konstrüksiyon metalleri içerisinde en hafif olma ve en kolay işlenebilme özelliklerine sahiptir. Alüminyuma kıyasla ağırlıkça %25'e varan indirgeme potansiyeli sunar. Talaşlı imalat sırasında daha düşük kesme direnci ve asgari enerji tüketimiyle imalata daha uygundur. Ayrıca iyi bir yoğunluk-mukavemet oranı, süneklik, ısı iletkenliği, geri dönüştürülebilirlik ve elektromanyetik sönümlenme gibi olumlu özelliklere de sahiptir. Ancak korozyon direncinin zayıflığı, alüminyuma kıyasla daha düşük yorulma dayanımı ve maliyeti gibi bazı olumsuz özellikleri söz konusudur. Bunlara ek magnezyum alaşımlarının davranışları hakkında bilgi yetersizliği ve tedarik tabanının zayıflığı magnezyum kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir.

Otomotiv imalatçıları, sürekli olarak araçların ağırlığını düşürerek araçlarının yakıt verimini artırmanın yeni yollarını aramaktadır. Bunun için geleneksel olarak kullanılan materyallerin yerine daha hafif materyallerin kullanılması gerekir. Bu gereksinimden hareketle araştırmacılar, otomotiv parçalarının gerekliliklerini karşılayan uygun bir materyal bulabilmek için çok sayıda araştırma gerçekleştirmişlerdir. Ortalama yakıt tüketimini indirmeye yönelik devrimler, günümüzde magnezyuma olan ilgiyi tekrar canlandırmıştır. Ayrıca otomotiv alanında magnezyum alaşımların uygulanması, bu alaşımların gelişmelere ve direksiyon simidi, direksiyon kolunu parçaları, gösterge panelleri, koltuklar, şanzımanlar ve hava emme sistemleri gibi otomotiv bileşenlerinde

başarıyla kullanılmasına tanık olmuştur. Gelecekteki gelişmeler arasında araç kaportası, silindir blokları ve motor bloğunda potansiyel kullanım yer almaktadır. Yapılan incelemelerle alüminyum alaşımların yaygın şekilde kullanıldığı, ancak otomotiv uygulamasına yönelik magnezyum alaşımların kullanımının yakın gelecekte hızla artacağı tahmin edilmektedir.

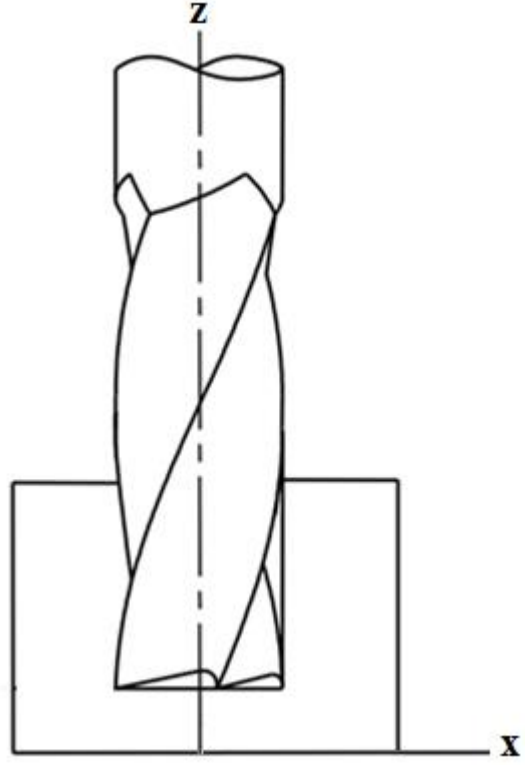
Magnezyum bilinen konstrüksiyon metalleri içerisinde yumuşak bir metal olarak kabul edilir ve mükemmel işlenebilirlik özelliği gösterir. Kesme prosesi sırasındaki daha düşük kesme direnci ve asgari enerji tüketimi ile talaşlı imalata daha müsaittir. İşlenmiş magnezyum alaşımlar, döküm alaşımların aksine gözenekler gibi mikro yapısal kusurlar olmadan daha yüksek mekanik özellikler ve korozyon direnci sergiler, bu da havacılık alanındaki tedarikçilerin, mekanik gerilime maruz kalan bileşenlerin alanlarını kalınlaştırmamasını ve bu hafif materyallerden bütünüyle yararlanmalarını sağlar.

2.3. Talaş Kaldırma Prensipleri

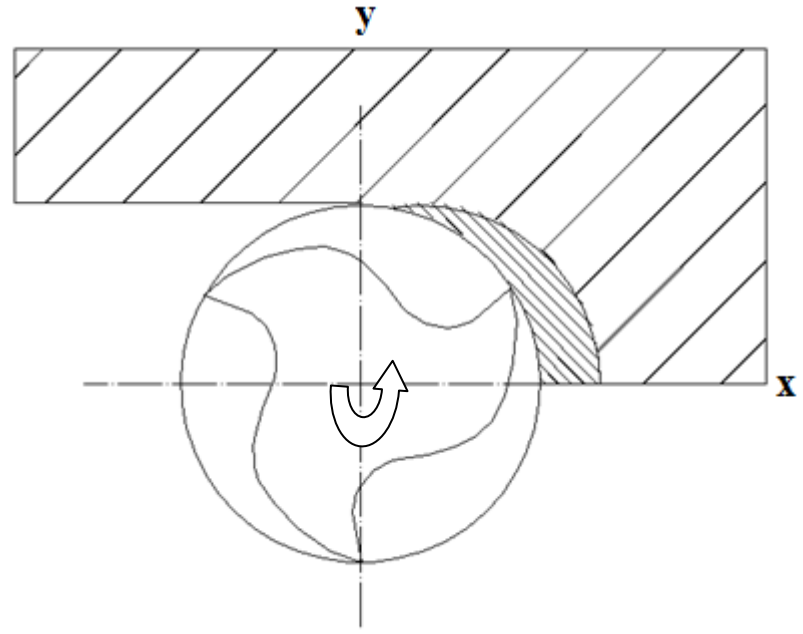
Talaş kaldırma işlemi iş parçasına istenilen şekli verebilmek için parça üzerindeki istenilmeyen kısımların kesici takım vasıtasıyla parçadan çıkarılmasıdır. Kesme işleminde talaş oluşturmak için iş parçasında kayma deformasyonu oluşur. Bu şekilde talaş kaldırılırken yeni yüzey ortaya çıkmış olur. Talaşlı imalat metal şekillendirmede yaygın olarak kullanılır (Groover, 2010). Metal işlemede yaygın olarak kullanılır. Geleneksel olarak 3 farklı şekilde talaş kaldırma yöntemi kullanılır. Bunlar; tornalama, matkap ile delme ve frezelemedir.

Frezeleme, çevresinde kesici kenarlar bulunan takımın kendi etrafında ve iş parçasının doğrusal ilerleme hareketi yapmasıyla gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemidir. Diğer talaş kaldırma yöntemlerine göre birden fazla kesici kenarı (ağzı) bulunduğu için daha fazla talaş kaldırma hacmine sahiptir.

Çevresel frezelemenin yaygın kullanılan bir örneği parmak frezedir. Eğri ve karmaşık yüzeylerin işlenmesinde kullanılabilir. Parmak freze, 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 (Seymen, 2009).



Şekil 2.2. Parmak frezeleme geometrisi



Şekil 2.3. Talaş oluşumunun kesit görünüşü

Talaşlı imalatı önemini gösteren nedenlerden bazıları aşağıdaki gibidir;

- İş parçası malzemesinin çeşitliliği. Talaşlı imalat yönteminde birçok farklı iş parçası malzemesi kullanılabilir. Genel itibariyle tüm katı metaller işlenebilir. Buna ek plastikler ve plastik esaslı kompozitler işlenebilir. Seramikler, yüksek sertliklerinden ve gevrekliklerinden dolayı problem oluşturabilirler. Ancak aşındırıcı talaş kaldırma yöntemleri ile başarılı bir şekilde işlenebilirler.
- Parça şeklinin çeşitliliği. Talaşlı imalat ile düzlemler, silindirik kesitler ve dairesel delikler gibi düzgün şekilli parçalar rahatlıkla elde edilebilir. Bunun yanında kesici takım şeklindeki ve takım yolundaki çeşitliliklerle, vida dişi ve T-kanal gibi düzgün şekilli olmayan parça geometrileri oluşturulabilir. Ayrıca birden fazla işleme operasyonunun ardı ardına uygulanmasıyla birçok çeşit ve zorluktaki şekiller elde edilebilir.
- Boyutsal hassasiyet. Talaşlı imalat ile çok dar toleranslı ölçüler elde etmek mümkündür. Bazı talaşlı imalat yöntemleri ile, diğer imalat yöntemlerinden daha hassas olan $\pm 0,025$ toleransındaki ölçüler elde edilebilir.
- İyi yüzey kalitesi. Çok iyi bir yüzey kalitesi elde etmek talaşlı imalat ile mümkündür. Talaşlı imalat yöntemleri ile 0,4 mikronun altındaki değerlerde yüzey pürüzlülüğü elde edilebilir. Bazı aşındırıcı talaş kaldırma yöntemleri ile daha iyi değerler elde etmek mümkündür.

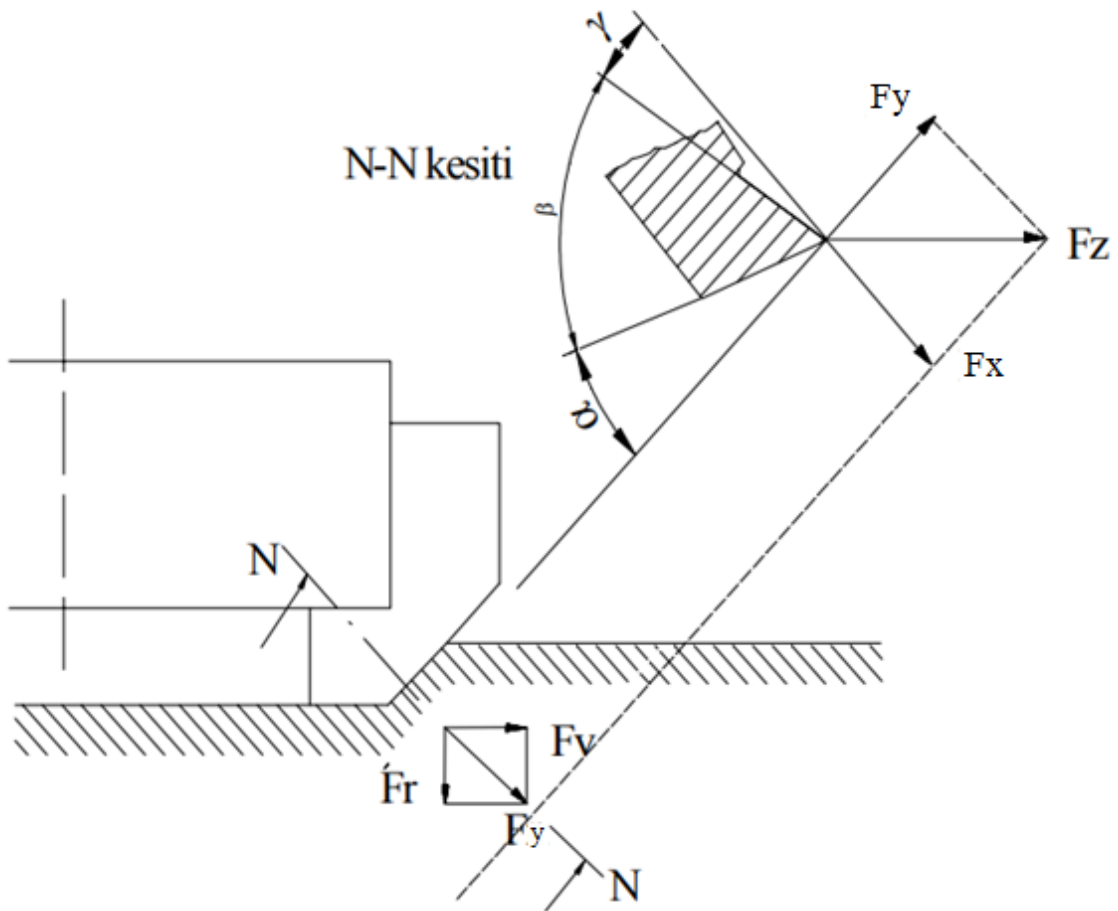
Talaşlı imalat ve diğer talaş kaldırma yöntemlerinin olumsuz yönlerinden bazıları aşağıdaki gibidir;

- İş parçası malzemesinin israf edilmesi. Talaşlı imalat ile doğal olarak iş parçası malzemesi, oluşturulan talaşlar nedeniyle israf edilir. Bu talaşlar geri dönüştürülebilir olmasına rağmen her bir operasyon için israfa neden olurlar.
- İşleme süresi. Talaşlı imalat operasyonları genellikle parçaya verilen şekli için, dövme ve döküm gibi alternatif yöntemlere göre daha fazla üretim süresi gerektirirler.

2.4. Kesme Kuvvetleri

Frezelemede, talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetleri değişkendir. Bundan dolayı, pratikte hesapları kolaylaştırmak için ortalama talaş kesimine karşılık gelen ortalama kesme kuvvetleri dikkate alınır (Korkut, 2003).

Frezelemede kesme kuvvetlerinin durumu Şekil 2.4'te görülmektedir. Kesici ağıza dik olarak alınan N-N kesitindeki ortalama talaş kaldırma kuvvetinin (F_z) bileşenleri, kesme kuvvetleri F_x ve F_y 'dir. F_n normal kuvvetin bileşenleri ise ilerleme kuvveti (F_v) ve radyal kuvvettir (F_r).



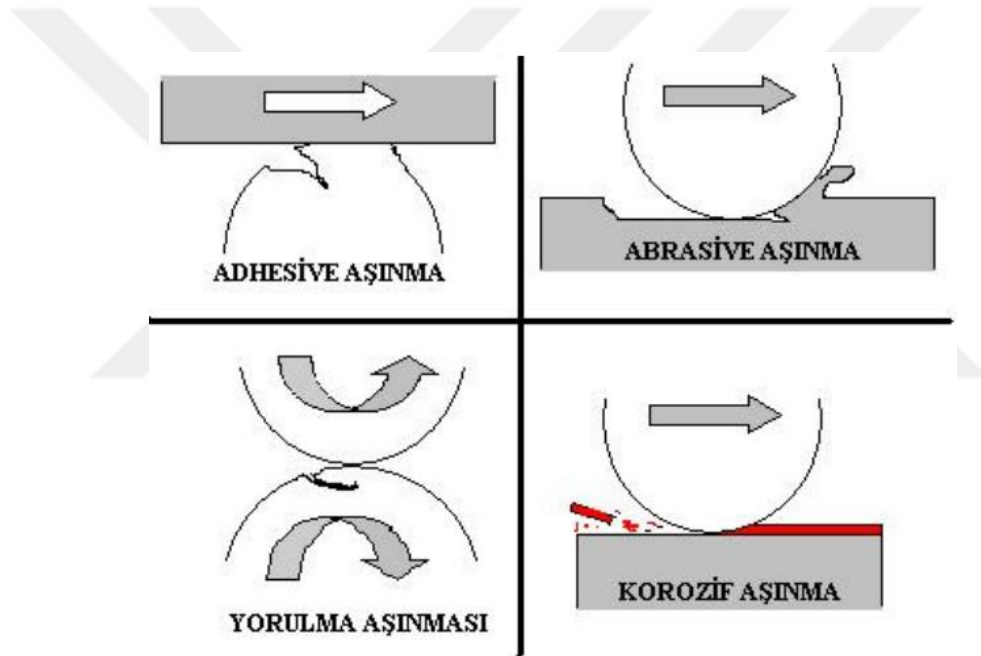
Şekil 2.4. Frezelemede kesme kuvvetleri (Korkut, 2003)

Bir talaşlı imalat operasyonunda F_s , F_n , F_z kuvvetlerinden hiçbiri doğrudan ölçülemez. Çünkü uygulandıkları doğrultular takım geometrisine ve kesme koşullarına göre farklılıklar gösterir. Ancak, bir dinamometre kullanılarak takıma etkileyen iki kuvvet doğrudan ölçülebilir. Bunlar ilerleme kuvveti (F_v) ve ilerleme kuvvetine dik olarak etkileyen

radyal kuvvettir (F_r). İlerleme kuvveti kesme hızıyla aynı yödedir. Ölçülen kuvvet değerleriyle diğer kuvvet bileşenleri hesaplanabilir.

2.5. Aşınma

Aşınma, bir yüzeyin kendisi ile temas halinde olan başka bir yüzey üzerindeki hareketinin sonucunda yüzeylerinden malzemenin uzaklaşması olarak tanımlanmaktadır. Aşınma, yorulma ve korozyon ile birlikte, bir mühendislik bileşeninin ve bir mühendislik sisteminin ömrünü ve performansını sınırlayan üç büyük faktörden biri olarak bilinir. Genel bir tanım verilecek olunursa aşınma, temas yüzeylerinde dış etkilerin tesiriyle oluşan fiziksel ve kimyasal değişmelerin sonucudur. Yaygın olarak karşılaşılan aşınma türleri Şekil 2.5'te verilmiştir (Sönmez, 2017).



Şekil 2.5. Aşınma Türleri

2.5.1. Adhezif Aşınma

Adhezif aşınma, geniş spektrumlu kararsız bir sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma oranı ile tanımlanan yaygın bir aşınma türüdür. Adhezif aşınma; yapışma, yüzeyden malzeme kalkması veya oyulma olarak da bilinir. Kayma sırasındaki deformasyon, adhezif aşınmanın ana mekanizmasıdır. Genel olarak, bölgesel plastik deformasyonlara sebep olan yüksek temas basınçları, iki yüzey arasında adhezif bağların oluşmasına yol açar. Devam eden kayma hareketi bağlanmış bölgedeki kesme geriliminin yumuşak malzemenin akma

mukavemetinin aşılmasına kadar artar, yüzeyden malzeme ayrılması ile aşınma gerçekleşir (Yüksel, 2014).

2.5.2. Abrasif Aşınma

Bir yüzeyin temas halinde bulunduğu diğer yüzeyden daha sert olduğu durumlarda veya temas bölgesinde sert taneciklerin bulunduğu durumlarda meydana gelir. Sert yüzeyin yüzey pürüzlülükleri yumuşak yüzeye bastırıldığı zaman yumuşak malzemede plastik akma meydana gelir. Şayet sert yüzey teğetsel olarak hareket ettirilirse dalma meydana gelir ve yumuşak malzemenin yüzeyinde kanallar ve çizikler meydana gelir. Sert yüzeyin geometrisine ve nüfuziyet derecesine bağlı olarak yüzeyden malzeme uzaklaştırır (Demirtaş, 2017).

2.5.3. Yorulma Aşınması

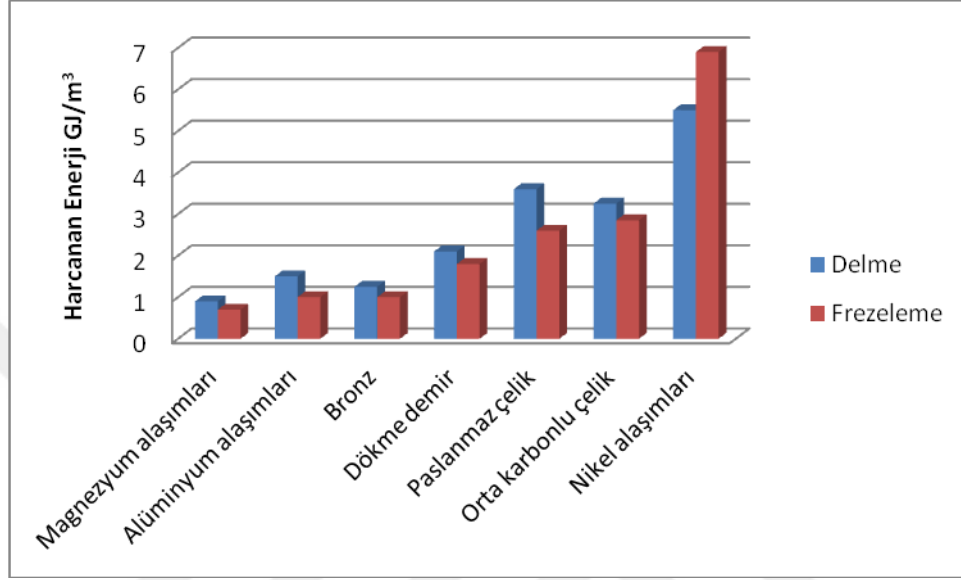
Sürekli ve değişken yükler altındaki parçanın temas yüzeyindeki gerilmeler sonucunda çatlaklar oluşur. Oluşan bu çatlakların birleşmesi ile malzeme yüzeyinden parçalar kopar. Bu tür aşınmaya yorulma aşınması denilir. Basınç altında çalışan yağ çatlaklara girerek, çatlağın ilerlemesini sağlar. Yuvarlanma hareketi yapan makine elemanlarında (rulman, dişli vb.) sıklıkla görülen bir aşınma tipidir.

2.5.4. Korozyon Aşınması

Yüzeyler hava ile reaksiyona girerek aşınmanın şiddetli olmasını önleyen oksit ve diğer tabakaları meydana getirirler. Bununla beraber, özellikle kimyasal maddeler bulunan ortamda ince sert tabakalar oluştururlar. Aynı sonuç yağlarda bulunan maddelerden dolayı da elde edilir. Değişken yük altında bu sert tabaka kırılır ve sert parçacıklar düşerek aşınma parçacıklarını meydana getirirler. Temiz kalan temas yüzeylerinde reaksiyon sonucu olarak tekrar bir sert tabaka oluşur, yük altında tekrar kırılır ve olay bu şekilde devam eder. Oksidasyon aşınmasını önlemek için yüzeyler 55 fosfat veya sülfite ile işlem görür veya oksidasyonu önleyen özel yağlayıcı maddeler (molibden disülfite) kullanılır (Yılmaz, 2013).

2.6. Magnezyumun İşlenilebilirliği

Magnezyumun bilinen en önemli işlenebilirlik karakteristikleri düşük kesme kuvvetleri, iyi yüzey kalitesi ve kolay talaş akışıdır. Şekil 2.6’da magnezyum alaşımları ile diğer alaşımların işlenmesinde harcanan enerji miktarları kıyaslanmıştır.



Şekil 2.6. Çeşitli metal alaşımların işlenmesinde harcanan enerji miktarları

Düşük enerji tüketimi magnezyum alaşımlarının işlenmesinde, daha büyük talaş derinliği ve yüksek ilerleme miktarlarına imkân tanımaktadır. Böylelikle diğer metallere göre daha hızlı ve daha verimli işleme operasyonları gerçekleştirilmektedir (Mert, 2012).

2.6.1. Kuru İşleme

Kuru işlemede kesme hızı kritik bir değeri aşarsa, belirli takım materyali-işlenen parça kombinasyonlarında, kesme takımı materyali ile işlenen parça materyali arasında yapışma etmenleri gözlemlenebilir. Malzeme yığıntısı oluşumu (BUE), dengesiz işleme kuvvetlerine ve düşük yüzey kalitesine neden olur. Yüksek termal genleşme katsayısı yüzünden kuru işleme ayrıca işlenen parçada şekil doğruluğu kaybına da neden olur.

Magnezyumun kuru işlenmesinde bir diğer risk, yüksek tepkiselliğidir. Yaklaşık 600 °C’lik erime noktasına ulaşırsa, küçük magnezyum talaşları tutuşma eğilimi sergiler. Özellikle düşük kesme derinliği olan finiş işlemlerinde toz benzeri talaş sorunu ortaya çıkar. Bu talaşlar sadece bir güvenlik tehlikesi olmakla kalmaz, makine takım bileşenlerine hasar da verebilir.

2.6.2. Hava Soğutmalı İşleme

İşleme sırasında basınçlı hava ile kesici takımını soğutarak takım ömrünü uzatır. Genellikle kirliliğe neden olan ve insan sağlığına zararlı soğutma sıvılarının yerine kullanılır. Kesici takımını soğuttuğu için işleme hızı artırılabilir. Talaş yığıntısını ortamdan uzaklaştırır, böylelikle BUE oluşumunu engeller.

2.6.3. Kesme Sıvılı İşleme

Isı daima daha sıcak bir maddeden daha soğuk bir maddeye akacağı için; iş parçası, kesici takım ve talaşta sürtünme ile ortaya çıkan ısı, soğutucu özellikteki kesme sıvısı ile absorbe edilmeye çalışılır. Sıvının kendisi ısınır ve devamlı olarak bir diğer sıvı ile değiştirilemediği zaman soğutma kabiliyetini kaybeder. Bu nedenle kesme sıvıları sürekli olarak, büyük oranlarda kesici takım ve parça üzerine akmalıdır. Yeterli hızda akan, kâfi miktardaki akışkan uygulanırsa, ısı üretildiği oranda uzaklaştırılacaktır (Hüseyinoğlu, 2008).

Kesme yağı maddeleri, eskiden beri olduğu gibi, talaşlı işleme tekniğinde soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle hala çok önemli bir yer tutmaktadır. Ancak diğer yönden bunlar çevre ve insanlar için bir tehlike potansiyeli doğurmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden olmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda kesme yağlarından oluşan zararlı atıkların çevreye zarar vermemesi için büyük çabalar harcanmaktadır (Hüseyinoğlu, 2008).

2.7. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat yöntemleri ve başka etkilerle ortaya çıkan, parça yüzeyinde meydana gelen girintili ve çıkıntılı yüzey düzensizliklerinin ortalama değeri olarak tanımlanır.

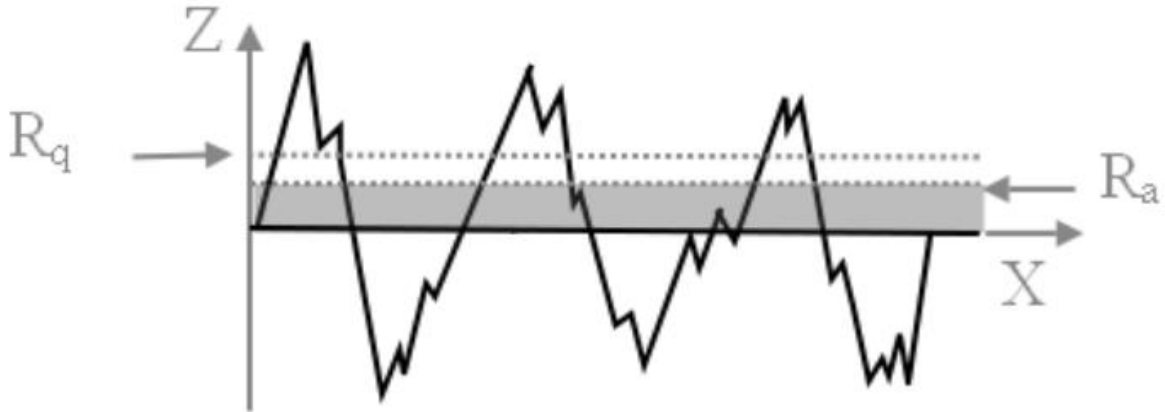
Talaşlı imalatta yüzey kalitesi, ürünün nihai halinde istenen yüzey hassasiyetlerini sağlanması bakımından önemi büyüktür. Son yüzey kalitesini etkileyen faktörler kullanım amacı, malzemesi, uygulanan imalat işlemleri etki etmektedir. Her talaşlı imalat neticesinde elde edilen yüzey kalitesi ve yüzey pürüzlülüğü farklılık göstermektedir. Talaşlı imalat içerisinde birçok yüzey pürüzlülüğünü etki eden faktör bulunmaktadır. Bunlar; kesici takımın kalitesi kesme açıları, malzemenin sert veya yumuşak oluşu, soğutma sıvısı ve tezgâhın konstrüksiyonu, kesme hızı ve ilerleme oranı, paso derinliği, sıcaklık, gibi etkenlerdir. Bu etkenlerin birinin bile değiştirilmesi yüzey kalitesini de

etkilemektedir. Fakat değişmeye sebebiyet veren faktörlerin etkileri birbirinden farklı ve bağımsız olabilecekleri gibi birbirlerini etkilemek yoluyla da de olabilir. Yüzey pürüzlüğünü, üretim aşamasında meydana gelen küçük düzensizliklerden oluşturmaktadır (Arafat, 2009).

Makine parçalarının çalışması esnasındaki verimlilik açısından yüzey pürüzlülüğü önemli bir yer tutmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü yüzey kalitesinin belirlenmesinde kullanılan etkindir. Bu etken, ısı ve elektrik iletimi, sızdırmazlık, hidrodinamik, aşınma, sürtünme ve yağlama gibi farklı göz önün de bulundurulması gereken önemli bir değerdir.

Aritmetik ortalama pürüzlülük, (R_a): Şekil 2.7'de yüzey pürüzlülük profiline karşılık gelen z- koordinatlarının mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. İstatistik olarak konuşulursa, R_a aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünün y-koordinatlarının merkez hattında ortalama aritmetik sapmasını tanımlar.

Kuadratik ortalama pürüzlülük, (R_q): Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamında bir parametredir



Şekil 2.7. Yüzey pürüzlülüğü görseli

2.8. Literatür Taraması

Bhowmick ve arkadaşları kuru ve minimum soğutma sıvısı ile AM60 döküm magnezyum alaşımının delinmesi konusunda çalışmışlardır. Deneylerinde minimum su ve yağlı asit kullanarak maksimum ve ortalama tork oluşumu ve aksel kuvvetler ölçülmüştür. Kuru delmelerde takım ömrünün aşırı magnezyum talaşı boşaltımı olduğundan dolayı çok kısa olmuştur. Düşük soğutma sıvısı kullanılmasıyla, talaş yığılmasının, tork ve aksel kuvvet değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Aynı zamanda işleme esnasında meydana gelen ısı oluşumu kuru işlemeye göre daha az olduğu görülmüştür. Minimum soğutma sıvısı kullanımı stabil bir delik delme performansı göstermiştir (Bhowmick, 2010).

Kaappinen yüksek hızla frezeleme üzerine araştırmalar yapmıştır. Çalışmalarında çelik, alüminyum alaşım, grafit ve polimer matrix kompozit malzemeler işlenmiştir. Deneyler sonucunda bir çok malzemenin yüksek hızlarda frezelenildiği görülmüştür. Fakat yüksek hızlarda işleme yaparken kesme parametrelerinin dikkatlice seçilmesi gerektiğini, uygun seçilen parametrelerin kesici takımın ömrünü artıracaklarını aksi takdirde takım aşınmasının hızlıca azalacağı rapor edilmiştir (Kaappinen, 2004).

Cus ve arkadaşları, hafif metallerin yüksek hızlarda frezelenmesi üzerine çalışmışlardır. Yüksek hızlarda çalışmanın hızlı işlem süresi ve iyi derecede yüzey kalitesi edilmesinden dolayı alüminyum ve magnezyum malzemesi seçilerek deneyler yapılmıştır. Çalışmaları sonucunda yüksek hızla kesim işleminin geleneksel işleme yöntemlerine göre teknik olarak daha avantajlı olduğu görülmüştür. Avantaj olarak daha kısa işleme zamanı, daha kaliteli yüzey ve daha uzun kesici takım ömrü görülmüştür (Cus, 2007).

Akyüz araştırmalarında magnezyum malzemenin ve alaşımlarının işlenebilirliğini inceleyen literatür taraması yapmıştır. Çalışması sonucunda magnezyum ve alaşımlarının işleminde talaşların yangın problemlerine neden olabilecek şekilde parlayabilir olduklarını, kuru işlemlerde takım, malzeme arasında talaş yığılması olduğunu, kesici takım kaplamasının türünün yığılmayı etkilediğini belirtmiştir (Akyüz, 2011).

Kim ve Lee, magnezyum alaşımını basınçlı hava yardımıyla soğutarak, işleme sonrasında ortaya çıkan pürüzlülüğü değerlendirmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında AZ31B magnezyum alaşımını frezeleme operasyonuna tabi tutarak diş başı ilerleme, kesme hızı ve kesici takım üzerinde kullanılan kesici uç sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda yüzey pürüzlülüğünün diş başına ilerleme, takım üzerindeki uç sayısı artışı ile arttığını tespit etmişlerdir. Fakat belli

bir aralıkta değişiklik gösteren kesme hızlarında hava ile soğutulan iş parçasının yüzey pürüzlülüğünün açık biçimde değişmediğini gözlemlemişlerdir (Kim, 2010).

Şık, AZ31 magnezyum alaşımlarının TIG ve SKK kaynakları arasındaki kaynaklanabilirliğini, kaynak performanslarını ve mikro yapılarını incelemiştir. Mekanik özelliklerini belirlemek için testler yapmış ve bu testlerin sonuçlarını değerlendirmiştir. Şık'ı AZ31'in sac metal olarak özellikle otomotiv sektöründe kullanılıyor olması bu çalışmaya yönlendirmiştir (Şık, 2013).

Lee ve arkadaşları AZ31 ve AZ61'den imal edilmiş olan plaka halindeki magnezyum alaşımlarını oluşturulmuş izotermal ortamda şekillendirilebilme yeteneklerini değişken sıcaklık şartlarında araştırarak, 0.5, 1.3, 1.7 ve 2 mm kalınlıklarında şekillendirilebilmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir (Lee, 2002).

Atalay, magnezyum alaşımlarının işlenmesinde bir kesme sıvısı kullanılmadan da yapılabileceğini bildirmiştir. Magnezyumun diğer metallere göre sahip olduğu daha iyi ısı iletkenliği özelliğinden dolayı soğutma sıvısının sağladığı avantajlara, her zaman ihtiyaç duyulmayacağını belirtmiştir. Kuru işleme yöntemi uygulamalarda temiz ve daha düşük maliyet avantajı sunar. Fakat kuru işleme esnasında ortaya çıkan talaşların kesme bölgesinden uzaklaştırılmasının önemine vurgu yapmıştır (Atalay, 2006).

Bhowmick, alüminyum ve magnezyum alaşımların çok düşük miktarlarda kesme sıvıları kullanarak delinmesini ve diş açılmasını araştırmış, minimum miktarda yağlamalı (MQL) işleme performansı, kuru ve klasik su ile delme koşullarını karşılaştırmıştır. Çalışmada torku ve baskı kuvveti tepkilerini ölçmek üzere MQL sistemli deneysel bir delme istasyonu inşa edilmiştir. Kaplamasız ve elmas benzeri karbon (DLC) kaplamalı HSS matkaplar, 10-50 ml/sa. damıtılmış su (H₂O-MQL) ve yağ asidi bazlı MQL ajanı (FA-MQL) kullanarak 319 Al ve AZ91 alaşımlara karşı test edilmiştir (Bhowmick, 2011).

Tomac ve arkadaşları bu makalede, piyasada bulunan beş magnezyum alaşımın işlenmesi sırasında yanak yığıntısı (Flank build-up) oluşumuna dair gerçekleştirilen deneysel bir araştırmayı ele almaktadır. Magnezyum alaşımların işlenebilirlikleri arasındaki farkın, magnezyum matrisindeki metaller arası β evresinin bulunmasından kaynaklandığı gösterilmiştir. Deneysel testler, çatlaklar ve gözenekler gibi yüzey kusurlarının, FBU oluşumunu artırabileceğini ortaya çıkarmıştır. Kesme hızının FBU oluşumu üzerindeki etkisi, yüzey pürüzlülüğü, takım kuvvetleri ve talaş oluşumu yardımıyla araştırılmıştır (Tomac, 2008).

Shi ve arkadaşları, bu çalışma yüksek kesim hızlarında magnezyum alaşımının kuru frezelenmesinde kaplanmamış karbür takımların aşınma davranışlarını ve bunun işlenebilirlik üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır. Deneysel gözlemler üzerinden karbür takımların baskın aşınma mekanizmaları, başka bir deyişle yapışma, sıyrılma ve difüzyon aşınması belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar daha düşük hızlara kıyasla daha yüksek hızların sabit aşınma kademesinde çok daha iyi yüzey kalitesi getirdiğini göstermiş, ancak bu kademenin süresi, daha düşük hıza göre çok daha kısa olmuştur. Her bir sabit aşınma dahilinde kesici kenar yarıçapının artması ile yüzey pürüzleri kademeli olarak azalmıştır. Ayrıca yanak yüzünde kesici kenarın aşağısındaki durgun bölgede işlenen parça materyalinden bir yığın birikmiş, bu da yanak yığıntı katmanı oluşmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra yığıntı katmanı, işlenen yüzey kalitesini iyileştirmede faydalı olacak belirli bir boyuta kadar büyümüştür. Buna ek olarak talaş morfolojileri, takım aşınmasının şiddetine bağlı olmuştur. Kesme işleminin ilk zamanlarında kesici takım, temel olarak düzensiz pul talaşlar üretmiştir. Bununla birlikte yığıntı katmanının oluşumu ile bol miktarda iğne görünümlü talaşların yanı sıra lif görünümlü talaşların da büyük miktarda olduğu görülmüştür (Shi, 2016).

Bhowmick ve Alpas çalışmalarında, döküm magnezyum alaşımının (AZ91) minimum miktarda suyla yağlama (H_2O -MQL) ve kuru delme davranışı, hidrojenlenmemiş elmas benzeri karbon (NH-DLC) kaplı HSS matkaplar kullanarak ve kesme torkunun yanı sıra işlenen parçada oluşan sıcaklığı ölçerek araştırmışlardır. Magnezyumun matkaplara yapışması, bunun da matkabın hızla arızalanmasına neden olması yüzünden AZ91'in kuru delinmesinde kaplamasız HSS veya NH-DLC kaplamalı matkaplar kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. NH-DLC kaplamalı takımlarla delmede, temas sırasında oluşan yüksek sıcaklık ($271\text{ }^{\circ}\text{C}$) kaynaklı kaplama bozulması sonucu yanak tipi matkap aşınması da gözlemlenmiştir. H_2O -MQL'nin 30 ml/sa. hızda tatbik edilmesi, NH-DLC kaplamalı matkapların takım ömrünü uzatmış ve ayrıca delme torkunu düşürmüştür ve mineral yağı kullanan klasik su ile delmeye benzer sıcaklık sağlamıştır. İşlenen AZ91 parçası, kaplamasız HSS ve NH-DLC kaplamalı matkapların kullanıldığı kuru delme işleminin ikisinde de yeniden kristalleşme sergilemiş, ancak H_2O -MQL durumunda NH-DLC ile delmede yeniden kristalleşme belirtisi bulunmamıştır. H_2O -MQL koşulunda NH-DLC'nin düşük sürtünme katsayısı, sıcaklık artışını $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ altı ile sınırlamış, bu sayede hem matkap aşınması hem de magnezyum yapışması etkin şekilde azaltılmıştır (Bhowmick, 2011).

Tönsoff ve Winkler, işlenen parçanın materyali ile sırasıyla takım materyali ve kaplaması arasındaki etkileşimleri gözlemek için AZ91 HP alaşımın işlenmesinde tornalama deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Magnezyumu kuru işlerken $V_c = 900$ m/dak. ve üstü hızlarda kaplamasız ve TiN kaplamalı sinterli karbür takımlarda, kesme aleti ile işlenen parça arasında yapışma kaynaklı yanak yığıntısı oluşabileceğini söylemişlerdir. Sürtünmeyi ve takım-işlenen parça temasındaki yapışmayı azaltmak, sonucunda düşük işleme kuvvetlerinin yanı sıra $V_c = 2400$ m/dak. gibi yüksek kesme hızlarında bile üstün yüzey kalitesi elde etmek için çok taneli elmas (PCD) uçlu veya kaplamalı takımlar kullanılmıştır. PCD kaplamaların, karmaşık takım geometrilerinde de kullanılacağı söylenmiştir. Magnezyum alaşımları işlerken takım aşınmasını gözlemek zor olduğundan, magnezyumun yapışma etkilerini, takviye bileşeninin neden olduğu aşındırıcı yükü birleştirmek için bir magnezyum bazlı metal ana yapıli bileşim (MMC) işlenmiştir. $V_c = 100$ m/dakikalık düşük kesme hızlarında bile TiN kaplamalı karbürlerde aşırı takım aşınması gözlemlenmiştir. PCD kaplamalar daha iyi sonuçlar sergilemiştir (Tönsoff, 1997).

Wojtowicz ve arkadaşları, çalışmalarında tornalamadaki işleme koşullarının, işlenmiş Mg-Zn-Zr-RE alaşımın yüzey bütünlüğü üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Öncelikle giriş parametrelerinin kesim hızı, besleme, kesim derinliği ve köşe yarıçapı olduğu bir deneyler tasarımı üzerinden tornalanan yüzeyler elde edilmiştir. Ardından çekme/basma artık gerilim, mikro sertlik ve yüzey pürüzlüğü gibi yüzey bütünlüğündeki değişiklikler, kesme parametreleri ile ilişkilendirilmiştir. Belirli bir yüzey bütünlüğüne ulaşmak ve yorulma ömrünü iyileştirmek için optimum kesim koşulları tavsiye etmişlerdir (Wojtowicz, 2013).

Ulacia ve arkadaşlarının çalışmalarının amacı, AZ31 sacın dinamik koşullardaki (10^3 s⁻¹) mekanik davranışını analiz etmek ve bunu, düşük gerilme oranlarında gözlemlenen davranış ile karşılaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda AZ31 saclar, 25 ila 400 °C sıcaklık aralığında bir Hopkinson çubuk kullanarak germe ve sıkıştırmada test edilmiştir. Germe-sıkıştırma esneme asimetrisinin ve esneme ile akış gerilimi düzlem üstü ve düzlem dışı anizotropileri, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak araştırılmıştır. Seçilen numunelerde, baskın deformasyon ve yeniden kristalleşme mekanizmalarını açıklamak amacıyla EBSD ve nötron kırınımı ile ayrıntılı mikro yapı ve doku incelemesi gerçekleştirilmiştir (Ulacia, 2010).

Fang makalesinde magnezyum alaşımların yüksek hızda kesilmesinde yangın ihtimalini tahmin etmek üzere ortalama yanak sıcaklığının kullanılabilceğini göstermiştir. Çeşitli kesme koşullarında ortalama yanak sıcaklığı ölçülmüş ve yanık izlerini belirlemek üzere toplanan talaşlar SEM altında incelenmiştir. 302°C'lik ortalama yanak sıcaklığı altında talaşlarda yanık izi olmadığı tespit edilmiştir (Fang, 2005).



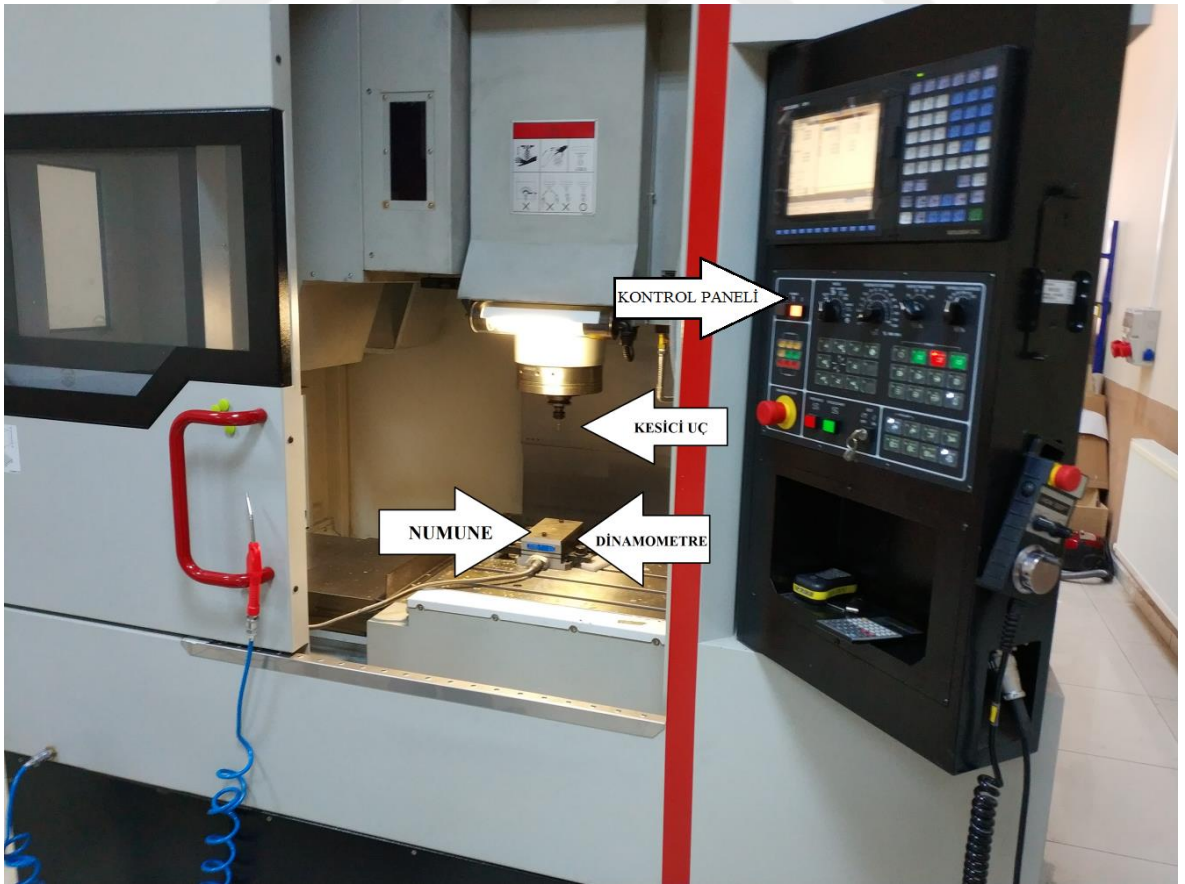
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasıyla, AZ91 magnezyum alaşımının işlenmesi sırasında farklı takım yolu stratejilerinin takım aşınmasına etkisi hakkında bir inceleme yapmayı amaçlamaktadır. Çalışma 4 farklı takım yolu üzerinden incelenmiştir. Malzemenin işlenmesinde kuru, hava soğutmalı ve kesme sıvılı olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmıştır. En uygun işlenebilirlik adım sayısı, süre ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak incelenmiş olup kuvvetler ve kesici takımın aşınması karşılaştırılmıştır. Parçaların işlenen yüzeylerinin topoğrafik görüntüleri alınmış ve yüzey pürüzlülükleri karşılaştırılmıştır.

3.1. Deney Düzeneği

3.1.1. CNC Tezgahı

Deneyisel çalışma 3 eksen, 17.5 kw gücünde, 10 000 dev/dak. fener mili hızına sahip olan Quaser MV154C dik işlem merkezinde yapılmıştır. Şekil 3.1'de CNC tezgahı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. CNC tezgahı

3.1.2. Kesme Parametreleri

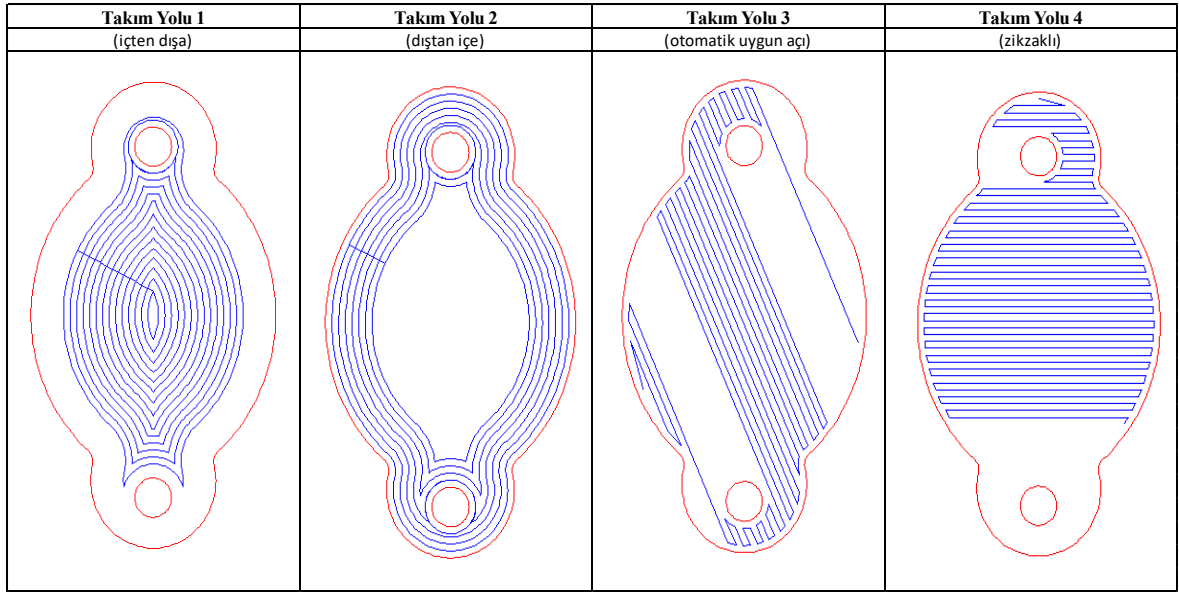
Yapılan deneylerde kesici takım her seferinde 2 mm olmak üzere 4 seferde toplam 8 mm kesme derinliğine ulaşmıştır. Kesme parametreleri Tablo 3.1'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Kesme parametreleri

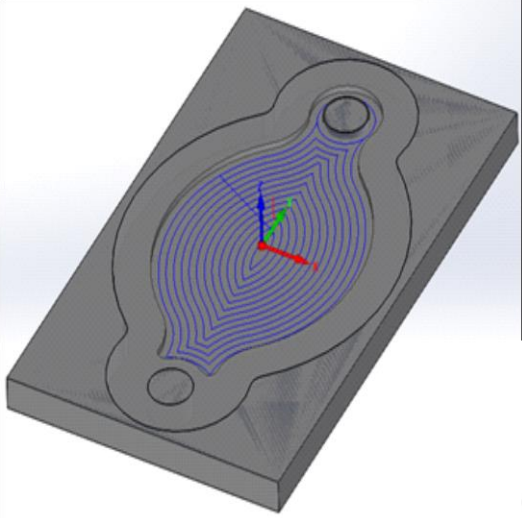
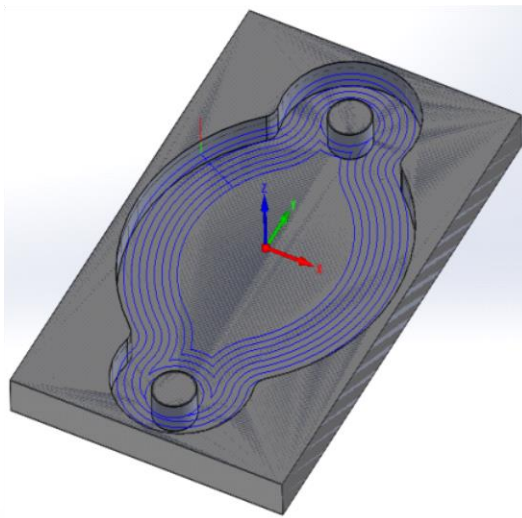
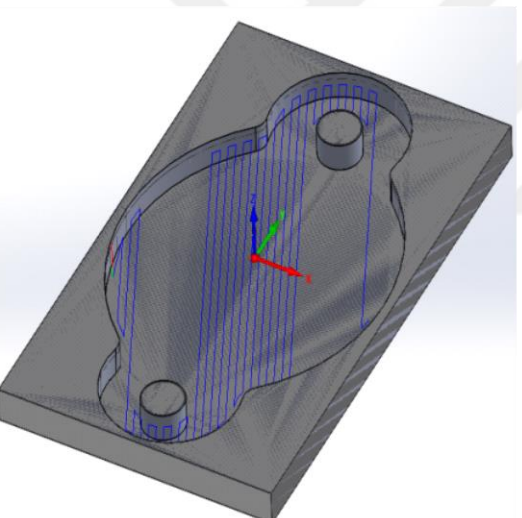
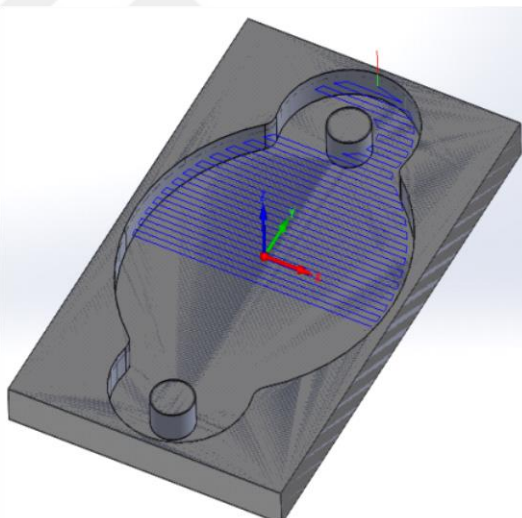
Kesme Hızı	110 m/dk
İlerleme Miktarı	0,19 mm/devir
Kesme Derinliği	Toplam 8 mm
İşleme Tipi	Kuru, Hava Soğutmalı, Kesme Sıvılı
Takım Yolu	4 Farklı

3.1.3. Takım Yolu Modelleri

Çalışma dıştan içe doğru, içten dışa doğru, otomatik uygun açılı ve zikzaklı olmak üzere toplam 4 farklı tip takım yolu modeli belirlenerek incelenmiştir. Bu modeller Şekil 3.2. ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir ve takımın parça üzerindeki ilerlemesinin belirli bir miktarı çizgilerle verilmiştir.



Şekil 3.2. Takım yolu modelleri

Takım Yolu 1	Takım Yolu 2
(içten dışa)	(dıştan içe)
	
Takım Yolu 3	Takım Yolu 4
(otomatik uygun açı)	(zikzaklı)
	

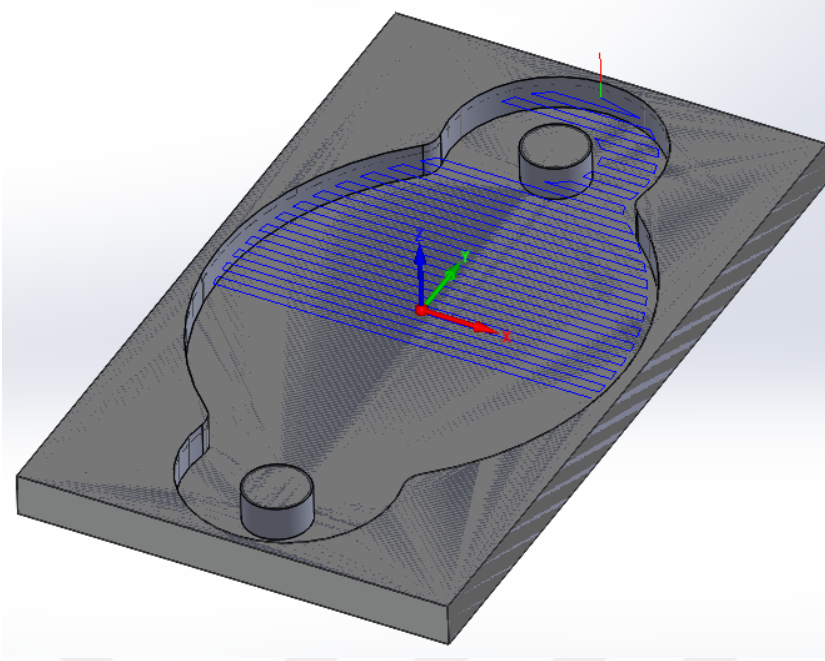
Şekil 3.3. Takım yolu modelleri

3.1.4. AZ91 Alaşımın Deneye Hazırlanması

Deneyde AZ91 malzemesinden dikdörtgen 170x100x10 mm ebatlarında düz plakalar kesilerek iş parçaları elde edilmiştir. Çalışmada 4 farklı takım yolu modeli kullanılmıştır. Her bir takım yolu, 3 farklı işleme yöntemi ile (kuru, hava soğutmalı, kesme sıvılı) işlenmiştir. Deneyde kesici uçların aşınmalarını karşılaştırabilmek için toplam 12 adet magnezyum iş parçası ve 12 adet kesici uç kullanılmıştır.



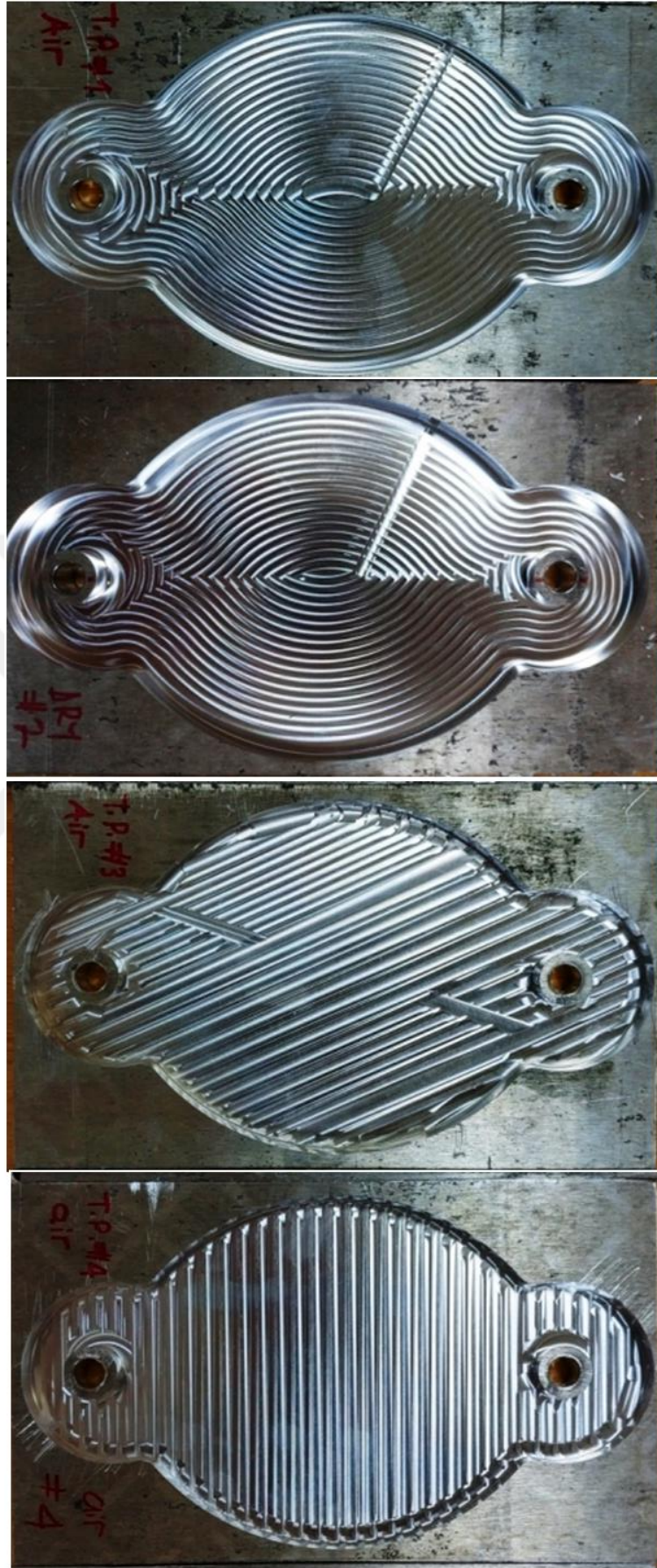
Şekil 3.4. Parçanın tezgaha bağlanış şekli



Şekil 3.5. Numune modeli



Şekil 3.6. İşlenen numune örneği



Şekil 3.7. Farklı takım yolları ile işlenmiş parçalar



Şekil 3.8. İşlenen numunelerin tamamı

3.1.4.1. AZ91 Alaşımın Mekanik Özellikleri

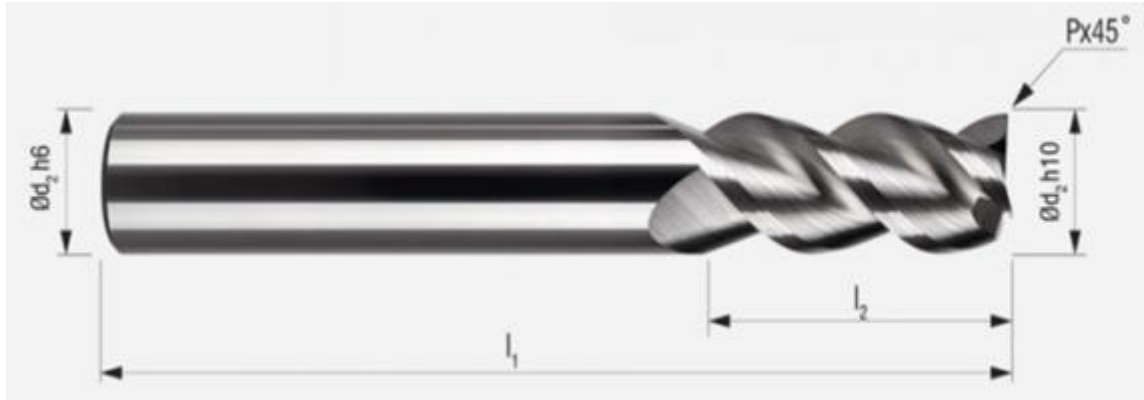
Çizelge 3.2'de AZ91 alaşımın mekanik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.2. AZ91 alaşımın mekanik özellikleri

Akma Dayanımı	160 N/mm ²
Çekme Dayanımı	250 N/mm ²
Sertlik	70 HB
Çekme Uzaması	7%
Isı İletkenliği	156 W/(mHK)

3.1.5. Karbür Parmak Freze

Deneylerde kesici uç olarak 5 mm çapında 12 adet karbür parmak freze kullanılmıştır. Bakır, alüminyum ve magnezyum gibi yumuşak malzemelerin işlenmesinde kullanılan kesici takımlar tercih edilmiştir. Kesici uç 3 ağızlıdır ve her ağızın uzunluğu farklıdır. Şekil 3.9. ve Tablo 3.3 'te freze ölçüleri verilmiştir.



Şekil 3.9. Karbür parmak freze

Tablo 3.3. Karbür parmak freze ölçüleri

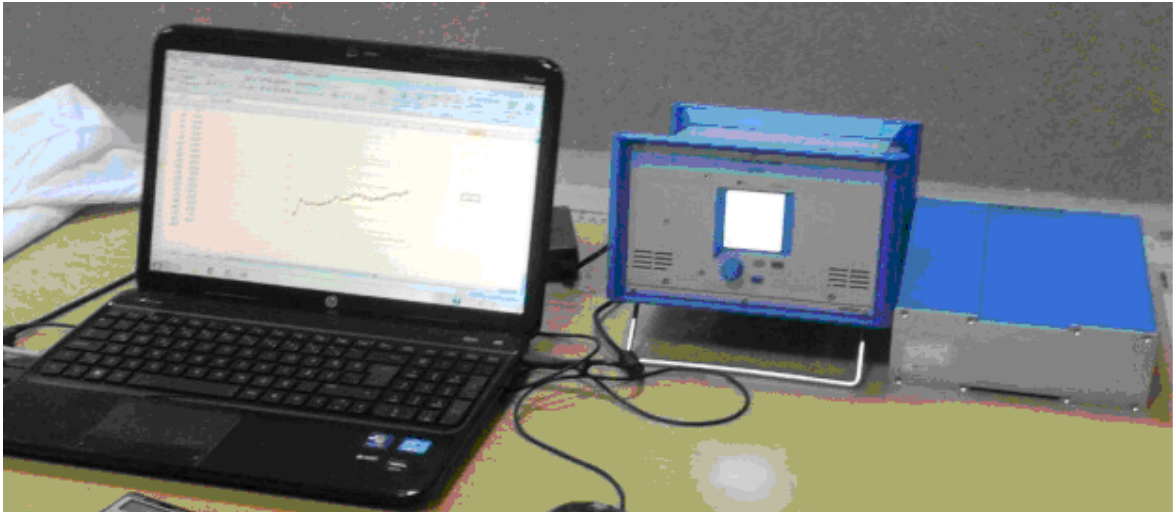
Kesici Uç Çapı	$\text{Ø}d_2h10$	5 mm
Şaft Çapı	$\text{Ø}d_2h6$	6 mm
Helis Boyu	l_2	13 mm
Ham Boy	l_1	57 mm
Köşe Radyüsü	P	0,2 mm
Ağız	Z	3



Şekil 3.10. Deneylerde kullanılan karbür parmak freze kesici uçlar

3.1.6. Kesme Kuvvetlerini Ölçme Sistemi

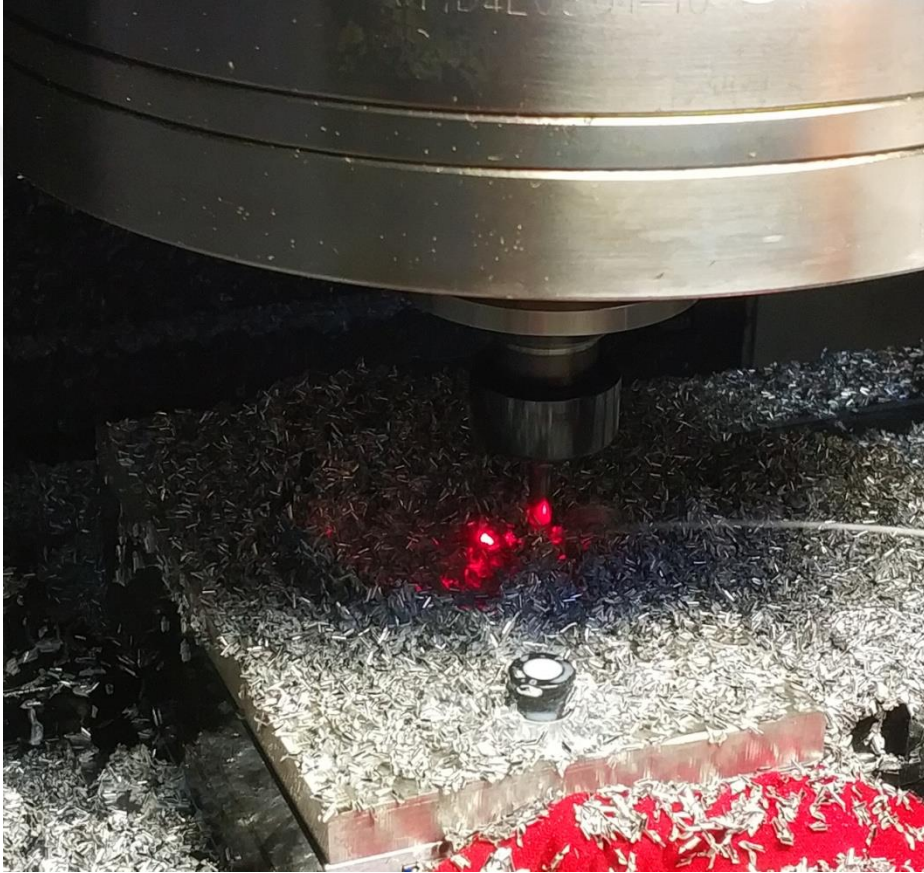
Kesme kuvvetleri ölçümü talaşlı imalatta malzemenin işlenebilirlik değerlendirmesinde önemli bir parametredir. Deney anında talaş kaldırma kuvvetleri 9257 B tipi kistler kuvvet ölçüm dinamometresi ve yardımcı ekipmanları (Kistler 5697A veri toplama sistemi (DAQ kartı), Kistler 5070A amplifikatör ve DynoWare yazılımı) ile yapılmıştır. Kuvvet ölçüm ekipmanları Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Kuvvet ölçüm ekipmanları

3.1.7. Deneyde Kullanılan Soğutma Sistemi ve Sıcaklık Ölçümü

İş parçalarının tezgahta işlenmesinde hava ve sıvı ile soğutma yapılarak, sonuçlar kuru işleme ile karşılaştırılmıştır. Hava ile soğutmada tezgahla birlikte çalışan hava tabancası kullanılmıştır. Soğutma sıvısı olarak da, 1/25 oranında bor yağı-su karışımı kullanılmıştır. Kuru, hava ve sıvı soğutmalı tüm işlemlerde kesici takım üzerinden lazerli kızılötesi dijital termometre ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçümleri tüm deneylerde kesici takımın sıcaklığının en yüksek değere ulaştığı son pasoda yani kesme derinliğinin 6 mm'den 8 mm'ye çıktığı anda yapılmıştır.



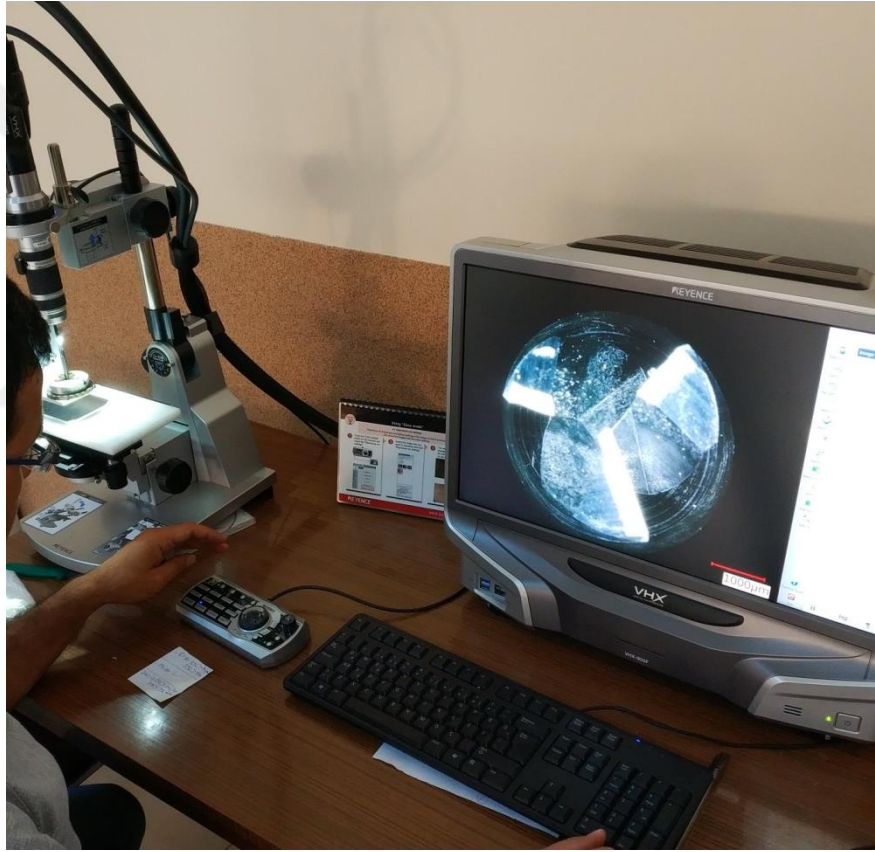
Şekil 3.12. Lazerli termometreyle sıcaklık ölçümü

3.1.8. Takım Aşınmasını Dijital Mikroskop ile Görüntüleme

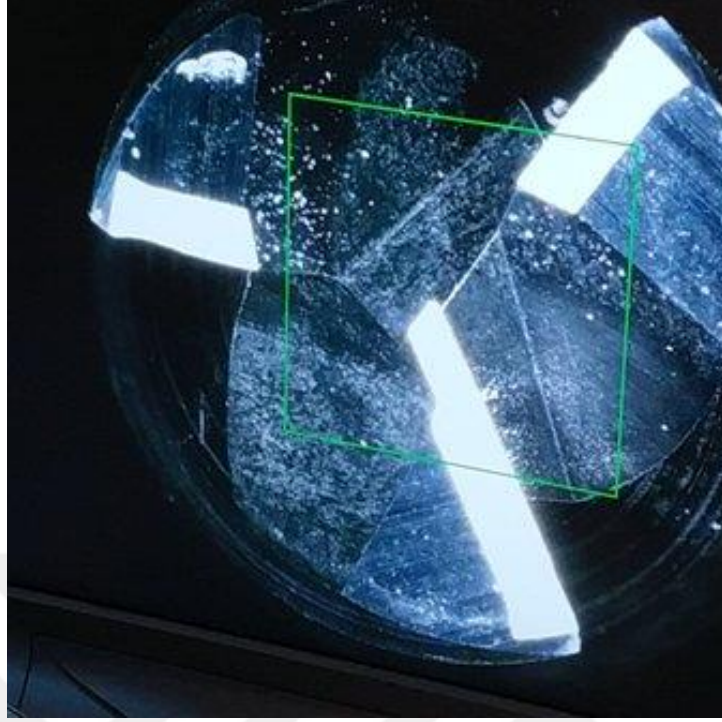
Kullanılan kesici uçlarda meydana gelen takım aşınması Keyence marka, VHX-900 model dijital mikroskop ile incelenmiş ve görüntülenmiştir. Dijital mikroskop Şekil 3.13'de, özellikleri de Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Dijital mikroskop özellikleri

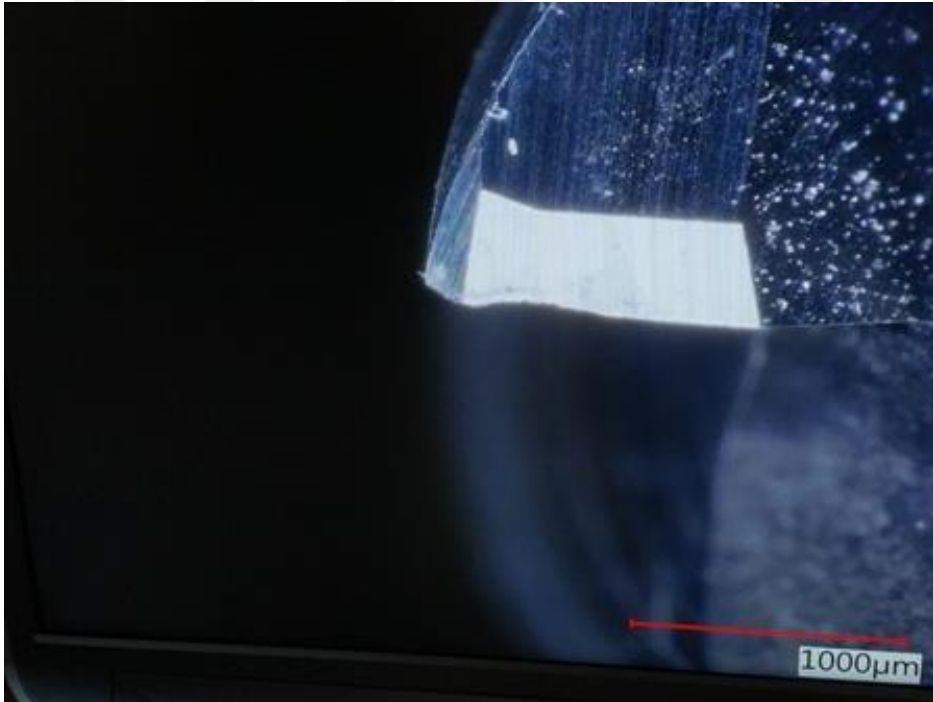
Görüntü Çözünürlüğü	18 Megapiksel
Büyütme Oranı	200
Çalışma Mesafesi	23 cm
Işık Rengi	Beyaz



Şekil 3.13. Dijital mikroskop ile kesici takımı görüntüleme



Şekil 3.14. Dijital mikroskop ile kesici takımı görüntüleme



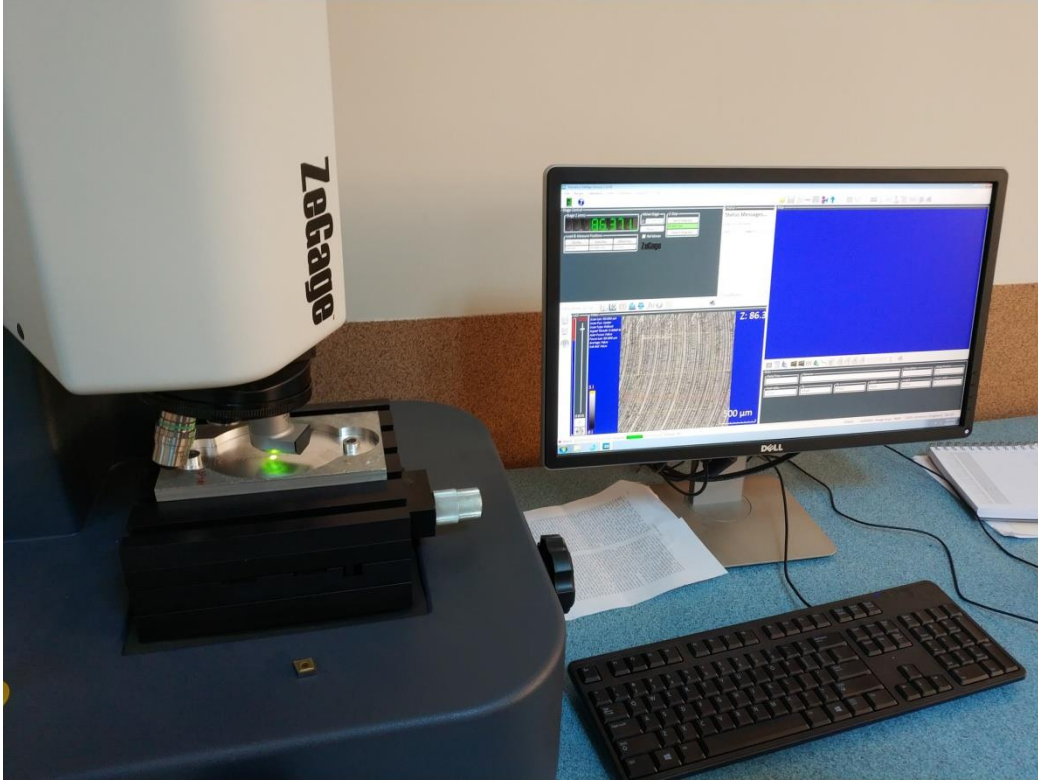
Şekil 3.15. Dijital mikroskop ile takım aşınmasını görüntüleme

3.1.9. Topografik Görüntü Alma ve Yüzey Pürüzlülük Ölçme

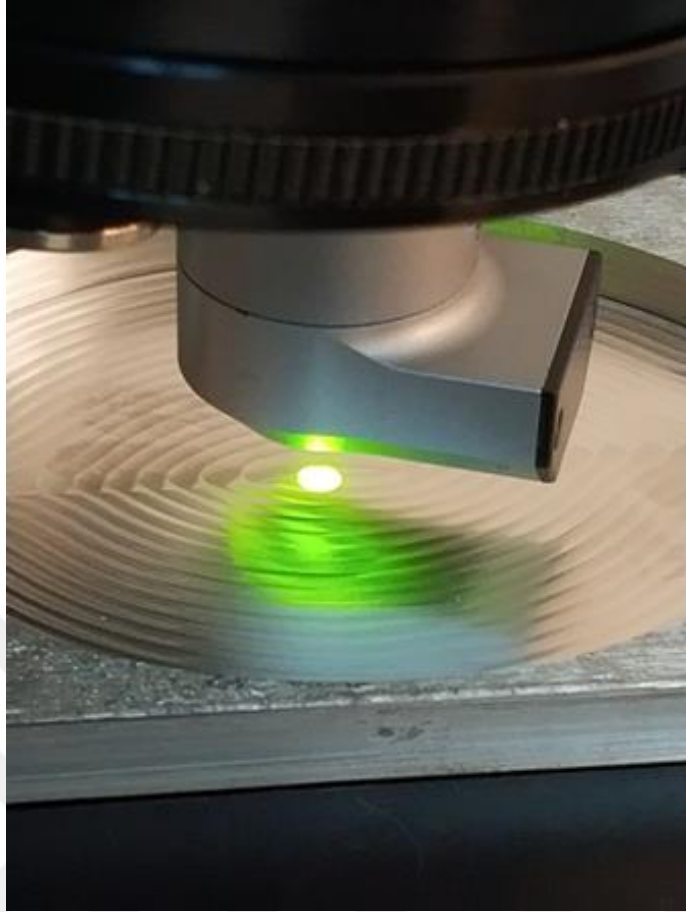
Deneyde yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırabilmek için, işlenen magnezyum iş parçalarından topografik görüntüler alınmıştır. Bunun için Zygo marka, ZeGage model optik profilometre cihazı kullanılmıştır. Cihazın özellikleri Tablo 3.5'te, cihazın görseli Şekil 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.5. Optik profilometre cihazı özellikleri

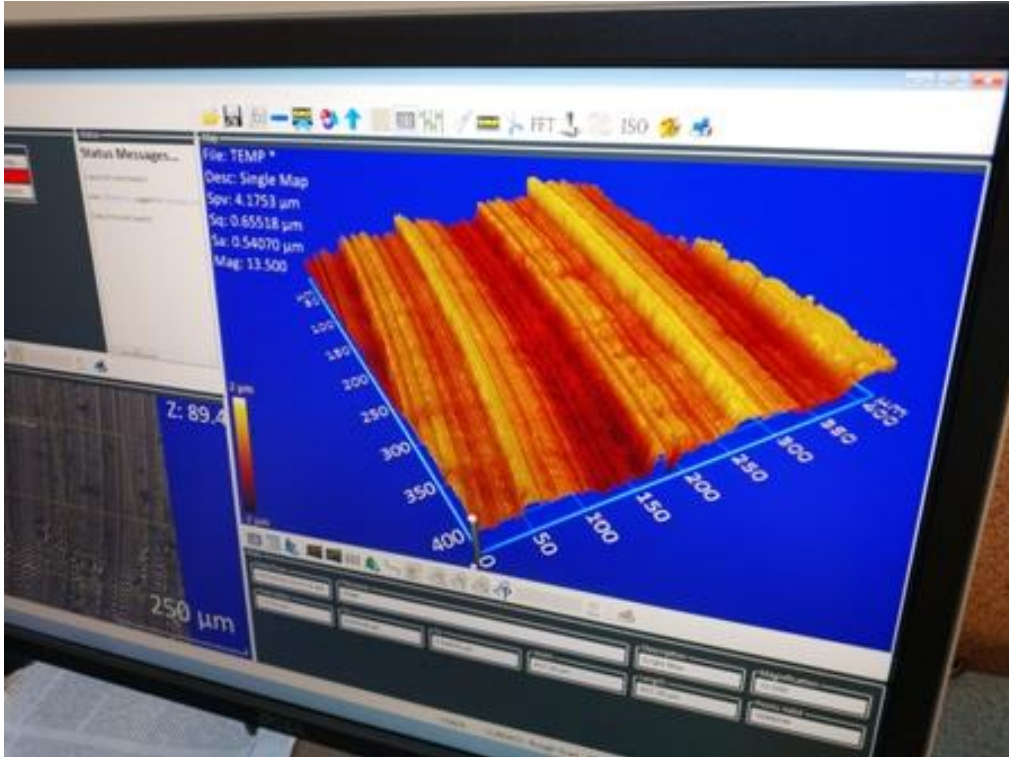
Ölçme Tekniği	Temassız, 3 boyutlu
En Fazla Tarama Hızı	35 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Dikey Tarama Aralığı	20 mm
Yüzey Topoğrafisi Tekrarlanabilirlik	3,5 nm



Şekil 3.16. Optik profilometre cihazı



Şekil 3.17. Optik profilometre cihazı ile yüzey pürüzlülük ölçümü



Şekil 3.18. Topografik görüntü

3.2. Deney Metotları

Deneysel çalışmada değişken olarak 4 takım yolu ve 3 soğutma tipi belirlenmiş olup, toplam 12 adet deney yapılmıştır. Buna gore, 12'şer adet iş parçası ve kesici uç temin edilmiştir. Çalışmada ilk olarak takım yolu stratejisinin imalatta geçen süre ile ilişkisi incelenmiştir. Tespit edilen sreler kesici takımın hareketindeki adım sayısı ile kıyaslandırılmıştır. Daha sonra deneyler sırasında takıma etkiyen kuvvetler belirlenmiştir. Deneyler sırasında kesici uç üzerinden sıcaklık değerleri alınmış, takım yoluna ve soğutma tipine gore ilişkisi gosterilmiştir. Deneyler bittikten sonra 12 adet kesici uç dijital mikroskop ile incelenmiş, ağızlarındaki aşınma miktarları karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda işlenen parçaların üzerinden topografik gornt alınarak yüzey prznlklri tespit edilmiş olup yine takım yolu ve soğutma tipine gore karşılaştırılmıştır.



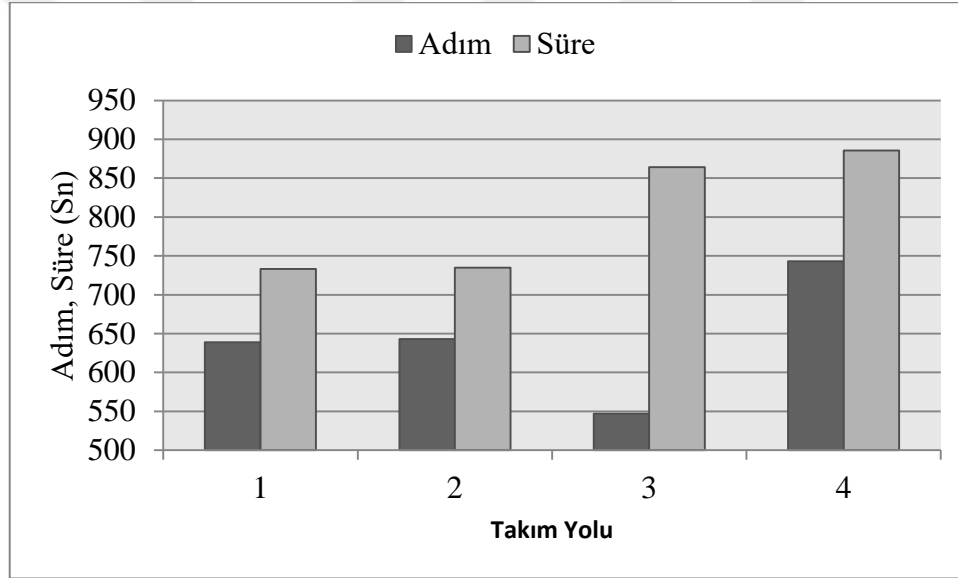
şekil 3.19. İşleme sırasında çekilmiş bir fotoğraf

3.2.1. Takım Yolunun Süre Üzerine Etkisi

Takım yolu stratejisinin işlem süresine etkisini belirleyebilmek için CAM verileri kullanılmıştır. CAM verileri EKLER'de verilmiştir. Takımın parçayı işleyip başlangıç noktasına dönene kadar hareketindeki adım sayısı ve toplam geçen süre belirlenmiştir. Bunlar Tablo 3.6'da ve Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Takımın işlem sırasındaki adım sayıları ve süreleri

	Adım sayısı	İşlem süresi (sn)
Takım Yolu 1	639	733,2
Takım Yolu 2	643	734,8
Takım Yolu 3	547	864
Takım Yolu 4	743	885,6



Şekil 3.20. Takımın işlem sırasındaki adım sayıları ve süreleri

1. ve 2. takım yollarının değerlerinin yakın olmasıyla birlikte en az sürede işleme 733,2 saniye ile 1. takım yoluna aittir. Yani bu parçayı içten dışa doğru ya da dıştan içe doğru işlemenin süre üzerine etkisi hemen hemen aynıdır. 4. takım yolu ile zikzaklı işleme şekli en uzun sürede gerçekleşmiştir. Ayrıca 3. takım yolunun en az adım sayısına sahip olmasına rağmen süre olarak yavaş kaldığı tespit edilmiştir.

Takım Yolu 1 (içten dışa)	Takım Yolu 2 (dıştan içe)	Takım Yolu 3 (otomatik uygun aç)	Takım Yolu 4 (zikzaklı)
Adım sayısı: 639 Süre: 733.2 saniye	Adım sayısı: 643 Süre: 734.8 saniye	Adım sayısı: 547 Süre: 864 saniye	Adım sayısı: 743 Süre: 885.6 saniye

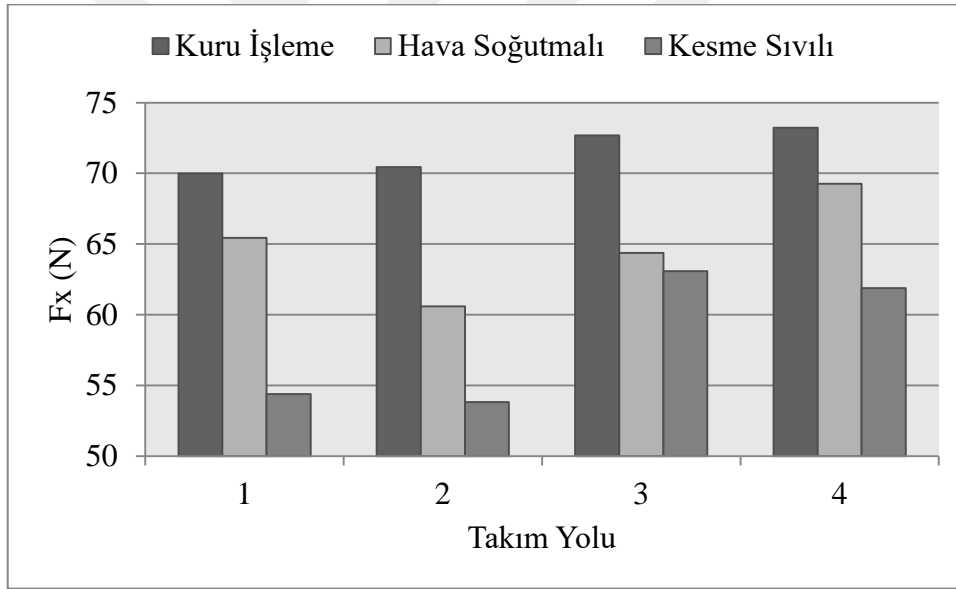
Şekil 3.21. Takım yolu stratejisinin süre üzerinde etkisi

3.2.2. Takım Yolunun Kuvvetler Üzerine Etkisi

Deneyleerde x-y-z yönündeki kesme kuvvetleri dinamometre yardımı ile ölçülmüştür. Ancak z yönündeki kuvvetler küçük değerde olduğu için dikkate alınmamıştır, yalnızca x ve y yönündeki F_x ve F_y kuvvetleri kıyaslanmıştır. Sonra takım yollarına göre kıyaslanmıştır. Tablo 3.7. ve Şekil 3.22'de farklı takım yollarında ve farklı kesme yöntemlerindeki F_x kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 3.7. F_x kuvvetleri

F_x (N)	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	69,98	65,44	54,38
Takım Yolu 2	70,45	60,60	53,83
Takım Yolu 3	72,68	64,38	63,09
Takım Yolu 4	73,23	69,26	61,87



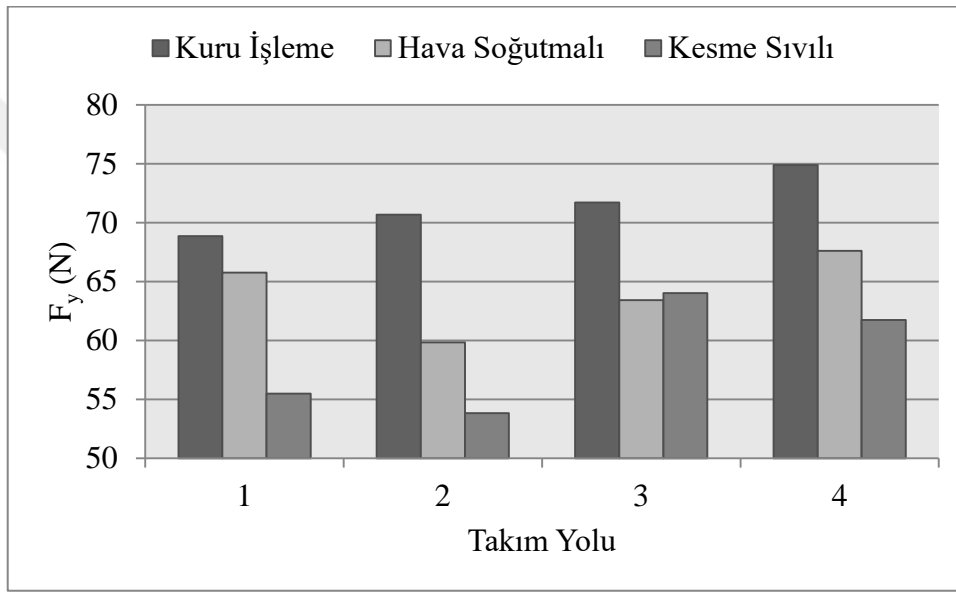
Şekil 3.22. F_x kuvvetleri

İşleme yöntemine göre kuvvetin en aza indirildiği kesme sıvılı yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Kuru işlemedeki kesme kuvvetleri hep yüksek değerdedirler. Ölçülen kuvvetler içerisinde en düşük değere sahip olan 2. takım yolu ile kesme sıvılı işleme yöntemidir. Yine 2. takım yolu ile işleme incelendiğinde, kuru işleme yerine kesme sıvılı işleme tercih edildiğinde kuvvetin yaklaşık olarak %25 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.8. ve Şekil 3.23'te farklı takım yollarında ve farklı kesme yöntemlerindeki F_y kuvvetleri gösterilmiştir.

Tablo 3.8. F_y kuvvetleri

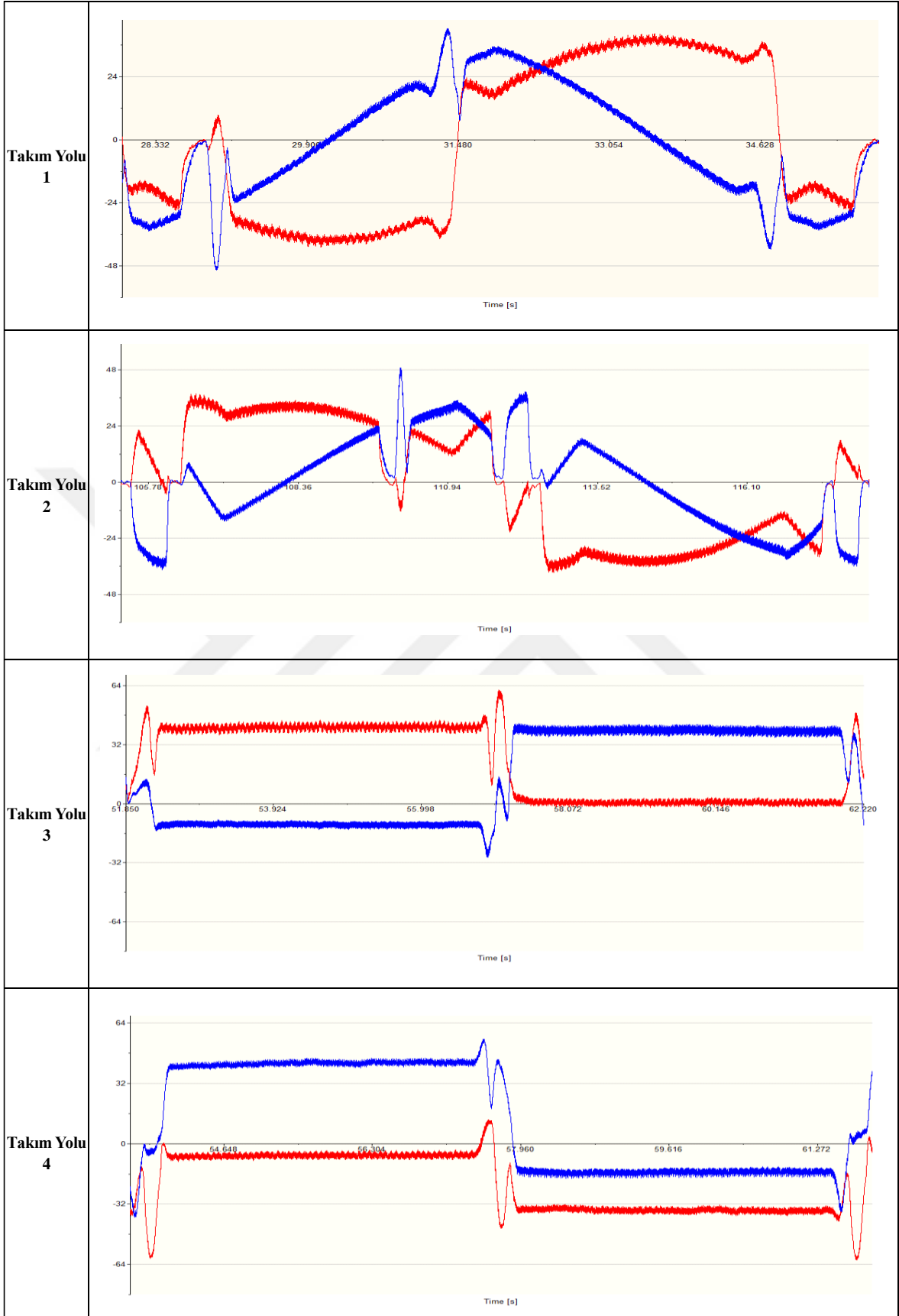
F_y (N)	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	68,85	65,75	55,49
Takım Yolu 2	70,66	59,84	53,81
Takım Yolu 3	71,69	63,41	64,00
Takım Yolu 4	74,88	67,59	61,73



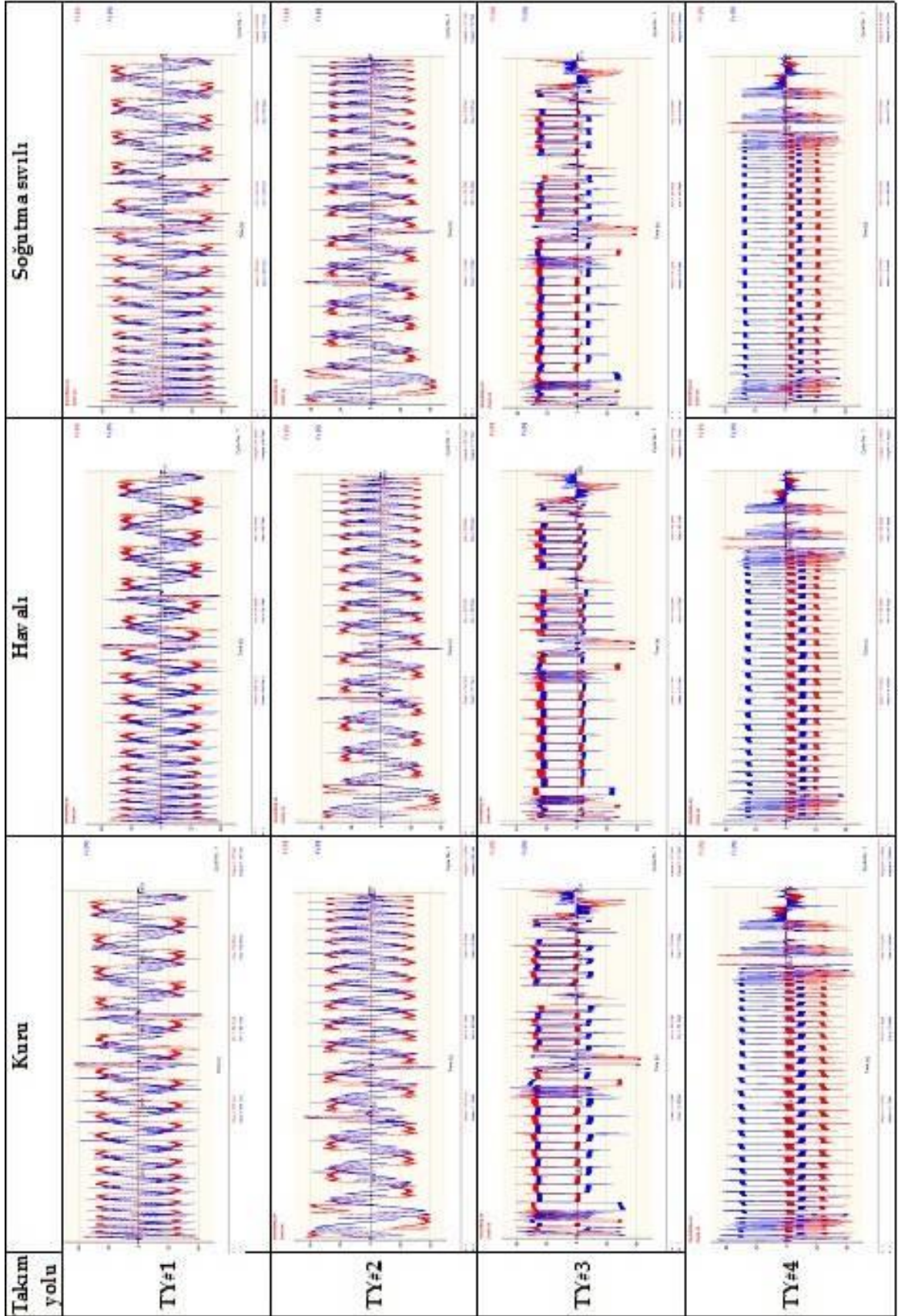
Şekil 3.23. F_y kuvvetleri

F_x ve F_y kesme kuvvetleri kıyaslandığı zaman benzerlik göstermektedir. En düşük değer yine 2. takım yolu ve kesme sıvılı işleme ile görülmektedir. 2. takım yolu incelendiğinde, işleme sırasında kesme sıvısı kullanmak F_x kuvvetinde olduğu gibi F_y kuvvetini de düşürmüştür. 2. takım yolunda kuru işlemedeki F_y 70,66 N ve kesme sıvılı işlemedeki F_y 53,81 N'dur. F_y kuvvetinin kuru işleme yerine kesme sıvısı kullanarak %30 oranında düştüğü görülmektedir.

Şekil 3.2.2.3' de hem F_x hem F_y kuvvetinin 1. ve 2. takım yollarında, takım-parça arasındaki sürekli ve geniş temastan dolayı artarak devam ettiği ve sık bir şekilde ansızın vurma hareketi yaptığı görülmüştür.



Şekil 3.24. Fx ve Fy kesme kuvvetleri



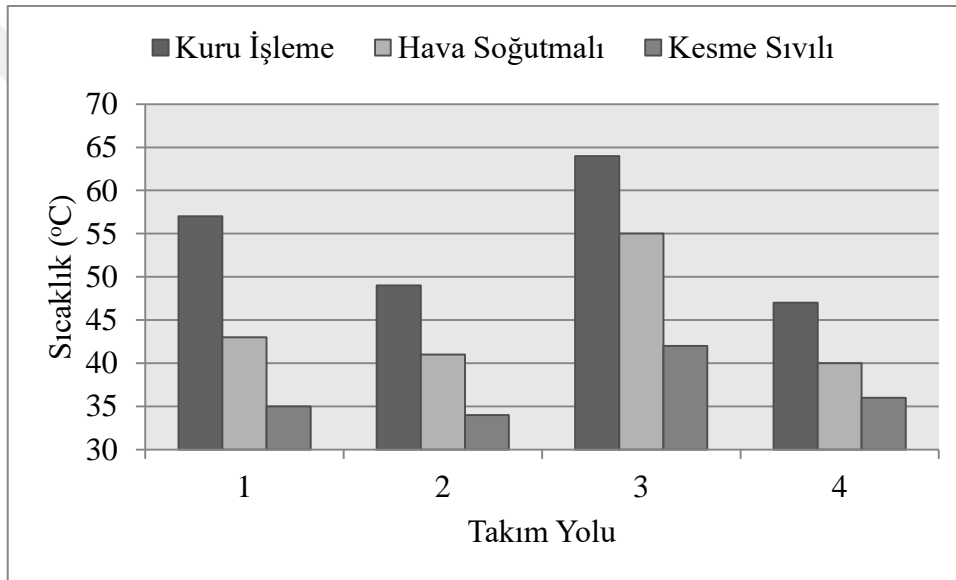
Şekil 3.25. Takıma etkiyen kuvvet diyagramları

3.2.3. Kesici Takımdan Alınan Sıcaklık Değerleri

Deneyler sırasında kesici takım üzerinde lazerli dijital termometre ile sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümden elde edilen veriler Tablo 3.9. ve Şekil 3.26'da verilmiştir.

Tablo 3.9. İşleme sırasında takım üzerinden alınan sıcaklıklar (°C)

°C	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	57	43	35
Takım Yolu 2	49	41	34
Takım Yolu 3	64	55	42
Takım Yolu 4	47	40	36

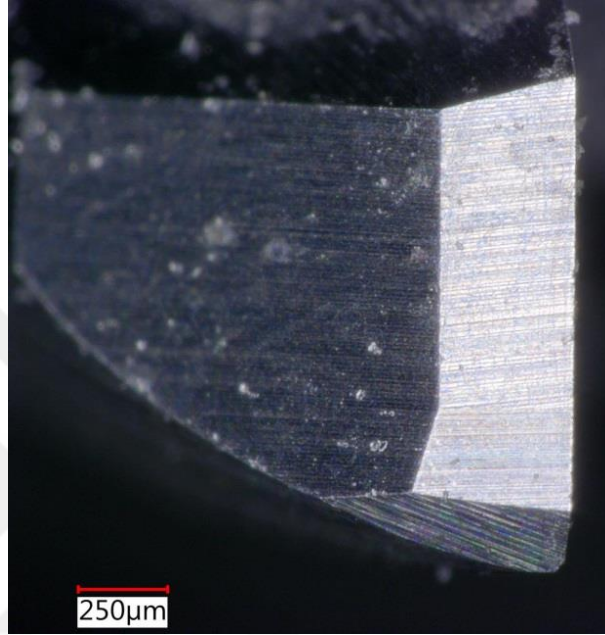


Şekil 3.26. Kesici takım sıcaklıkları

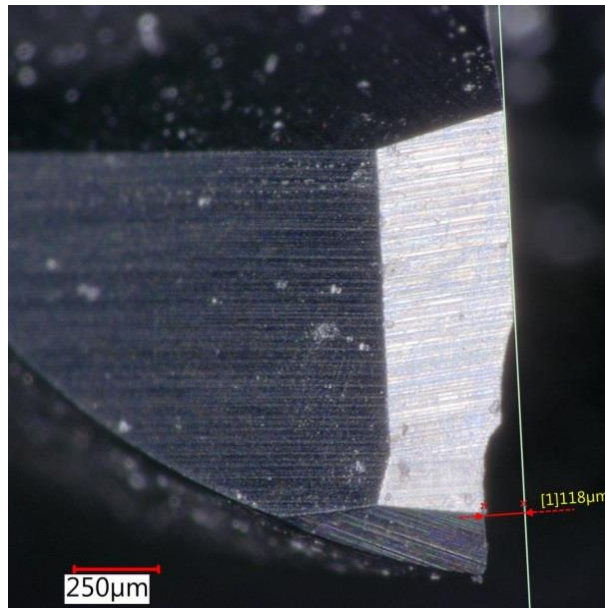
Kesici takım üzerinden alınan sıcaklık değerleri incelendiğinde, kesme sıvılı yöntem tüm takım yollarında da en düşük değerdedir. Bunu hava soğutmalı kesme yöntemi takip etmektedir. En yüksek sıcaklık değerleri kuru işlemede oluşmuştur. 1. takım yolu değerleri okunduğunda kuru işlemede kesici takımın sıcaklığı 57 °C, kesme sıvılıda 35°C okunmaktadır. Yani kuru işlemedeki değer kesme sıvılıya göre %60 civarı daha fazladır.

3.2.4. Kesici Takım Aşınma Analizleri

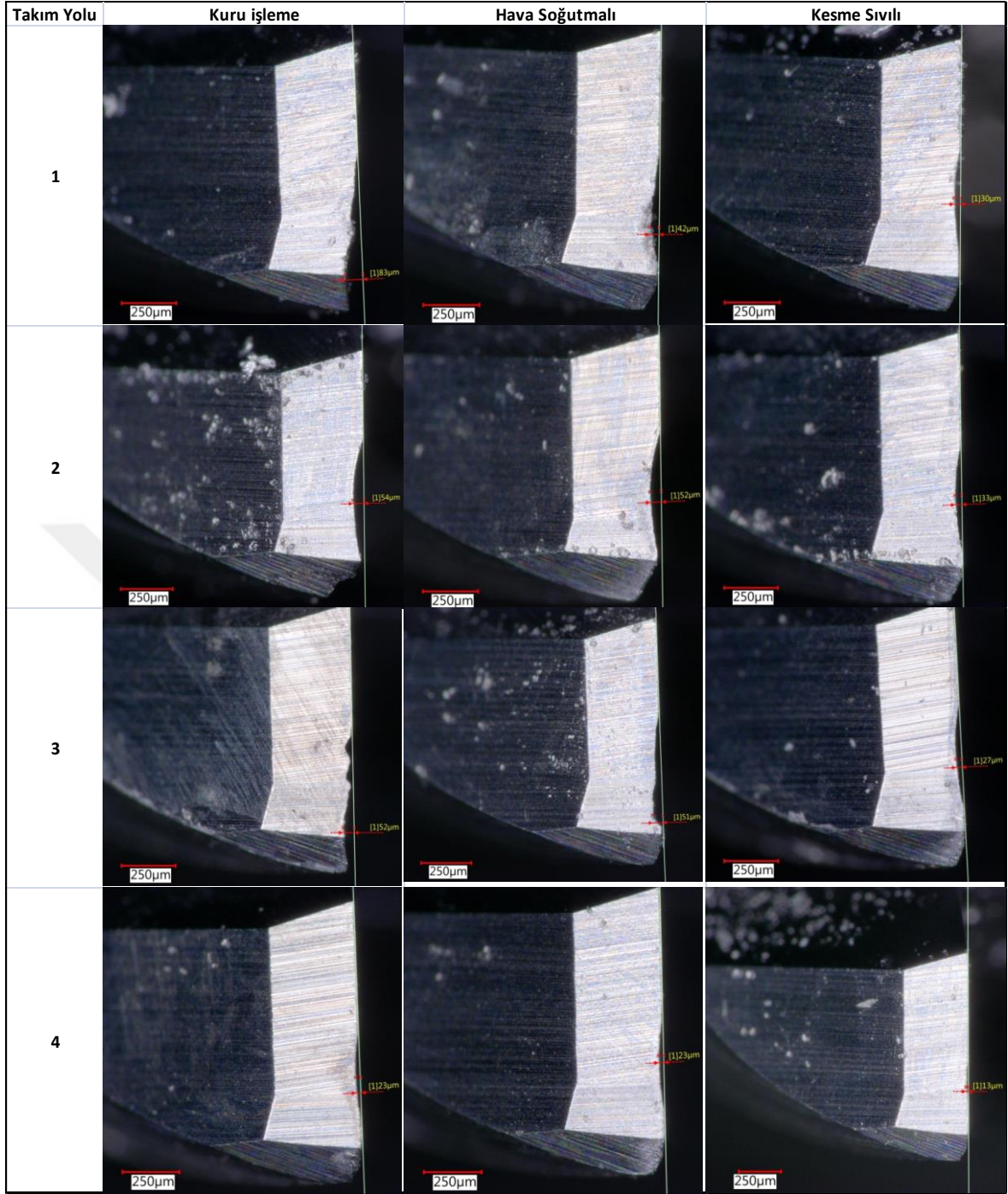
Kesici takım 3 ağızlıdır ve her bir ağız uzunluğu farklıdır. Dijital mikroskopta alınan görüntülere göre ağızlardaki aşınma miktarları tespit edilmiştir. Kesici takımlarda uzun olan ağızda çok fazla aşınma gözlenmemiştir. Kısa ve orta uzunluktaki ağızlardaki aşınmalar karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.27. Kesici takım ağızının aşınmamış hali



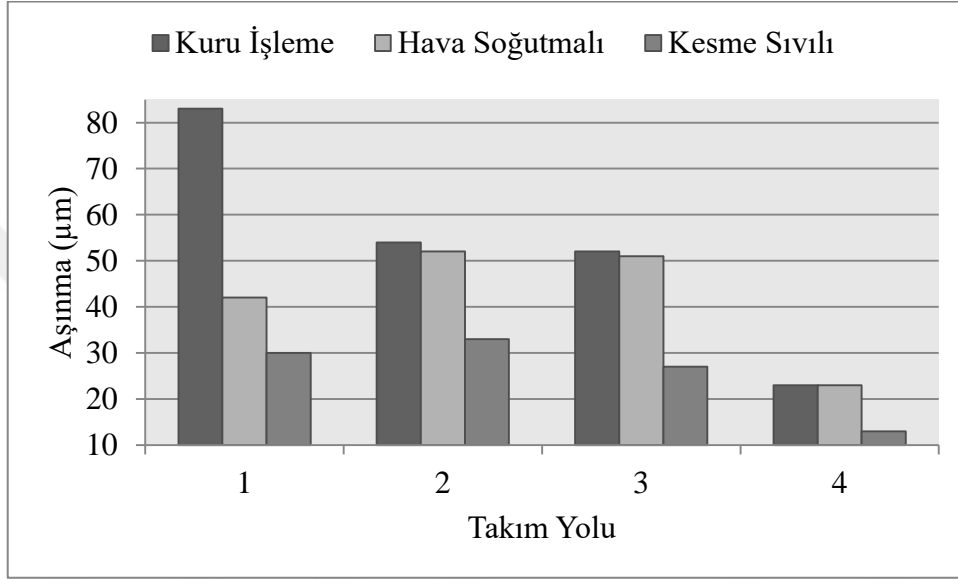
Şekil 3.28. Kesici takım ağızının aşınmış hali



Şekil 3.29. Kesici takım kısa ağızlardaki aşınma görselleri

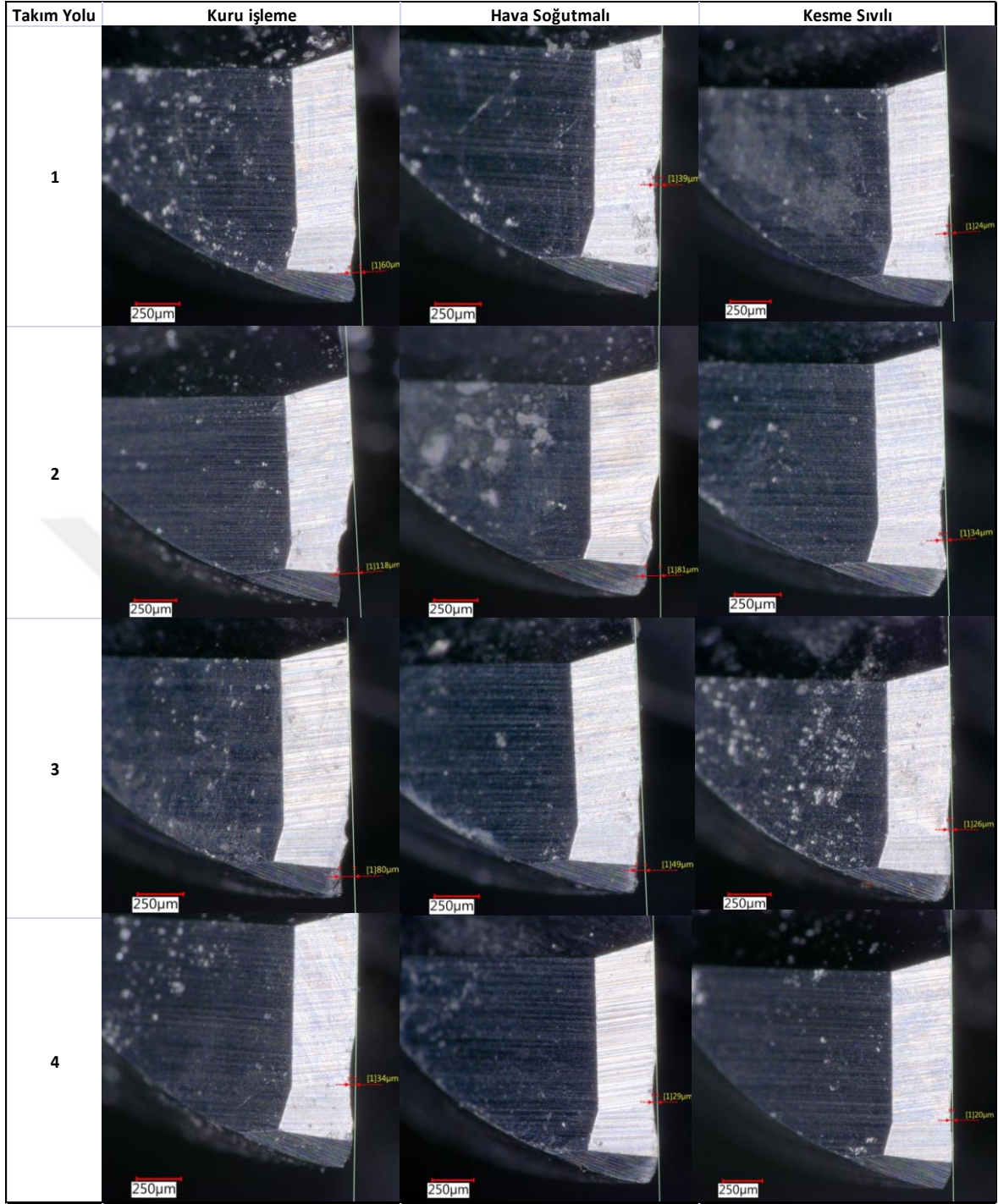
Tablo 3.10. Kısa ağızlardaki aşınma miktarları, (μm)

	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	83	42	30
Takım Yolu 2	54	52	33
Takım Yolu 3	52	51	27
Takım Yolu 4	23	23	13



Şekil 3.30. Kısa ağızlardaki aşınma miktarları, (μm)

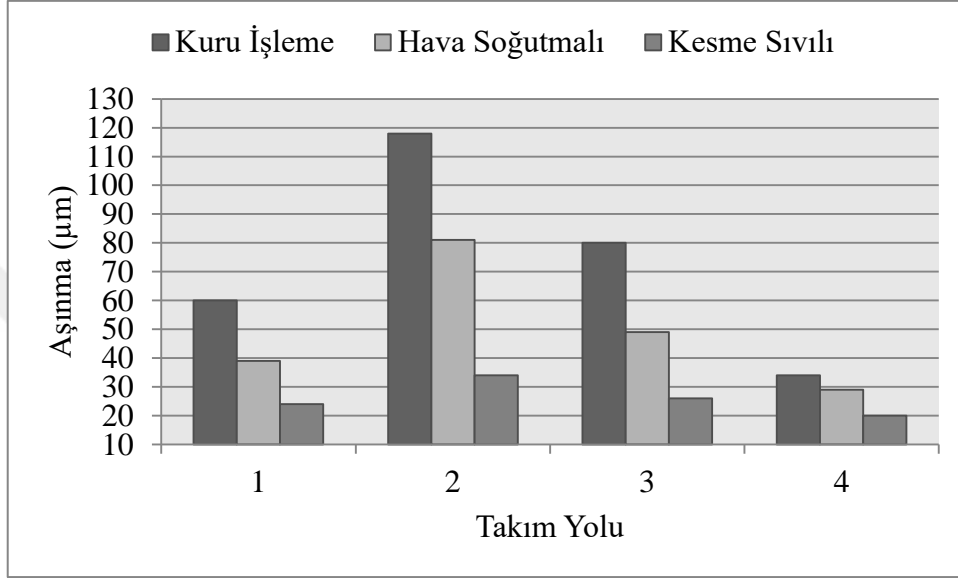
Şekil 3.30. incelendiğinde kesici takımındaki en yüksek aşınma değeri 1. takım yolu ve kuru işlemede oluşmuştur. 2, 3 ve 4. takım yollarında hava ile soğutma, kesme sıvısı ile soğutmaya göre aşınmaya etkisi az miktarda olmuştur. Kesme sıvılı soğutma yönteminde tüm takım yollarında en az aşınma oluşmuştur. En düşük aşınma değerine 4. takım yolu ve kesme sıvılı yöntem ile işleyerek ulaşılmıştır.



Şekil 3.31. Kesici takım orta ağızlardaki aşınma görselleri

Tablo 3.11. Orta ağızlardaki aşınma miktarları, (μm)

	Kuru işleme	Hava soğutmalı	Kesme sıvılı
Takım Yolu 1	60	39	24
Takım Yolu 2	118	81	34
Takım Yolu 3	80	49	26
Takım Yolu 4	34	29	20



Şekil 3.32. Orta ağızlardaki aşınma miktarları, (μm)

Şekil 3.32. incelendiğinde kısa ağızlardaki aşınmaya benzer olarak orta ağızlarda da, kesme sıvılı soğutma yönteminde tüm takım yollarında en az aşınma oluşmuştur. En yüksek aşınma değerlerine 2. takım yolu ile, en düşük değerlere de 4. takım yolu ile işlenerek ulaşılmıştır.

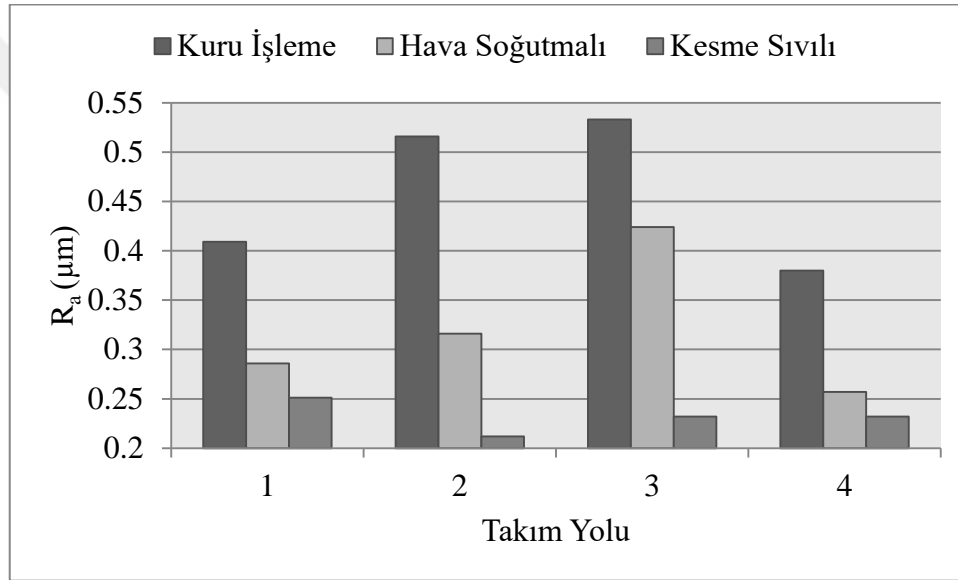
2. takım yolu için kuru işleme yerine hava soğutmalı işleme kullanıldığında aşınma değeri yaklaşık %30 oranında düşer. Aynı zamanda kesme sıvısı kullanmadan malzemeyi kuru işlemek aşınma değerini 3.5 katına çıkardığı görülmüştür.

3.2.5. İş Parçası Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Analizi

İşlem görmüş iş parçalarının yüzey pürüzlülük değerlerini alabilmek için yüzey alan ölçüm cihazında parçaların yüzey topografyaları alınmıştır.

Tablo 3.12. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a), (μm)

R_a	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	0.409	0.286	0.251
Takım Yolu 2	0.516	0.316	0.212
Takım Yolu 3	0.533	0.424	0.232
Takım Yolu 4	0.338	0.257	0.232



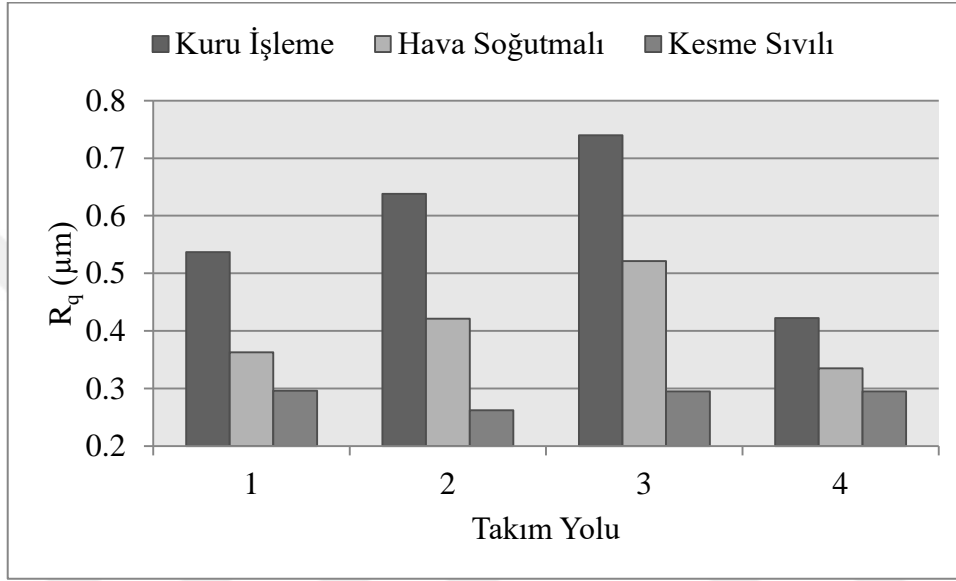
Şekil 3.33. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_a), (μm)

İşleme sırasında kesici takıma soğutma uygulamak tüm takım yolu modellerinde de iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü düşürmüştür. Yüzey pürüzlülükleri kuru, hava soğutmalı, kesme sıvılı işleme yöntemlerinde sırasıyla düşmüştür. İşleme yöntemi en yüksek 2. takım yolunda yüzey pürüzlülük değerini düşürmüştür. Kuru işleme yerine kesme sıvısı kullanmak değeri %60 düşürmüştür.

Takım yolu stratejisine göre yüzey pürüzlülüğünün en az olduğu model 4. takım yoludur.

Tablo 3.13. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_q), (μm)

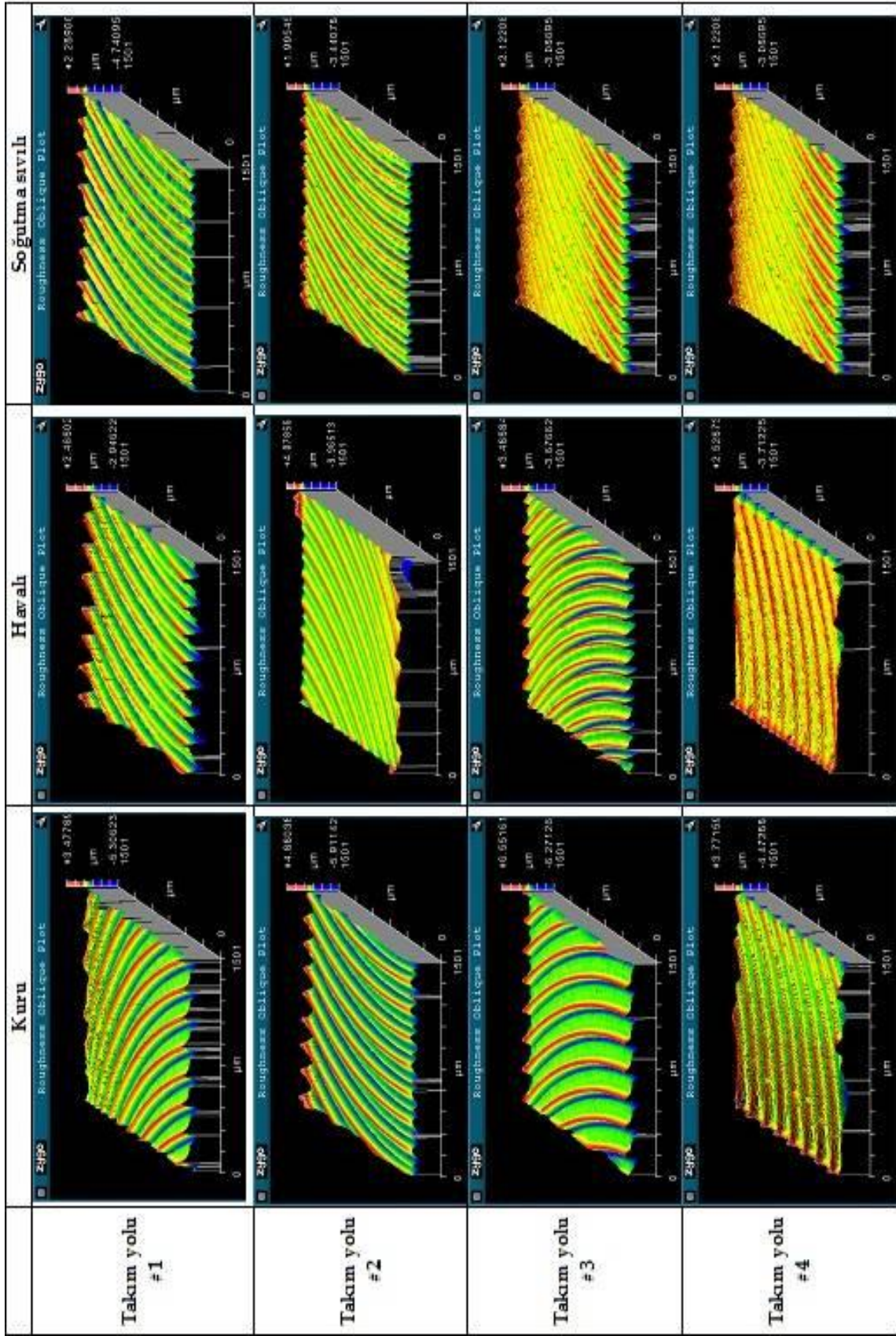
R_q	Kuru İşleme	Hava Soğutmalı	Kesme Sıvılı
Takım Yolu 1	0,537	0,363	0,296
Takım Yolu 2	0,638	0,421	0,262
Takım Yolu 3	0,740	0,521	0,295
Takım Yolu 4	0,422	0,335	0,295



Şekil 3.34. Yüzey pürüzlülük değerleri (R_q), (μm)

Yüzey pürüzlülükleri kuru, hava soğutmalı, kesme sıvılı işleme yöntemlerinde sırasıyla düşmüştür. Soğutma yöntemi en yüksek 3. takım yolunda yüzey pürüzlülük değerini düşürmüştür.

Takım yolu stratejisine göre yüzey pürüzlülüğünün en az olduğu model 4. takım yolu, en fazla olduğu model ise 3. takım yoludur.



Şekil 3.35. Yüzey topografyaları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Takım yolu stratejisinin süre üzerine etkisi incelendiğinde, 1. takım yolu işlem süresi 733,2 sn ve 2. takım yolu işlem süresi 734,8 sn olarak birbirine yakın değerde, en az sürede işlemi tamamlamışlardır. En fazla süre 885,6 sn ile 4. takım yolu ile işlemede gerçekleşmiştir. Bunun nedeni zikzaklı kesim modelinde kesici takım parçaya daha aralıklı temas etmiştir. Parça üzerinden eşit miktarda talaş kaldırmak için daha fazla süre harcanmıştır. Ayrıca 3. takım yolu ile işleme en az adım sayısına sahip olmasına rağmen süre olarak 864 sn ile yavaş kaldığı görülmüştür.

Kesme kuvvetleri incelendiğinde, F_x kuvveti en düşük değere 53,83 N ile 2. takım yolu ve kesme sıvılı yöntem birlikte kullanıldığında ulaşmıştır. F_x kuvveti 4. takım yolu ve kuru işleme yöntemi ile 73,23 N olarak en yüksek değerdedir.

F_y kuvveti en düşük değere 53,81 N ile 2. takım yolu ve kesme sıvılı yöntem birlikte kullanıldığında ulaşmıştır. F_y kuvveti 4. takım yolu ve kuru işleme yöntemi ile 74,88 N olarak en yüksek değerdedir.

Kuru işleme yerine hava soğutmalı veya kesme sıvılı yöntemi kullanmak, hem x hem y doğrultusundaki kesme kuvvetlerini düşürmeye neden olmuştur. Kuvvetleri azaltmada en etkili yöntemin kesme sıvılı işleme yöntemi olduğu tespit edilmiştir. 2. takım yolunda F_x kuvveti kuru işlemede 70,45 N, kesme sıvılı işlemede 53,85 N olarak ölçülmüştür. F_y kuvveti kuru işlemede 70,66 N, kesme sıvılı işlemede 53,81 N olarak ölçülmüştür. Kuru işleme yöntemine göre kesme sıvısı ile işleme yöntemi kuvvetleri yaklaşık %25 oranında azaltmıştır.

Ayrıca hem F_x hem F_y kuvvetinin 1. ve 2. takım yollarında, takım-parça arasındaki sürekli ve geniş temastan dolayı artarak devam ettiği ve sık bir şekilde ansızın vurma hareketi yaptığı görülmüştür.

Kesme prosesinde kesici takımın sıcaklığını düşürmek için sıvı ile soğutma yapmak, hava ile soğutmaya göre daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Kesici takımın sıcaklığı en fazla 64 °C olarak 3. takım yolu ve kuru işlemede ölçülmüştür. En az ise 34 °C olarak 2. takım yolu ve kesme sıvılı işlemede ölçülmüştür.

1. takım yolu ile işleme incelendiğinde kuru işlemede sıcaklık 57 °C ve kesme sıvılı işlemede sıcaklık 35 °C olarak ölçülmüştür. Kuru işlemeye göre kesme sıvısı takımın sıcaklığını %60'a kadar düşürmüştür.

Aşınmalar analiz edildiğinde, kuru işleme yerine hava soğutmalı veya kesme sıvılı yöntemi kullanmak kesici takımındaki aşınmayı azaltmıştır. Kesme sıvılı işleme yönteminde tüm takım yollarında en az aşınma oluşmuştur.

Kısa ağızda 4.takım yolu ve kesme sıvılı işleme yöntemi kullanıldığında 13 µm olarak en az aşınma oluşmuştur. En fazla aşınma 1. takım yolu ve kuru işleme yönteminde 83 µm olarak tespit edilmiştir.

Orta ağızda 4.takım yolu ve kesme sıvılı işleme yöntemi kullanıldığında 20 µm olarak en az aşınma oluşmuştur. En fazla aşınma 2. takım yolu ve kuru işleme yönteminde 118 µm olarak tespit edilmiştir.

Kısa ağızdaki aşınma miktarı, 1. takım yolu için kuru işlemede 83 µm, kesme sıvısı ile işlemede 30 µm olarak yaklaşık üçte birine inmiştir.

Orta ağızdaki aşınma miktarı, 2. takım yolu için kuru işlemede 118 µm, kesme sıvısı ile işlemede 34 µm olarak yaklaşık dörtte birine inmiştir.

Yüzey pürüzlülükleri kuru, hava soğutmalı, kesme sıvılı işleme yöntemlerinde sırasıyla düşmüştür.

Yüzey pürüzlülüklerinde R_a değeri en fazla 0,533 µm olarak 3. takım yolu ve kuru işlemede görülmüştür. En az 0,212 µm olarak 2. takım yolunda, kesme sıvısı ile işleme yönteminde görülmüştür. 3. ve 4. takım yolunda da 0,232 µm olarak buna yakın bir değerdedir.

Yüzey pürüzlülüklerinde R_q değeri en fazla 0,740 µm olarak 3. takım yolu ve kuru işlemede görülmüştür. En az 0,262 µm olarak 2. takım yolunda, kesme sıvısı ile işleme yönteminde görülmüştür. 3. ve 4. takım yolunda 0,295 µm ve 1. takım yolunda 0,296 µm olarak buna yakın bir değerdedirler.

Kuru işleme yerine kesme sıvısı kullanmak 2. takım yolu ile işlemede R_a değerini 0,516 µm'den 0,212 µm'ye düşürerek yaklaşık %60 oranında daha hassas bir yüzey elde etmeye sebep olmuştur. 3. takım yolu ile işlemede R_q değeri kuru işleme yerine kesme sıvılı işleme ile 0,740 µm'den 0,295 µm'ye düşmüş ve yaklaşık %60 oranında daha hassas bir yüzey elde etmeye sebep olmuştur.

Yapılan tüm deneylerde işleme sırasında kesici takıma soğutma uygulamak daha olumlu sonuçlar vermiştir. Kesme sıvısı ile soğutma yöntemi hava ile soğutma yöntemine göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. İşleme sırasında kesici takıma soğutma uygulamak, takıma etkiyen kesme kuvvetlerini azaltmış, kesici takımın sıcaklık ve aşınma değerlerini düşürmüştür. Aynı zamanda işlenen parçanın yüzey pürüzlülükleri de daha hassas bir hale gelmiştir.

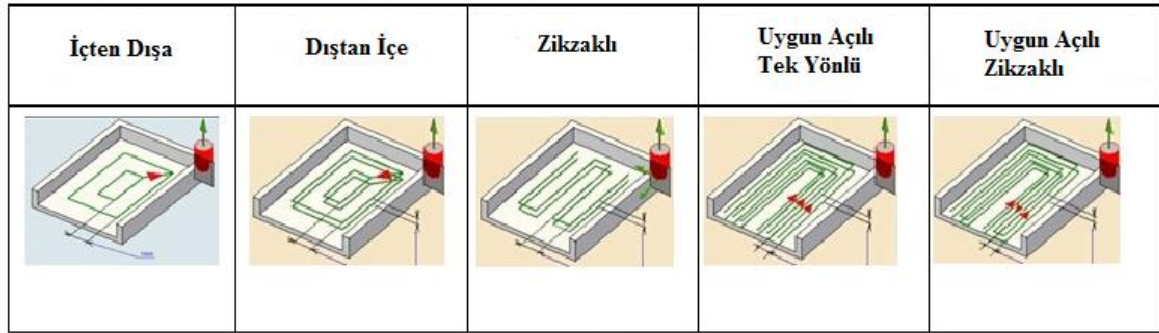
Kesme prosesinde kesici takımın hareketindeki adım sayısının toplam işlem süresine bir etkisi olmamıştır. 3. takım yolu en az adım sayısına sahip olmasına rağmen işlemi daha fazla sürede tamamlamıştır.

Ayrıca deneylerde işlem süresinin daha uzun olmasının daha fazla takım aşınmasına neden olacağı anlamına gelmediği görülmüştür. 4. takım yolu işlem süresi en fazla olup aşınma değerleri en az olmaktadır. Bunun nedeni 4. takım yolu yani zikzaklı kesim modelinde kesici takım parçaya daha aralıklı olarak temas eder. Kesici takımın parçaya sürekli teması ısınmaya neden olur. Bunun sonucunda kesici takım aşınması ve buna bağlı iş parçası yüzey pürüzlülüğü artar. Fakat bu olayın dezavantajı işleme için daha fazla süre harcamasıdır. 4. takım yolu modeli diğerlerine göre işlemi en fazla sürede tamamlamıştır.

1. ve 2. takım yollarında toplam işlem süresi birbirine yakın olarak diğer takım yollarından daha az çıkmıştır. Ancak kesici takımın parçaya sürekli temasından dolayı kesici takım daha fazla ısınmış ve daha fazla aşınmaya maruz kalmıştır. Buna bağlı iş parçalarındaki yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

4.1. Literatür ile Kıyaslama

Hadzley çalışmasında, 7076 alüminyum alaşımının işlenmesi sırasında farklı takım yolu stratejilerinin takım aşınmasına etkisi hakkında bir inceleme yapmayı amaçlamıştır. Beş takım yolu stratejisini incelemiştir. Bunlar: İçten dışa, dıştan içe, zikzaklı, uygun açılı tek yönlü, uygun açılı zikzaklı (Hadzley, 2015).



Şekil 4.1. Hadzley'in kullandığı takım yolu modelleri

Hadzley ve arkadaşlarının yaptığı deneyler sonucunda kesici takımdaki aşınmayı en fazla dıştan içe doğru takım yolu modelinde tespit edilmiştir. Bunu içten dışa ve uygun açılı zikzaklı takım yolu modelleri takip etmiştir. En az aşınma zikzaklı ve uygun açılı tek yönlü takım yolu modellerinde oluşmuştur.

Bu çalışmada ve Hadzley'in yaptığı çalışmada takım yolu stratejisinin aşınmaya etkisi aynı sonuçları vermiştir. Zikzaklı takım yolu modeli ile en az takım aşınmasına ulaşılmıştır. Dıştan içe ve içten dışa doğru takım yolu modelinde en fazla aşınma oluşmuştur.

Ancak işlem süreleri bakımından çalışmalar benzerlik göstermemiştir. Hadzley'in çalışmasında zikzaklı takım yolu modeli en az sürede işlemi tamamlamıştır. Bu çalışmada ise zikzaklı takım yolu modeli en fazla sürede işlemi tamamlayan takım yolu modeli olmuştur.

Bhowmick ve arkadaşları kuru ve minimum soğutma sıvısı ile AM60 döküm magnezyum alaşımının delinmesi konusunda çalışmışlardır. Deneylerinde minimum su ve yağlı asit kullanarak maksimum ve ortalama tork oluşumu ve aksenal kuvvetler ölçülmüştür. Kuru delmelerde takım ömrünün aşırı magnezyum talaşı boşaltımı olduğundan dolayı çok kısa olmuştur. Düşük soğutma sıvısı kullanılmasıyla, talaş yığılmasının, tork ve aksenal kuvvet değerlerinin de azaldığı görülmüştür. Aynı zamanda işleme esnasında meydana gelen ısı oluşumu kuru işlemeye göre daha az olduğu görülmüştür. Minimum soğutma sıvısı kullanımı stabil bir delik delme performansı göstermiştir (Bhowmicki, 2010).

Bu çalışmanın, Bhowmick ve arkadaşlarının çalışması ile ortak noktası işleme sırasında kullanılan soğutma sıvısının daha stabil işleme performansına neden olmasıdır. Her iki çalışmada da işleme esnasında kullanılan soğutma sıvısı kesici takımda meydana gelen ısıyı azaltmıştır. Bu olay iki çalışmada da kesici takımdaki aşınmanın azalmasına sebebiyet vermiş olup takım ömrünü uzatmıştır.

Kim ve Lee, magnezyum alaşımını basınçlı hava yardımıyla soğutarak, işleme sonrasında ortaya çıkan pürüzlülüğü değerlendirmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında AZ31B magnezyum alaşımını frezeleme operasyonuna tabi tutarak diş başı ilerleme, kesme hızı ve kesici takım üzerinde kullanılan kesici uç sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda yüzey pürüzlülüğünün diş başına ilerleme, takım üzerindeki uç sayısı artışı ile arttığını tespit etmişlerdir. Fakat belli bir aralıkta değişiklik gösteren kesme hızlarında hava ile soğutulan iş parçasının yüzey pürüzlülüğünün açık biçimde değişmediğini gözlemlemişlerdir (Kim, 2010).

Kim ve Lee'nin çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da işleme esnasında uygulanan havalı soğutma bazı ortak avantajlar sağlamıştır. Basınçlı hava işleme sırasında talaş ortamdan uzaklaştırarak talaş yığıntısı oluşumunu engellemiştir. Aynı zamanda kesme sırasında meydana gelen ısıyı azaltarak takım aşınmasının önüne geçmiştir. Daha az aşınan takımla işlenen yüzeyler daha hassas sonuçlar vermiştir.

5. SONUÇ

Otomotiv, elektronik ve havacılık gibi sektörlerde magnezyum gibi hafif, üstün mekanik özelliklere sahip materyal malzemesine ihtiyaç sürekli artmaktadır. Bu çalışmada AZ91 alaşımın CNC takım tezgahlarında işlenmesinde takım yolu stratejisi incelenmiştir. 4 farklı takım yolu ve 3 farklı işleme yöntemi kullanılmıştır. Takım yolları; dıştan içe, içten dışa, otomatik uygun açılı, zikzaklı takım yollarıdır. İşleme yöntemleri; kuru işleme, hava soğutmalı işleme ve kesme sıvılı işleme yöntemleridir. Çalışmada ilk olarak takım yollarının işleme tamamlama süreleri tespit edilip karşılaştırılmıştır. Bir dinamometre yardımıyla işlem sırasındaki kesme kuvvetleri ölçülmüş, takım yolu ve işleme yöntemine göre karşılaştırılmıştır. Tüm deneylerde aynı anda, kesme derinliğinin 6 mm'den 8mm'ye çıktığı sırada lazerli termometre yardımıyla kesici takım üzerinden anlık sıcaklık değerleri alınmıştır. Deneylerin ardından kesici uçlardaki aşınma miktarları dijital mikroskop ile belirlenmiştir. Belirlenen aşınma miktarları ile iş parçalarının yüzey pürüzlülükleri karşılaştırılmıştır.

Yapılan tüm deneylerde işleme sırasında kesici takıma soğutma uygulamak daha olumlu sonuçlar vermiştir. Kesme sıvısı ile soğutma yöntemi hava ile soğutma yöntemine göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. İşleme sırasında kesici takıma soğutma uygulamak, takıma etkiyen kuvvetleri azaltmış, kesici takımın sıcaklık ve aşınma değerlerini düşürmüştür. Aynı zamanda işlenen parçanın yüzey pürüzlülükleri de düşmüştür.

Kesme prosesinde kesici takımın hareketindeki adım sayısının toplam işlem süresine bir etkisi olmamıştır. 3. takım yolu en az adım sayısına sahip olmasına rağmen işleme daha fazla sürede tamamlamıştır.

Ayrıca deneylerde işlem süresinin daha uzun olmasının daha fazla takım aşınmasına neden olacağı anlamına gelmediği görülmüştür. 4. takım yolu işlem süresi en fazla olup aşınma değerleri en az olmaktadır. Bunun nedeni 4. takım yolu yani zikzaklı kesim modelinde kesici takım parçaya daha aralıklı olarak temas eder. Kesici takımın parçaya sürekli teması ısınmaya neden olur. Bunun sonucunda kesici takım aşınması ve buna bağlı iş parçası yüzey pürüzlülüğü artar. Fakat bu olayın dezavantajı işleme için daha fazla süre harcamasıdır. 4. takım yolu modeli diğerlerine göre işleme en fazla sürede tamamlamıştır.

Hem F_x hem F_y kuvvetinin 1. ve 2. takım yollarında, takım-parça arasındaki sürekli ve geniş temastan dolayı artarak devam ettiği ve sık bir şekilde ansızın vurma hareketi yaptığı görülmüştür.

1. ve 2. takım yollarında toplam işlem süresi birbirine yakın olarak diğer takım yollarından daha az çıkmıştır. Ancak kesici takımın parçaya sürekli temasından dolayı kesici takım daha fazla ısınmış ve daha fazla aşınmaya maruz kalmıştır. Buna bağlı iş parçalarındaki yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalarla benzerlik gösterdiği görülmüştür.



KAYNAKLAR

- Akyüz, B., 2011. Machinability of magnesium and its alloys. *The Online Journal of Science And Technology*, 1 (3).
- Atalay, O., 2006. Magnezyum ve Alaşımlarının Konstrüksiyon Malzemesi Olarak Otomotivde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beck, A., 1939. *Magnesium und Seine Legierungen*, Verlag von Julius Springer.
- Bhowmick, S., Lukitsch, M.J., Alpas, A.T., 2010. Dry and minimum quantity lubrication drilling of cast magnesium alloy (AM60). *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 50.
- Bhowmick, S., Alpas, A.T., 2011. The role of diamond-like carbon coated drills on minimum quantity lubrication drilling of magnesium alloys. *Surface & Coatings Technology*, 205.
- Bhowmick, S., 2011. Minimum Quantity Lubrication Machining of Aluminum and Magnesium Alloys, Ph.D. Dissertation. University of Windsor, Ontario, Canada.
- Buldum, B.B., 2013. AZ91 Magnezyum Alaşımının İşlenebilirliğinin İncelenmesi, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Cus, F., Zuperl, U., Gecevska, V., 2007. High-Speed milling of light metals, *Journal of Achievements in Materials And Manufacturing Engineering*, 20 (1-2).
- Demirtaş, S., 2017. İçten Yanmalı Motorda Üst Ölü Noktada Meydana Gelen Aşınma Mekanizmalarının Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Fang, F.Z., Lee, L.C., Liu, X.D., 2005. Mean flank temperature measurement in high speed dry cutting of magnesium alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 167.
- Froes, F.H., 1998. Light Metal Age.
- Groover, M.P., 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems Fourth Edition*.
- Hadzley, A.B.M., Sarah, A.S., Izamshah, R., Fatih, M.R.N., 2015. The Study of Tool Wear Performance on Pocket Milling Strategy. *Applied Mechanics and Materials* Vol 699.
- Hüseyinoğlu, M., 2008. 7075 Alüminyum Alaşımının Freze ile İşlenmesinde Minimum Soğutma Sıvısı Kullanmanın Performans Karakteristiklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
- Kauppinen, V., 2004. High-speed Milling – A New Manufacturing Technology, *4th International DAAAM Conference Industrial Engineering Innovation as Competitive Edge for SME*, Tallinn, Estonia.

- Kim, J.D., Lee, K.B., 2010. Surface roughness evaluation in dry-cutting of magnesium alloy by air pressure coolant, *Scientific Research Engineering*, 2.
- Korkut, İ., Dönertaş, M.A., 2003. Kesme parametrelerinin frezelemede oluşan kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri, *Politeknik Dergisi*, Cilt 6, Sayı 1.
- Lee, A.S., Chena, Y. H., Wangb, J.Y., 2002. Isothermal sheet formability of magnesium alloy AZ31 and AZ61, *Journal of Materials Processing Technology*, 124.
- Mert, F., 2012. Magnezyum Alaşımlarının İşlenmesi. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara.
- Sekmen, M., 2013. Talaş Açısının Kesme Kuvvetleri ve Mekanik Gerilmeler Üzerindeki Etkilerinin Simülasyonu Ve Deneysel Olarak Doğrulanması, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Seymen, Y., 2009. Alüminyumun (Al7075) Elmas Benzeri Karbon (Dlc) Kaplanmış Parmak Freze ile İşlenmesinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Sönmez, A., 2017. Alüminyum Esaslı B4c Takviyeli Kompozit Malzemenin Aşınma Davranışlarının Araştırılması ve Deneysel Sonuçlarının Yapay Sinir Ağlarında Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Shi, K., Ren, J., Zhang, D., Zhai, Z., Huang, X., 2016. Tool wear behaviors and its effect on machinability in dry high-speed milling of magnesium alloy, *Int J Adv Manuf Technol*, Springer.
- Şık, A., 2013. Comparison between microstructure characteristics and joint performance of AZ31 magnesium alloy welded by tig and friction stir welding (fsw) processes, *Kovové materiály - Metallic Materials*, 51 (3).
- Tomac, T., Tønnessen, K., Mikac, T., 2008. Study of influence of aluminium content on machinability of magnesium alloys, *Strojarstvo* 50 (6).
- Tönsoff, H.K., Winkler, J., 1997. The influence of tool coatings in machining of magnesium, *Surface and Coatings Technology*, 94-95.
- Ulacia, I., Dudamell, N.V., Galvez, F., Yi, S., Perez-Prado, M.T., Hurtado, I., 2010. Mechanical behavior and microstructural evolution of a Mg AZ31 sheet at dynamic strain rates, *Acta Materialia*, 58.
- Wojtowicz, N., Danis, I., Chieragatti, R., Monies, F., Lamesle, P., 2013. The Influence of Cutting Conditions on Surface Integrity of a Wrought Magnesium Alloy, *Proceedings of the 5th Manufacturing Engineering Society International Conference*, Zaragoza.

Yılmaz, M., 2013. Kompozitlerin Kuru Kaymadaki Aşınma Davranışlarının Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

Yüksel, F., 2014. Alüminyum Matrisli B4c Partikül Takviyeli Aşınma Direnci Yüksek Kompozit Malzemelerin Aşınma Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.



EKLER

ø
O1111
(31-MAY-2018)
G90 G00 G54
S7000 M3
G0 X0. Y8.485
(contour-inside-outside)
G0 X0. Y8.485 Z10.
G0 X0. Y8.485 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F300
G3 Y-8.485 R19. F1360
Y8.485 R19.
G1 X-2.237 Y9.602
G3 X0. Y-13.162 R21.5
Y13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X-4.474 Y10.718
G3 X0. Y-16.941 R24.
Y16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-6.711 Y11.835
G3 X-0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X0.352 Y-20.029
G3 X0.393 Y19.993 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X-0.31 Y20.065
G3 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-8.947 Y12.951
G3 X-1.989 Y-21.919 R29.
G2 X0. Y-23.763 R40.
X1.989 Y-21.919 R40.
G3 X2.034 Y21.879 R29.
G2 X0.014 Y23.763 R40.
X-1.943 Y21.958 R40.
G3 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-11.184 Y14.068
G3 X-3.626 Y-23.808 R31.5
G2 X0. Y-27.41 R37.5
X3.626 Y-23.808 R37.5
G3 X3.675 Y23.765 R31.5
G2 X0.026 Y27.41 R37.5
X-3.576 Y23.851 R37.5
G3 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-13.421 Y15.184
G3 X-5.262 Y-25.698 R34.
G2 X0. Y-31.393 R35.
X5.262 Y-25.698 R35.
G3 X5.316 Y25.652 R34.
G2 X0.039 Y31.393 R35.
X-5.209 Y25.744 R35.
G3 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-15.658 Y16.301
G3 X-6.899 Y-27.587 R36.5

G2 X0. Y-35.961 R32.5
X6.899 Y-27.587 R32.5
G3 X6.957 Y27.538 R36.5
G2 X0.054 Y35.961 R32.5
X-6.842 Y27.637 R32.5
G3 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-17.895 Y17.417
G3 X-8.536 Y-29.477 R39.
G2 X-0.532 Y-40.506 R30.
X0.532 R24.5
X8.536 Y-29.477 R30.
G3 X8.598 Y29.424 R39.
G2 X0.6 Y40.509 R30.
X-0.464 Y40.506 R19.5
X-8.475 Y29.53 R30.
G3 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-20.132 Y18.534
G3 X-10.173 Y-31.367 R41.5
G2 X-2.208 Y-43.111 R27.5
X2.208 R22.
X10.173 Y-31.367 R27.5
G3 X10.238 Y31.31 R41.5
G2 X2.27 Y43.152 R27.5
X-2.125 Y43.133 R17.
X-10.108 Y31.423 R27.5
G3 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-22.368 Y19.65
G3 X-11.81 Y-33.256 R44.
G2 X-3.972 Y-45.909 R25.
X3.972 R19.5
X11.81 Y-33.256 R25.
G3 X11.879 Y33.196 R44.
G2 X4.016 Y46.067 R25.
X-3.858 Y46.023 R14.5
X-11.741 Y33.316 R25.
G3 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-24.605 Y20.767
G3 X-13.447 Y-35.146 R46.5
G2 X-5.894 Y-49.054 R22.5
X5.894 R17.
X13.447 Y-35.146 R22.5
G3 X13.52 Y35.082 R46.5
G2 X5.926 Y49.566 R22.5
X-5.744 Y49.464 R12.
X-13.374 Y35.209 R22.5
G3 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-26.842 Y21.883
G3 X-15.084 Y-37.035 R49.
G2 X-8.2 Y-53.041 R20.
X8.2 R14.5
X15.084 Y-37.035 R20.
G3 X15.161 Y36.968 R49.
G2 X8.736 Y56.268 R20.
I-8.736 J3.732
X-8.325 Y55.424 R9.5
X-15.007 Y37.102 R20.
G3 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-29.079 Y23.

G3 X-16.721 Y-38.925 R51.5
G2 X-11.175 Y-56.284 R17.5
G3 X-11.321 Y-61.021 R11.5
G2 X11.321 R12.
G3 X11.175 Y-56.284 R11.5
G2 X16.721 Y-38.925 R17.5
G3 X16.802 Y38.855 R51.5
G2 X11.297 Y56.247 R17.5
G3 X-11.053 Y56.321 R-11.5
G2 X-16.64 Y38.995 R17.5
G3 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-31.316 Y24.116
G3 X-18.358 Y-40.814 R54.
G2 X-13.604 Y-55.694 R15.
G3 X-7.514 Y-70.813 R14.
G2 I7.514 J5.813
X7.514 R-9.5
G3 X13.604 Y-55.694 R14.
G2 X18.358 Y-40.814 R15.
G3 X18.443 Y40.741 R54.
G2 X13.724 Y55.649 R15.
G3 X-13.484 Y55.739 R-14.
G2 X-18.273 Y40.888 R15.
G3 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-33.553 Y25.233
G3 X-19.995 Y-42.704 R56.5
G2 X-16.033 Y-55.103 R12.5
G3 X16.033 R-16.5
G2 X19.995 Y-42.704 R12.5
G3 X20.084 Y42.627 R56.5
G2 X16.151 Y55.05 R12.5
G3 X-15.915 Y55.157 R-16.5
G2 X-19.906 Y42.781 R12.5
G3 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-35.789 Y26.349
G3 X-21.632 Y-44.593 R59.
G2 X-18.463 Y-54.513 R10.
G3 X18.463 R-19.
G2 X21.632 Y-44.593 R10.
G3 X21.724 Y44.513 R59.
G2 X18.579 Y54.452 R10.
G3 X-18.346 Y54.575 R-19.
G2 X-21.539 Y44.674 R10.
G3 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-38.026 Y27.466
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-38.026 Y27.466 R61.5
G0 Z10.
X0. Y8.485
Z0.
G1 Z-4. F300

G3 Y-8.485 R19. F1360
Y8.485 R19.
G1 X-2.237 Y9.602
G3 X0. Y-13.162 R21.5
Y13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X-4.474 Y10.718
G3 X0. Y-16.941 R24.
Y16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-6.711 Y11.835
G3 X-0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X0.352 Y-20.029
G3 X0.393 Y19.993 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X-0.31 Y20.065
G3 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-8.947 Y12.951
G3 X-1.989 Y-21.919 R29.
G2 X0. Y-23.763 R40.
X1.989 Y-21.919 R40.
G3 X2.034 Y21.879 R29.
G2 X0.014 Y23.763 R40.
X-1.943 Y21.958 R40.
G3 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-11.184 Y14.068
G3 X-3.626 Y-23.808 R31.5
G2 X0. Y-27.41 R37.5
X3.626 Y-23.808 R37.5
G3 X3.675 Y23.765 R31.5
G2 X0.026 Y27.41 R37.5
X-3.576 Y23.851 R37.5
G3 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-13.421 Y15.184
G3 X-5.262 Y-25.698 R34.
G2 X0. Y-31.393 R35.
X5.262 Y-25.698 R35.
G3 X5.316 Y25.652 R34.
G2 X0.039 Y31.393 R35.
X-5.209 Y25.744 R35.
G3 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-15.658 Y16.301
G3 X-6.899 Y-27.587 R36.5
G2 X0. Y-35.961 R32.5
X6.899 Y-27.587 R32.5
G3 X6.957 Y27.538 R36.5
G2 X0.054 Y35.961 R32.5
X-6.842 Y27.637 R32.5
G3 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-17.895 Y17.417
G3 X-8.536 Y-29.477 R39.
G2 X-0.532 Y-40.506 R30.
X0.532 R24.5
X8.536 Y-29.477 R30.
G3 X8.598 Y29.424 R39.
G2 X0.6 Y40.509 R30.
X-0.464 Y40.506 R19.5

X-8.475 Y29.53 R30.
G3 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-20.132 Y18.534
G3 X-10.173 Y-31.367 R41.5
G2 X-2.208 Y-43.111 R27.5
X2.208 R22.
X10.173 Y-31.367 R27.5
G3 X10.238 Y31.31 R41.5
G2 X2.27 Y43.152 R27.5
X-2.125 Y43.133 R17.
X-10.108 Y31.423 R27.5
G3 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-22.368 Y19.65
G3 X-11.81 Y-33.256 R44.
G2 X-3.972 Y-45.909 R25.
X3.972 R19.5
X11.81 Y-33.256 R25.
G3 X11.879 Y33.196 R44.
G2 X4.016 Y46.067 R25.
X-3.858 Y46.023 R14.5
X-11.741 Y33.316 R25.
G3 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-24.605 Y20.767
G3 X-13.447 Y-35.146 R46.5
G2 X-5.894 Y-49.054 R22.5
X5.894 R17.
X13.447 Y-35.146 R22.5
G3 X13.52 Y35.082 R46.5
G2 X5.926 Y49.566 R22.5
X-5.744 Y49.464 R12.
X-13.374 Y35.209 R22.5
G3 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-26.842 Y21.883
G3 X-15.084 Y-37.035 R49.
G2 X-8.2 Y-53.041 R20.
X8.2 R14.5
X15.084 Y-37.035 R20.
G3 X15.161 Y36.968 R49.
G2 X8.736 Y56.268 R20.
I-8.736 J3.732
X-8.325 Y55.424 R9.5
X-15.007 Y37.102 R20.
G3 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-29.079 Y23.
G3 X-16.721 Y-38.925 R51.5
G2 X-11.175 Y-56.284 R17.5
G3 X-11.321 Y-61.021 R11.5
G2 X11.321 R12.
G3 X11.175 Y-56.284 R11.5
G2 X16.721 Y-38.925 R17.5
G3 X16.802 Y38.855 R51.5
G2 X11.297 Y56.247 R17.5
G3 X-11.053 Y56.321 R-11.5
G2 X-16.64 Y38.995 R17.5
G3 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-31.316 Y24.116
G3 X-18.358 Y-40.814 R54.
G2 X-13.604 Y-55.694 R15.

G3 X-7.514 Y-70.813 R14.
G2 I7.514 J5.813
X7.514 R-9.5
G3 X13.604 Y-55.694 R14.
G2 X18.358 Y-40.814 R15.
G3 X18.443 Y40.741 R54.
G2 X13.724 Y55.649 R15.
G3 X-13.484 Y55.739 R-14.
G2 X-18.273 Y40.888 R15.
G3 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-33.553 Y25.233
G3 X-19.995 Y-42.704 R56.5
G2 X-16.033 Y-55.103 R12.5
G3 X16.033 R-16.5
G2 X19.995 Y-42.704 R12.5
G3 X20.084 Y42.627 R56.5
G2 X16.151 Y55.05 R12.5
G3 X-15.915 Y55.157 R-16.5
G2 X-19.906 Y42.781 R12.5
G3 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-35.789 Y26.349
G3 X-21.632 Y-44.593 R59.
G2 X-18.463 Y-54.513 R10.
G3 X18.463 R-19.
G2 X21.632 Y-44.593 R10.
G3 X21.724 Y44.513 R59.
G2 X18.579 Y54.452 R10.
G3 X-18.346 Y54.575 R-19.
G2 X-21.539 Y44.674 R10.
G3 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-38.026 Y27.466
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-38.026 Y27.466 R61.5
G0 Z10.
X0. Y8.485
Z-2.
G1 Z-6. F300
G3 Y-8.485 R19. F1360
Y8.485 R19.
G1 X-2.237 Y9.602
G3 X0. Y-13.162 R21.5
Y13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X-4.474 Y10.718
G3 X0. Y-16.941 R24.
Y16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-6.711 Y11.835
G3 X-0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X0.352 Y-20.029

G3 X0.393 Y19.993 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X-0.31 Y20.065
G3 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-8.947 Y12.951
G3 X-1.989 Y-21.919 R29.
G2 X0. Y-23.763 R40.
X1.989 Y-21.919 R40.
G3 X2.034 Y21.879 R29.
G2 X0.014 Y23.763 R40.
X-1.943 Y21.958 R40.
G3 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-11.184 Y14.068
G3 X-3.626 Y-23.808 R31.5
G2 X0. Y-27.41 R37.5
X3.626 Y-23.808 R37.5
G3 X3.675 Y23.765 R31.5
G2 X0.026 Y27.41 R37.5
X-3.576 Y23.851 R37.5
G3 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-13.421 Y15.184
G3 X-5.262 Y-25.698 R34.
G2 X0. Y-31.393 R35.
X5.262 Y-25.698 R35.
G3 X5.316 Y25.652 R34.
G2 X0.039 Y31.393 R35.
X-5.209 Y25.744 R35.
G3 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-15.658 Y16.301
G3 X-6.899 Y-27.587 R36.5
G2 X0. Y-35.961 R32.5
X6.899 Y-27.587 R32.5
G3 X6.957 Y27.538 R36.5
G2 X0.054 Y35.961 R32.5
X-6.842 Y27.637 R32.5
G3 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-17.895 Y17.417
G3 X-8.536 Y-29.477 R39.
G2 X-0.532 Y-40.506 R30.
X0.532 R24.5
X8.536 Y-29.477 R30.
G3 X8.598 Y29.424 R39.
G2 X0.6 Y40.509 R30.
X-0.464 Y40.506 R19.5
X-8.475 Y29.53 R30.
G3 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-20.132 Y18.534
G3 X-10.173 Y-31.367 R41.5
G2 X-2.208 Y-43.111 R27.5
X2.208 R22.
X10.173 Y-31.367 R27.5
G3 X10.238 Y31.31 R41.5
G2 X2.27 Y43.152 R27.5
X-2.125 Y43.133 R17.
X-10.108 Y31.423 R27.5
G3 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-22.368 Y19.65
G3 X-11.81 Y-33.256 R44.

G2 X-3.972 Y-45.909 R25.
X3.972 R19.5
X11.81 Y-33.256 R25.
G3 X11.879 Y33.196 R44.
G2 X4.016 Y46.067 R25.
X-3.858 Y46.023 R14.5
X-11.741 Y33.316 R25.
G3 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-24.605 Y20.767
G3 X-13.447 Y-35.146 R46.5
G2 X-5.894 Y-49.054 R22.5
X5.894 R17.
X13.447 Y-35.146 R22.5
G3 X13.52 Y35.082 R46.5
G2 X5.926 Y49.566 R22.5
X-5.744 Y49.464 R12.
X-13.374 Y35.209 R22.5
G3 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-26.842 Y21.883
G3 X-15.084 Y-37.035 R49.
G2 X-8.2 Y-53.041 R20.
X8.2 R14.5
X15.084 Y-37.035 R20.
G3 X15.161 Y36.968 R49.
G2 X8.736 Y56.268 R20.
I-8.736 J3.732
X-8.325 Y55.424 R9.5
X-15.007 Y37.102 R20.
G3 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-29.079 Y23.
G3 X-16.721 Y-38.925 R51.5
G2 X-11.175 Y-56.284 R17.5
G3 X-11.321 Y-61.021 R11.5
G2 X11.321 R12.
G3 X11.175 Y-56.284 R11.5
G2 X16.721 Y-38.925 R17.5
G3 X16.802 Y38.855 R51.5
G2 X11.297 Y56.247 R17.5
G3 X-11.053 Y56.321 R-11.5
G2 X-16.64 Y38.995 R17.5
G3 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-31.316 Y24.116
G3 X-18.358 Y-40.814 R54.
G2 X-13.604 Y-55.694 R15.
G3 X-7.514 Y-70.813 R14.
G2 I7.514 J5.813
X7.514 R-9.5
G3 X13.604 Y-55.694 R14.
G2 X18.358 Y-40.814 R15.
G3 X18.443 Y40.741 R54.
G2 X13.724 Y55.649 R15.
G3 X-13.484 Y55.739 R-14.
G2 X-18.273 Y40.888 R15.
G3 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-33.553 Y25.233
G3 X-19.995 Y-42.704 R56.5
G2 X-16.033 Y-55.103 R12.5
G3 X16.033 R-16.5

G2 X19.995 Y-42.704 R12.5
G3 X20.084 Y42.627 R56.5
G2 X16.151 Y55.05 R12.5
G3 X-15.915 Y55.157 R-16.5
G2 X-19.906 Y42.781 R12.5
G3 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-35.789 Y26.349
G3 X-21.632 Y-44.593 R59.
G2 X-18.463 Y-54.513 R10.
G3 X18.463 R-19.
G2 X21.632 Y-44.593 R10.
G3 X21.724 Y44.513 R59.
G2 X18.579 Y54.452 R10.
G3 X-18.346 Y54.575 R-19.
G2 X-21.539 Y44.674 R10.
G3 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-38.026 Y27.466
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-38.026 Y27.466 R61.5
G0 Z30.
X0. Y8.485
Z-4.
G1 Z-8. F300
G3 Y-8.485 R19. F1360
Y8.485 R19.
G1 X-2.237 Y9.602
G3 X0. Y-13.162 R21.5
Y13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X-4.474 Y10.718
G3 X0. Y-16.941 R24.
Y16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-6.711 Y11.835
G3 X-0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X0.352 Y-20.029
G3 X0.393 Y19.993 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X-0.31 Y20.065
G3 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-8.947 Y12.951
G3 X-1.989 Y-21.919 R29.
G2 X0. Y-23.763 R40.
X1.989 Y-21.919 R40.
G3 X2.034 Y21.879 R29.
G2 X0.014 Y23.763 R40.
X-1.943 Y21.958 R40.
G3 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-11.184 Y14.068
G3 X-3.626 Y-23.808 R31.5

G2 X0. Y-27.41 R37.5
X3.626 Y-23.808 R37.5
G3 X3.675 Y23.765 R31.5
G2 X0.026 Y27.41 R37.5
X-3.576 Y23.851 R37.5
G3 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-13.421 Y15.184
G3 X-5.262 Y-25.698 R34.
G2 X0. Y-31.393 R35.
X5.262 Y-25.698 R35.
G3 X5.316 Y25.652 R34.
G2 X0.039 Y31.393 R35.
X-5.209 Y25.744 R35.
G3 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-15.658 Y16.301
G3 X-6.899 Y-27.587 R36.5
G2 X0. Y-35.961 R32.5
X6.899 Y-27.587 R32.5
G3 X6.957 Y27.538 R36.5
G2 X0.054 Y35.961 R32.5
X-6.842 Y27.637 R32.5
G3 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-17.895 Y17.417
G3 X-8.536 Y-29.477 R39.
G2 X-0.532 Y-40.506 R30.
X0.532 R24.5
X8.536 Y-29.477 R30.
G3 X8.598 Y29.424 R39.
G2 X0.6 Y40.509 R30.
X-0.464 Y40.506 R19.5
X-8.475 Y29.53 R30.
G3 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-20.132 Y18.534
G3 X-10.173 Y-31.367 R41.5
G2 X-2.208 Y-43.111 R27.5
X2.208 R22.
X10.173 Y-31.367 R27.5
G3 X10.238 Y31.31 R41.5
G2 X2.27 Y43.152 R27.5
X-2.125 Y43.133 R17.
X-10.108 Y31.423 R27.5
G3 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-22.368 Y19.65
G3 X-11.81 Y-33.256 R44.
G2 X-3.972 Y-45.909 R25.
X3.972 R19.5
X11.81 Y-33.256 R25.
G3 X11.879 Y33.196 R44.
G2 X4.016 Y46.067 R25.
X-3.858 Y46.023 R14.5
X-11.741 Y33.316 R25.
G3 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-24.605 Y20.767
G3 X-13.447 Y-35.146 R46.5
G2 X-5.894 Y-49.054 R22.5
X5.894 R17.
X13.447 Y-35.146 R22.5
G3 X13.52 Y35.082 R46.5

G2 X5.926 Y49.566 R22.5
X-5.744 Y49.464 R12.
X-13.374 Y35.209 R22.5
G3 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-26.842 Y21.883
G3 X-15.084 Y-37.035 R49.
G2 X-8.2 Y-53.041 R20.
X8.2 R14.5
X15.084 Y-37.035 R20.
G3 X15.161 Y36.968 R49.
G2 X8.736 Y56.268 R20.
I-8.736 J3.732
X-8.325 Y55.424 R9.5
X-15.007 Y37.102 R20.
G3 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-29.079 Y23.
G3 X-16.721 Y-38.925 R51.5
G2 X-11.175 Y-56.284 R17.5
G3 X-11.321 Y-61.021 R11.5
G2 X11.321 R12.
G3 X11.175 Y-56.284 R11.5
G2 X16.721 Y-38.925 R17.5
G3 X16.802 Y38.855 R51.5
G2 X11.297 Y56.247 R17.5
G3 X-11.053 Y56.321 R-11.5
G2 X-16.64 Y38.995 R17.5
G3 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-31.316 Y24.116
G3 X-18.358 Y-40.814 R54.
G2 X-13.604 Y-55.694 R15.
G3 X-7.514 Y-70.813 R14.
G2 I7.514 J5.813
X7.514 R-9.5
G3 X13.604 Y-55.694 R14.
G2 X18.358 Y-40.814 R15.
G3 X18.443 Y40.741 R54.
G2 X13.724 Y55.649 R15.
G3 X-13.484 Y55.739 R-14.
G2 X-18.273 Y40.888 R15.
G3 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-33.553 Y25.233
G3 X-19.995 Y-42.704 R56.5
G2 X-16.033 Y-55.103 R12.5
G3 X16.033 R-16.5
G2 X19.995 Y-42.704 R12.5
G3 X20.084 Y42.627 R56.5
G2 X16.151 Y55.05 R12.5
G3 X-15.915 Y55.157 R-16.5
G2 X-19.906 Y42.781 R12.5
G3 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-35.789 Y26.349
G3 X-21.632 Y-44.593 R59.
G2 X-18.463 Y-54.513 R10.
G3 X18.463 R-19.
G2 X21.632 Y-44.593 R10.
G3 X21.724 Y44.513 R59.
G2 X18.579 Y54.452 R10.
G3 X-18.346 Y54.575 R-19.

```
G2 X-21.539 Y44.674 R10.  
G3 X-35.789 Y26.349 R59.  
G1 X-38.026 Y27.466  
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5  
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5  
G3 X20.892 R-21.5  
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5  
G3 X23.365 Y46.399 R61.5  
G2 X21.006 Y53.853 R7.5  
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5  
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5  
G3 X-38.026 Y27.466 R61.5  
G0 Z10.  
M9  
G05.1 Q0  
M5  
G91 G28 Z0  
G91 G28 Y0  
M30  
%
```



```

%
O2222
(31-MAY-2018)
G90 G00 G54
S7000 M3
G0 X-38.026 Y27.466
( contour-outside-inside )
G0 X-38.026 Y27.466 Z10.
G0 X-38.026 Y27.466 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F300
G2 X-23.172 Y46.567 R61.5 F1360
G3 X-20.777 Y53.992 R7.5
G2 X21.006 Y53.853 R-21.5
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X23.269 Y-46.483 R61.5
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G2 X-20.892 R-21.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R7.5
G2 X-38.026 Y27.466 R61.5
G1 X-35.789 Y26.349
G2 X-21.539 Y44.674 R59.
G3 X-18.346 Y54.575 R10.
G2 X18.579 Y54.452 R-19.
G3 X21.724 Y44.513 R10.
G2 X21.632 Y-44.593 R59.
G3 X18.463 Y-54.513 R10.
G2 X-18.463 R-19.
G3 X-21.632 Y-44.593 R10.
G2 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-33.553 Y25.233
G2 X-19.906 Y42.781 R56.5
G3 X-15.915 Y55.157 R12.5
G2 X16.151 Y55.05 R-16.5
G3 X20.084 Y42.627 R12.5
G2 X19.995 Y-42.704 R56.5
G3 X16.033 Y-55.103 R12.5
G2 X-16.033 R-16.5
G3 X-19.995 Y-42.704 R12.5
G2 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-31.316 Y24.116
G2 X-18.273 Y40.888 R54.
G3 X-13.484 Y55.739 R15.
G2 X13.724 Y55.649 R-14.
G3 X18.443 Y40.741 R15.
G2 X18.358 Y-40.814 R54.
G3 X13.604 Y-55.694 R15.
G2 X7.514 Y-70.813 R14.
G3 X9.5 Y-65. R9.5
G2 I-9.5 J0.
G3 X-7.514 Y-70.813 R-9.5
G2 X-13.604 Y-55.694 R14.
G3 X-18.358 Y-40.814 R15.
G2 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-29.079 Y23.
G2 X-16.64 Y38.995 R51.5
G3 X-11.053 Y56.321 R17.5
G2 X11.297 Y56.247 R-11.5

```

G3 X16.802 Y38.855 R17.5
G2 X16.721 Y-38.925 R51.5
G3 X11.175 Y-56.284 R17.5
G2 X11.321 Y-61.021 R11.5
G3 X-11.321 R12.
G2 X-11.175 Y-56.284 R11.5
G3 X-16.721 Y-38.925 R17.5
G2 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-26.842 Y21.883
G2 X-15.007 Y37.102 R49.
G3 X-8.325 Y55.424 R20.
G2 I8.325 J4.576
G3 X8.736 Y56.268 R9.5
X15.161 Y36.968 R20.
G2 X15.084 Y-37.035 R49.
G3 X8.2 Y-53.041 R20.
X-8.2 R14.5
X-15.084 Y-37.035 R20.
G2 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-24.605 Y20.767
G2 X-13.374 Y35.209 R46.5
G3 X-5.744 Y49.464 R22.5
X5.926 Y49.566 R12.
X13.52 Y35.082 R22.5
G2 X13.447 Y-35.146 R46.5
G3 X5.894 Y-49.054 R22.5
X-5.894 R17.
X-13.447 Y-35.146 R22.5
G2 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-22.368 Y19.65
G2 X-11.741 Y33.316 R44.
G3 X-3.858 Y46.023 R25.
X4.016 Y46.067 R14.5
X11.879 Y33.196 R25.
G2 X11.81 Y-33.256 R44.
G3 X3.972 Y-45.909 R25.
X-3.972 R19.5
X-11.81 Y-33.256 R25.
G2 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-20.132 Y18.534
G2 X-10.108 Y31.423 R41.5
G3 X-2.125 Y43.133 R27.5
X2.27 Y43.152 R17.
X10.238 Y31.31 R27.5
G2 X10.173 Y-31.367 R41.5
G3 X2.208 Y-43.111 R27.5
X-2.208 R22.
X-10.173 Y-31.367 R27.5
G2 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-17.895 Y17.417
G2 X-8.475 Y29.53 R39.
G3 X-0.464 Y40.506 R30.
X0.6 Y40.509 R19.5
X8.598 Y29.424 R30.
G2 X8.536 Y-29.477 R39.
G3 X0.532 Y-40.506 R30.
X-0.532 R24.5
X-8.536 Y-29.477 R30.

G2 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-15.658 Y16.301
G2 X-6.842 Y27.637 R36.5
G3 X0.054 Y35.961 R32.5
X6.957 Y27.538 R32.5
G2 X6.899 Y-27.587 R36.5
G3 X0. Y-35.961 R32.5
X-6.899 Y-27.587 R32.5
G2 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-13.421 Y15.184
G2 X-5.209 Y25.744 R34.
G3 X0.039 Y31.393 R35.
X5.316 Y25.652 R35.
G2 X5.262 Y-25.698 R34.
G3 X0. Y-31.393 R35.
X-5.262 Y-25.698 R35.
G2 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-11.184 Y14.068
G2 X-3.576 Y23.851 R31.5
G3 X0.026 Y27.41 R37.5
X3.675 Y23.765 R37.5
G2 X3.626 Y-23.808 R31.5
G3 X0. Y-27.41 R37.5
X-3.626 Y-23.808 R37.5
G2 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-8.947 Y12.951
G2 X-1.943 Y21.958 R29.
G3 X0.014 Y23.763 R40.
X2.034 Y21.879 R40.
G2 X1.989 Y-21.919 R29.
G3 X0. Y-23.763 R40.
X-1.989 Y-21.919 R40.
G2 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-6.711 Y11.835
G2 X-0.31 Y20.065 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X0.393 Y19.993
G2 X0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X-0.352 Y-20.029
G2 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-4.474 Y10.718
G2 X0. Y16.941 R24.
Y-16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-2.237 Y9.602
G2 X0. Y13.162 R21.5
Y-13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X0. Y8.485
G2 Y-8.485 R19.
Y8.485 R19.
G0 Z10.
X-38.026 Y27.466
Z0.
G1 Z-4. F300
G2 X-23.172 Y46.567 R61.5 F1360
G3 X-20.777 Y53.992 R7.5

G2 X21.006 Y53.853 R-21.5
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X23.269 Y-46.483 R61.5
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G2 X-20.892 R-21.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R7.5
G2 X-38.026 Y27.466 R61.5
G1 X-35.789 Y26.349
G2 X-21.539 Y44.674 R59.
G3 X-18.346 Y54.575 R10.
G2 X18.579 Y54.452 R-19.
G3 X21.724 Y44.513 R10.
G2 X21.632 Y-44.593 R59.
G3 X18.463 Y-54.513 R10.
G2 X-18.463 R-19.
G3 X-21.632 Y-44.593 R10.
G2 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-33.553 Y25.233
G2 X-19.906 Y42.781 R56.5
G3 X-15.915 Y55.157 R12.5
G2 X16.151 Y55.05 R-16.5
G3 X20.084 Y42.627 R12.5
G2 X19.995 Y-42.704 R56.5
G3 X16.033 Y-55.103 R12.5
G2 X-16.033 R-16.5
G3 X-19.995 Y-42.704 R12.5
G2 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-31.316 Y24.116
G2 X-18.273 Y40.888 R54.
G3 X-13.484 Y55.739 R15.
G2 X13.724 Y55.649 R-14.
G3 X18.443 Y40.741 R15.
G2 X18.358 Y-40.814 R54.
G3 X13.604 Y-55.694 R15.
G2 X7.514 Y-70.813 R14.
G3 X9.5 Y-65. R9.5
G2 I-9.5 J0.
G3 X-7.514 Y-70.813 R-9.5
G2 X-13.604 Y-55.694 R14.
G3 X-18.358 Y-40.814 R15.
G2 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-29.079 Y23.
G2 X-16.64 Y38.995 R51.5
G3 X-11.053 Y56.321 R17.5
G2 X11.297 Y56.247 R-11.5
G3 X16.802 Y38.855 R17.5
G2 X16.721 Y-38.925 R51.5
G3 X11.175 Y-56.284 R17.5
G2 X11.321 Y-61.021 R11.5
G3 X-11.321 R12.
G2 X-11.175 Y-56.284 R11.5
G3 X-16.721 Y-38.925 R17.5
G2 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-26.842 Y21.883
G2 X-15.007 Y37.102 R49.
G3 X-8.325 Y55.424 R20.
G2 I8.325 J4.576
G3 X8.736 Y56.268 R9.5

X15.161 Y36.968 R20.
G2 X15.084 Y-37.035 R49.
G3 X8.2 Y-53.041 R20.
X-8.2 R14.5
X-15.084 Y-37.035 R20.
G2 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-24.605 Y20.767
G2 X-13.374 Y35.209 R46.5
G3 X-5.744 Y49.464 R22.5
X5.926 Y49.566 R12.
X13.52 Y35.082 R22.5
G2 X13.447 Y-35.146 R46.5
G3 X5.894 Y-49.054 R22.5
X-5.894 R17.
X-13.447 Y-35.146 R22.5
G2 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-22.368 Y19.65
G2 X-11.741 Y33.316 R44.
G3 X-3.858 Y46.023 R25.
X4.016 Y46.067 R14.5
X11.879 Y33.196 R25.
G2 X11.81 Y-33.256 R44.
G3 X3.972 Y-45.909 R25.
X-3.972 R19.5
X-11.81 Y-33.256 R25.
G2 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-20.132 Y18.534
G2 X-10.108 Y31.423 R41.5
G3 X-2.125 Y43.133 R27.5
X2.27 Y43.152 R17.
X10.238 Y31.31 R27.5
G2 X10.173 Y-31.367 R41.5
G3 X2.208 Y-43.111 R27.5
X-2.208 R22.
X-10.173 Y-31.367 R27.5
G2 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-17.895 Y17.417
G2 X-8.475 Y29.53 R39.
G3 X-0.464 Y40.506 R30.
X0.6 Y40.509 R19.5
X8.598 Y29.424 R30.
G2 X8.536 Y-29.477 R39.
G3 X0.532 Y-40.506 R30.
X-0.532 R24.5
X-8.536 Y-29.477 R30.
G2 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-15.658 Y16.301
G2 X-6.842 Y27.637 R36.5
G3 X0.054 Y35.961 R32.5
X6.957 Y27.538 R32.5
G2 X6.899 Y-27.587 R36.5
G3 X0. Y-35.961 R32.5
X-6.899 Y-27.587 R32.5
G2 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-13.421 Y15.184
G2 X-5.209 Y25.744 R34.
G3 X0.039 Y31.393 R35.
X5.316 Y25.652 R35.

G2 X5.262 Y-25.698 R34.
G3 X0. Y-31.393 R35.
X-5.262 Y-25.698 R35.
G2 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-11.184 Y14.068
G2 X-3.576 Y23.851 R31.5
G3 X0.026 Y27.41 R37.5
X3.675 Y23.765 R37.5
G2 X3.626 Y-23.808 R31.5
G3 X0. Y-27.41 R37.5
X-3.626 Y-23.808 R37.5
G2 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-8.947 Y12.951
G2 X-1.943 Y21.958 R29.
G3 X0.014 Y23.763 R40.
X2.034 Y21.879 R40.
G2 X1.989 Y-21.919 R29.
G3 X0. Y-23.763 R40.
X-1.989 Y-21.919 R40.
G2 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-6.711 Y11.835
G2 X-0.31 Y20.065 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X0.393 Y19.993
G2 X0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X-0.352 Y-20.029
G2 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-4.474 Y10.718
G2 X0. Y16.941 R24.
Y-16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-2.237 Y9.602
G2 X0. Y13.162 R21.5
Y-13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X0. Y8.485
G2 Y-8.485 R19.
Y8.485 R19.
G0 Z10.
X-38.026 Y27.466
Z-2.
G1 Z-6. F300
G2 X-23.172 Y46.567 R61.5 F1360
G3 X-20.777 Y53.992 R7.5
G2 X21.006 Y53.853 R-21.5
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X23.269 Y-46.483 R61.5
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G2 X-20.892 R-21.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R7.5
G2 X-38.026 Y27.466 R61.5
G1 X-35.789 Y26.349
G2 X-21.539 Y44.674 R59.
G3 X-18.346 Y54.575 R10.
G2 X18.579 Y54.452 R-19.
G3 X21.724 Y44.513 R10.
G2 X21.632 Y-44.593 R59.

G3 X18.463 Y-54.513 R10.
G2 X-18.463 R-19.
G3 X-21.632 Y-44.593 R10.
G2 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-33.553 Y25.233
G2 X-19.906 Y42.781 R56.5
G3 X-15.915 Y55.157 R12.5
G2 X16.151 Y55.05 R-16.5
G3 X20.084 Y42.627 R12.5
G2 X19.995 Y-42.704 R56.5
G3 X16.033 Y-55.103 R12.5
G2 X-16.033 R-16.5
G3 X-19.995 Y-42.704 R12.5
G2 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-31.316 Y24.116
G2 X-18.273 Y40.888 R54.
G3 X-13.484 Y55.739 R15.
G2 X13.724 Y55.649 R-14.
G3 X18.443 Y40.741 R15.
G2 X18.358 Y-40.814 R54.
G3 X13.604 Y-55.694 R15.
G2 X7.514 Y-70.813 R14.
G3 X9.5 Y-65. R9.5
G2 I-9.5 J0.
G3 X-7.514 Y-70.813 R-9.5
G2 X-13.604 Y-55.694 R14.
G3 X-18.358 Y-40.814 R15.
G2 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-29.079 Y23.
G2 X-16.64 Y38.995 R51.5
G3 X-11.053 Y56.321 R17.5
G2 X11.297 Y56.247 R-11.5
G3 X16.802 Y38.855 R17.5
G2 X16.721 Y-38.925 R51.5
G3 X11.175 Y-56.284 R17.5
G2 X11.321 Y-61.021 R11.5
G3 X-11.321 R12.
G2 X-11.175 Y-56.284 R11.5
G3 X-16.721 Y-38.925 R17.5
G2 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-26.842 Y21.883
G2 X-15.007 Y37.102 R49.
G3 X-8.325 Y55.424 R20.
G2 I8.325 J4.576
G3 X8.736 Y56.268 R9.5
X15.161 Y36.968 R20.
G2 X15.084 Y-37.035 R49.
G3 X8.2 Y-53.041 R20.
X-8.2 R14.5
X-15.084 Y-37.035 R20.
G2 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-24.605 Y20.767
G2 X-13.374 Y35.209 R46.5
G3 X-5.744 Y49.464 R22.5
X5.926 Y49.566 R12.
X13.52 Y35.082 R22.5
G2 X13.447 Y-35.146 R46.5
G3 X5.894 Y-49.054 R22.5

X-5.894 R17.
X-13.447 Y-35.146 R22.5
G2 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-22.368 Y19.65
G2 X-11.741 Y33.316 R44.
G3 X-3.858 Y46.023 R25.
X4.016 Y46.067 R14.5
X11.879 Y33.196 R25.
G2 X11.81 Y-33.256 R44.
G3 X3.972 Y-45.909 R25.
X-3.972 R19.5
X-11.81 Y-33.256 R25.
G2 X-22.368 Y19.65 R44.
G1 X-20.132 Y18.534
G2 X-10.108 Y31.423 R41.5
G3 X-2.125 Y43.133 R27.5
X2.27 Y43.152 R17.
X10.238 Y31.31 R27.5
G2 X10.173 Y-31.367 R41.5
G3 X2.208 Y-43.111 R27.5
X-2.208 R22.
X-10.173 Y-31.367 R27.5
G2 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-17.895 Y17.417
G2 X-8.475 Y29.53 R39.
G3 X-0.464 Y40.506 R30.
X0.6 Y40.509 R19.5
X8.598 Y29.424 R30.
G2 X8.536 Y-29.477 R39.
G3 X0.532 Y-40.506 R30.
X-0.532 R24.5
X-8.536 Y-29.477 R30.
G2 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-15.658 Y16.301
G2 X-6.842 Y27.637 R36.5
G3 X0.054 Y35.961 R32.5
X6.957 Y27.538 R32.5
G2 X6.899 Y-27.587 R36.5
G3 X0. Y-35.961 R32.5
X-6.899 Y-27.587 R32.5
G2 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-13.421 Y15.184
G2 X-5.209 Y25.744 R34.
G3 X0.039 Y31.393 R35.
X5.316 Y25.652 R35.
G2 X5.262 Y-25.698 R34.
G3 X0. Y-31.393 R35.
X-5.262 Y-25.698 R35.
G2 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-11.184 Y14.068
G2 X-3.576 Y23.851 R31.5
G3 X0.026 Y27.41 R37.5
X3.675 Y23.765 R37.5
G2 X3.626 Y-23.808 R31.5
G3 X0. Y-27.41 R37.5
X-3.626 Y-23.808 R37.5
G2 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-8.947 Y12.951

G2 X-1.943 Y21.958 R29.
G3 X0.014 Y23.763 R40.
X2.034 Y21.879 R40.
G2 X1.989 Y-21.919 R29.
G3 X0. Y-23.763 R40.
X-1.989 Y-21.919 R40.
G2 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-6.711 Y11.835
G2 X-0.31 Y20.065 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X0.393 Y19.993
G2 X0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337
X-0.352 Y-20.029
G2 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-4.474 Y10.718
G2 X0. Y16.941 R24.
Y-16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-2.237 Y9.602
G2 X0. Y13.162 R21.5
Y-13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X0. Y8.485
G2 Y-8.485 R19.
Y8.485 R19.
G0 Z30.
X-38.026 Y27.466
Z-4.
G1 Z-8. F300
G2 X-23.172 Y46.567 R61.5 F1360
G3 X-20.777 Y53.992 R7.5
G2 X21.006 Y53.853 R-21.5
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X23.269 Y-46.483 R61.5
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G2 X-20.892 R-21.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R7.5
G2 X-38.026 Y27.466 R61.5
G1 X-35.789 Y26.349
G2 X-21.539 Y44.674 R59.
G3 X-18.346 Y54.575 R10.
G2 X18.579 Y54.452 R-19.
G3 X21.724 Y44.513 R10.
G2 X21.632 Y-44.593 R59.
G3 X18.463 Y-54.513 R10.
G2 X-18.463 R-19.
G3 X-21.632 Y-44.593 R10.
G2 X-35.789 Y26.349 R59.
G1 X-33.553 Y25.233
G2 X-19.906 Y42.781 R56.5
G3 X-15.915 Y55.157 R12.5
G2 X16.151 Y55.05 R-16.5
G3 X20.084 Y42.627 R12.5
G2 X19.995 Y-42.704 R56.5
G3 X16.033 Y-55.103 R12.5
G2 X-16.033 R-16.5
G3 X-19.995 Y-42.704 R12.5

G2 X-33.553 Y25.233 R56.5
G1 X-31.316 Y24.116
G2 X-18.273 Y40.888 R54.
G3 X-13.484 Y55.739 R15.
G2 X13.724 Y55.649 R-14.
G3 X18.443 Y40.741 R15.
G2 X18.358 Y-40.814 R54.
G3 X13.604 Y-55.694 R15.
G2 X7.514 Y-70.813 R14.
G3 X9.5 Y-65. R9.5
G2 I-9.5 J0.
G3 X-7.514 Y-70.813 R-9.5
G2 X-13.604 Y-55.694 R14.
G3 X-18.358 Y-40.814 R15.
G2 X-31.316 Y24.116 R54.
G1 X-29.079 Y23.
G2 X-16.64 Y38.995 R51.5
G3 X-11.053 Y56.321 R17.5
G2 X11.297 Y56.247 R-11.5
G3 X16.802 Y38.855 R17.5
G2 X16.721 Y-38.925 R51.5
G3 X11.175 Y-56.284 R17.5
G2 X11.321 Y-61.021 R11.5
G3 X-11.321 R12.
G2 X-11.175 Y-56.284 R11.5
G3 X-16.721 Y-38.925 R17.5
G2 X-29.079 Y23. R51.5
G1 X-26.842 Y21.883
G2 X-15.007 Y37.102 R49.
G3 X-8.325 Y55.424 R20.
G2 I8.325 J4.576
G3 X8.736 Y56.268 R9.5
X15.161 Y36.968 R20.
G2 X15.084 Y-37.035 R49.
G3 X8.2 Y-53.041 R20.
X-8.2 R14.5
X-15.084 Y-37.035 R20.
G2 X-26.842 Y21.883 R49.
G1 X-24.605 Y20.767
G2 X-13.374 Y35.209 R46.5
G3 X-5.744 Y49.464 R22.5
X5.926 Y49.566 R12.
X13.52 Y35.082 R22.5
G2 X13.447 Y-35.146 R46.5
G3 X5.894 Y-49.054 R22.5
X-5.894 R17.
X-13.447 Y-35.146 R22.5
G2 X-24.605 Y20.767 R46.5
G1 X-22.368 Y19.65
G2 X-11.741 Y33.316 R44.
G3 X-3.858 Y46.023 R25.
X4.016 Y46.067 R14.5
X11.879 Y33.196 R25.
G2 X11.81 Y-33.256 R44.
G3 X3.972 Y-45.909 R25.
X-3.972 R19.5
X-11.81 Y-33.256 R25.
G2 X-22.368 Y19.65 R44.

G1 X-20.132 Y18.534
G2 X-10.108 Y31.423 R41.5
G3 X-2.125 Y43.133 R27.5
X2.27 Y43.152 R17.
X10.238 Y31.31 R27.5
G2 X10.173 Y-31.367 R41.5
G3 X2.208 Y-43.111 R27.5
X-2.208 R22.
X-10.173 Y-31.367 R27.5
G2 X-20.132 Y18.534 R41.5
G1 X-17.895 Y17.417
G2 X-8.475 Y29.53 R39.
G3 X-0.464 Y40.506 R30.
X0.6 Y40.509 R19.5
X8.598 Y29.424 R30.
G2 X8.536 Y-29.477 R39.
G3 X0.532 Y-40.506 R30.
X-0.532 R24.5
X-8.536 Y-29.477 R30.
G2 X-17.895 Y17.417 R39.
G1 X-15.658 Y16.301
G2 X-6.842 Y27.637 R36.5
G3 X0.054 Y35.961 R32.5
X6.957 Y27.538 R32.5
G2 X6.899 Y-27.587 R36.5
G3 X0. Y-35.961 R32.5
X-6.899 Y-27.587 R32.5
G2 X-15.658 Y16.301 R36.5
G1 X-13.421 Y15.184
G2 X-5.209 Y25.744 R34.
G3 X0.039 Y31.393 R35.
X5.316 Y25.652 R35.
G2 X5.262 Y-25.698 R34.
G3 X0. Y-31.393 R35.
X-5.262 Y-25.698 R35.
G2 X-13.421 Y15.184 R34.
G1 X-11.184 Y14.068
G2 X-3.576 Y23.851 R31.5
G3 X0.026 Y27.41 R37.5
X3.675 Y23.765 R37.5
G2 X3.626 Y-23.808 R31.5
G3 X0. Y-27.41 R37.5
X-3.626 Y-23.808 R37.5
G2 X-11.184 Y14.068 R31.5
G1 X-8.947 Y12.951
G2 X-1.943 Y21.958 R29.
G3 X0.014 Y23.763 R40.
X2.034 Y21.879 R40.
G2 X1.989 Y-21.919 R29.
G3 X0. Y-23.763 R40.
X-1.989 Y-21.919 R40.
G2 X-8.947 Y12.951 R29.
G1 X-6.711 Y11.835
G2 X-0.31 Y20.065 R26.5
G1 X0.002 Y20.337
X0.393 Y19.993
G2 X0.352 Y-20.029 R26.5
G1 X0. Y-20.337

```
X-0.352 Y-20.029
G2 X-6.711 Y11.835 R26.5
G1 X-4.474 Y10.718
G2 X0. Y16.941 R24.
Y-16.941 R24.
X-4.474 Y10.718 R24.
G1 X-2.237 Y9.602
G2 X0. Y13.162 R21.5
Y-13.162 R21.5
X-2.237 Y9.602 R21.5
G1 X0. Y8.485
G2 Y-8.485 R19.
Y8.485 R19.
G0 Z10.
M9
G05.1 Q0
M5
G91 G28 Z0
G91 G28 Y0
M30
%
```



```

%
O3333
(31-MAY-2018)
G90 G00 G40 G54
S7000 M3
G0 X-38.913 Y-25.612

( Hatch線 automatic opt )
G0 X-38.913 Y-25.612 Z10.
G0 X-38.913 Y-25.612 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F300
X-39.072 Y-25.262 F1360
X-43.89 Y-8.643
X-29.566 Y-40.173
X-24.44 Y-45.442
X-44.486 Y-1.316
X-44.343 Y4.385
X-6.195 Y-79.588
X-3.154 Y-80.267
X-7.363 Y-71.003
G3 X-3.313 Y-73.904 R9.5
G1 X-0.317 Y-80.498
X2.357 Y-80.37
X-0.312 Y-74.495
G3 X2.295 Y-74.219 R9.5
G1 X4.892 Y-79.936
X7.301 Y-79.223
X4.612 Y-73.305
G3 X6.653 Y-71.782 R9.5
G1 X9.588 Y-78.244
X11.756 Y-77.001
X8.357 Y-69.518
G3 X9.455 Y-65.922 R9.5
G1 X13.8 Y-75.486
X15.711 Y-73.677
X-33.624 Y34.92
X-31.945 Y37.238
X17.469 Y-71.533
X19.042 Y-68.982
X-30.204 Y39.421
X-28.407 Y41.479
X20.368 Y-65.885
X21.3 Y-61.923
X-26.555 Y43.419
X-24.653 Y45.246
X21.265 Y-55.831
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X21.145 Y-49.552 R7.5
G1 X-22.716 Y46.995
G3 X-21.105 Y49.465 R7.5
G1 X22.722 Y-47.008
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X24.217 Y-45.644 R61.5
G1 X24.654 Y-45.246
X-21.063 Y55.386
X-21.199 Y61.7
X26.556 Y-43.418
X28.407 Y-41.479

```

X-20.292 Y65.719
X-18.981 Y68.847
X30.204 Y-39.421
X31.945 Y-37.238
X-17.418 Y71.421
X-15.668 Y73.583
X-9.5 Y60.006
G2 X-8.599 Y64.038 R9.5
G1 X-13.764 Y75.407
X-11.726 Y76.935
X-6.967 Y66.459
G2 X-4.976 Y68.092 R9.5
G1 X-9.564 Y78.19
X-7.282 Y79.182
X-2.705 Y69.107
G2 X-0.151 Y69.499 R9.5
G1 X-4.879 Y79.908
X-2.351 Y80.356
X2.769 Y69.088
G2 X6.469 Y66.957 R9.5
G1 X0.317 Y80.499
X3.145 Y80.288
X43.806 Y-9.215
X44.344 Y-4.385
X6.175 Y79.633
X9.487 Y78.358
X20.886 Y53.266
X21.593 Y57.723
X13.288 Y76.004
X19.659 Y67.996
X19.753 Y67.789
X-21.476 Y-57.981
X-13.36 Y-75.845
X-9.524 Y-78.276
X-20.795 Y-53.464
X-9.365 Y-66.596
X-43.806 Y9.216
X-43.006 Y13.471
X-8.885 Y-61.638
G2 X-7.356 Y-58.989 R9.5
G1 X-42.015 Y17.304
X-40.874 Y20.806
X-5.433 Y-57.207
G2 X-3.221 Y-56.063 R9.5
G1 X-39.609 Y24.035
X-38.239 Y27.035
X-0.731 Y-55.528
G2 X2.095 Y-55.734 R9.5
G1 X-36.779 Y29.835
X-35.238 Y32.457
X5.526 Y-57.272
G2 I-5.526 J-7.728
G1 X-6.245 Y52.841
X33.624 Y-34.92
X35.238 Y-32.457
X-2.616 Y50.867
G3 X0.282 Y50.504 R9.5
G1 X36.779 Y-29.835

X38.239 Y-27.035
X2.821 Y50.929
G3 X5.079 Y51.972 R9.5
G1 X39.609 Y-24.035
X40.874 Y-20.805
X7.055 Y53.638
G3 X8.666 Y56.107 R9.5
G1 X42.016 Y-17.304
X43.007 Y-13.471
X9.495 Y60.295
G2 I-9.495 J-0.295
G1 X22.224 Y47.645
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X24.44 Y45.442 R61.5
G1 X44.486 Y1.316
X43.89 Y8.644
X29.566 Y40.173
X38.957 Y25.516
X39.029 Y25.358
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X39.029 Y25.358 R61.5
G0 Z10.
X-38.913 Y-25.612
Z0.
G1 Z-4. F300
X-39.072 Y-25.262 F1360
X-43.89 Y-8.643
X-29.566 Y-40.173
X-24.44 Y-45.442
X-44.486 Y-1.316
X-44.343 Y4.385
X-6.195 Y-79.588
X-3.154 Y-80.267
X-7.363 Y-71.003
G3 X-3.313 Y-73.904 R9.5
G1 X-0.317 Y-80.498
X2.357 Y-80.37
X-0.312 Y-74.495
G3 X2.295 Y-74.219 R9.5
G1 X4.892 Y-79.936
X7.301 Y-79.223
X4.612 Y-73.305
G3 X6.653 Y-71.782 R9.5
G1 X9.588 Y-78.244
X11.756 Y-77.001
X8.357 Y-69.518
G3 X9.455 Y-65.922 R9.5
G1 X13.8 Y-75.486
X15.711 Y-73.677
X-33.624 Y34.92
X-31.945 Y37.238

X17.469 Y-71.533
X19.042 Y-68.982
X-30.204 Y39.421
X-28.407 Y41.479
X20.368 Y-65.885
X21.3 Y-61.923
X-26.555 Y43.419
X-24.653 Y45.246
X21.265 Y-55.831
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X21.145 Y-49.552 R7.5
G1 X-22.716 Y46.995
G3 X-21.105 Y49.465 R7.5
G1 X22.722 Y-47.008
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X24.217 Y-45.644 R61.5
G1 X24.654 Y-45.246
X-21.063 Y55.386
X-21.199 Y61.7
X26.556 Y-43.418
X28.407 Y-41.479
X-20.292 Y65.719
X-18.981 Y68.847
X30.204 Y-39.421
X31.945 Y-37.238
X-17.418 Y71.421
X-15.668 Y73.583
X-9.5 Y60.006
G2 X-8.599 Y64.038 R9.5
G1 X-13.764 Y75.407
X-11.726 Y76.935
X-6.967 Y66.459
G2 X-4.976 Y68.092 R9.5
G1 X-9.564 Y78.19
X-7.282 Y79.182
X-2.705 Y69.107
G2 X-0.151 Y69.499 R9.5
G1 X-4.879 Y79.908
X-2.351 Y80.356
X2.769 Y69.088
G2 X6.469 Y66.957 R9.5
G1 X0.317 Y80.499
X3.145 Y80.288
X43.806 Y-9.215
X44.344 Y-4.385
X6.175 Y79.633
X9.487 Y78.358
X20.886 Y53.266
X21.593 Y57.723
X13.288 Y76.004
X19.659 Y67.996
X19.753 Y67.789
X-21.476 Y-57.981
X-13.36 Y-75.845
X-9.524 Y-78.276
X-20.795 Y-53.464
X-9.365 Y-66.596
X-43.806 Y9.216

X-43.006 Y13.471
X-8.885 Y-61.638
G2 X-7.356 Y-58.989 R9.5
G1 X-42.015 Y17.304
X-40.874 Y20.806
X-5.433 Y-57.207
G2 X-3.221 Y-56.063 R9.5
G1 X-39.609 Y24.035
X-38.239 Y27.035
X-0.731 Y-55.528
G2 X2.095 Y-55.734 R9.5
G1 X-36.779 Y29.835
X-35.238 Y32.457
X5.526 Y-57.272
G2 I-5.526 J-7.728
G1 X-6.245 Y52.841
X33.624 Y-34.92
X35.238 Y-32.457
X-2.616 Y50.867
G3 X0.282 Y50.504 R9.5
G1 X36.779 Y-29.835
X38.239 Y-27.035
X2.821 Y50.929
G3 X5.079 Y51.972 R9.5
G1 X39.609 Y-24.035
X40.874 Y-20.805
X7.055 Y53.638
G3 X8.666 Y56.107 R9.5
G1 X42.016 Y-17.304
X43.007 Y-13.471
X9.495 Y60.295
G2 I-9.495 J-0.295
G1 X22.224 Y47.645
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X24.44 Y45.442 R61.5
G1 X44.486 Y1.316
X43.89 Y8.644
X29.566 Y40.173
X38.957 Y25.516
X39.029 Y25.358
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X39.029 Y25.358 R61.5
G0 Z10.
X-38.913 Y-25.612
Z-2.
G1 Z-6. F300
X-39.072 Y-25.262 F1360
X-43.89 Y-8.643
X-29.566 Y-40.173
X-24.44 Y-45.442
X-44.486 Y-1.316

X-44.343 Y4.385
X-6.195 Y-79.588
X-3.154 Y-80.267
X-7.363 Y-71.003
G3 X-3.313 Y-73.904 R9.5
G1 X-0.317 Y-80.498
X2.357 Y-80.37
X-0.312 Y-74.495
G3 X2.295 Y-74.219 R9.5
G1 X4.892 Y-79.936
X7.301 Y-79.223
X4.612 Y-73.305
G3 X6.653 Y-71.782 R9.5
G1 X9.588 Y-78.244
X11.756 Y-77.001
X8.357 Y-69.518
G3 X9.455 Y-65.922 R9.5
G1 X13.8 Y-75.486
X15.711 Y-73.677
X-33.624 Y34.92
X-31.945 Y37.238
X17.469 Y-71.533
X19.042 Y-68.982
X-30.204 Y39.421
X-28.407 Y41.479
X20.368 Y-65.885
X21.3 Y-61.923
X-26.555 Y43.419
X-24.653 Y45.246
X21.265 Y-55.831
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X21.145 Y-49.552 R7.5
G1 X-22.716 Y46.995
G3 X-21.105 Y49.465 R7.5
G1 X22.722 Y-47.008
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X24.217 Y-45.644 R61.5
G1 X24.654 Y-45.246
X-21.063 Y55.386
X-21.199 Y61.7
X26.556 Y-43.418
X28.407 Y-41.479
X-20.292 Y65.719
X-18.981 Y68.847
X30.204 Y-39.421
X31.945 Y-37.238
X-17.418 Y71.421
X-15.668 Y73.583
X-9.5 Y60.006
G2 X-8.599 Y64.038 R9.5
G1 X-13.764 Y75.407
X-11.726 Y76.935
X-6.967 Y66.459
G2 X-4.976 Y68.092 R9.5
G1 X-9.564 Y78.19
X-7.282 Y79.182
X-2.705 Y69.107
G2 X-0.151 Y69.499 R9.5

G1 X-4.879 Y79.908
X-2.351 Y80.356
X2.769 Y69.088
G2 X6.469 Y66.957 R9.5
G1 X0.317 Y80.499
X3.145 Y80.288
X43.806 Y-9.215
X44.344 Y-4.385
X6.175 Y79.633
X9.487 Y78.358
X20.886 Y53.266
X21.593 Y57.723
X13.288 Y76.004
X19.659 Y67.996
X19.753 Y67.789
X-21.476 Y-57.981
X-13.36 Y-75.845
X-9.524 Y-78.276
X-20.795 Y-53.464
X-9.365 Y-66.596
X-43.806 Y9.216
X-43.006 Y13.471
X-8.885 Y-61.638
G2 X-7.356 Y-58.989 R9.5
G1 X-42.015 Y17.304
X-40.874 Y20.806
X-5.433 Y-57.207
G2 X-3.221 Y-56.063 R9.5
G1 X-39.609 Y24.035
X-38.239 Y27.035
X-0.731 Y-55.528
G2 X2.095 Y-55.734 R9.5
G1 X-36.779 Y29.835
X-35.238 Y32.457
X5.526 Y-57.272
G2 I-5.526 J-7.728
G1 X-6.245 Y52.841
X33.624 Y-34.92
X35.238 Y-32.457
X-2.616 Y50.867
G3 X0.282 Y50.504 R9.5
G1 X36.779 Y-29.835
X38.239 Y-27.035
X2.821 Y50.929
G3 X5.079 Y51.972 R9.5
G1 X39.609 Y-24.035
X40.874 Y-20.805
X7.055 Y53.638
G3 X8.666 Y56.107 R9.5
G1 X42.016 Y-17.304
X43.007 Y-13.471
X9.495 Y60.295
G2 I-9.495 J-0.295
G1 X22.224 Y47.645
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X24.44 Y45.442 R61.5
G1 X44.486 Y1.316
X43.89 Y8.644

X29.566 Y40.173
X38.957 Y25.516
X39.029 Y25.358
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X39.029 Y25.358 R61.5
G0 Z30.
X-38.913 Y-25.612
Z-4.
G1 Z-8. F300
X-39.072 Y-25.262 F1360
X-43.89 Y-8.643
X-29.566 Y-40.173
X-24.44 Y-45.442
X-44.486 Y-1.316
X-44.343 Y4.385
X-6.195 Y-79.588
X-3.154 Y-80.267
X-7.363 Y-71.003
G3 X-3.313 Y-73.904 R9.5
G1 X-0.317 Y-80.498
X2.357 Y-80.37
X-0.312 Y-74.495
G3 X2.295 Y-74.219 R9.5
G1 X4.892 Y-79.936
X7.301 Y-79.223
X4.612 Y-73.305
G3 X6.653 Y-71.782 R9.5
G1 X9.588 Y-78.244
X11.756 Y-77.001
X8.357 Y-69.518
G3 X9.455 Y-65.922 R9.5
G1 X13.8 Y-75.486
X15.711 Y-73.677
X-33.624 Y34.92
X-31.945 Y37.238
X17.469 Y-71.533
X19.042 Y-68.982
X-30.204 Y39.421
X-28.407 Y41.479
X20.368 Y-65.885
X21.3 Y-61.923
X-26.555 Y43.419
X-24.653 Y45.246
X21.265 Y-55.831
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X21.145 Y-49.552 R7.5
G1 X-22.716 Y46.995
G3 X-21.105 Y49.465 R7.5
G1 X22.722 Y-47.008
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X24.217 Y-45.644 R61.5

G1 X24.654 Y-45.246
X-21.063 Y55.386
X-21.199 Y61.7
X26.556 Y-43.418
X28.407 Y-41.479
X-20.292 Y65.719
X-18.981 Y68.847
X30.204 Y-39.421
X31.945 Y-37.238
X-17.418 Y71.421
X-15.668 Y73.583
X-9.5 Y60.006
G2 X-8.599 Y64.038 R9.5
G1 X-13.764 Y75.407
X-11.726 Y76.935
X-6.967 Y66.459
G2 X-4.976 Y68.092 R9.5
G1 X-9.564 Y78.19
X-7.282 Y79.182
X-2.705 Y69.107
G2 X-0.151 Y69.499 R9.5
G1 X-4.879 Y79.908
X-2.351 Y80.356
X2.769 Y69.088
G2 X6.469 Y66.957 R9.5
G1 X0.317 Y80.499
X3.145 Y80.288
X43.806 Y-9.215
X44.344 Y-4.385
X6.175 Y79.633
X9.487 Y78.358
X20.886 Y53.266
X21.593 Y57.723
X13.288 Y76.004
X19.659 Y67.996
X19.753 Y67.789
X-21.476 Y-57.981
X-13.36 Y-75.845
X-9.524 Y-78.276
X-20.795 Y-53.464
X-9.365 Y-66.596
X-43.806 Y9.216
X-43.006 Y13.471
X-8.885 Y-61.638
G2 X-7.356 Y-58.989 R9.5
G1 X-42.015 Y17.304
X-40.874 Y20.806
X-5.433 Y-57.207
G2 X-3.221 Y-56.063 R9.5
G1 X-39.609 Y24.035
X-38.239 Y27.035
X-0.731 Y-55.528
G2 X2.095 Y-55.734 R9.5
G1 X-36.779 Y29.835
X-35.238 Y32.457
X5.526 Y-57.272
G2 I-5.526 J-7.728
G1 X-6.245 Y52.841

X33.624 Y-34.92
X35.238 Y-32.457
X-2.616 Y50.867
G3 X0.282 Y50.504 R9.5
G1 X36.779 Y-29.835
X38.239 Y-27.035
X2.821 Y50.929
G3 X5.079 Y51.972 R9.5
G1 X39.609 Y-24.035
X40.874 Y-20.805
X7.055 Y53.638
G3 X8.666 Y56.107 R9.5
G1 X42.016 Y-17.304
X43.007 Y-13.471
X9.495 Y60.295
G2 I-9.495 J-0.295
G1 X22.224 Y47.645
G3 X23.365 Y46.399 R7.5
G2 X24.44 Y45.442 R61.5
G1 X44.486 Y1.316
X43.89 Y8.644
X29.566 Y40.173
X38.957 Y25.516
X39.029 Y25.358
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X20.892 R-21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X39.029 Y25.358 R61.5
G0 Z10.
M9
G05.1 Q0
M5
G91 G28 Z0
G91 G28 Y0
M30
%


```

%
O4444
(31-MAY-2018)
G90 G00 G40 G54
S7000 M3
GO X0.018 Y80.5

( Hatch線 user-defined )
GO X0.018 Y80.5 Z10.
GO X0.018 Y80.5 Z10.
Z2.
G1 Z-2. F300
X0.245 F1360
X10.15 Y78.023
X-9.888
X-13.598 Y75.546
X13.86
X16.389 Y73.069
X-16.127
X-17.976 Y70.592
X18.239
X19.603 Y68.115
X4.939
G2 X7.646 Y65.638 R9.5
G1 X20.581
X21.225 Y63.161
X8.959
G2 X9.475 Y60.684 R9.5
G1 X21.565
X21.617 Y58.207
X9.329
G2 X8.487 Y55.731 R9.5
G1 X21.381
X20.996 Y53.812
G3 X20.884 Y53.254 R7.5
G1 X6.689
G2 X2.276 Y50.777 R9.5
G1 X20.898
G3 X21.797 Y48.3 R7.5
G1 X-21.693
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-24.018 Y45.823 R61.5
G1 X24.018
X26.628 Y43.346
X-26.628
X-28.956 Y40.869
X28.956
X31.045 Y38.392
X-31.045
X-32.923 Y35.915
X32.923
X34.615 Y33.438
X-34.615
X-36.138 Y30.961
X36.138
X37.506 Y28.485
X-37.506
X-38.73 Y26.008
X38.73

```

X39.82 Y23.531
X-39.82
X-40.784 Y21.054
X40.784
X41.627 Y18.577
X-41.627
X-42.355 Y16.1
X42.355
X42.972 Y13.623
X-42.972
X-43.482 Y11.146
X43.482
X43.886 Y8.669
X-43.886
X-44.187 Y6.192
X44.187
X44.388 Y3.715
X-44.388
X-44.488 Y1.238
X44.488
Y-1.238
X-44.488
X-44.388 Y-3.715
X44.388
X44.187 Y-6.192
X-44.187
X-43.886 Y-8.669
X43.886
X43.482 Y-11.146
X-43.482
X-42.972 Y-13.623
X42.972
X42.355 Y-16.1
X-42.355
X-41.627 Y-18.577
X41.627
X40.784 Y-21.054
X-40.784
X-39.82 Y-23.531
X39.82
X38.73 Y-26.008
X-38.73
X-37.506 Y-28.485
X37.506
X36.138 Y-30.961
X-36.138
X-34.615 Y-33.438
X34.615
X32.923 Y-35.915
X-32.923
X-31.045 Y-38.392
X31.045
X28.956 Y-40.869
X-28.956
X-26.628 Y-43.346
X26.628
X24.018 Y-45.823
X-24.018

G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-21.744 Y-48.3 R7.5
G1 X21.744
G3 X20.807 Y-50.777 R7.5
G1 X-20.807
G2 X-20.761 Y-53.254 R7.5
G1 X20.761
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G1 X20.899 Y-53.952
X21.25 Y-55.731
X2.08
G2 X6.642 Y-58.207 R9.5
G1 X21.485
X21.434 Y-60.684
X8.463
G2 X9.32 Y-63.161 R9.5
G1 X21.093
X20.45 Y-65.638
X9.479
G2 X8.975 Y-68.115 R9.5
G1 X19.472
X18.107 Y-70.592
X7.68
G2 X5.014 Y-73.069 R9.5
G1 X16.258
X13.729 Y-75.546
X-13.729
X-10.019 Y-78.023
X10.019
X0.114 Y-80.5
X-0.114
X-0.309 Y-74.495
G2 X-0.924 Y-55.545 R9.5
G1 X-4.402 Y51.582
G2 X-4.939 Y68.115 R9.5
G1 X-19.341
X-20.318 Y65.638
X-7.646
G3 X-8.959 Y63.161 R9.5
G1 X-20.962
X-21.303 Y60.684
X-9.475
G3 X-9.329 Y58.207 R9.5
G1 X-21.354
X-21.119 Y55.731
X-8.487
G3 X-6.689 Y53.254 R9.5
G1 X-20.639
G2 X-20.716 Y50.777 R7.5
G1 X-2.276
G2 I2.276 J9.223
G1 X-2.08 Y-55.731
X-21.25
X-21.485 Y-58.207
X-6.642
G3 X-8.463 Y-60.684 R9.5
G1 X-21.434
X-21.093 Y-63.161

X-9.32
G3 X-9.479 Y-65.638 R9.5
G1 X-20.45
X-19.472 Y-68.115
X-8.975
G3 X-7.68 Y-70.592 R9.5
G1 X-18.107
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X-18.107 Y-70.592 R21.5
G1 X-16.258 Y-73.069
X-5.014
G2 I5.014 J8.069
G0 Z10.
X0.018 Y80.5
Z0.
G1 Z-4. F300
X0.245 F1360
X10.15 Y78.023
X-9.888
X-13.598 Y75.546
X13.86
X16.389 Y73.069
X-16.127
X-17.976 Y70.592
X18.239
X19.603 Y68.115
X4.939
G2 X7.646 Y65.638 R9.5
G1 X20.581
X21.225 Y63.161
X8.959
G2 X9.475 Y60.684 R9.5
G1 X21.565
X21.617 Y58.207
X9.329
G2 X8.487 Y55.731 R9.5
G1 X21.381
X20.996 Y53.812
G3 X20.884 Y53.254 R7.5
G1 X6.689
G2 X2.276 Y50.777 R9.5
G1 X20.898
G3 X21.797 Y48.3 R7.5
G1 X-21.693
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-24.018 Y45.823 R61.5
G1 X24.018
X26.628 Y43.346
X-26.628
X-28.956 Y40.869
X28.956

X31.045 Y38.392
X-31.045
X-32.923 Y35.915
X32.923
X34.615 Y33.438
X-34.615
X-36.138 Y30.961
X36.138
X37.506 Y28.485
X-37.506
X-38.73 Y26.008
X38.73
X39.82 Y23.531
X-39.82
X-40.784 Y21.054
X40.784
X41.627 Y18.577
X-41.627
X-42.355 Y16.1
X42.355
X42.972 Y13.623
X-42.972
X-43.482 Y11.146
X43.482
X43.886 Y8.669
X-43.886
X-44.187 Y6.192
X44.187
X44.388 Y3.715
X-44.388
X-44.488 Y1.238
X44.488
Y-1.238
X-44.488
X-44.388 Y-3.715
X44.388
X44.187 Y-6.192
X-44.187
X-43.886 Y-8.669
X43.886
X43.482 Y-11.146
X-43.482
X-42.972 Y-13.623
X42.972
X42.355 Y-16.1
X-42.355
X-41.627 Y-18.577
X41.627
X40.784 Y-21.054
X-40.784
X-39.82 Y-23.531
X39.82
X38.73 Y-26.008
X-38.73
X-37.506 Y-28.485
X37.506
X36.138 Y-30.961
X-36.138

X-34.615 Y-33.438
X34.615
X32.923 Y-35.915
X-32.923
X-31.045 Y-38.392
X31.045
X28.956 Y-40.869
X-28.956
X-26.628 Y-43.346
X26.628
X24.018 Y-45.823
X-24.018
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-21.744 Y-48.3 R7.5
G1 X21.744
G3 X20.807 Y-50.777 R7.5
G1 X-20.807
G2 X-20.761 Y-53.254 R7.5
G1 X20.761
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G1 X20.899 Y-53.952
X21.25 Y-55.731
X2.08
G2 X6.642 Y-58.207 R9.5
G1 X21.485
X21.434 Y-60.684
X8.463
G2 X9.32 Y-63.161 R9.5
G1 X21.093
X20.45 Y-65.638
X9.479
G2 X8.975 Y-68.115 R9.5
G1 X19.472
X18.107 Y-70.592
X7.68
G2 X5.014 Y-73.069 R9.5
G1 X16.258
X13.729 Y-75.546
X-13.729
X-10.019 Y-78.023
X10.019
X0.114 Y-80.5
X-0.114
X-0.309 Y-74.495
G2 X-0.924 Y-55.545 R9.5
G1 X-4.402 Y51.582
G2 X-4.939 Y68.115 R9.5
G1 X-19.341
X-20.318 Y65.638
X-7.646
G3 X-8.959 Y63.161 R9.5
G1 X-20.962
X-21.303 Y60.684
X-9.475
G3 X-9.329 Y58.207 R9.5
G1 X-21.354
X-21.119 Y55.731
X-8.487

G3 X-6.689 Y53.254 R9.5
G1 X-20.639
G2 X-20.716 Y50.777 R7.5
G1 X-2.276
G2 I2.276 J9.223
G1 X-2.08 Y-55.731
X-21.25
X-21.485 Y-58.207
X-6.642
G3 X-8.463 Y-60.684 R9.5
G1 X-21.434
X-21.093 Y-63.161
X-9.32
G3 X-9.479 Y-65.638 R9.5
G1 X-20.45
X-19.472 Y-68.115
X-8.975
G3 X-7.68 Y-70.592 R9.5
G1 X-18.107
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X-18.107 Y-70.592 R21.5
G1 X-16.258 Y-73.069
X-5.014
G2 I5.014 J8.069
G0 Z10.
X0.018 Y80.5
Z-2.
G1 Z-6. F300
X0.245 F1360
X10.15 Y78.023
X-9.888
X-13.598 Y75.546
X13.86
X16.389 Y73.069
X-16.127
X-17.976 Y70.592
X18.239
X19.603 Y68.115
X4.939
G2 X7.646 Y65.638 R9.5
G1 X20.581
X21.225 Y63.161
X8.959
G2 X9.475 Y60.684 R9.5
G1 X21.565
X21.617 Y58.207
X9.329
G2 X8.487 Y55.731 R9.5
G1 X21.381
X20.996 Y53.812
G3 X20.884 Y53.254 R7.5

G1 X6.689
G2 X2.276 Y50.777 R9.5
G1 X20.898
G3 X21.797 Y48.3 R7.5
G1 X-21.693
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-24.018 Y45.823 R61.5
G1 X24.018
X26.628 Y43.346
X-26.628
X-28.956 Y40.869
X28.956
X31.045 Y38.392
X-31.045
X-32.923 Y35.915
X32.923
X34.615 Y33.438
X-34.615
X-36.138 Y30.961
X36.138
X37.506 Y28.485
X-37.506
X-38.73 Y26.008
X38.73
X39.82 Y23.531
X-39.82
X-40.784 Y21.054
X40.784
X41.627 Y18.577
X-41.627
X-42.355 Y16.1
X42.355
X42.972 Y13.623
X-42.972
X-43.482 Y11.146
X43.482
X43.886 Y8.669
X-43.886
X-44.187 Y6.192
X44.187
X44.388 Y3.715
X-44.388
X-44.488 Y1.238
X44.488
Y-1.238
X-44.488
X-44.388 Y-3.715
X44.388
X44.187 Y-6.192
X-44.187
X-43.886 Y-8.669
X43.886
X43.482 Y-11.146
X-43.482
X-42.972 Y-13.623
X42.972
X42.355 Y-16.1
X-42.355

X-41.627 Y-18.577
X41.627
X40.784 Y-21.054
X-40.784
X-39.82 Y-23.531
X39.82
X38.73 Y-26.008
X-38.73
X-37.506 Y-28.485
X37.506
X36.138 Y-30.961
X-36.138
X-34.615 Y-33.438
X34.615
X32.923 Y-35.915
X-32.923
X-31.045 Y-38.392
X31.045
X28.956 Y-40.869
X-28.956
X-26.628 Y-43.346
X26.628
X24.018 Y-45.823
X-24.018
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-21.744 Y-48.3 R7.5
G1 X21.744
G3 X20.807 Y-50.777 R7.5
G1 X-20.807
G2 X-20.761 Y-53.254 R7.5
G1 X20.761
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G1 X20.899 Y-53.952
X21.25 Y-55.731
X2.08
G2 X6.642 Y-58.207 R9.5
G1 X21.485
X21.434 Y-60.684
X8.463
G2 X9.32 Y-63.161 R9.5
G1 X21.093
X20.45 Y-65.638
X9.479
G2 X8.975 Y-68.115 R9.5
G1 X19.472
X18.107 Y-70.592
X7.68
G2 X5.014 Y-73.069 R9.5
G1 X16.258
X13.729 Y-75.546
X-13.729
X-10.019 Y-78.023
X10.019
X0.114 Y-80.5
X-0.114
X-0.309 Y-74.495
G2 X-0.924 Y-55.545 R9.5
G1 X-4.402 Y51.582

G2 X-4.939 Y68.115 R9.5
G1 X-19.341
X-20.318 Y65.638
X-7.646
G3 X-8.959 Y63.161 R9.5
G1 X-20.962
X-21.303 Y60.684
X-9.475
G3 X-9.329 Y58.207 R9.5
G1 X-21.354
X-21.119 Y55.731
X-8.487
G3 X-6.689 Y53.254 R9.5
G1 X-20.639
G2 X-20.716 Y50.777 R7.5
G1 X-2.276
G2 I2.276 J9.223
G1 X-2.08 Y-55.731
X-21.25
X-21.485 Y-58.207
X-6.642
G3 X-8.463 Y-60.684 R9.5
G1 X-21.434
X-21.093 Y-63.161
X-9.32
G3 X-9.479 Y-65.638 R9.5
G1 X-20.45
X-19.472 Y-68.115
X-8.975
G3 X-7.68 Y-70.592 R9.5
G1 X-18.107
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X-18.107 Y-70.592 R21.5
G1 X-16.258 Y-73.069
X-5.014
G2 I5.014 J8.069
G0 Z30.
X0.018 Y80.5
Z-4.
G1 Z-8. F300
X0.245 F1360
X10.15 Y78.023
X-9.888
X-13.598 Y75.546
X13.86
X16.389 Y73.069
X-16.127
X-17.976 Y70.592
X18.239
X19.603 Y68.115
X4.939

G2 X7.646 Y65.638 R9.5
G1 X20.581
X21.225 Y63.161
X8.959
G2 X9.475 Y60.684 R9.5
G1 X21.565
X21.617 Y58.207
X9.329
G2 X8.487 Y55.731 R9.5
G1 X21.381
X20.996 Y53.812
G3 X20.884 Y53.254 R7.5
G1 X6.689
G2 X2.276 Y50.777 R9.5
G1 X20.898
G3 X21.797 Y48.3 R7.5
G1 X-21.693
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-24.018 Y45.823 R61.5
G1 X24.018
X26.628 Y43.346
X-26.628
X-28.956 Y40.869
X28.956
X31.045 Y38.392
X-31.045
X-32.923 Y35.915
X32.923
X34.615 Y33.438
X-34.615
X-36.138 Y30.961
X36.138
X37.506 Y28.485
X-37.506
X-38.73 Y26.008
X38.73
X39.82 Y23.531
X-39.82
X-40.784 Y21.054
X40.784
X41.627 Y18.577
X-41.627
X-42.355 Y16.1
X42.355
X42.972 Y13.623
X-42.972
X-43.482 Y11.146
X43.482
X43.886 Y8.669
X-43.886
X-44.187 Y6.192
X44.187
X44.388 Y3.715
X-44.388
X-44.488 Y1.238
X44.488
Y-1.238
X-44.488

X-44.388 Y-3.715
X44.388
X44.187 Y-6.192
X-44.187
X-43.886 Y-8.669
X43.886
X43.482 Y-11.146
X-43.482
X-42.972 Y-13.623
X42.972
X42.355 Y-16.1
X-42.355
X-41.627 Y-18.577
X41.627
X40.784 Y-21.054
X-40.784
X-39.82 Y-23.531
X39.82
X38.73 Y-26.008
X-38.73
X-37.506 Y-28.485
X37.506
X36.138 Y-30.961
X-36.138
X-34.615 Y-33.438
X34.615
X32.923 Y-35.915
X-32.923
X-31.045 Y-38.392
X31.045
X28.956 Y-40.869
X-28.956
X-26.628 Y-43.346
X26.628
X24.018 Y-45.823
X-24.018
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-21.744 Y-48.3 R7.5
G1 X21.744
G3 X20.807 Y-50.777 R7.5
G1 X-20.807
G2 X-20.761 Y-53.254 R7.5
G1 X20.761
G3 X20.892 Y-53.923 R7.5
G1 X20.899 Y-53.952
X21.25 Y-55.731
X2.08
G2 X6.642 Y-58.207 R9.5
G1 X21.485
X21.434 Y-60.684
X8.463
G2 X9.32 Y-63.161 R9.5
G1 X21.093
X20.45 Y-65.638
X9.479
G2 X8.975 Y-68.115 R9.5
G1 X19.472
X18.107 Y-70.592

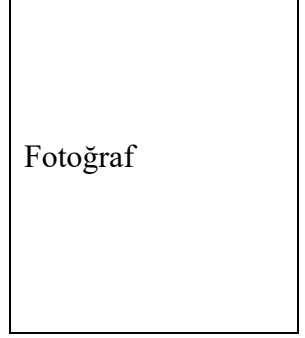
X7.68
G2 X5.014 Y-73.069 R9.5
G1 X16.258
X13.729 Y-75.546
X-13.729
X-10.019 Y-78.023
X10.019
X0.114 Y-80.5
X-0.114
X-0.309 Y-74.495
G2 X-0.924 Y-55.545 R9.5
G1 X-4.402 Y51.582
G2 X-4.939 Y68.115 R9.5
G1 X-19.341
X-20.318 Y65.638
X-7.646
G3 X-8.959 Y63.161 R9.5
G1 X-20.962
X-21.303 Y60.684
X-9.475
G3 X-9.329 Y58.207 R9.5
G1 X-21.354
X-21.119 Y55.731
X-8.487
G3 X-6.689 Y53.254 R9.5
G1 X-20.639
G2 X-20.716 Y50.777 R7.5
G1 X-2.276
G2 I2.276 J9.223
G1 X-2.08 Y-55.731
X-21.25
X-21.485 Y-58.207
X-6.642
G3 X-8.463 Y-60.684 R9.5
G1 X-21.434
X-21.093 Y-63.161
X-9.32
G3 X-9.479 Y-65.638 R9.5
G1 X-20.45
X-19.472 Y-68.115
X-8.975
G3 X-7.68 Y-70.592 R9.5
G1 X-18.107
G3 X20.892 Y-53.923 R21.5
G2 X23.269 Y-46.483 R7.5
G3 X23.365 Y46.399 R61.5
G2 X21.006 Y53.853 R7.5
G3 X-20.777 Y53.992 R-21.5
G2 X-23.172 Y46.567 R7.5
G3 X-23.269 Y-46.483 R61.5
G2 X-20.892 Y-53.923 R7.5
G3 X-18.107 Y-70.592 R21.5
G1 X-16.258 Y-73.069
X-5.014
G2 I5.014 J8.069
G0 Z10.
M9
G05.1 Q0

```
M5  
G91 G28 Z0  
G91 G28 Y0  
M30  
%
```



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Alper TAŞKIN
Doğum Yeri ve Yılı : ISPARTA 1990



Eğitim Durumu

	<u>Yıl</u>
Lise : Alpaslan Alican Lisesi	2008
Lisans : Uşak Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans :	

Çalıştığı Kurum / Kurumlar

	<u>Yıl</u>
1- Vural Mühendislik	2016
2- Renktaş Mimarlık	Halen