

**CEP İŞLEMEDE TAKIM YOLU HAREKETLERİNİN VE KESME
PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Nazım SAKARYA

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Bilim Uzmanlığı Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Haziran 2005

KABUL:

Nazım SAKARYA tarafından hazırlanan “CEP İŞLEMEDE TAKIM YOLU HAREKETLERİNİN VE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Makine Eğitimi Anabilim Dalında Bilim Uzmanlığı Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/06/2005

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (ZKÜ)


Üye : Yrd. Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL (SAÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım. /2./7./2005


Prof. Dr. İhsan TOROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CEP İŞLEMEDE TAKIM YOLU HAREKETLERİNİN VE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Nazım SAKARYA

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Haziran 2005, 75 sayfa

Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) tezgahlarının ve imalat yazılımlarının gelişmesi ile büyük hacimlerde talaş kaldırılabilme mümkün olmuş, imalat maliyetleri oldukça düşmüştür. İmalat maliyetlerinin azaltılmasında önemli bir etken olan kesme parametrelerinin doğru seçimi, arzu edilen yüzey pürüzlülüğüne ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. İstenilen yüzey pürüzlülük değerleri ancak kesme parametrelerinin iyi bir kombinasyonu neticesinde elde edilebilmektedir.

Yapılan bu deneysel çalışmada; plastik hacim kalıplarının talaşlı imalatında yaygın olarak kullanılan cep işleme işleminde takım yolu stratejileri ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. EN/DIN 1.2738 kalıp çeliği üzerinde tek yönlü, zigzag ve spiral takım yolları kullanılarak yüksek hız çeliği (HSS) kesici takımlarla cep işleme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

ÖZET (Devam Ediyor)

Her üç takım yolunda kontrol edilebilen kesme parametreleri olan, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici yanal adımı için dört farklı seviye değerleri belirlenmiştir.

Oluşması muhtemel kombinasyonların sayısının fazla olması zaman ve malzeme maliyetlerini artırdığından dolayı Taguchi'nin geliştirdiği deney sayısında azalma sağlayan ortogonal dizileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada pürüzlülük için seçilen “En Küçük - En İyi” Sinyal/Gürültü (S/N) oranı yardımıyla ANOVA çizelgeleri oluşturulmuş, etken parametreler ve ilgili parametreler için etken seviyeler belirlenmiştir. Takım yolları için belirlenen en etkin seviyelere göre doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Cep işleme için son talaş işleminde kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve yanal ilerlemenin en iyi seviye değerleri uygulanarak yapılan deney neticesinde oluşan pürüzlülük değerleri açısından spiral takım yolunun en ideal olduğu görülmüştür. Belirlenen kesme parametreleri ile bulunan yüzey pürüzlülük değerlerinin, taşlama, honlama vb. ileri bitirme işlemlerinde kullanılan yöntemler ile elde edilen pürüzlülük değerlerine mümkün olduğunca yaklaşılarak bu bitirme işlemleri için harcanan zamandan tasarruf sağlamak mümkün olabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Cep işleme, Takım yolu stratejileri, Taguchi yöntemi, Yüzey pürüzlülüğü.

Bilim Kodu: 628.08.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AN INVESTIGATION OF CUTTER PATH STRATEGIES AND CUTTING PARAMETERS EFFECTS ON SURFACE ROUGHNESS IN POCKET MILLING

Nazım SAKARYA

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor: Asst. Prof. Cevdet GÖLOĞLU

June 2005, 75 pages

High volume chip removal capability has become possible with the development of CNC machine tool and CAM software which has led to the reduction in manufacturing cost. The selection of correct cutting parameter, which is an important factor in decreasing manufacturing cost, makes easy to arrive at the desired surface roughnesses. The desired surface roughness values can only be obtained by a good combination of cutting parameters.

In the experimental study conducted the effects of cutter path strategies and cutting parameters on surface roughness in pocket milling, which is widely used in machining of moulds, have been investigated. One direction, zigzag and spiral cutter path strategies have been employed on a mould material of EN/DIN 1.2738 with HSS end mills. Four levels of control parameters in three cutter path strategies have been determined for cutting speed, feed rate, depth of cut and step over.

ABSTRACT (continued)

Due to the fact that large number of combination of experiments rises the costs of material and takes much time, Taguchi's orthogonal array minimizing the number of experiment has been employed. In the study conducted, ANOVA tables have been formed by Signal/Noise ratios with the chosen the-lower-the-better quality characteristic of surface roughness. The effective parameters and their effective levels have been determined. Then, the confirmation tests for those effective levels of different cutter path strategies were experimented.

According to the result of the experiments, the spiral cutter path strategy has been found the best ideal cutter path strategy for finish passes of pocket milling based on the best levels used of cutting speed, feed rate, depth of cut and step over. Narrowing the gap between the surface roughness values found by the cutter parameters determined and the surface roughness values obtained by further finishing operations such as grinding, honing etc. helps facilitate increasing the quality of the product and shortening the machining time.

Keywords: Pocket milling, Cutter path strategies, Taguchi method, Surface roughness.

Science Code: 628.08.01

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamı hazırlamamda destek ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU'na, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültemiz Talaşlı Üretim Eğitimi Anabilim Dalında dik işleme merkezi kullanımı konusundaki izninden dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail KARACAN ve tezgah operatörü arkadaşım Oğuz ÖZMEN'e, deney numunesinin pürüzlülük değerlerinin ölçümü için tüm olanakları sağlayan sayın Dönmez Debriyaj A.Ş. yetkililerine teşekkür eder.

Bu günlere gelmemde maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canımdan çok sevdiğim aileme şükranlarımı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 FREZELEMEDE TAKIM YOLU	3
2.1 TERMİNOLOJİ	3
2.1.1 Kesme Parametreleri	4
2.1.2 Kesici Takımlarda Aşınma.....	5
2.1.3 Takım Yolu	5
2.1.3.1 Tek Yönlü Takım Yolu	6
2.1.3.2 Zigzag Takım Yolu	6
2.1.3.3 Spiral Takım Yolu.....	7
2.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü.....	7
2.2 LİTERATÜR TARAMASI	9
2.3 TAKIM YOLU ÇEŞİTLERİNİN TALAŞ KALDIRMAYA ETKİLERİ.....	11
2.3.1 Başlangıç Noktası ve Kesme Açısının Toplam Kesme Uzunluğuna Etkisi.	11
2.3.2 Farklı Takım Yollarının Kesme Parametreleri Üzerine Etkileri	12
BÖLÜM 3 TAGUCHİ YÖNTEMİ	13
3.1 TAGUCHİ FELSEFESİNİN ANA İLKELERİ.....	14
3.2 DENEYSEL TASARIM YÖNTEMİ	14

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.2.1 Kontrol Edilebilen Faktörler	15
3.2.2 Kontrol Edilemeyen Faktörler	15
3.3 DENEYSEL TASARIMIN AŞAMALARI	15
3.3.1 Sistem Tasarımı	15
3.3.2 Parametre Tasarımı	15
3.3.3 Tolerans Tasarımı	16
3.4 DENEYSEL TASARIMIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	16
3.5 TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ	17
3.6 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	19
3.7 VARYANS ANALİZİ (ANOVA) ÇİZELGESİNİN OLUŞTURULMASI	21
BÖLÜM 4 TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE DENEYİN MODELLENMESİ	24
4.1 MALZEME	24
4.2 KESİCİ TAKIM	25
4.3 DENEYDE KULLANILAN PARAMETRELER	25
4.3.1 Kesme Hızı	25
4.3.2 İlerleme	25
4.3.3 Talaş Derinliği	25
4.3.4 Kesici Yanal Adımı	25
4.4 DENEY SAYISININ BELİRLENMESİ	26
4.5 NC KODLARININ OLUŞTURULMASI	28
4.6 DENEY PARÇASININ HAZIRLANMASI	28
4.7 DENEYİN YAPILIŞI	29
4.8 PÜRÜZLÜLÜĞÜN ÖLÇÜLMESİ	30
4.9 DENEYLERİN ANALİZİ	30
4.9.1 Pürüzlülük Değerlerinin Toplamı	31
4.9.2 Pürüzlülük Değerlerinin Ortalaması	31
4.9.3 Sinyal / Gürültü (S / N) Oranı Hesaplanması	32
4.9.4 Parametre Seviyelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi	34
4.9.5 Parametre Seviyelerinin S/N Oranlarının Hesaplanması	36

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.9.6 Takım Yollarına Göre Varyans Değerlerinin Hesaplanması	37
4.9.6.1 Serbestlik Derecesi	37
4.9.6.2 Kareler Toplamı (KT)	38
4.9.6.3 Kareler Ortalaması (KO)	39
4.9.6.4 F Değerinin Hesaplanması	39
4.9.6.5 P Değerinin Hesaplanması	40
4.9.7 En İyi Parametre Seviyesinin Seçimi	41
4.9.8 En İyi Seçimin Tahmin Hesapları	42
BÖLÜM 5 DENEY SONUÇLARININ TARTIŞILMASI	44
5.1 TEK YÖNLÜ TAKIM YOLU	44
5.2 ZİGZAG TAKIM YOLU	47
5.3 SPİRAL TAKIM YOLU	50
BÖLÜM 6 SONUÇ	54
KAYNAKLAR.....	57
EK AÇIKLAMALAR A. ÇEŞİTLİ İMALAT YÖNTEMLERİNE GÖRE ELDE EDİLEN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ	60
EK AÇIKLAMALAR B. KESİCİ ÖZELLİKLERİ	62
EK AÇIKLAMALAR C. TAGUCHİ DENEY ÇİZELGESİ VE KESME YÜKLERİ .	64
EK AÇIKLAMALAR D. TEST DENEYLERİNDE KULLANILAN NC KODLARI.	66
EK AÇIKLAMALAR E. CEPLERİN İŞLENMESİ	69
EK AÇIKLAMALAR F. CEPLERİN PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM GÖRÜNTÜSÜ	71
EK AÇIKLAMALAR G. PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM ÇIKTISI ÖRNEKLERİ	73
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Kesme parametreleri	4
2.2	Tek yönlü takım yolu işleme çizgileri.....	6
2.3	Zigzag takım yolu işleme çizgileri.....	7
2.4	Spiral takım yolu işleme çizgileri	7
2.5	Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler	8
3.1	Taguchi'nin parametre tasarımı deney örneği (Saat, 2000).....	17
4.1	Deney parçasının üst yandan görünüşü.....	29
4.2	Deney parçasının alt yandan görünüşü	29
5.1	Tek yönlü takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri	44
5.2	Tek yönlü takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	45
5.3	Tek yönlü takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	45
5.4	Tek yönlü takım yolu için talaş derinliği yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	46
5.5	Tek yönlü takım yolu için kesici yanal adımının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	46
5.6	Zigzag takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri.....	47
5.7	Zigzag takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	48
5.8	Zigzag takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	48
5.9	Zigzag takım yolu için talaş derinliği yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	49
5.10	Zigzag takım yolu için kesici yanal adımının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	49
5.11	Spiral takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri	50
5.12	Spiral takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	51
5.13	Spiral takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	51
5.14	Spiral takım yolu için derinliği yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
5.15	Spiral takım yolu için kesici yanal adımının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı	52
B.1	TS 303 / 20 – (DIN 844 HSSE B/N) silindirik saplı parmak freze.....	63
E.1	Deney parçasının TAKSAN TMC 550V tezgahında işlenmesi.....	70
F.1	Deney numunesi ve Mitutoyo Surfrest SJ – 402 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	72
G.1	Mitutoyo Surfrest SJ – 402 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile yapılmış deney ölçüm örnekleri	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Yüzey kalite ve pürüzlülük değerleri	8
2.2	İmalat çevriminde tasarımın çapak oluşumunun en aza indirilmesinde tümleşmenin dört seviyesi.....	11
3.1	Seviye ve parametrelere göre seçilebilecek ortogonal diziler.....	19
3.2	L'4 Ortogonal dizi.....	19
3.3	Temel ANOVA çizelgesi	21
4.1	EN/DIN 1.2738 Çeliğinin kimyasal içeriği.....	24
4.2	Seçilen parametrelerin seviye değerleri	26
4.3	L'16 Ortogonal dizi.....	26
4.4	Deney sıraları değiştirilmiş L'16 standart deney parametreleri dizisi	27
4.5	Tek yönlü takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri.....	32
4.6	Zigzag takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri.....	33
4.7	Spiral takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri	34
4.8	Tek yönlü takım yolu deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri	35
4.9	Zigzag takım deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri	35
4.10	Spiral takım yolu deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri	35
4.11	Tek yönlü takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı.	36
4.12	Zigzag takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı	37
4.13	Spiral takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı.....	37
4.14	Tek yönlü takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi.....	40
4.15	Zigzag takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi.....	40
4.16	Spiral takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi	41
4.17	Deney sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri	41
4.18	Seçilen parametreler için tahmin değerleri	42
A.1	Çeşitli imal usulleri ile elde edilmiş yüzeylerin Ra değerleri	61
B.1	Makine Takım Endüstrisi frezeleme için Ø12 DIN 844 B/N kesme koşulları	63

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
C.1	Sırlama yapılmadan önceki orjinal deney çizelgesi	65
C.2	Kesme yüküne göre sıralama yapıldıktan sonra elde edilen deney çizelgesi.....	65

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler sayesinde imalat sektöründe her geçen gün bir yenilik ortaya çıkmaktadır. Pazar paylarını kaybetmek istemeyen büyük işletmeler ve pazarda pay sahibi olmak isteyen küçük ve orta ölçekli işletmeler amaçlarına ancak gelişen teknolojinin getirdiği yenilikleri kullanarak ulaşabilmektedirler. Rekabet piyasasında en önemli etken olan maliyet faktörünü aşağıya çekebilmek ancak teknolojinin sunduğu gelişmeleri en uygun şekilde kullanmakla mümkün olabilmektedir. Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) tezgahlarının gelişmesi ile kesme hızlarının artması ve büyük hacimlerde talaş kaldırılabilmesi mümkün olmuş, ürünlerin imalat süresi azaltılmış ve neticede ürün maliyetleri oldukça düşmüştür. Üretim maliyetlerini azaltmak için sadece yenilikleri benimsemek yeterli olamamakta, bunun yanında yapılacak işin en iyi şekilde uygun kesme parametreleri seçilerek imal edilmesi gerekmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü yağlama, sürtünme ve aşınma gibi tribolojik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahip olmanın yanında elektrik iletimi, ısı iletimi, sızdırmazlık, hidrodinamik vb. farklı alanlarda da dikkate alınan önemli bir parametredir. Talaşlı imalatta en kısa zamanda istenilen yüzey pürüzlülüğü değerinin ve toleransının elde edilmesi, işleme zamanından tasarruf ve ürün maliyetinde azalma sağlar. Parçaların imalat resimleri üzerinde bulunan yüzey pürüzlülük değerlerinin ancak kesme parametrelerinin iyi bir kombinasyonu neticesinde elde edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Bu parametrelerin seçimi genellikle tecrübe veya imalat kataloglarına göre yapılmaktadır. Bu yöntemlerle belirlenen kesme parametrelerinin kombinasyonu sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kabul edilebilir olsa bile, bu pürüzlülük değerlerine daha kısa zamanda ulaşabilecek kesme parametreleri kombinasyonlarının bulunma ihtimali vardır. Bahsedilen en kısa zamanda istenilen yüzey pürüzlülük değerini veren kesme parametreleri ve ilgili takım yolu kombinasyonları ancak bir dizi deney sonucunda kesin olarak tespit edilebilmektedir. Yapılan bu deneyler, harcanan zaman ve malzeme kayıpları açısından az sayıda bir üretim

için maliyeti arttırsa da büyük hacimli üretimlerde zamandan sağladığı büyük tasarruf ile maliyeti çok aşağılara çekebilmektedir.

Yapılan bu deneysel çalışmada; plastik hacim kalıplarının talaşlı imalatında yaygın olarak kullanılan cep işleme için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Kullanılan kesme parametreleri, kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği ve yanal adım gibi kesici takıma ait kontrol edilebilen kesme parametrelerdir. İlgili parametreler için farklı seviye değerleri ve farklı takım yolu kombinasyonları kullanılarak meydana gelen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; taşlama, honlama vb. bitirme işlemlerinde kullanılan yöntemler ile elde edilen pürüzlülük değerlerine mümkün olduğunca yaklaşılarak bu bitirme işlemleri için harcanan zamandan tasarruf sağlayabilmektir.

BÖLÜM 2

FREZELEMEDE TAKIM YOLU

2.1 TERMİNOLOJİ

Talaşlı imalatın temel amacı üretilecek iş parçasının geometrik ve boyutsal tamlığıyla birlikte yüzey kalitesinin de istenen sınırlar içerisinde ve ekonomik olarak sağlamaktır (Çakır, 1999).

Talaş kaldırmada asıl amaç; mümkün olduğunca fazla talaşı maksimum takım ömrü ile kaldırabilmektir. Bunu yaparken yüzey kalitesini muhafaza etmek için talaş kaldırmaya etki eden kesme şartlarının, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi gerekmektedir (Sağlam ve Yıldız, 2002).

Parçaları işleyerek şekillendirme esnasında istenmeyen malzemelerin talaş olarak iş parçasından ayrılmasının mümkün olduğu kadar kontrollü gerçekleştirilmesi işlemin temel problemidir. Bunun için de, metallerin talaşa dönüşmeleri esnasındaki davranışlarının ve bu davranışlarının sebeplerinin iyi anlaşılması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Çünkü talaşlı imalat işlemini diğer metal kesme ve işleme yöntemlerinden farklı kılan özellik, kesme işleminin kesici takım üzerindeki yerel bir bölgede gerçekleşmesi ve bu esnada ısı, mekanik, kimyasal ve aşındırıcı yük faktörlerine maruz kalmasıdır (Çakır, 1999).

Kesme sırasında, talaşın kesme yüzeyinde sıkışması, şekil değiştirme ve ayırma işi nedeniyle iç sürtünmeler, talaşın takım yüzeyinden akması ile talaşın takım yüzeyine teması sonucu dış sürtünmeler meydana gelmektedir (Arshinov and Alekseev, 1976).

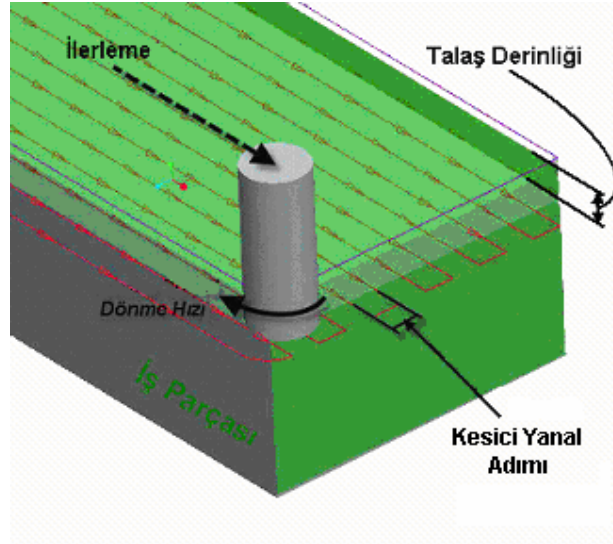
Tüm bu sürtünmeler, kesici takımın ısınmasına neden olmaktadır. Isı oluşumu daha çok, kesici kenarın yakınlarındaki bölgesel alanlarda oluşabilir. Kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sürtünme ile kesici takımda oluşan ısı, takım sertliğini etkiler. Takım sertliğinin azalması kesici takımlarda bazı aşınma mekanizmalarını doğurur. Takım ve işparçası

arasındaki sürtünmelerin azaltılması, oluşan kesme ısısını ve aşınmayı azaltması beklenir. Sürtünmelerin azaltılması için, kesici takımın yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi ve adeziv, abrazif, difüzyon, oksidasyon ve yorulma aşınma mekanizmalarına karşı koruyucu sert seramik esaslı bileşiklerle kaplanması önerilmiştir (Ezugwu and Okeke, 2001).

2.1.1 Kesme Parametreleri

Günümüzde kullanılan BSD dik işleme veya yatay işleme merkezlerinde kesme parametreleri şöyle sıralanabilir. Bunlar;

Kesme hızı V_c (m/dak), iş mili devri s (dev/dak), kesici takım ilerleme hızı F (mm/dak), talaş derinliği ap (mm), kesici takımın çapı d (mm), kesici ağız (kenar) başına ilerleme f_z (mm/ağız), kesici ağız sayısı Z (ağız) ve kesici yanal adımıdır. Şekil 2.1'de çeşitli parametrelerin örnek bir uygulama üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kesme parametreleri.

s ve F değerleri;

$$s = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \quad (2.1)$$

$$F = s \times f_z \times Z \quad (2.2)$$

ile hesaplanır.

V_c , f ve F değerleri için imalat el kitaplarında, takım kataloglarında ve tezgah kataloglarında kullanılacak kesici takımın malzemesine, boyutuna, geometrisine, vb. zelliklerine ve işlenecek parçanın malzemesine, çekme mukavemetine veya sertlik değerine göre kullanıcılara hazır çizelgeler önerilmektedir. Bu neriler temelde takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, kalitesi ve işlenebilirlik kriterleri göz önüne alınarak verilmektedir.

Kesme hızı değerleri, imalatçının tecrübelerine dayanılarak iş malzemesinin kırılgan veya sünek olmasına, soğutma sıvısının kullanımına, kesici takımın aşınmasına, tezgah / işparası rijitliği gibi durumlara bakılarak verilen aralıklarda değiştirilebilir ve bu yeni değerlerle daha iyi neticeler alınabilir.

2.1.2 Kesici Takımlarda Aşınma

Kesme işi yapan tüm kesici takımlar çalışma sırasındaki sürtünme nedeniyle aşınmaya maruz kalmaktadır. Kesici takımın istenilen yüzey kalitesini sağlayamayacak hale gelmesine kadar geçen süre “takım ömrü” olarak adlandırılır. Tüm kesici takımlar için takım ömrü, kesme şartlarına göre farklıdır ve deneysel olarak belirlenir. Maruz kaldığı yüksek sıcaklık ve mekanik gerilmelerden dolayı, kesici takım yavaş yavaş veya ani olarak malzeme kaybına maruz kalır ya da iş göremez hale gelir. Takımın zamanla meydana gelen hasarı “aşınma”, ani hasarı ise “kırılma” olarak tanımlanır. Bu kırılma ve aşınmalar, genellikle kesici takımın kesme kenarında, talaş yüzeyinde, serbest yüzeylerinde ve burun bölgesinde oluşur (Yılmaz, vd. 2004).

Takım aşınmasının tayininde genellikle serbest yüzey aşınması (V_b) referans alınmaktadır. Yüksek kesme hızlarında daha fazla serbest yüzey aşınması ve daha düşük kesme kuvvetleri meydana gelmektedir. Çünkü aşınma takım ömrünü tayin eden bir faktördür. Takım mr üzerinde en büyük etkiye sırasıyla kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği sahiptir (Sağlam ve Yıldız, 2002).

2.1.3 Takım Yolu

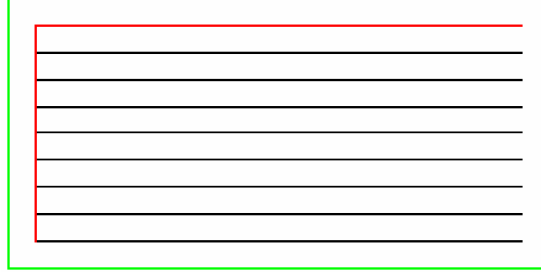
Günümüz teknolojisinde, frezeleme operasyonlarında iş parçasının ekonomik olarak imal edilebilmesi için çeşitli kesme yöntemleri geliştirilmiştir. Iř parçasının frezelenmesinde

takım yolunun tayini kesme yöntemlerine bir örnek olarak gösterilebilir. Takım yolunun doğru seçimi imalat süresini, talaş kaldırılan yüzeyin durumunu ve bunun sonucu olarak doğrudan maliyeti etkilemektedir. Bu çerçevede asıl önemli olgu işlenecek unsur için en uygun takım yolunun seçilmesidir. Doğru takım yolu seçimi tecrübe ile veya deneysel çalışma sonucunda belirlenebilmektedir.

Takım yolları çok çeşitli olmakla birlikte genel olarak üç başlık altında toplanabilir. Bunlar; Tek yönlü, Zigzag ve Spiral takım yollarıdır.

2.1.3.1 Tek Yönlü Takım Yolu

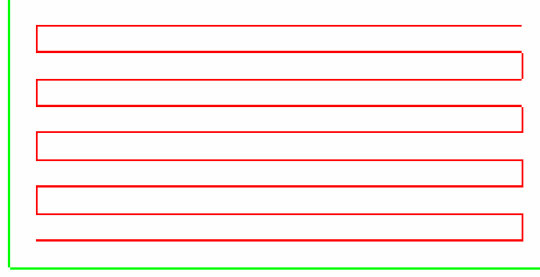
Kesici bu stratejide parça yüzeyini paralel çizgiler şeklinde tarayarak işlemektedir. Kesici yanal adımı sabittir ve kesici her bir adımı işledikten sonra o adımın başlangıç noktasına parçaya temas etmeden dönmekte ve bundan sonra diğer adım için ilerlemektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Tek yönlü takım yolu işleme çizgileri.

2.1.3.2 Zigzag Takım Yolu

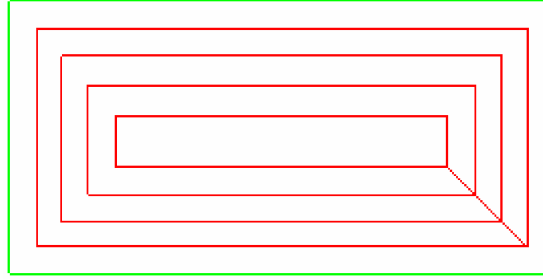
Kesici hareketi iş parçasının yatay X-Y düzleminde zigzag olarak "S" şeklinde bir hareketle işleme yapmaktadır (Şekil 2.3). Bu strateji ile yapılan operasyonlarda işleme zamanından tasarruf sağlanmakta ve basit bir hesaplama sistemine ihtiyaç duymaktadır (Toh, 2004).



Şekil 2.3 Zigzag takım yolu işleme çizgileri.

2.1.3.3 Spiral Takım Yolu

Kesici tercih edilen işleme yöntemine göre yüzeyin dış çerçevesinden içeriye doğru yada merkezden dışarıya doğru spiral hareketlerle işleme yapmaktadır (Şekil 2.4). Cep frezeleme operasyonlarında bu şekilde oluşturulan takım yolları daha fazla tercih edilmektedir (Toh, 2004). Zigzag takım yoluna göre daha zor ve karmaşık hesaplama sistemine ihtiyaç duymaktadır.



Şekil 2.4 Spiral takım yolu işleme çizgileri.

2.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü

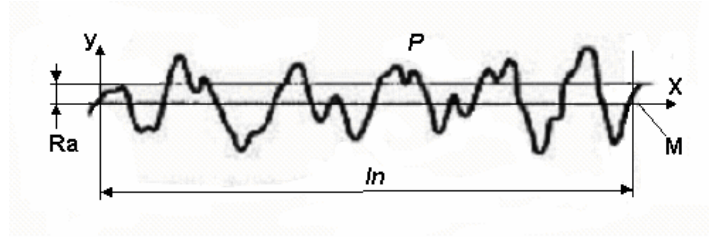
Yüzey pürüzlülüğü; şekil ve yüzey üzerindeki dalgalanma dikkate alınmadan belirlenmiş bir alandaki yüzey üzerindeki tüm girinti ve çıkıntıların tamamıdır. Talaş kaldırma işlemi yapılınsın veya yapılmınsın her yüzeyin bir pürüzlülük değeri vardır. Çeşitli imal usulleri ile elde edilmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülük değeri ve bunların birbirleri ile karşılaştırılması Çizelge A.1’de verilmiştir. Makinecilik ve imalat sektöründe çok önemli bir yeri olan yüzey pürüzlülüğü, sahip olduğu büyüklüğe göre sınıflandırılır (Çizelge 2.1). Bir mamulün veya montaj oluşturan parçaların üretimi sırasında oluşacak yüzey durumunu uygun bir şekilde tespit etmek çok önemlidir. Yüzey pürüzlülük değeri ürün maliyetini doğrudan etkileyen bir olgudur. Önem teşkil etmeyen bir yüzeyin çok hassas bir yüzey

kalitesinde imal edilmeye çalışılması o ürün için maliyeti çok yüksek değerlere çıkarmaktadır. Yüzey pürüzlülük değeri, pürüz yüksekliği R_t değerinin ortalama değeri olan R_a ile belirtilir. R_t bir yüzey için her ölçümde farklılıklar gösterebilir, R_a değeri istenilen yüzey kalitesine göre standart değerlerdedir. Bu değer kullanılan imalat yöntemi ve işleme tarzına göre belirli limitler arasındadır. Bu sebepten dolayı üretimi yapılacak olan parçanın ilgili detay resmi üzerinde istenilen yüzey pürüzlülük değerleri TS 2040 ile standartlaştırılmış semboller ve şekillerle belirtilmelidir. Yüzey pürüzlülüğünün belirtilmesi için teknik resimde kullanılan sembol ve şekiller Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Yüzey kalite ve pürüzlülük değerleri.

Sembol	$\frac{N1/}{\nabla}$	$\frac{N2/}{\nabla}$	$\frac{N3/}{\nabla}$	$\frac{N4/}{\nabla}$	$\frac{N5/}{\nabla}$	$\frac{N6/}{\nabla}$	$\frac{N7/}{\nabla}$	$\frac{N8/}{\nabla}$	$\frac{N9/}{\nabla}$	$\frac{N10/}{\nabla}$	$\frac{N11/}{\nabla}$	$\frac{N12/}{\nabla}$
Pürüzlülük	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
R_a (μm)	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

Herhangi bir yüzeyin pürüzlülüğünü ölçmek için ise yüzey kontrol aleti (profil metre) olarak adlandırılan bir cihaz kullanılır. Şekil 2.5’de yüzey pürüzlüğü ile ilgili bazı parametreler gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler.

Profil üzerinde alınan örnekleme uzunluklarının “ L ” bir araya gelmesi ile “ Ln ” ile ifade edilen ölçüm uzunluğu oluşur. Eğer profil “ n ” adet örnekleme uzunluğu içeriyorsa ölçüm uzunluğu;

$$Ln = L \times n \quad (2.3)$$

ile hesaplanır.

Örnekleme uzunluğu “ Ln ” için “ Ra ” değeri, profil ortalama çizgisi “ M ” ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalaması olup şu formülle hesaplanır:

$$Ra = \frac{(Rt_1 + Rt_2 + Rt_3 + \dots + Rt_m)}{m} \quad (2.4)$$

Burada, “ Rt ” alınan yükseklik ölçümlerinin değeri, “ m ” ise ölçüm sayısıdır. Ölçüm uzunluğu için “ Ra ” değeri, “ n ” sayıdaki “ Ra ” değerinin aritmetik ortalamasıdır.

2.2 LİTERATÜR TARAMASI

Yukarıda anlatılan takım yollarının talaş kaldırmaya değişik noktalardan etkileri söz konusu olabilir. Bunlardan kesme uzunluğu önemli bir noktadır. Başlangıç noktası ve kesme açısının toplam kesme uzunluğuna etkisi sistematik bir şekilde çeşitli uygulamalar yapılarak araştırılmıştır (Toh, 2004). Bu çalışmanın sonucuna göre;

- a. Spiral takım yolunda başlangıç noktasının kesme uzunluğuna etkisi yok denecek kadar azdır.
- b. Zigzag takım yolunda seçilen kesme yönünün kesme uzunluğuna % 5 – 100 arasında değişen bir değerde etkisi vardır.
- c. Kesme yönünün tayininde kesici çapının ve kesici uçlarının sayısının herhangi bir önemi yoktur.
- d. Zigzag takım yolunda oluşan kesme genişliği spiral işlemeye göre daha kısa olmaktadır.
- e. Zigzag takım yolunda en iyi kesme yönü genellikle iş parçasının uzun kenarına paralel olmaktadır.

Lakkaraju ve Raman (1990) optimum takım yolu tayini için analitik bir model geliştirmiştir. Bu analitik model ile takım yolu kolay bir yöntemle hesaplanabilmektedir. Fakat yaptıkları bu çalışmada birçok fiziksel parametreyi göz ardı ederek çıkan sonuçların gerçeklikten uzaklaşmasına neden olmuşlardır. Kesici yanal adımı ve takım yolu yönü çalışmalarında dikkate alınmamıştır, alınması halinde daha değişik sonuçların ortaya çıkması ihtimal dahilindedir.

Lakkaraju vd.'nin (1992) yaptıkları bir başka çalışmada trigonometrik fonksiyon tabanlı, parça şekline ve kesici çapına bağımlı bir model geliştirilmiştir. Bu model ile en kısa kesici yolunun parçanın en uzun kenarına paralel olması gerektiğini savunmuşlardır.

Zigzag takım yolu ile işlemede daha kısa takım yolu oluşturulmakla birlikte cep işleme operasyonlarında cep duvarlarında takım izleri kalmaktadır. Spiral takım yolu ile cep frezeleme operasyonunda takım izleri tamamen temizlenebilmekte ve pürüzsüz bir yüzey oluşmaktadır (Gay and Veeramami, 1996).

Fry vd. (1999) değişen kesme açısı yönlerinin zigzag yüzey frezelemede takım ömrüne etkisini araştırarak, kesme açısı 60° olduğunda en az takım aşınması elde edildiğini ortaya koymuştur.

Ng ve Raman (1997) son frezelemede iş parçası yüzey pürüzlülüğünün az olmasının önemli olduğu durumlarda düşük radyal ilerleme verilerek kesme kuvvetinin azaltılmasını ve oluşabilecek titreşimlerin önüne geçilip istenilen yüzey kalitesi ile ölçü tamlığının sağlanabileceğini söylemektedir.

Law ve Geddam'a (2001) göre parçaya takımın giriş ve çıkış durumlarında oluşan ani yük değişimlerinin hesaplanarak makine tarafından ilerleme miktarı değiştirilerek bu yükün sabit tutulması gerektiği savunulmaktadır. Köşe kesmelerde ortaya çıkan ani kesme kuvvet artışları hesap edilerek takım esnemesinden kaynaklanan ölçü hataları ortadan kaldırılması gerektiği söylenmektedir.

Parmak freze çakısı ile yapılan kesme işlemlerinde seçilen takım yolunun çeşitli çapak oluşumlarına neden olup olmadıkları da araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre; parmak freze çakısının meydana getirdiği çapak oluşumlarının elle temizlenmesinden dolayı iş parçasının imalatının tamamlanmasında ek bir zaman ihtiyacı oluşmakta, bu yüzden çapak oluşumunun en aza indirilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamanın en doğru yolu işleme sırasında kesici takımın iş parçasından dışarıya çıkmamasıdır (Toh, 2004).

Çapak oluşumunun azaltılması için tümleşik tasarım ve imalat konusunda yapılan çalışmada; hedeflere ve esneklik derecesine bağlı olarak tasarım, süreç planlama ve imalat arasındaki tümleşme dört farklı seviyede ifade edilmektedir. Bu tümleşme ile hedeflenen

kenar bitirme ve apak temizleme gereksinimlerini en aza indirmek için bir ajan tabanlı sistem geliştirilmiştir (Dornfeld, 1998).

Kenar bitirme ve apak temizleme işleminde üzerine durulan bu dört yaklaşım izelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2 İmalat çevriminde tasarımı apak oluşunun en aza indirilmesinde tmleşmenin dört seviyesi (Dornfeld, 1998).

Tmleşme Seviyesi	Ajan Yazılım Görevi	Ayarlama Parametresi	Ayarlama İçin Serbestlik Derecesi
Seviye 1	İş Parçası Tasarlama	Pah Açısı Pah Miktarı	Tasarlama: Yüksek İmal etme: Yüksek Bitirme: Yüksek
Seviye 2	Frezeleme İçin Takım Yolu Planlama	Takım Geçme Sıklığı Kesme Derinliği Takım İlerleme Yönü	Tasarlama: Düşük İmal etme: Yüksek Bitirme: Yüksek → Düşük
Seviye 3	Takım Geometrisi Tasarlama	Radyal Yatırma Açısı Eksenel Yatırma Açısı	Tasarlama: Düşük İmal etme: Yüksek Bitirme: Yüksek → Düşük
Seviye 4	apak İçin Takım Yolu Planlama	Takım Geçme Sıklığı	Tasarlama: Düşük İmal etme: Düşük Bitirme: Yüksek

2.3 TAKIM YOLU ÇEŞİTLERİNİN TALAŞ KALDIRMAYA ETKİLERİ

Takım yolu, kesici takımın frezeleme sırasında talaş kaldırırken yapmış olduğu planlı hareketlerin tümü olarak tanımlanabilir. Talaş kaldırma sırasında takımın gösterdiği kesme performansını belirleyen en önemli olgu takım yoludur. Takım yolunu oluşturan çeşitli parametrelerden en önemli olanları;

- Takımın parçaya ilk girişi (başlangıç noktası) ve kesme açısı
- Kesme parametreleridir.

2.3.1 Başlangıç Noktası ve Kesme Açısının Toplam Kesme Uzunluğuna Etkisi

Takım yolunun oluşumunda ve diğer takım yolları ile farkını oluşturan en etkili parametrelerdir. Başlangıç noktası; kesicinin talaş altına alarak mı, yoksa tam tersi yönde sıyrarak mı keseceğini belirleyen bir parametredir. Seçilen yönteme göre başlangıç noktasının yeri farklılık göstermektedir. Kesme açısı ise takım yolunun uzunluğunu

doğrudan etkileyen bir parametredir. Kesici takım ilerleme açısı belirtilirken parça X eksenine göre takım yolunun paralel çizgilerinin oluşturduğu açı olarak ifade edilmektedir. Altın (1998) yaptığı çalışmada kesici takım ilerleme açısının takım yolu uzunluğu üzerine çok az etkili olduğunu buna karşın takımın yanal adım sayısı üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yapmış olduğu çalışmada en kısa takım yolunun 45° açı ile en uzun takım yolunun ise 22° açı ile işleme yapılan paralel takım yolu ile elde edilebileceğini söylemektedir.

2.3.2 Farklı Takım Yollarının Kesme Parametreleri Üzerine Etkileri

Seçimi yapılan takım yoluna göre bazı kesme parametrelerinin uygun seçimi, elde edilecek yüzey kalitesi ve takım durumunu doğrudan etkilemektedir. Örneğin yüksek hızda işlemede yapılıyorken takım yolu kesici üzerine gelen yükün sabit olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır aksi takdirde takım ömrü ve yüzey kalitesinde olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Law and Geddam, 2001).

Bu bölümde frezeleme ile ilgili alan bilgisi, kesme parametreleri, takımlarda kesme işlemi sırasında oluşan aşınma durumları, takım yolu çeşitleri, yüzey pürüzlülüğü ve bu konularda daha önceden yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Bir sonraki kalite mühendisliğine yeni bir bakış açısı kazandıran Taguchi yöntemi ile bölümde deney tasarımı yöntemi hakkında bilgi verilecektir.

BÖLÜM 3

TAGUCHİ YÖNTEMİ

Cep işlemede takım yolu hareketlerinin ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelendiği bu çalışmada üç farklı takım yolu kullanılmıştır. İşleme sırasında kullanılacak parametreleri ve bu parametrelere ait seviye değerlerinin oluşturduğu kombinasyonların en iyi yüzey durumunu oluşturan birleşimi bulmak istersek her bir takım yolu için $4^4 = 256$ adet deney, toplamda ise $256 \times 3 = 768$ adet deney yapılması gerekmektedir. Bu deneylerin yapılması için harcanan zaman ve malzeme maliyetleri göz önünde tutulduğunda Taguchi'nin geliştirdiği, deney sayısında azalma sağlayan yöntem ihtiyaca cevap verecek özelliktedir (Taguchi and Konishi, 1987).

Kısaca Taguchi ve geliştirdiği fikirlerden bahsedecek olursak;

Japonya'da mühendislik eğitimi gören Genichi Taguchi, “kalite mühendisliği” kavramının fikir babası olarak kabul edilir. Taguchi'nin bu alandaki fikirlerini ve katkılarını şu şekilde özetlemek mümkündür (Kackar, 1986).

- a. Ürün kalitesinin önemli bir boyutu, o ürünün kalitesizliğinin toplumda yol açabileceği toplam kayıp olarak ifade edilebilir.
- b. Rekabetçi bir ekonomide işletmenin varlığını sürdürebilmesi için kaliteyi sürekli olarak geliştirmesi ve maliyetleri düşürmesi gereklidir.
- c. Sürekli kalite geliştirme programları, ürünün performans karakteristiklerinin hedef değerlerden sapmalarının kayda değer miktarda azaltılmasını içermelidir.
- d. Ürün performansındaki değişim sonucunda ortaya çıkan ve müşterilerin katlandığı kayıp, yaklaşık olarak, performans karakteristiğinin hedef değerden sapmasının karesi ile doğru orantılıdır.
- e. Ürünün nihai kalite ve maliyeti, önemli oranda ürünün ve imalat sürecinin mühendislik tasarımları tarafından belirlenir.

- f. Ürün veya sürecin performans varyansı, ürün ve süreç parametrelerinin performans karakteristikleri üzerindeki eğrisel etkileri giderilerek azaltılabilir.
- g. İstatistiksel olarak planlanmış deneyler performans varyansını azaltan ürün veya süreç parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilir.

3.1 TAGUCHİ FELSEFESİNİN ANA İLKELERİ

Taguchi kaliteyi sağlamak için üretimden önce tasarım aşamasının dikkate alınması gerektiğini ileri sürerek kalite düşüncesinde bir devrim yapmıştır. Tasarım aşamasında kaliteyi geliştirmek için uygulanan yöntemlerden en önemli olanı deneysel tasarım yöntemidir.

Kalite geliştirme çalışmalarına kaliteden ziyade kalite kayıpları açısından yaklaşan Taguchi'ye göre kalitenin istenilen düzeyde olmaması durumunda uğradığı kayıp; bu kayba bağlı olarak müşteri memnuniyetsizliği, tamir maliyetleri ve pazardaki imaj kaybı olarak ortaya çıkmaktadır (Schonberger and Edward, 1991).

Taguchi kayıplara neden olan faktörlerin kalite üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ya da ortadan kaldırmak, bir başka deyişle gürbüz tasarıma ulaşmak için deney tasarımı uygulamasını önermiştir. Üründeki kalitenin arttırılması ve minimum maliyette deney planlamasının gerçekleştirilmesinde Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılmaktadır (Çelikçapa, 2002).

3.2 DENEYSEL TASARIM YÖNTEMİ

Deneysel tasarım yöntemi daha önce geliştirilmiş olmasına rağmen, bu kavramı ürün performansındaki varyansın azaltılması için ilk uygulayan kişi Taguchi olmuştur.

Kalite mühendisliğinde ürün ve süreç kalitesi iyileştirilmesi için “istatistiksel deney tasarımı” üzerinde durulmaktadır (Saat, 2000). İstatistiksel deney tasarımı, kalite geliştirme çalışmalarında kullanılan kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörlerin değişik kombinasyonlar uygulanarak en iyi kalitede ürün veya sürecin elde edilmesini sağlar.

3.2.1 Kontrol Edilebilen Faktörler

Tasarım faktörleri olarak da bilinen kontrol edilebilen faktörlerinin değerleri tasarım ya da süreç mühendisi tarafından kolayca belirlenebilmektedir. Bu faktörler sinyal, varyans ve maliyet faktörleridir. Sinyal faktörleri (hedef kontrol faktörleri); söz konusu olan ortalama tepki düzeyini etkileyen faktörlerdir. Varyans kontrol faktörleri; tepkideki varyansı etkileyen faktörlerdir. Maliyet faktörleri; ortalama tepkiyi ya da varyansı etkilemeyen ve ekonomik koşullara göre belirlenen faktörlerdir (Saat, 2000).

3.2.2 Kontrol Edilemeyen Faktörler

Gürültü faktörleri olarak bilinen kontrol edilemeyen faktörler ürünün fonksiyonel karakteristiklerinin hedef değerden sapmasına neden olan, bir başka deyişle kalitesizliğe yol açan faktörlerdir.

3.3 DENEYSEL TASARIMIN AŞAMALARI

Taguchi deneysel tasarım kavramını ürün ve süreç tasarımı için üç kalite aşamasında tanımlanmaktadır. Bunlar, sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımıdır.

3.3.1 Sistem Tasarımı

İşletmenin olanakları çerçevesinde müşteri ihtiyaçları göz önüne alınarak ilk ürün tasarımı gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen bu tasarımın içeriği performans karakteristiklerinin değerinin üzerinde etkili olan parametre değerlerinin belirlenmesinden oluşmaktadır. Bu aşamada müşteriyi maksimum seviyede memnun edebilecek, minimum maliyet göz önüne alınarak malzeme, parça, prototip ürün, parametre değerlerinin seçimi yapılmaktadır.

3.3.2 Parametre Tasarımı

Bu aşamada ürün ile ilgili fonksiyonel özelliklerin en iyi seviyeye getirilmesi ile ürün tasarımının kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum hassasiyette olmasını sağlayacak faktör seviyelerinin seçimi gerçekleştirilir.

Parametre tasarımı amaç, ürün ve süreçte kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen (gürültü) faktörlerinin meydana getirdiği hedef değerlerden sapmaların en aza indirilmesidir (Saat, 2000).

3.3.3 Tolerans Tasarımı

Tolerans tasarımı parametre çalışmaları sonucunda elde edilen kalitenin istenilen hedeflere varmaması durumunda uygulamaya alınan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Çelikçapa, 2002). Bu aşamada belirlenen hedeflerden sapmalar sonucunda oluşan kayıp tespit edilir ve oluşan sapmaların nereden kaynaklandığı belirlenip sapmanın azaltılması yoluna gidilir.

Taguchi yaklaşımında sistem ve parametre tasarımı bir yandan daha yüksek kalite elde ederken aynı zamanda maliyetleri düşürme olanağı sağlamaktadır. Tolerans tasarımı ise daha yüksek kalite için daha yüksek maliyetlere katlanmayı zorunlu kılmaktadır (Gunter, 1987).

3.4 DENEYSEL TASARIMIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Taguchi deneysel tasarımının bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntem bilimde kalitenin rolü sistem içinde genişletilmiştir. Kalite mühendisliği ve eğitimi açısından kaliteye yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır.

Bu yöntemin getirdiği avantajlar şu şekilde sıralanabilir (Çelikçapa, 2002):

- a. Bu yöntem bilim kalite geliştirme açısından tümüyle formüle edilmiştir.
- b. Tüm yorumlar deneyler sonucunda ortaya çıkmaktadır.
- c. Değişkenlik sonucu ortaya çıkabilecek maliyetlere dikkat çekilir.
- d. Basitleştirilmiş bir tolerans analizine imkân sağlanmıştır.
- e. Ortalamalar ve değişkenlikler ile ilgili çalışmalara süreklilik kazandırılmıştır.

Bu yöntem hakkındaki eleştiriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

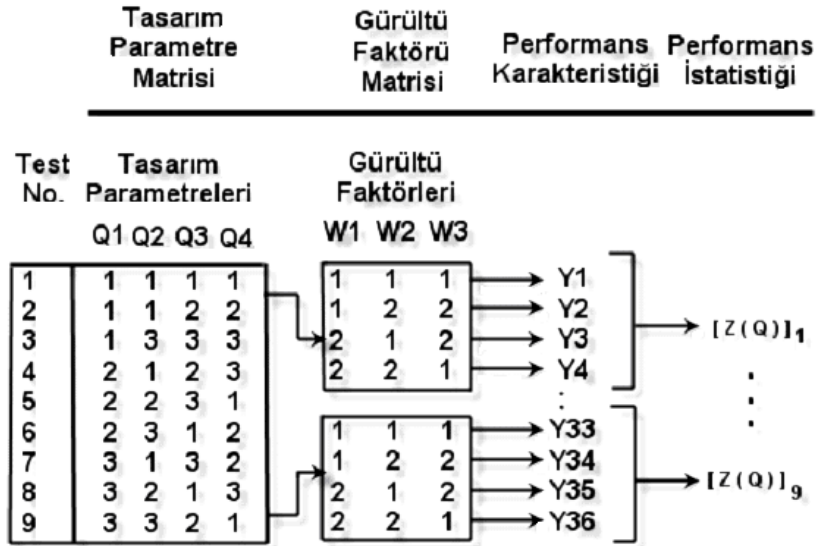
- a. Rastsallığı savunan bir yöntem değildir.

- b. Çok karmaşık üretim sistemlerinde deneylerin sıralanması ve adaptasyonunu da sorunlar yaşanmaktadır.
- c. Faktörler arası ilişkilerin öneminde dogmatik bir yaklaşım izlenmektedir.

3.5 TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Tasarım parametrelerinin belirlenmesi için bu parametrelerin birden fazla sayıda seviyesinin kullanıldığı bir deney yapılmaktadır. Yapılan deneyin amacı gürültü faktörlerinin performans karakteristiği üzerindeki etkisini minimize eden tasarım parametreleri değerlerini belirlemektir.

Bu işlem, deneyde tasarım parametreleri değerlerini sistematik olarak değiştirme yoluyla ve her bir deney için gürültü faktörlerinin etkisini karşılaştırarak gerçekleştirilir. Taguchi'nin parametre tasarımı deneyi Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Taguchi'nin parametre tasarımı deney örneği (Saat, 2000).

Parametre tasarımı deneyi iki bölümden oluşur. Bunlar; tasarım parametre matrisi ve gürültü faktörleri matrisidir.

Parametre matrisi ürün ya da süreçten sorumlu kişinin seçtiği değerlerdir. Bu değerler ürünün ya da sürecin tasarım özelliklerini belirler. Tasarım parametre matrisinin sütunları tasarım parametrelerini, satırları ise test değerlerinin farklı bileşimlerini ifade eder.

Gürültü faktörleri matrisi gürültü faktörlerinin test değerlerini belirler. Bu matrisin sütunu ise gürültü faktörlerini, satırları ise gürültü düzeylerinin değişik bileşimlerini ifade eder.

Deneyin tamamı tasarım parametreleri ile gürültü faktörleri matrisinin bileşiminden oluşur. Her deneyde tasarım parametreleri matrisi gürültü faktörleri matrisinin tüm satırlarıyla çakıştırılır. Böylece Şekil 3.1'deki örneği ele alırsak her deneyde dört deneme bulunmaktadır ve bunların her biriyle gürültü faktörleri matrisindeki gürültü düzeylerinin bir bileşimi oluşturulur. Performans karakteristikleri dokuz deneyin her bir dört denemesi için tek tek değerlendirilir (Saat, 2000).

Taguchi yaklaşımında tasarım parametreleri ve gürültü faktörleri matrisini oluşturmak için ortogonal dizinin (orthogonal arrays) kullanılması önerilmektedir. Ortogonal dizin tasarım parametrelerinin değişik sayıdaki değerlerinin belirlenmesini sağlar. Ayrıca karşılıklı olarak çift dengeleme özelliği nedeniyle deney sayılarını minimize eder.

Örneğin cep telefonu üzerine bir tasarım geliştirme çalışması yaptırılacak olsun. Tasarım üzerine etken olabilecek 10 farklı parametre ve parametrelerin en iyisini belirlemek amacıyla bu parametrelerinde dört farklı çeşidi bulunduğu düşünüldüğünde, yapılması gereken deney sayısı $4^{10} = 1,048,576$ adet olması gerekir. Buna rağmen, Taguchi'nin ortogonal dizi yaklaşımı kullanıldığında bu deney sayısı 32'ye kadar azalmaktadır.

Taguchi parametre sayısına ve seviye sayısına göre belirlenmiş standart ortogonal diziler oluşturmuştur. Çizelge 3.1'den seçimi yapılabilen her bir değer için bir dizi bulunmaktadır. Örneğin L₄ Ortogonal bir dizinin oluşumunu Çizelge 3.2'de görebiliriz.

Yapılacak deneye uygun dizi Çizelge 3.1'de bulunan parametre ve seviye sayısına uygun bir standart dizi seçilip parametreler seçilen bu dizi için oluşturulmuş kombinasyonlara uygun yerlere yazılarak deneylerin hangi özelliklerden oluşacağı belirlenir. Taguchi tarafından oluşturulmuş standart ortogonal diziler şunlardır: L'4, L'8, L'9, L'12, L'16, L'18, L'25, L'27, L'32, L'36 ve L'50.

Çizelge 3.1 Seviye ve parametrelere göre seçilebilecek ortogonal diziler.

		Seviye Sayısı (L)			
		2	3	4	5
Parametre Sayısı (P)	2	P=2,L=2	P=2,L=3	P=2,L=4	P=2,L=5
	3	P=2,L=2	P=3,L=3	P=3,L=4	P=3,L=5
	4	P=4,L=2	P=4,L=3	P=4,L=4	P=4,L=5
	5	P=5,L=2	P=5,L=3	P=5,L=4	P=5,L=5
	6	P=6,L=2	P=6,L=3	P=6,L=4	P=6,L=5
	7	P=7,L=2	P=7,L=3	P=7,L=4	P=7,L=5
	8	P=8,L=2	P=8,L=3	P=8,L=4	P=8,L=5
	9	P=9,L=2	P=9,L=3	P=9,L=4	P=9,L=5
	10	P=10,L=2	P=10,L=3	P=10,L=4	P=10,L=5
	11	P=11,L=2	P=11,L=3		P=11,L=5
	12	P=12,L=2	P=12,L=3		P=12,L=5
	13	P=13,L=2	P=13,L=3		
	14	P=14,L=2	P=14,L=3		
	15	P=15,L=2	P=15,L=3		
	16	P=16,L=2	P=16,L=3		
	17	P=17,L=2	P=17,L=3		
	18	P=18,L=2	P=18,L=3		
	19	P=19,L=2	P=19,L=3		
	20	P=20,L=2	P=20,L=3		
	21	P=21,L=2	P=21,L=3		
	22	P=22,L=2	P=22,L=3		
	23	P=23,L=2	P=23,L=3		
	24	P=24,L=2			
	25	P=25,L=2			
	26	P=26,L=2		Uygun Deney Sayısı	
	27	P=27,L=2		Bulunamıyorsa	
	28	P=28,L=2		Seviye Sayısını	
	29	P=29,L=2		Azaltın.	
	30	P=30,L=2			
	31	P=31,L=2			

Çizelge 3.2 L⁴ Ortogonal dizi.

Deney No. #	Parametre X	Parametre Y	Parametre Z
1	Seviye 1	Seviye 1	Seviye 1
2	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 2
3	Seviye 2	Seviye 1	Seviye 2
4	Seviye 2	Seviye 2	Seviye 1

3.6 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elde edilen deneyler neticesinde bir sonuca ulaşılmaktadır. Sonucun değerlendirilmesi için bir dizi istatistiki işlem yapılması gerekmektedir. İlk olarak deney neticelerine göre bir S/N oranının belirlenmesi gerekmektedir. S/N oranı fonksiyonun gürbüzlüğünü değerlendiren, hedef performans civarındaki varyansı, istikrar ve güvenilirliğini ölçen bir değerdir. Taguchi yetmişten fazla S/N oranı geliştirmiştir (Saat, 2000). Bunlardan geniş ölçüde uygulanan ve genel hale gelen üç tane S/N oranı aşağıda verilmektedir.

Tip N: Hedef değeri en iyi (ürün boyutları, elektrik voltajı vb.)

$$S / N = -10 \cdot \log \left(\frac{\bar{Y}^2}{S} \right) \quad (3.1)$$

Tip S: En küçük en iyi (yüzey pürüzlülüğü, gürültü, zararlı maddeler, kirlenme vb.)

$$S / N = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (3.2)$$

Tip B: En büyük en iyi (güç, mukavemet vb.)

$$S / N = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (3.3)$$

Burada,

\bar{Y} : Y değerlerinin (performans karakteristiklerinin değerlerinin) ortalamasıdır.

S : Y değerlerinin standart sapmasıdır.

n : Y değerlerinin sayısıdır.

Bu üç tür problemde de amaç S/N oranını maksimize etmektir. Bunların maksimize edilmesi, bir yandan sinyali artırırken, diğer yandan da varyansı azaltmaktadır. Parametre-tasarım deneyi fiziksel deneyler ya da bilgisayar benzetim deneyleri aracılığıyla gerçekleştirilebilir.

Deneyler sonucunda elde edilen S/N değerleri hakkında yorum yapmak için bu değerlerin standart sapmaları, aritmetik ortalamaları, serbestlik derecelerinin hesaplanması gibi matematiksel ve istatistiksel işlemler yapılarak Varyans Analizi (ANOVA) çizelgesi oluşturulmaktadır.

Varyans analizi yapıldıktan sonra daha önce yapılan deney şartları ile aynı olacak şekilde ve seçilen parametrelerin öngörülen en iyi seviye değerleri ile uygulanacak bir test deneyi daha yapılması deneylerin tutarlılığının kontrolü için gerekmektedir.

3.7 VARYANS ANALİZİ (ANOVA) ÇİZELGESİNİN OLUŞTURULMASI

Standart sapmanın karesine varyans denilmektedir. Varyans analizi ile parametrelere ait, deneylerden elde edilen verilerin gösterdikleri farklar ve bu farklara neden olan faktörlere göre kısımlara bölünür. Varyans analizinde sıfır hipotezinin denetiminde F testi kullanılır. Bu yöntemde tek bir grup veya örnek için kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması veya varyans yardımı ile standart ayrılış ölçüsü hesaplanır. Dolayısıyla örnek karakterize edilmeye çalışılır. Ayrıca bu yöntem ile iki veya daha fazla grubun kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması ya da varyansı hesaplamak ve gruplar arası farkın önemliliğini, önemliliğinin derecesini hesaplamak, bu önemliliği oluşturan nedenleri ortaya çıkarmak için kullanılabilir.

Basit varyans analizinin aşamaları şöyle özetlenebilir. Bunlar;

- a. Kareler toplamı
- b. Serbestlik derecesi
- c. Kareler ortalaması
- d. F değeri
- e. Önem kontrolü
- f. Gruplar arası varyansın genel varyanstaki payı şeklindedir.

ANOVA çizelgesi kaynak verileri ile yapılan varyans hesaplarının kolayca gözlemlenmesi için oluşturulur. Basit bir çizelgenin oluşturulması için Çizelge 3.3'de gösterilen değişkenlerin nasıl elde edildiği aşağıdaki formüllerle gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Temel ANOVA çizelgesi.

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Guruplar arası varyans (faktör)	GaSD	GaKT	GaKO	F	P
Gurup içi varyans (hata)	GiSD	GiKT	GiKO		
Toplam varyans	GSD	GKT			

Kaynak: Varyansı bulunacak bileşenler.

SD: Serbestlik Derecesi

KT: Kareler Toplamı

KO: Kareler Ortalaması

F: İstatistik F değeri

P: Pay %

Çizelge 3.3'de görülen değişkenlerin hesaplamasında kullanılan formülleri yazacak olursak;

$$\text{GSD (Genel serbestlik derecesi)} = N - 1 \quad (3.4)$$

N = Kullanılan verilerin sayısı

$$\text{GaSD (Gruplar arası serbestlik derecesi)} = t - 1 \quad (3.5)$$

t = Gurup sayısı yada seviye sayısı

$$\text{GiSD (Gurup içi serbestlik derecesi)} = N - t \quad (3.6)$$

$$\text{GKT (Genel kareler toplamı)} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (3.7)$$

x = Varyansı alınan değerlerin her biri

n = x değerlerinin adeti

$$\text{GaKT (Gruplar arası kareler toplamı)} = \left[\frac{(\sum x_1)^2}{m_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{m_2} + \dots + \frac{(\sum x_n)^2}{m_n} \right] - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (3.8)$$

m = o guruptaki x adeti

$$GiKT \text{ (Grup içi kareler toplamı)} = GKT - GaKT \quad (3.9)$$

$$GaKO \text{ (Gruplar arası kareler ortalaması)} = \frac{GaKT}{GaSD} \quad (3.10)$$

$$GiKO \text{ (Grup içi kareler ortalaması)} = \frac{GiKT}{GiSD} \quad (3.11)$$

$$F \text{ (Önem kontrolü)} = \frac{GaKO}{GiKO} \quad (3.12)$$

$$P \text{ (Gruplar arası varyansın genel varyanstaki payı)} \% = \frac{GaSD}{GSD} / 100 \quad (3.13)$$

Bu bölümde Taguchi felsefesi, bu felsefenin getirdiği yenilikler, deney tasarımı hakkında ayrıntılı bir anlatım gerçekleştirilmiş ve örnek bir varyans analiz çizelgesi oluşturulmuştur. Bir sonraki bölümde ise Taguchi yöntemi ile deneysel bir çalışma yapılarak elde edilen bulguların neticesinde varyans analizleri yapılıp kullanılan parametrelerin etkinliği incelenecektir.

BÖLÜM 4

TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE DENEYİN MODELLENMESİ

4.1 MALZEME

Plastik hacim kalıplarında kalıp üretiminde kullanılan malzemelerin başlıca özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Karmaşık şekillerin kolay elde edilebilmesi için işlenebilirlik kabiliyeti yüksek olmalı,
- Üretilen parçanın kolay çıkarılması için işleme sonrası yüzey pürüzlülüğünün düşük ve parlak bir yüzey kalitesi elde edilmeli,
- Ürünün uzun süreli kaliteli basılabilmesi için sertleştirilebilir özellikte olması gerekmektedir.

Sayılan bu sebeplerden dolayı deneylerde kullanılmak üzere, yaygın bir kullanımı olan, kendi sınıfı içerisinde kolay işlenebilirlik, temiz yüzey kalitesi ve uygun sertleştirilebilirlik gibi değişik özelliklere sahip IMPAX olarak bilinen EN/DIN 1.2738 40CrMnNiMo8–6–4 çeliği (Böhler M238) çeliği tercih edilmiştir. Ticari olarak temin şekli sertleştirilmiş ve temperlenmiş şekilde olan bu kalıp çeliği malzeme yaklaşık olarak 1000 N/mm² çekme dayanımı ile 30 – 35 HRC civarı sertliğe sahiptir. 840 – 860 °C sıcaklıkta 15 - 30 dakika ısıtılıp tabii tutulup yağda soğutulduktan sonra sertliği yaklaşık 54 HRC çıkmaktadır (Böhler, 20..). İlgili malzemenin kimyasal bileşimi aşağıdaki çizelgede verilmiştir. İçeriğinde mevcut olan karbon, mangan ve nikel elementleri tarafından ısınca sertleşen bir özelliğe sahip olmaktadır.

Çizelge 4.1 EN/DIN 1.2738 Çeliğinin kimyasal bileşimi.

	Cr	Mn	Ni	Mo	C	Si
%	2.00	1.50	1.10	0.20	0.38	0.30

4.2 KESİCİ TAKIM

Kesici takım olarak, Makine Takım Endüstrisinin (MTE) üretimini yaptığı %8 Co alaşımlı yüksek hız çeliği DIN 844 HSSE B/N standart adıyla temin edilebilen Ø12 mm silindirik saplı dört oluklu, helis açısı 30° olan parmak freze kullanılmıştır (Şekil B.1). İlgili takımın kesme koşulları için parametrelerinin ideal değerleri Çizelge B.1’de verilmiştir.

4.3 DENEYDE KULLANILAN PARAMETRELER

Kesici takım özelliklerine ve iş parçası malzemesine bağlı olarak bitirme talaş pasosu (son talaş) için dört farklı değişken parametre kullanılmıştır. Bunlar; kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici yanal adımıdır.

4.3.1 Kesme Hızı

Kesme hızı; kullanılan Ø12 HSS (MTE DIN 844 B/N) kesici takımın kesme koşulları çizelgesinde (Çizelge B.1) belirtilen değerler dikkate alınarak en düşük 17 m/dak ve en yüksek 23 m/dak olmak üzere 17-19-21-23 seviyelerinde değerler alınmıştır (Çizelge 4.2).

4.3.2 İlerleme

İlerleme; frezeleme için kesme koşulları çizelgesi (Çizelge B.1) dikkate alınarak ve seçilen malzemede yapılacak frezeleme işlemi ile elde edilebilecek en iyi yüzey pürüzlülük değeri için mümkün olduğunca küçük 120 mm/dak ile 300 mm/dak arasında 120-180-240-300 seviyelerinde değerler tercih edilmiştir (Çizelge 4.2).

4.3.3 Talaş Derinliği

Yapılan çalışmanın inceleme konusu bitirme talaşı olduğu için bitirme talaşı için ideal sayılabilecek olan 0,2 mm ile 0,8 mm arasında 0,2-0,4-0,6-0,8 seviye değerlerinde alınmıştır (Çizelge 4.2).

4.3.4 Kesici Yanal Adımı

Genellikle frezeleme işleminde pek dikkate alınmayan kesicinin yanal adımı (step over) aslında kesici takımın yüzey üzerinde bırakmış olduğu izleri, takıma binen yükü, işleme

zamanını doğrudan etkilediği için önemli bir parametre sayılmaktadır. Kesici takım çapına göre belirlenen bu parametre çalışmamızda kullanılan Ø 12 mm takım dikkate alınarak 2 mm ve 5 mm arasında 2-3-4-5 mm seviye değerlerinde seçim yapılmıştır. Kullanılan parametreler için alınan değerler Çizelge 4.2’de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Seçilen parametrelerin seviye değerleri.

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
A – Kesme hızı (m/dak)	17	19	21	23
B – İlerleme (mm/dak)	120	180	240	300
C – Talaş Derinliği (mm)	0,2	0,4	0,6	0,8
D – Kesici yanal adımı (mm)	2	3	4	5

4.4 DENEY SAYISININ BELİRLENMESİ

Kullanılan dört farklı parametre ve her bir parametre için dört farklı seviye (Çizelge 4.2) için Taguchi’nin Çizelge 4.3’de gösterilen L’16 standart ortogonal dizisi seçilmiştir.

Çizelge 4.3 L’16 Ortogonal dizi.

Deney No.	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre 4	Parametre 5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

Çizelge 4.3’e göre yerleştirilen parametrelerin oluşturduğu ilgili deneylerde kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici yanal adımı miktarları göz önüne alınarak diş başına düşen talaş hacmi hesaplanmış ve kesme yükü çıkarılmıştır. İlk deneylerde aşırı yüke maruz kalan takımın aşınması ve bu aşınmanın diğer deneylerde olumsuz etki oluşturma

ihtimalini ortadan kaldırmak için, hesaplanan dış yüküne göre deneyler az yükten çok yüke doğru sıralanmıştır (Çizelge 4.4). Sıralama öncesi ve sıralama sonrası düzenleme Ek Açıklama C’de izlenebilmektedir. Yapılan bu sıralamanın Taguchi’nin deney tasarımı yaklaşımında olumsuz bir etkiye neden olmamaktadır. Deneyde kullanılan parametre sayısı dört olduğu için standart L’16 çizelgesindeki ilk parametre sütunu boş bırakılıp diğer sütunlara ilgili seviye değerleri yerleştirilerek deney şartlarını belirleyen kombinasyonlar hazırlanmıştır.

Çizelge 4.4 Deney sıraları değiştirilmiş L’16 standart deney parametreleri dizisi.

Deney No	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre 4	Parametre 5
		Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	1	17	120	0,2	2
2	3	23	180	0,2	4
3	3	21	120	0,4	5
4	4	19	240	0,2	5
5	2	21	300	0,2	3
6	4	23	120	0,6	3
7	1	19	180	0,4	3
8	2	23	240	0,4	2
9	2	19	120	0,8	4
10	2	17	180	0,6	5
11	1	21	240	0,6	4
12	4	21	180	0,8	2
13	4	17	300	0,4	4
14	3	19	300	0,6	2
15	1	23	300	0,8	5
16	3	17	240	0,8	3

Çizelge 4.4’de belirlenen koşullar üç farklı (tek yönlü, zigzag, spiral) takım yolu için aynı olacak şekilde uygulanmıştır. Her bir takım yolu için 16 deney oluşturulduğundan toplam 48 adet deneyin yapılmasına karar verilmiştir.

4.5 NC KODLARININ OLUŞTURULMASI

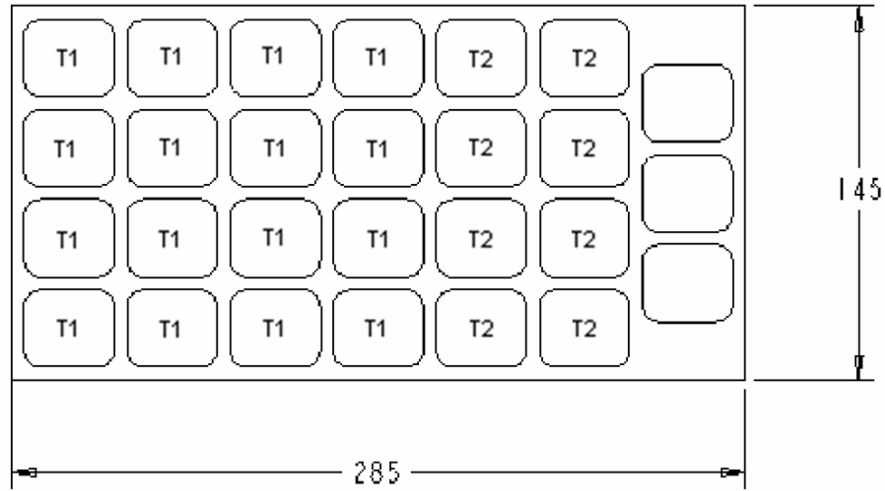
Deney numunesi seçilen parametrelere göre Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 paket programı ile bilgisayarda modellenerek imalat için gerekli makine kodları yine aynı paket programın imalat kısmında seçilen parametrelere ve operasyon sırasına göre çıkartılmıő FANUC OM son iőlemci dönüşümleri gerçekleştirilmiştir (Ek Açıklamalar D). Rampa dalma yöntemi seçilerek kesici takımın belirlenen talaş derinliğine inmesi kararlaőtirilmıőtir. Üretilen makine kodları RS 232 seri portu aracılığı ile TAKSAN TMC 550V Dik İşleme Merkezine gönderilmek üzere hazır hale getirilmiştir.

4.6 DENEY PARÇASININ HAZIRLANMASI

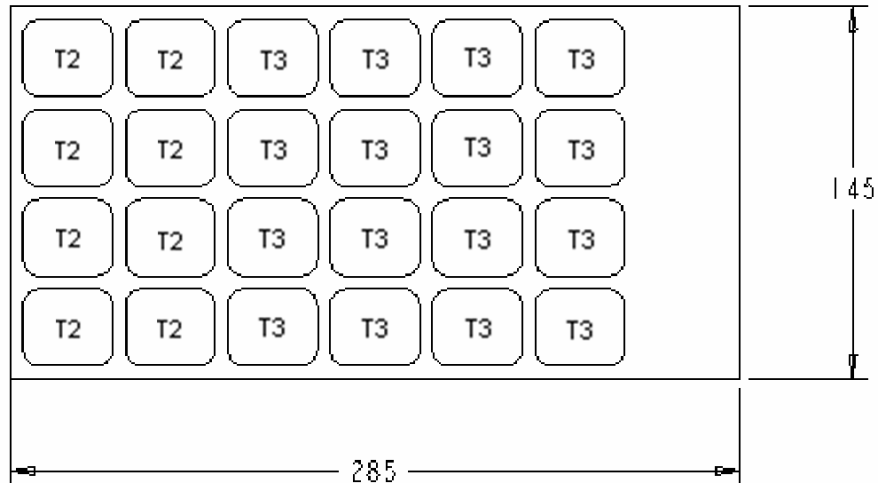
Deney numunesi üzerine her bir takım yolu için önceden belirlenen deney sayısı olan 48 (16 x 3) adet cep oluşturulması gerektiği tespit edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre seçilen en iyi seviye değerlerinin oluőturacađı yüzey prüzlölük değerinin test deneyi için de 3 adet cep iőleneceđi düşünüldüğünde deney numunesi üzerinde oluşturulması gereken cep sayısı 51 adet olmaktadır. Ceplerin geometrisi 35 x 30 mm boyutlarında, 5 mm derinliğinde ve köşe kavisleri 6 mm yarı çapında olacak Şekilde seçilmiştir. Parçadan iki taraflı yararlanacak Şekilde yerleştirilen ceplerin 24 + 3 tanesi ön yüzde, 24 tanesi arka yüzde olacak Şekilde konumlandırılıp deney numunesinin boyutlarının 285 x 145 x 30 mm olarak seçilmesi uygun görülmüştür.

Cepler deney işlemesi için ön bir kaba işleme operasyonuna tabi tutulmuőtir. Ceplerin bu kaba işlemede deneylerde kullanılması düőünölen parmak frezelerden ayrı olarak eőt özelliklerde ($\text{Ø}12$ mm HSSE MTE DIN 844 B/N) parmak freze kullanılmıőtir.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de parçanın genel boyutları ve ceplerin üst ve alt yüzünde oluşturulan yerleőt düzeni görülmektedir. 35 x 30 mm boyutlarında olan cepler dış kenarlardan ve birbirlerinden 5 mm mesafe aralıklı olacak Şekilde konumlama yapılmıőtir. Ceplerin içerisinde yazıldığı gibi parçanın ön yüzde ilk takım yolu için 16 deney, ikinci takım yolu için 8 deney ve test için 3 deney, parçanın arka yüzünde ikinci takım yolu için kalan 8 deney ve üçüncü takım yolu için 16 deney olacak Şekilde bir operasyon sırası düőünölmüőtür.



Şekil 4.1 Deney parçasının üst yandan görünüşü.



Şekil 4.2 Deney parçasının alt yandan görünüşü.

4.7 DENEYİN YAPILIŞI

Deneyler Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü imalat atölyesinde bulunan TAKSAN TMC 550V BSD dik işleme merkezinde yapılmıştır (Şekil E.1).

Seçilen her bir takım yolu için yapılacak deney serisinde, yeni bir kesici takımla işleme yapılarak her çeşit deney şartlarının aynı olmasına dikkat edilmiştir. Deney numunesinin ısınca sertleşen kimyasal özelliği nedeniyle tüm talaş kaldırma işlemleri soğutma sıvısı (Bor yağı) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Deney numunesi tezgah tablasına iki ağızlı mengene yardımı ile sabitlenmiş ve komparatör saati yardımı ile tezgah tablasına paralel olacak şekilde konumlandırılmıştır. Kullanılacak parmak freze takım tutucuya pens yardımı ile dikkatlice bağlanarak parça sıfır konumuna göre tezgahın sıfırlaması yapılmıştır. İlk olarak tek yönlü takım yoluna göre oluşturulan program kullanılarak 16 deneyin işlemesi yapılmıştır. Parça konumlaması bozulmadan takım tutucuya ikinci ve yeni bir takım bağlanarak sonraki takım yolu olan zigzag takım yolu ile ilk 8 deneyin işlemesi yapılmıştır. Takım çıkarılmadan parçanın alt yüzü üstte olacak şekilde komparatör ile uygun bir bağlama gerçekleştirilmiştir. Zigzag takım yolu için kalan 8 deneyin işlemesi tamamlanmıştır. Son olarak spiral takım yolu için üçüncü ve yeni bir parmak freze bağlanıp ilgili deneylerin operasyon kodları çalıştırılarak son 16 deneyin işlemesi tamamlanmıştır. Her bir takım değişiminde takımlar sıfırlanarak deney parçasının sıfır noktasına göre kontrolü dikkatlice yerine getirilmiştir.

4.8 PÜRÜZLÜLÜĞÜN ÖLÇÜLMESİ

Yüzey pürüzlülük ölçümleri İzmir Atatürk Organize Sanayi Sitesinde bulunan Dönmez Debriyaj A.Ş. Kalite Kontrol Laboratuvarında Mitutoyo Surfrest SJ-402 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazıyla yapılmıştır. Cihaz yüzey pürüzlülüğü ile ilgili olarak 35 farklı parametrede sonuçları verebilmektedir. Şekil F.1’de cihaz ve deney parçasının ölçümünü gösteren bir resim görülmektedir. Mitutoyo Surfrest SJ – 402 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı ile yapılmış deney ölçüm örnekleri ise Ek Açıklamalar G’de görülmektedir. Deneyler için ölçüm uzunluğu “ Ln ”, işlenen yüzeylerde oluşan izler arası mesafenin maksimum 5 mm olmasından dolayı bu mesafenin iki katı olan 10 mm olarak seçilmiştir.

Ceplerin taban yüzeylerinde oluşan pürüzlülük değerleri, ilgili takım yolunun yüzey üzerinde bıraktığı izler dikkate alınarak baştan ve sondan olacak şekilde, ikişer adet ölçüm oluşan izlere paralel, diğer ikişer adet ölçüm ise oluşan izlere dik olacak şekilde toplam dört ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde Ra pürüzlülük değerleri kaydedilmiştir.

4.9 DENEYLERİN ANALİZİ

Okunan pürüzlülük değerleri takım yoluna göre oluşturulan çizelgelerde yerlerine konularak sırasıyla aşağıdaki basamaklar üç farklı takım yolu için gerçekleştirilir.

- a. Pürüzlülük değerlerinin toplamı,
- b. Pürüzlülük değerlerinin ortalaması,
- c. S/N değerlerinin hesaplanması,
- d. Parametre seviyelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin belirlenmesi,
- e. Parametre seviyelerinin S/N oranlarının hesaplanması,
- f. Takım yollarına göre yapılan deneyler için varyans değerinin hesaplanması,
- g. En iyi parametre seviyesinin seçimi,
- h. En iyi seçimin yüzey pürüzlülük değerinin tahmin hesaplarının yapılması.

4.9.1 Pürüzlülük Değerlerinin Toplamı

Cep tabanlarından yapılan dört farklı yüzey pürüzlülük değerinin toplanması ile elde edilen değerdir. Takım yoluna göre oluşturulan Çizelge 4.5, 4.6, 4.7’de deneyler için pürüzlülük değerleri ve toplamları belirtilmiştir.

$$R_{Top} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (4.1)$$

Burada;

R_{Top} = Pürüz değerlerinin toplamı,

R = Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) dır.

4.9.2 Pürüzlülük Değerlerinin Ortalaması

Pürüzlülük değerlerinin toplamının okuma sayısına bölümü ile elde edilen değerdir. Takım yoluna göre oluşturulan Çizelge 4.5, 4.6, 4.7’de deneyler için pürüzlülük değerleri ortalaması hesaplanarak gösterilmiştir.

$$R_{Ort} = \frac{R_{Top}}{4} \quad (4.2)$$

Burada,

R_{Ort} = Bir deney için pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

4.9.3 Sinyal / Gürültü (S / N) Oranının Hesaplanması

S/N oranı şu formülle hesaplanır;

$$S / N(\eta) = -10 \times \log\left(\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 R_i^2\right) \quad (4.3)$$

R_i = İlgili deneyin i ' ninci ölçüm sonucunda alınan yüzey pürüzlülük değeri.

Hesaplanan değerlerin sonuçları takım yollarına göre ayrı ayrı oluşturulan Çizelge 4.5, 4.6, 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Tek yönlü takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri.

Deney No.	Ra				Okuma Toplamı	Ortalama Değer	S/N Oranı
	Okuma 1	Okuma 2	Okuma 3	Okuma 4			
1	1,75	1,62	1,47	1,88	6,72	1,68	-4,54
2	1,91	1,52	1,81	1,97	7,21	1,80	-5,16
3	2,41	2,74	2,29	2,2	9,64	2,41	-7,67
4	3,81	3,92	4,52	4,28	16,53	4,13	-12,34
5	3,56	4,31	3,29	3,79	14,95	3,74	-11,50
6	1,98	1,68	1,21	2,28	7,15	1,79	-5,25
7	3,14	2,78	2,06	3,1	11,08	2,77	-8,95
8	2,74	2,74	3,05	3,35	11,88	2,97	-9,49
9	2,99	4,67	3,02	2,84	13,52	3,38	-10,79
10	4,44	4,22	4,03	4,26	16,95	4,24	-12,55
11	3,98	3,5	4,15	4,47	16,1	4,03	-12,13
12	3,16	3,54	3,37	3,6	13,67	3,42	-10,69
13	5,27	5,96	5,31	7,38	23,92	5,98	-15,62
14	2,34	2,42	1,7	1,82	8,28	2,07	-6,42
15	4,29	4,49	4,92	4,11	17,81	4,45	-12,99
16	4,79	4,23	5,26	5,84	20,12	5,03	-14,09

Çizelge 4.6 Zigzag takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri.

Zigzag Takım Yolu							
Deney No	Ra				Okuma Toplamı	Ortalama Değer	S/N Değeri
	Okuma 1	Okuma 2	Okuma 3	Okuma 4			
1	1,38	1,5	1,84	1,77	6,49	1,62	-4,26
2	3,54	4,44	3,11	3,16	14,25	3,56	-11,13
3	3,24	2,87	2,11	1,98	10,2	2,55	-8,31
4	3,42	4,64	3,95	3,44	15,45	3,86	-11,81
5	3,75	4,49	3,25	3,66	15,15	3,79	-11,63
6	2,02	1,72	2,05	2,2	7,99	2,00	-6,04
7	1,73	1,55	2,19	1,92	7,39	1,85	-5,40
8	1,75	1,86	2,02	1,92	7,55	1,89	-5,53
9	1,44	2,02	1,93	1,9	7,29	1,82	-5,28
10	2,2	2,19	2,49	2,36	9,24	2,31	-7,28
11	1,81	2,11	2,23	1,97	8,12	2,03	-6,18
12	1,05	1,59	1,8	1,95	6,39	1,60	-4,26
13	1,78	1,54	1,75	1,64	6,71	1,68	-4,51
14	1,44	1,62	1,68	2,01	6,75	1,69	-4,61
15	2,34	2,07	2,15	2,16	8,72	2,18	-6,78
16	2,09	2,04	2,19	1,98	8,3	2,08	-6,35

Çizelge 4.7 Spiral takım yolu ile ilgili yüzey pürüzlülük ve hesap değerleri.

Spiral Takım Yolu							
Deney No	Ra				Okuma Toplamı	Ortalama Değer	S/N Değeri
	Okuma 1	Okuma 2	Okuma 3	Okuma 4			
1	1,14	1,4	1,23	1,38	5,15	1,29	-2,23
2	1,36	1,84	1,82	1,69	6,71	1,68	-4,55
3	1,08	0,88	0,86	1,19	4,01	1,00	-0,10
4	1,94	2,48	2,35	2,37	9,14	2,29	-7,21
5	1,81	2,36	2,37	2,32	8,86	2,22	-6,96
6	1,76	1,69	1,48	1,3	6,23	1,56	-3,91
7	2,66	2,97	2,85	3,1	11,58	2,90	-9,25
8	1,54	0,91	0,95	0,69	4,09	1,02	-0,59
9	1,85	2,13	1,7	2,19	7,87	1,97	-5,92
10	2,2	2,39	2,35	2,56	9,5	2,38	-7,53
11	2,84	3,23	3,05	3,46	12,58	3,15	-9,98
12	1,49	2,13	1,74	1,75	7,11	1,78	-5,07
13	3,2	4	3,35	4,45	15	3,75	-11,56
14	2,52	3,23	3,54	3,11	12,4	3,10	-9,89
15	3,09	4,35	3,88	4,15	15,47	3,87	-11,81
16	4,06	4,71	4,15	3,52	16,44	4,11	-12,32

4.9.4 Parametre Seviyelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi

Parametre seviyelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini hesaplayabilmek için ilgili parametre seviyesinin kullanıldığı deney ile ilgili okunan pürüzlülük değerlerini okuma sayısına bölmek gerekmektedir. Örneğin; tek yönlü takım yolunda kesme hızının birinci seviyesi olan 17 m/dak değeri kullanılarak yapılan 1, 10, 13, 16 nolu dört deneyin ölçüm değerleri, ölçüm sayısına bölünerek çıkan sonuç kesme hızı (A) için birinci seviye değeri olarak Çizelge 4.8’de yerine yazılmıştır. Aynı şekilde ikinci, üçüncü, dördüncü seviyesi için pürüzlülük değerleri bulunmuştur. Bu işlemler ilerleme, talaş derinliği, kesici yanal adımı için tekrarlanarak Çizelge 4.8 oluşturulmuştur. Zigzag ve spiral takım yolu ile ilgili olan Çizelge 4.9 ve 4.10’da aynı şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca her bir takım yolu için parametre seviyelerinin hesaplanan ortalama pürüzlülük değerlerinin maksimum ve minimum değeri arasındaki fark hesaplanarak Çizelge 4.8, 4.9, 4.10’da yerlerine yazılmış, bulunan değerlere göre bir sıralama yapılmıştır.

Çizelge 4.8 Tek yönlü takım yolu deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri.

Tek Yönlü Takım Yolu (Ort. Pürüzlülük)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	4,231875	2,31438	2,838125	2,534375
2	3,088125	3,05688	3,5325	3,33125
3	3,3975	4,03938	3,03	3,796875
4	2,753125	4,06	4,07	3,808125
Max- Min	1,47875	1,74563	1,231875	1,27375
Sıralama	2	1	4	3

Çizelge 4.9 Zigzag takım deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri.

Zigzag Takım Yolu (Ort. Pürüzlülük)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	1,92125	1,99813	3,20875	1,69875
2	2,305	2,32938	1,990625	2,426875
3	2,49125	2,46375	2,00625	2,273125
4	2,406875	2,33313	1,91875	2,725625
Max- Min	0,57	0,46562	1,29	1,026875
Sıralama	3	4	1	2

Çizelge 4.10 Spiral takım yolu deneylerinde kullanılan parametre seviyelerinin ortalama pürüzlülük değerleri.

Spiral Takım Yolu (Ort. Pürüzlülük)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	2,880625	1,45375	1,86625	1,796875
2	2,561875	2,18125	2,1675	2,694375
3	2,035	2,64063	2,544375	2,635
4	2,03125	3,23313	2,930625	2,3825
Max- Min	0,849375	1,77938	1,064375	0,8975
Sıralama	4	1	2	3

4.9.5 Parametre Seviyelerinin S/N Oranlarının Hesaplanması

Parametre seviyelerinin S/N oranı üzerine etkisini hesaplayabilmek için ilgili parametre seviyesinin kullanıldığı deney ile ilgili hesaplanan S/N değerlerini deney sayısına bölmek gerekmektedir. Örneğin; tek yönlü takım yolu ile işlemede ilerlemenin birinci seviyesi olan 120 mm/dak değerini kullanılarak yapılan 1, 3, 6, 9 nolu dört deneyin hesaplanan değerleri deney sayısına bölünerek çıkan sonuç ilerleme (B) için birinci seviye değeri olarak Çizelge 4.11’de ilgili yere yazılmıştır. Aynı şekilde ikinci, üçüncü, dördüncü seviyesi için S/N değerleri bulunmuştur. Bu işlemler kesme hızı, talaş derinliği, kesici yanal adımı için tekrarlanarak Çizelge 4.11 oluşturulmuştur. Zigzag ve spiral takım yolu ile yapılan deneylerle ilgili olan Çizelge 4.12 ve 4.13’de aynı şekilde oluşturulmuştur. Bulunan S/N değerleri hakkında bir yorum getirmek istenirse, büyük olan S/N değerinin her zaman daha iyi bir değer olduğu unutulmamalıdır. Tüm takım yolları için parametre seviyelerinin hesaplanan S/N değerlerinin maksimum değerinden minimum değeri çıkarılarak elde edilen değerler Çizelge 4.11, 4.12, 4.13’de ilgili yerlere yazılıp, bu değerlere göre bir sıralama yapılmıştır. Örneğin tek yönlü takım yolu ile ilgili Çizelge 4.11’de bulunan S/N değerlerinden her bir parametre için maksimum ve minimum farkının en büyük değeri olan 4,95 diğer parametrelerin ilgili değerlerinden daha büyük olup ilerleme parametresinin diğerlerine göre daha etkin olduğu anlamını taşımaktadır. Bu şekilde zigzag ve spiral takım yolu içinde bir sıralama yapılp en etkin parametreleri Çizelge 4.12 ve 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Tek yönlü takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı.

Tek Yönlü Takım Yolu (S/N)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	-11,70	-7,06	-8,38	-7,78
2	-9,63	-9,34	-10,43	-9,95
3	-10,49	-12,01	-9,09	-10,92
4	-8,22	-11,63	-12,14	-11,39
Max - Min	3,48	4,95	3,75	3,61
Sıralama	4	1	2	3

Çizelge 4.12 Zigzag takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı.

Zigzag Takım Yolu (S/N)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	-5,60	-5,97	-9,71	-4,67
2	-6,77	-7,02	-5,94	-7,35
3	-7,59	-7,47	-6,03	-6,77
4	-7,37	-6,88	-5,67	-8,55
Max - Min	1,99	1,49	4,04	3,88
Sıralama	3	4	1	2

Çizelge 4.13 Spiral takım yolu ile yapılan deneylerde parametre seviyelerinin S/N oranı.

Spiral Takım Yolu (S/N)				
Seviyeler	Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)
1	-8,41	-3,04	-5,24	-4,44
2	-8,07	-6,60	-5,37	-8,11
3	-5,53	-7,52	-7,82	-8,00
4	-5,21	-10,05	-8,78	-6,66
Max - Min	3,19	7,01	3,55	3,67
Sıralama	4	1	3	2

4.9.6 Takım Yollarına Göre Varyans Değerlerinin Hesaplanması

4.9.6.1 Serbestlik Derecesi

Parametreler için serbestlik derecesi hesaplaması yapılan parametrenin değişken sayısının bir eksiği olarak hesaplanır.

PSD = Parametreler için serbestlik derecesi;

$$PSD = \text{Seviye adeti} - 1 = 4 - 1 = 3 \quad (4.4)$$

Kullanılan bütün parametreler dört seviyeli olduğu için her biri için serbestlik derecesi aynıdır.

TSD = Toplam serbestlik derecesi

$$TSD = \text{Yapılan ölçümlerin sayısı} - 1 = (16 \times 4) - 1 = 63 \quad (4.5)$$

Her bir takım yolu ile deneyi yapılan 16 cep için toplam 64 adet ölçüm yapılmıştır.

$TPSD$ = Parametrelerin serbestlik dereceleri toplamı

$$TPSD = 3+3+3+3 = 12 \quad (4.6)$$

SDH = Hata için serbestlik derecesi

$$SDH = TSD - TPSD = 63 - 12 = 51 \quad (4.7)$$

Elde edilen değerler kesme parametreleri için ayrı ayrı oluşturulan Çizelge 4.14, 4.15, 4.16'da gösterilmiştir.

4.9.6.2 Kareler Toplamı (KT)

Parametreler için kareler toplamı parametreler arası değişebilirliği ifade etmektedir. Parametrelerin bağımlı değişken değerlerinin grup aritmetik ortalamasından farklarının kareleri toplamıdır.

$$CF = \frac{\left(\sum_{i=1}^{64} R_i \right)^2}{64} \quad (4.8)$$

$$PKT = \left[\frac{(\sum S_1)^2}{16} + \frac{(\sum S_2)^2}{16} + \frac{(\sum S_3)^2}{16} + \frac{(\sum S_4)^2}{16} \right] - CF \quad (4.9)$$

PKT = Parametreler İçin Kareler Toplamı

CF = 16 deney için tüm yüzey pürüzlülük ölçümlerinin karelerinin ölçüm sayısına bölünmesi

S_i = İlgili parametrenin i ninci seviyesi ile ilgili olan tüm ölçümlerin toplamı

Her bir parametrenin kareler toplamının ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir.

$$TKT = \sum_{i=1}^{64} R_i^2 - CF \quad (4.10)$$

TKT = Toplam kareler toplamı

$$HKT = TKT - \sum PKT \quad (4.11)$$

HKT = Hata için kareler toplamı; toplam kareler toplamının her parametre için hesaplanan PKT 'lerin bir birleri ile toplanmasının farkı ile ortaya çıkmaktadır.

Formüller sonucunda çıkan değerler her bir takım yolu parametresi için oluşturulan Çizelge 4.14, 4.15, 4.16'da izlenebilmektedir.

4.9.6.3 Kareler Ortalaması (KO)

Kareler ortalaması hesabında her bir KT değeri ilgili serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilir.

$$KO = \frac{KT}{SD} \quad (4.12)$$

SD = Serbestlik Derecesi

Her bir parametre ve hata değeri için bu formüle göre hesap yapıldı elde edilen değerler Çizelge 4.14, 4.15, 4.16'da ilgili yerlere yazılmıştır.

4.9.6.4 F Değerinin Hesaplanması

F değeri ilgili parametre için hesaplanan Kareler Ortalaması değerinin hata için hesaplanan kareler ortalamasına bölümüyle elde edilir.

$$F_i = \frac{KO_i}{KO_h} \quad (4.13)$$

$F_i = i$ parametresinin F değeri.

$KO_i = i$ parametresinin kareler ortalaması değeri

$KO_h =$ Hatanın kareler ortalaması değeri

Her bir takım yolunda bulunan tüm parametreler için ayrı ayrı hesaplanan F değeri Çizelge 4.14, 4.15, 4.16'da görülmektedir.

4.9.6.5 P Değerinin Hesaplanması

Her bir parametrenin kareler toplamının toplam kareler toplamına bölünmesi ile elde edilen yüzde olarak ifade edilen değerdir.

$$P = \frac{KT_i}{TKT} \times 100 \% \quad (4.14)$$

P değerleri hesaplanarak Çizelge 4.14, 4.15, 4.16'da uygun yerlere yazılmıştır.

Çizelge 4.14 Tek yönlü takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi.

		Tek Yönlü Takım Yolu (ANOVA)				
		SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri
A	Kesme Hızı	3	19,26	6,42	16,4615	18,30%
B	İlerleme	3	34,18	11,39	29,2051	32,47%
C	Talaş Derinliği	3	14,64	4,88	12,5128	13,91%
D	Kesici Yanal Adımı	3	17,18	5,73	14,6923	16,32%
	Hata	51	20	0,39		19,00%
	Toplam	63	105,26			100,00%

Çizelge 4.15 Zigzag takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi.

		Zigzag Takım Yolu (ANOVA)				
		SD	KT	KO	F Değeri	P Değeri
A	Kesme Hızı	3	3,04	1,01	5,9412	7,41%
B	İlerleme	3	1,9	0,63	3,7059	4,63%
C	Talaş Derinliği	3	18,43	6,14	36,1176	44,90%
D	Kesici Yanal Adımı	3	8,93	2,98	17,5294	21,75%
	Hata	51	8,75	0,17		21,32%
	Toplam	63	41,05			100,00%

Çizelge 4.16 Spiral takım yolu için oluşturulan ANOVA çizelgesi.

Spiral Takım Yolu (ANOVA)						
		<i>SD</i>	<i>KT</i>	<i>KO</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P Değeri</i>
A	Kesme Hızı	3	8,39	2,8	12,1739	12,78%
B	İlerleme	3	27,09	9,03	39,2609	41,28%
C	Talaş Derinliği	3	10,23	3,41	14,8261	15,59%
D	Kesici Yanal Adımı	3	8,06	2,69	11,6957	12,28%
	Hata	51	11,86	0,23		18,07%
	Toplam	63	65,63			100,00%

4.9.7 En İyi Parametre Seviyesinin Seçimi

Daha önce takım yollarına göre hazırlanan Çizelge 4.11, 4.12, 4.13’de bulunan parametrelerin en büyük değerinin sahip olduğu seviye, o parametrenin en iyi seviyesidir. Mevcut parametreler; A (Kesme hızı), B (İlerleme), C (Talaş derinliği) ve D (Kesici yanal adımı) olarak ifade edilmektedir, harflerin yanlarına yazılacak olan sayılar ise ilgili parametrenin en iyi seviyesini göstermiş olacaktır. Her bir takım yolu için hesaplanan değerlerden en iyi parametrelerin seçimi aşağıda gösterildiği üzeredir.

Tek yönlü takım yolu için en iyi seviyeler; A4 B1 C1 D1

Zigzag takım yolu için en iyi seviyeler; A1 B1 C4 D1

Spiral takım yolu için en iyi seviyeler; A4 B1 C1 D1

İlgili parametre değerleri Çizelge 4.2’den alınarak seçilen bu seviye değerlerine göre üç farklı takım yolu için üç adet test deneyi gerçekleştirilmiştir. Her bir takım yolu test deneyi için kullanılan kesici takım, daha önce aynı takım yolu için kullanılan takım olacak şekilde seçilmiştir. Deney sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 Deney sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Deney No	Takım Yolu	Seçilen Parametreler	Ortalama Ra
1	Tek Yönlü	A4 B1 C1 D1	1.12µm
2	Zigzag	A1 B1 C4 D1	1.41µm
3	Spiral	A4 B1 C1 D1	1.07µm

Yukarıdaki çizelgede belirtilen “Ortalama Ra” değerlerinin bulunması da daha önceki deneylerde izlenen yöntemde olduğu gibi yapılan dört ayrı okuma neticesinde ortaya çıkmaktadır.

4.9.8 En İyi Seçimin Tahmin Hesapları

Tahmin hesabı yaparak test deneyinin sonuçlarını önceden matematiksel olarak hesaplanabilmektedir.

$$Ft = (Maks.S / N_1 - Nm) + (Maks.S / N_2 - Nm) + (Maks.S / N_3 - Nm) + (Maks.S / N_4 - Nm) \quad (4.15)$$

Nm = Hesaplaması yapılan takım yolu için S/N değerlerinin aritmetik ortalaması

Ft = Seçilen en iyi seviyelerin S/N değerlerinin Nm (ortalama) den farklarının toplamı

$$Nhd = Ft + Nm \quad (4.16)$$

Nhd = Deney için hesaplanan S/N oranı

$$Rat = 10^{\frac{-Nhd}{20}} \mu m \quad (4.17)$$

Rat = Tahmini yüzey pürüzlülük değeri

Deneyler için tahmin formülü uygulandığında elde edilen değerler Çizelge 4.18’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.18 Seçilen parametreler için tahmin değerleri.

Deney No	Takım Yolu	Seçilen Parametreler	Tahmini Ra
1	Tek Yönlü	A4 B1 C1 D1	1.18 μ m
2	Zigzag	A1 B1 C4 D1	1.18 μ m
3	Spiral	A4 B1 C1 D1	0.75 μ m

Logaritmik formüller ile hesaplanan Çizelge 4.18’de bulunan ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri ile Çizelge 4.17’de bulunan işleme sonrası oluşan gerçek değerler arasında bir karşılaştırma yapılması durumunda ortaya şu sonuçlar çıkmaktadır.

Tek yönlü takım yolu ile yapılan deneyin tahmin değerine yaklaşık olarak eşit olduğu, fakat zigzag ve spiral takım yolu ile yapılan deneylerde elde edilen değerlerin tahmin değerlerinden sırasıyla 0,23 μm ve 0,32 μm kadar fazla çıktığı görülmektedir. Çok düşük değerlerde oluşan bu fark takım aşınması, işleme koşullarının tam olarak aynı şartlarda sağlanamaması gibi nedenlerden oluşabilecek kadar küçük olup önemsenmemektedir.

Bu bölümde Taguchi yöntemi ile deney modellenmesi yapılarak, kesme parametrelerinin seçimi, kesici takım ve malzeme seçimi, deney sayısının belirlenmesi, deney imalatında kullanılacak kodların üretilmesi, deneyin yapılması gerçekleştirilmiş, sonuçlar çizelgeler halinde gösterilerek varyans analizi yapıp en iyi parametre kombinasyonu tespit edilmiştir. Bir sonraki bölümde ise elde edilen bulgular grafiksel olarak gösterilecek ve sonuçlar birbirleri ile kıyaslanacaktır.

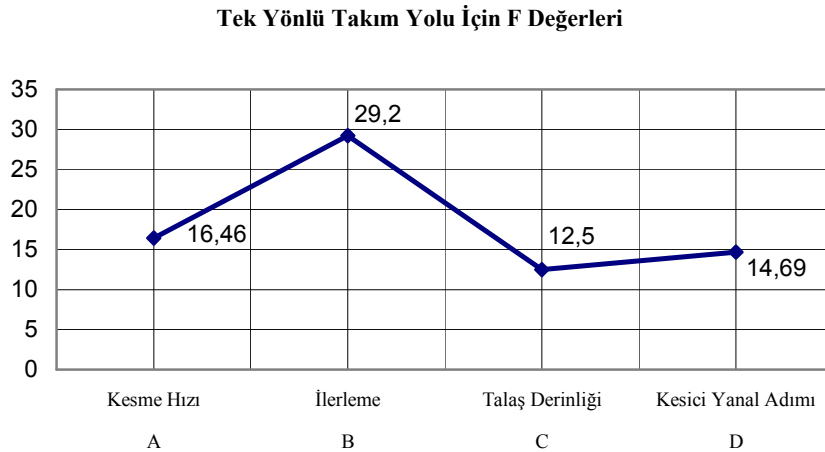
BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARININ TARTIŞILMASI

Her bir takım yolu için gerçekleştirilen deneylerden elde edilen ortalama pürüzlülük değerleri (R_a) ile S/N oranına göre oluşturulan çizelgelerden her parametre için istenilen F değeri görülebilmektedir (Çizelge 4.14, 4.15, 4.16). Güven aralığı %95, gruplar arası serbestlik derecesi 3 ve grup içi serbestlik derecesi 51 için $F_{0,05;3;51} = 2,796$ değeri standart F çizelgelerinden (Dizdar, 2004) bulunmuştur. Parametrelere göre hesaplanan F (hesaplama sonucunda elde edilen) değerleri ile bulunan $F_{çizelge}$ (standart çizelgelerden bulunan değer) değeri karşılaştırılıp hangi parametrelerin etken hangilerinin etken olmadığı incelendiğinde (Çizelge 4.14, 4.15, 4.16), tüm takım yollarına ait her bir parametrenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

5.1 TEK YÖNLÜ TAKIM YOLU

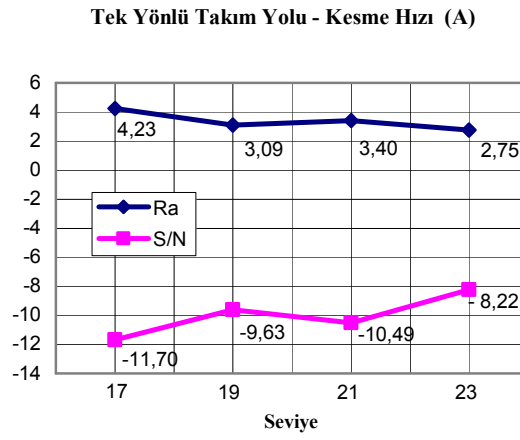
Tek yönlü takım yolu ile yapılan deneyler sonucunda seçilen parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini gösteren istatistiksel F değerleri Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1 Tek yönlü takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri.

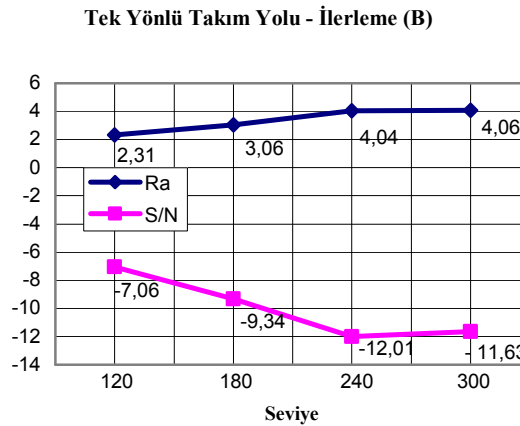
Şekil 5.1'deki verilere göre kullanılan HSS (MTE DIN 844 B/N) takım ile DIN 1,2738 çeliği işlenmesi sırasında yüzey pürüzlülüğüne ilerlemenin etkisi 29,2 bulunmuş, bu değer kesme hızının 16,46 değerine göre yaklaşık 1,5 kat, talaş derinliğinin ve kesici yanal adımının 12,5 ve 14,69 değerlerine göre yaklaşık 2 kat daha etkili olduğu görülmektedir.

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.2'de görülmektedir.



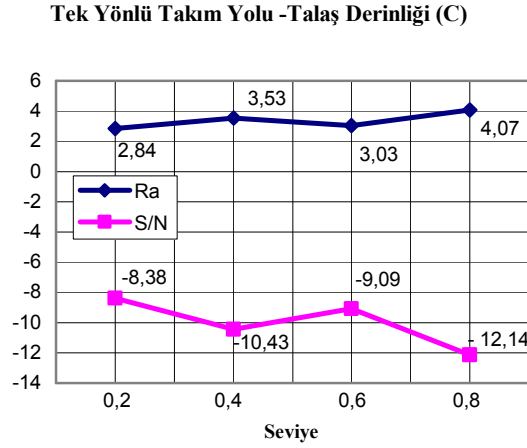
Şekil 5.2 Tek yönlü takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.3'de izlenebilmektedir.



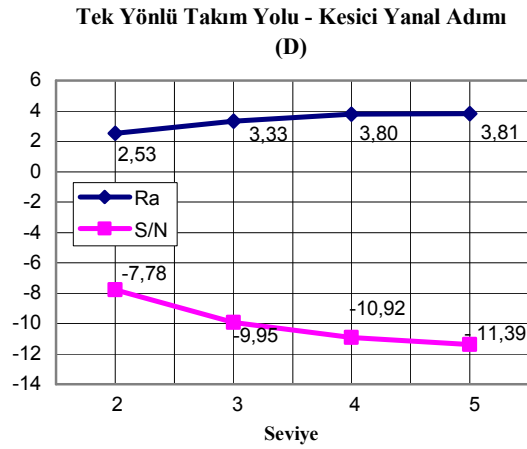
Şekil 5.3 Tek yönlü takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Talaş Derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Tek yönlü takım yolu için talaş derinliğinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Kesici yanal adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.5’de görülmektedir.

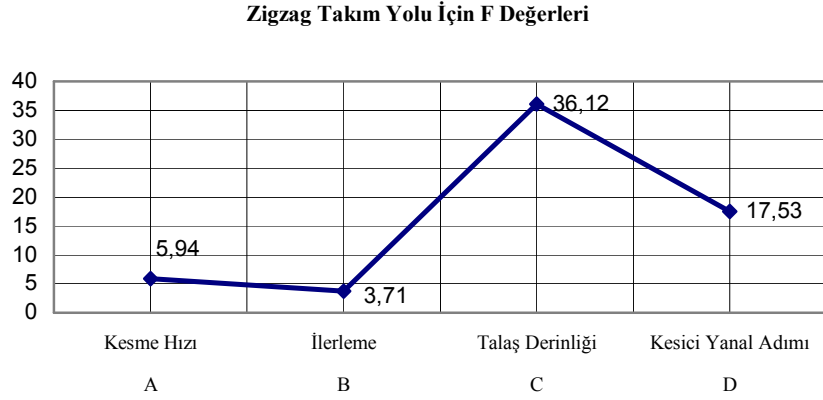


Şekil 5.5 Tek yönlü takım yolu için kesici yanal adımının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Şekil 5.2 incelendiğinde kesme hızı arttıkça pürüzlülük değerinin azaldığı, buna ters olarak Şekil 5.3 incelendiğinde ilerlemenin, Şekil 5.4’de ise talaş derinliği ve Şekil 5.5’de kesici yanal adımının arttıkça yüzey pürüzlük değerinin de arttığı görülmektedir.

5.2 ZİGZAG TAKIM YOLU

Zigzag takım yolu ile yapılan deneyler sonucunda seçilen parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini gösteren istatistiksel F değerleri Şekil 5.6'da görülmektedir.

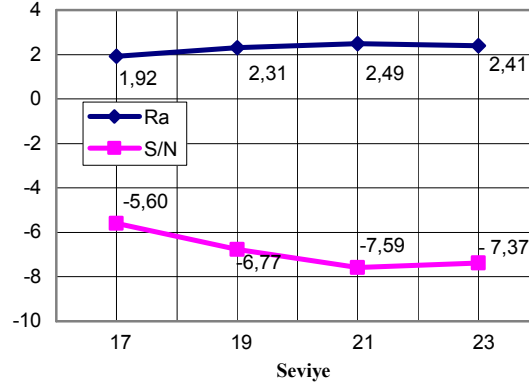


Şekil 5.6 Zigzag takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri.

Bu şekildeki verilere göre kullanılan HSS (MTE DIN 844 B/N) takım ile DIN 1,2738 çeliği işlenmesi sırasında yüzey pürüzlülüğüne talaş derinliğinin 36,12 değeri kesme hızının 5,94 değerine göre yaklaşık 6 kat, ilerlemenin 3,71 değerine göre 11 kat ve kesici yanal adımının 17,53 değerine göre yaklaşık 2 kat daha etkili olduğu görülmektedir.

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.7'de görülmektedir.

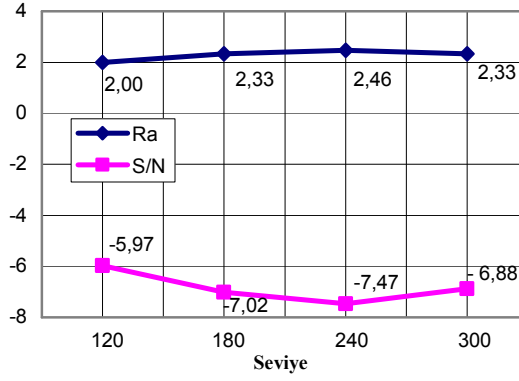
Zigzag Takım Yolu - Kesme Hızı (A)



Şekil 5.7 Zigzag takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

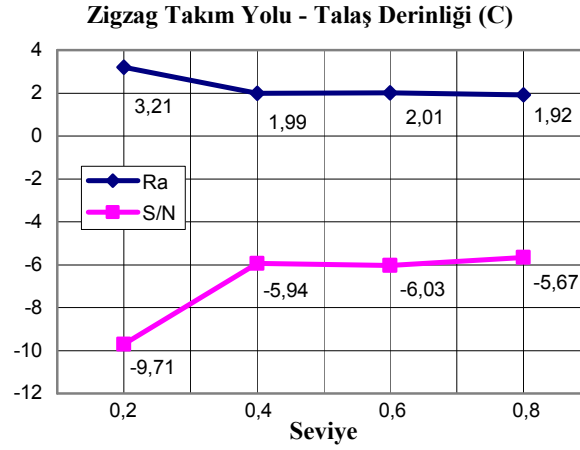
İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.8’de izlenebilmektedir.

Zigzag Takım Yolu - İlerleme (B)



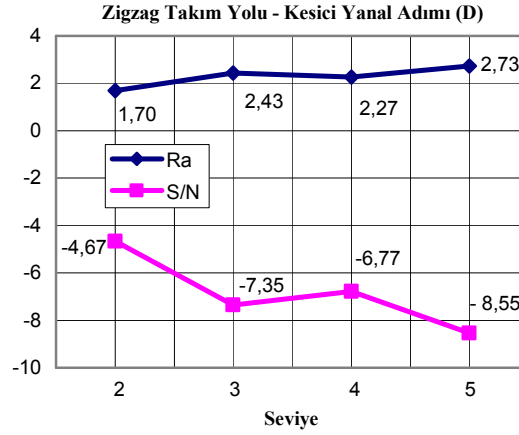
Şekil 5.8 Zigzag takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Talaş Derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Zigzag takım yolu için talaş derinliği yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Kesici yanal adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.10'da görülmektedir.

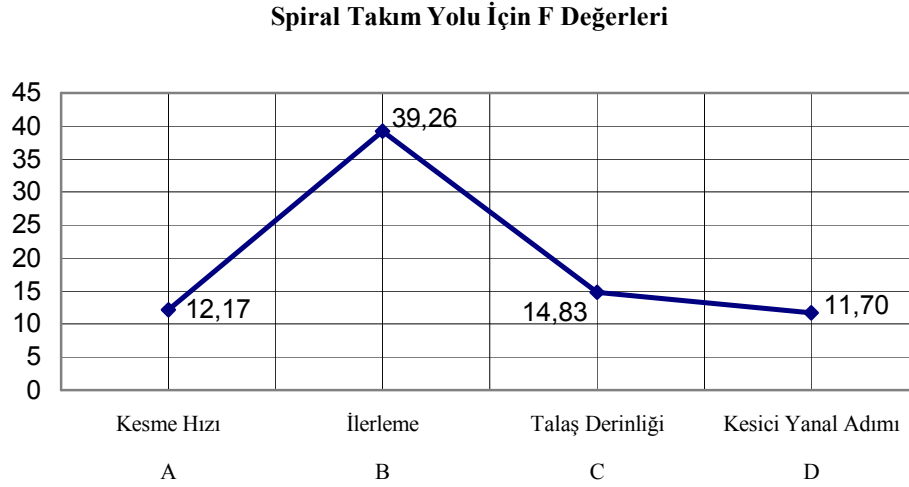


Şekil 5.10 Zigzag takım yolu için kesici yanal adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Şekil 5.7 incelendiğinde kesme hızı azaldıkça pürüzlülük değerinin azaldığı, Şekil 5.8'de ilerleme azaldıkça pürüzlülük değerinin azaldığı, Şekil 5.9'da talaş derinliği arttıkça pürüzlülük değerinin azaldığı ve Şekil 5.10'da kesici yanal adımı azaldıkça yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir.

5.3 SPİRAL TAKIM YOLU

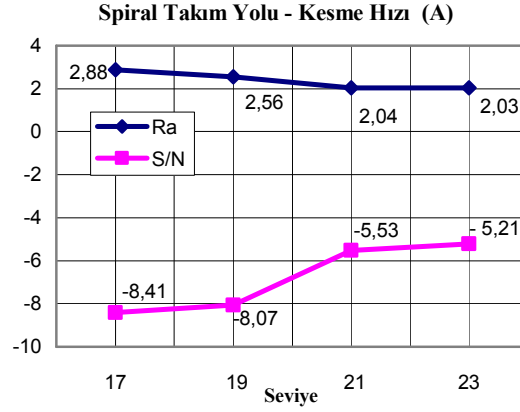
Spiral takım yolu ile yapılan deneyler sonucunda seçilen parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini gösteren istatistiksel F değerleri Şekil 5.11’de görülmektedir.



Şekil 5.11 Spiral takım yolu için kesme parametrelerine ait istatistiksel F değerleri.

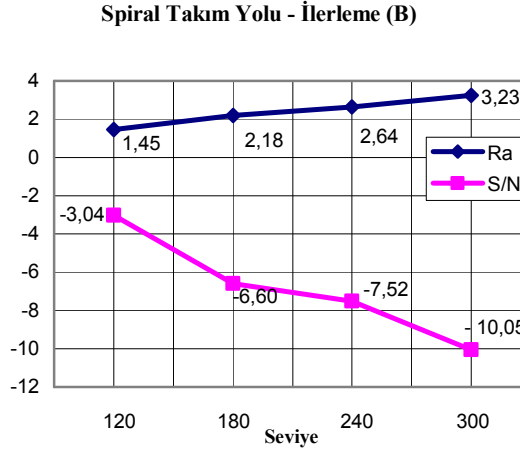
Bu sonuca göre kullanılan HSS takım ile DIN 1,2738 çeliğinin işlenmesi sırasında yüzey pürüzlülüğüne ilerlemenin 39,26 değeri kesme hızının 12,17 değerine göre yaklaşık 3 kat, talaş derinliğinin 14,83 değerine göre 2,5 kat ve kesici yanıl adımının 11,7 değerine göre yaklaşık 3 kat daha etkili olduğu görülmektedir.

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.12’de görülmektedir.



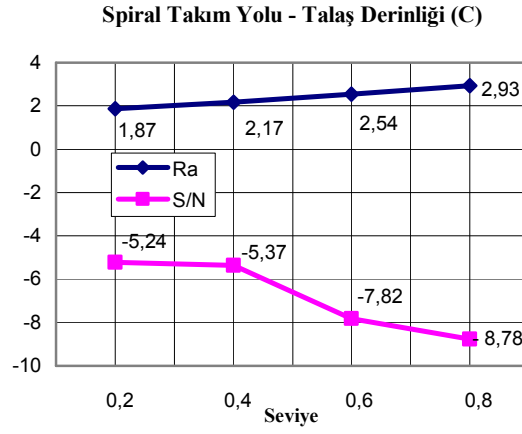
Şekil 5.12 Spiral takım yolu için kesme hızının yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

İlerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.13’de izlenebilmektedir.



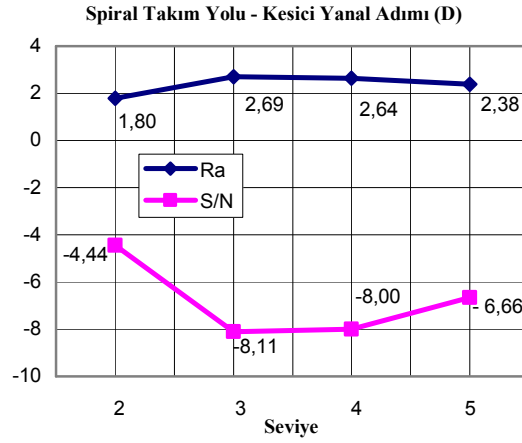
Şekil 5.13 Spiral takım yolu için ilerlemenin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Talaş Derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.14’de gösterilmiştir.



Şekil 5.14 Spiral takım yolu için talaş derinliği yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Kesici yanıl adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve bu etkinin S/N oranı Şekil 5.15’de görülmektedir.



Şekil 5.15 Spiral takım yolu için kesici yanıl adımı yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ve S/N oranı.

Şekil 5.12 incelendiğinde kesme hızı arttıkça pürüzlülük değerinin azaldığı, Şekil 5.13’de ilerleme azaldıkça pürüzlülük değerinin azaldığı, Şekil 5.14’den talaş derinliğinin azalması ile pürüzlülük değerinin azaldığı ve Şekil 5.15’den kesici yanıl adımının azaldıkça yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir.

Yukarıda elde edilen sayısal değerlerin literatürde karşılaşılan sonuç değerleriyle nicelik olarak kıyaslanması, kullanılan kesme parametre değerlerinin farklılıkları bakımından mümkün olmamaktadır. Bunun yanında elde edilen bulgular literatürdeki kesme parametreleri ve etkileri bakımından mantıksal çerçeve içerisinde.

BÖLÜM 6

SONUÇ

Bu çalışmada cep işleme son talaş kaldırma işleminde tek yönlü, zigzag ve spiral takım yolu için kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici yanal adımı kullanılarak yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Her bir parametreye ait dört farklı seviye belirlenerek, parametrelere ve parametre seviyelerinin sayısına göre seçilen L'16 standart Taguchi ortogonal dizisi kullanılmıştır. Her bir takım yolu için kesme parametreleri seviyelerinin kombinasyonlarından oluşan üç deney düzeneği hazırlanmıştır. Deneyler bir BSD dik işleme merkezi kullanılarak yapılmıştır. Deneylerin cep profilini oluşturan kaba işleme sırasında kullanılan takım yolu, deney için önemli son paso için kullanılacak olan takım yolu ile aynı olacak şekilde seçilmiş ve kaba işleme için, deneylerde kullanılan takımlar ile aynı özelliğe sahip farklı bir takım kullanılmıştır. Deneyler, her bir takım yolu için daha önce kullanılmamış yeni birer takım ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular neticesinde, takım yolları için ayrı ayrı yapılan varyans analizleri ile elde edilen F değerleri %95 güven seviyesinde çizelge değerinden büyük çıkarak kullanılan tüm parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Her bir takım yolu için en etkili parametre ve bu parametreye ait seviye değerlerinin etkileri ayrı ayrı incelenerek şu sonuçlara ulaşılmıştır;

Tek yönde takım yolu için yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametre % 32,5 etki oranı ile ilerleme olarak ortaya çıkmış daha sonra sırasıyla 18,3 ile kesme hızı, %16,3 ile kesici yanal adımı ve % 13,9 ile talaş derinliği gelmektedir. En etkili parametre olan ilerlemenin azalması ile pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir. Kesme hızının artması, kesici yanal adımının ve talaş derinliğinin azalması ile de pürüzlülük değeri azalmaktadır.

Zigzag takım yolu ile yapılan deneylerde elde edilen pürüzlülük değerleri üzerinde en etkili parametre diğerlerinden %44,9 ile yaklaşık 2 kat daha etkili olan talaş derinliğidir. Bundan sonra sırasıyla % 21,8 ile kesici yanal adımı, %7,4 ile kesme hızı ve %4,6 ile ilerleme gelmektedir. Talaş derinliğinin artması pürüzlülük değerini azaltsa da ikinci seviyesinden sonraki artışları pürüzlülük üzerinde etkili bir azalma göstermemiştir. Kesici yanal adımının, kesme hızının ve ilerlemenin artması yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumsuz etki oluşturmuştur.

Spiral takım yolu için pürüzlülük değerinde en önemli etkiye % 41,3 ile ilerleme neden olmaktadır. İlerlemeyi sırasıyla %15,6 ile talaş derinliği, %12,8 ile kesme hızı, %12,3 ile kesici yanal adımı izlemektedir. İlerleme değerinin azalması yüzey pürüzlülük durumunun iyileşmesini sağlarken, talaş derinliğinin artması, kesme hızının azalması, kesici yanal adımının artması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir.

Deneyler neticesinde elde edilen pürüzlülük değerleri kullanılarak yapılan işlemler sonucunda her bir takım yolu için en iyi pürüzlülük değerini veren seviyeler çıkarılmıştır. Bu seviyeler yazılacak olursa;

- a. Tek yönlü takım yolu için kesme hızının dördüncü seviyesi olan 23 m/dak, ilerlemenin birinci seviyesi 120 mm/dak, talaş derinliğinin birinci seviyesi 0,2 mm ve kesici yanal adımının birinci seviyesi 2 mm olduğu durumdur.
- b. Zigzag takım yolu için kesme hızının birinci seviyesi 17 m/dak, ilerlemenin birinci seviyesi 120 mm/dak, talaş derinliğinin dördüncü seviyesi 0,8 mm ve kesici yanal adımının birinci seviyesi 2 mm olduğu durumdur.
- c. Spiral takım yolu için kesme hızının dördüncü seviyesi 23 m/dak, ilerlemenin birinci seviyesi 120 mm/dak, talaş derinliğinin birinci seviyesi 0,2 mm ve kesici yanal adımının birinci seviyesi 2 mm olduğu durumdur.

Yukarıdaki en iyi seviye değerleri seçilerek yapılan işleme sonrası oluşan pürüzlülük değerlerinin en ideal seviyede olacağı öngörülmüştür. Bu tahminlere göre yapılan test deneyleri sonrası elde edilen pürüzlülük değerleri incelendiğinde tek yönde ve zigzag takım yolu için en iyi seviye değerleri uygulanarak elde edilen pürüzlülük değeri deneylerdeki değerlerden (Çizelge 4.5, 4.6) daha düşük çıkmıştır. Buna karşın, spiral takım yolu için öngörülen seviyeler sonrası yapılan deneyler neticesinde elde edilen pürüzlülük

değerlerinin, deneylerde elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.7) arasında en iyi olmasa da kabul edilebilir bir sonuç vermektedir. Spiral takım yolu ile yapılan test deneyinin neticesinde en iyi pürüzlülük değerinin elde edilmesi gerekirken bunun gerçekleşmemesinin nedenleri şu şekilde açıklanabilir. Kullanılan diğer iki takım yolunda (tek yönlü ve zigzag) oluşan talaşın, kesiciden kesici hareketiyle kolay uzaklaşabilirken, spiral takım yolunda oluşan talaş kesici etrafında kalarak malzeme üzerinde istenmeyen izleri oluşturma ihtimali, deney ve ölçüm şartlarının tam olarak sağlanamaması veya kesici takım üzerinde oluşan aşınmalar sayılabilir (Sakarya ve Göloğlu, 2005).

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde cep işleme için son talaş işleminde 23 m/dak kesme hızı, 120 mm/dak ilerleme, 0,2 mm talaş derinliği ve 2 mm kesici yanal adımı ile verdiği pürüzlülük değerleri açısından spiral takım yolu cep işleme için en ideal takım yolu olarak seçilebilir.

İleriye yönelik araştırma için öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- a. Yapılan bu çalışmanın ışığında seçilen parametrelerin seviye değerleri artırılarak veya azaltılarak daha hassas sonuçları içeren bir inceleme yapılabilir.
- b. Hazırlanan deney düzenekleri değişik cep profilleri üzerinde uygulanarak takım yolu çeşitleri yanında cep profillerinin de yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenebilir.
- c. Kullanılan takım yolları çeşitleri daha da özelleştirilerek, yapılan bu çalışma farklı takım yolları için referans bir çalışma olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Altın, A.** (1998) CNC Takım Tezgahlarında Yüzey Kalitesine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, ss. 57-58.
- Arshinov, V., Alekseev, G.,** (1976) Metal Cutting Teori and Cutting Tool Design, English Translation, *Mir Publishers*, 560 s, Russia.
- ASME** (1995) B46.1 ASME Standarts.
- Böhler** (20..) Böhler M238 Catalogue, Der Varvergütete Stahl Für Kunststoffformen, <http://www.bohler.com.de>
- Çakır, M.C.,** (1999) *Modern Talaşlı İmalatın Esasları*, Uludağ Üni. Güçlendirme Vakfı Yayınları, 525 s, Bursa.
- Çelikçapa, F. O.,** (2002) Taguchi Deneysel Tasarım Metodunun Bir Dokuma İşletmesinde Uygulama Denemesi, Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Bursa, <http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi/9/01-feray/feray.htm>
- Dizdar, E. N.** (2004) *Uygulamalı Olasılık ve İstatistik*, Academic Book Production, 208 s., Karabük.
- Dornfeld, D.A.,** (1998) *Laboratory For Manufacturing Automation*, Research Reports, University of California, Berkeley, USA ss. 211 – 251.
- Ezugwu, E., Okeke, C.I.,** (2001) Tool Life and Wear Mechanism of TiN Coated Tools in An Intermittent Cutting Operation, *Journal Materials Processing Technology*, 116, 10-15.
- Fry, C.G. , Fry, T.L. and Raman, S.,** (1999) Experimental Verification of Tool Wear Effects in Alternate Path Traversal in Milling, *Proceedings of the 1999 ASME Energy Sources Technology Conference*, Houston, TX, USA, 10 ss.
- Gay, Y.S. and Veeramami, D.,** (1996) Hybrid Machining Strategy for 2,5D Pocket Machining, *Proceedings of the 1996 Fifth Industrial Engineering Research Conference*, Minneapolis, MI, USA, ss. 187 – 192.
- Gunter, B.,** (1987) *A Perspective on the Taguchi Method*, Quality Progress, pp. 44-52.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kackar, R.N.**, (1986) *Taguchi's Quality Philosophy: Analysis and Commentary*, Quality Progress, 21-29.
- Lakkaraju, R.K., Raman, S.**, (1990) Optimal NC Path Planing: is It Really Possible? *Comput. Ind. Eng.* 19 (1-4) 462 – 464.
- Lakkaraju, R.K. and Raman, S. , Irani, S.A.**, (1992) An Analytical Model for Optimisation of NC Tool Cutting Path, *Int. J. Prod. Res.* 30 (1) 109 – 127.
- Law, K.M.Y. and Geddam, A.**, (2001) Prediction of Contour Accuracy in the End Milling of Pockets, *J. Mater. Process. Technol.* 113 (1 – 3) 399 – 405.
- MTE**, (2005) Makine Takım Endüstrisi Frezelemede Kesme Şartları Çizelgesi, Makine Takım Endüstrisi A.Ş., http://www.makinatakim.com.tr/teknik_freze01.asp
- Ng, K.W. and Raman, S.**, (1997) Forces, Surface Error and Path Length in Tool Path Selection, *Proceedings of the 1997 Sixth Annual Industrial Engineering Research Conference*, Miami Beach, FL, USA, ss. 948 – 953.
- Saat, M.**, (2000) Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı, *Gazi Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2 (3) ss. 97 – 108.
- Sağlam, H. ve Yıldız, S.**, (2002) Frezelemede Kesme Parametreleri ile Kesme Kuvvetlerinin Değişimi ve Bunların Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *Gazi Üniv. Fen Bilimleri Dergisi* 15 (1) ss. 245 – 255.
- Sakarya,N. ve Göloğlu, C.**, (2005) Taguchi Yöntemi ile Cep İşlemede Kullanılan Takım Yolu Hareketlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Belirlenmesi, *G.Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi (Sunuldu)*.
- Schonberger, R.J. and Edward M. K.**, (1991) *Operations Management*, 4th edition, Industrial Engineering, Irwin, Boston.
- Taguchi G. and Konishi S.**, (1987) *Ortogonal Arrays and Linear Graphs*, Dearborn, MI: American Supplier Institute.
- Toh, C.K.**, (2004) A Study of The Effects of Cutter Path Strategies and Orientations in Milling, *Journal of Materials Processing Technology*, Article in Pres.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Yılmaz, N. , Yalçın, B. ve Özsoy, A., (2004) Kesici Takımlarda Aşınma ve Takım Performansı İyileştirme Yöntemleri, Metal Makina, Online Dergi s. 150
<http://www.metalmakina.com>

EK AÇIKLAMALAR A

**ÇEŞİTLİ İMALAT YÖNTEMLERİNE GÖRE ELDE EDİLEN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ**

Çizelge A.1 Çeşitli imal usulleri ile elde edilmiş yüzeylerin Ra değerleri (ASME, 1995).

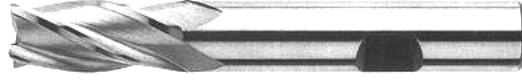
Prosesler	Ra, Yüzey Pürüzlülüğü - Mikrometre μm (mikroiç μin)												
	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025	0.012
	(2000)	(1000)	(500)	(250)	(125)	(63)	(32)	(16)	(8)	(4)	(2)	(1)	(0.5)
Alev ile kesme													
Budama													
Testere ile kesme													
Planyalama													
Matkap ile delme													
Kimyasal frezeleme													
Elk. deşarj													
Frezeleme													
Broşlama													
Raybalama													
Elektron ışınlama													
Laser													
Elektro kimyasal													
Tornalama, boring													
Bara ile finişleme													
Elektrolitik taşlama													
Tel fırçalama													
Taşlama													
Honlama													
Elektro parlatma													
Parlatma													
Lepleme													
Süperfiniş													
Kum kalıp ile döküm													
Sıcak haddeleme													
Dövme													
Sürekli kum kalıp													
Hassas döküm													
Ekstruzyon													
Soğuk haddeleme													
Pres döküm													

Bu aralıklar, belirtilen uygulamaların tipik neticelerinde elde edilen değerlerdir. Daha büyük yada daha küçük değerler özel koşullarda yapılan imalatlar ile elde edilebilir.

Normal uygulama aralığı
 Ender uygulama aralığı

EK AÇIKLAMALAR B

KESİCİ ÖZELLİKLERİ



Şekil B.1 TS 303 / 20 – (DIN 844 HSSE B/N) silindirik saplı parmak freze.

Çizelge B.1 Makine Takım Endüstrisi frezeleme için Ø12 DIN 844 B/N kesme koşulları (MTE, 2005).

	Yapı, Nitrid Çelikleri, İslah Çeliği, >700 N/mm ² Takım Çelikleri, Pik Döküm GG < 200 HB	Aside ve Isıya Dayanıklı Çelik Alaşımli Çelik <1000 N/mm ² İslah ve Takım Çelikleri Pik Döküm GG > 200 HB	Alaşımli Çelik <1400 N/mm ² Ventil Çeliği Soğuk İş Çeliği Hız Çeliği Aside Dayanıklı Çelikler	Zor Talaş Kaldırılan Yüksek Isıya Dayanıklı Çelikler Ti ve Ni Alaşımli Çelikler	Yüzeyi Sertleştirilmemiş Alüminyum Al – Mg Alaşımı
f_z , Diş Başına İlerleme (mm/diş)	0,022	0,019	0,020	0,022	0,029
n Devir (dev/dak)	750	550	400	250	6600
V_f Devir Başına İlerleme (mm/dev)	66	42	32	22	580
V Kesme Hızı (m/dak)	25 - 32	18 - 25	12 - 18	3 - 15	200 - 300

EK AÇIKLAMALAR C

TAGUCHİ DENEY ÇİZELGESİ VE KESME YÜKLERİ

Çizelge C.1 Sırlama yapılmadan önceki orjinal deney çizelgesi.

Deney No		Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)	Kesme Yüğü
1	1	17	120	0,2	2	0,21
2	1	19	180	0,4	3	0,58
3	1	21	240	0,6	4	1,05
4	1	23	300	0,8	5	1,60
5	2	17	180	0,6	5	0,96
6	2	19	120	0,8	4	0,77
7	2	21	300	0,2	3	0,44
8	2	23	240	0,4	2	0,64
9	3	17	240	0,8	3	1,71
10	3	19	300	0,6	2	1,44
11	3	21	120	0,4	5	0,35
12	3	23	180	0,2	4	0,24
13	4	17	300	0,4	4	1,07
14	4	19	240	0,2	5	0,38
15	4	21	180	0,8	2	1,05
16	4	23	120	0,6	3	0,48

Çizelge C.2 Kesme yüküne göre sıralama yapıldıktan sonra elde edilen deney çizelgesi.

Deney No		Kesme Hızı (A)	İlerleme (B)	Talaş Derinliği (C)	Kesici Yanal Adımı (D)	Kesme Yüğü
1	1	17	120	0,2	2	0,21
2	3	23	180	0,2	4	0,24
3	3	21	120	0,4	5	0,35
4	4	19	240	0,2	5	0,38
5	2	21	300	0,2	3	0,44
6	4	23	120	0,6	3	0,48
7	1	19	180	0,4	3	0,58
8	2	23	240	0,4	2	0,64
9	2	19	120	0,8	4	0,77
10	2	17	180	0,6	5	0,96
11	1	21	240	0,6	4	1,05
12	4	21	180	0,8	2	1,05
13	4	17	300	0,4	4	1,07
14	3	19	300	0,6	2	1,44
15	1	23	300	0,8	5	1,60
16	3	17	240	0,8	3	1,71

EK AÇIKLAMALAR D

TEST DENEYLERİNDE KULLANILAN NC KODLARI

Üç ayrı takım yolu için test deneylerinin imalatında kullanılan tezgah işleme kodları.

Tek yönlü takım yolu için tezgah işleme kod örneği (23 m/dak Kesme hızı, 120 mm/dak İlerleme, 0.2 mm Talaş derinliği, 2 mm Kesici yanal adımı).

N1 T1 M6	N29 G0 X255.678 Y38.478
N2 S600 M3	N30 Z-2.
N3 G0 X255.678 Y28.7	N31 G1 X251.2 Z-3.2 F120.
N4 G43 Z2. H1 M7	N32 X273.8
N5 Z-2.	N33 Z2.
N6 G1 X251.2 Z-3.2 F120.	N34 G0 X255.678 Y40.433
N7 X273.8	N35 Z-2.
N8 Z2.	N36 G1 X251.2 Z-3.2 F120.
N9 G0 X255.678 Y30.656	N37 X273.8
N10 Z-2.	N38 Z2.
N11 G1 X251.2 Z-3.2 F120.	N39 G0 X255.678 Y42.389
N12 X273.8	N40 Z-2.
N13 Z2.	N41 G1 X251.2 Z-3.2 F120.
N14 G0 X255.678 Y32.611	N42 X273.8
N15 Z-2.	N43 Z2.
N16 G1 X251.2 Z-3.2 F120.	N44 G0 X255.678 Y44.344
N17 X273.8	N45 Z-2.
N18 Z2.	N46 G1 X251.2 Z-3.2 F120.
N19 G0 X255.678 Y34.567	N47 X273.8
N20 Z-2.	N48 Z2.
N21 G1 X251.2 Z-3.2 F120.	N49 G0 X255.678 Y46.3
N22 X273.8	N50 Z-2.
N23 Z2.	N51 G1 X251.2 Z-3.2 F120.
N24 G0 X255.678 Y36.522	N52 X273.8
N25 Z-2.	N53 Z2.
N26 G1 X251.2 Z-3.2 F120.	N54 M5
N27 X273.8	N55 M30
N28 Z2.	

Zigzag takım yolu için tezgah işleme kod örneği (17 m/dak Kesme hızı, 120 mm/dak İlerleme, 0,8 mm Talaş derinliği, 2 mm Kesici yanal adımı).

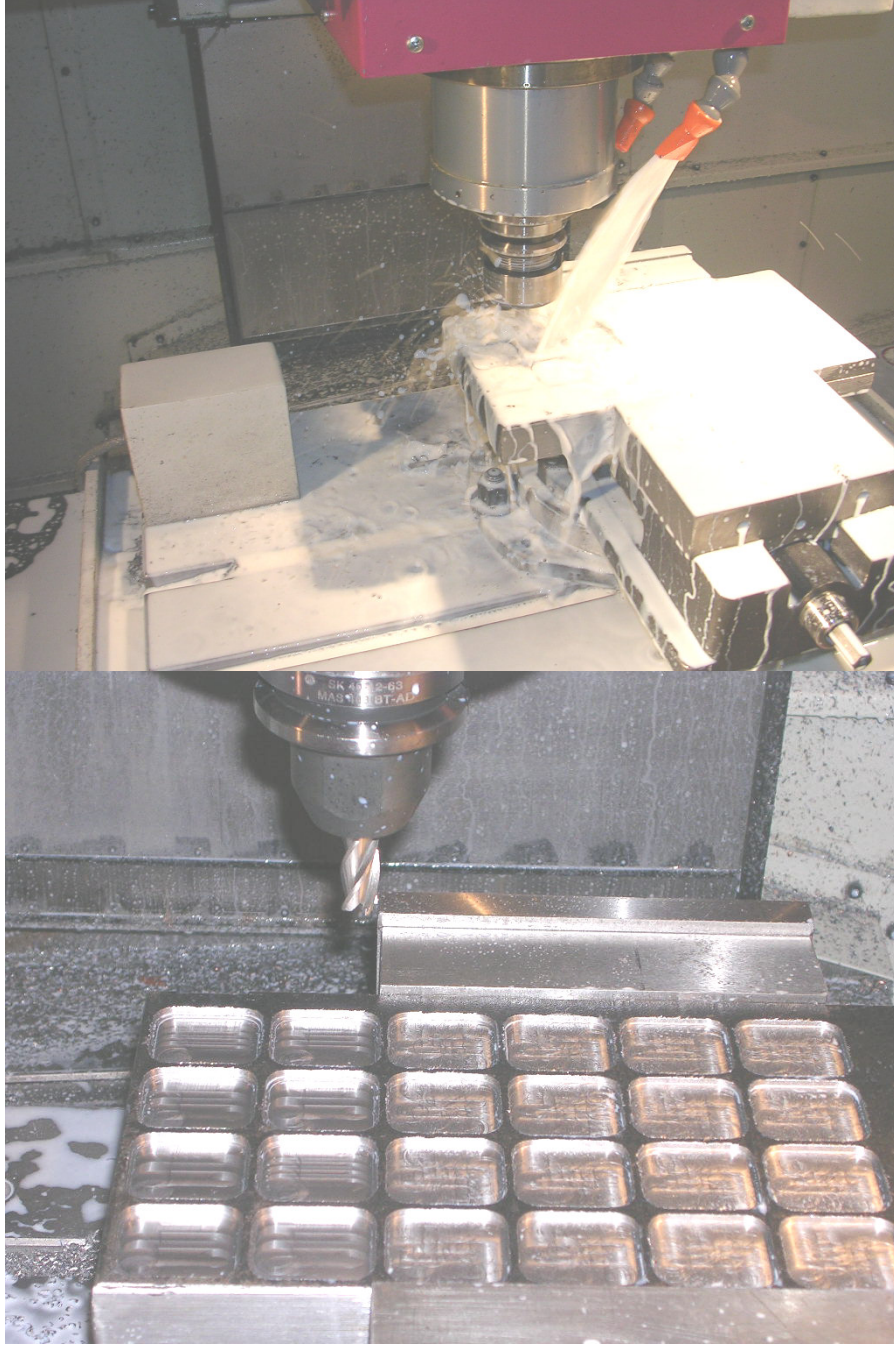
N1 T1 M6	N15 X273.8
N2 S450 M3	N16 Y73.478
N3 G0 X257.918 Y63.7	N17 X251.2
N4 G43 Z2. H1 M7	N18 Y75.433
N5 Z-2.	N19 X273.8
N6 G1 X251.2 Z-3.8 F120.	N20 Y77.389
N7 X273.8	N21 X251.2
N8 Y65.656	N22 Y79.344
N9 X251.2	N23 X273.8
N10 Y67.611	N24 Y81.3
N11 X273.8	N25 X251.2
N12 Y69.567	N26 Z2.
N13 X251.2	N27 M5
N14 Y71.522	N28 M30

Spiral takım yolu için tezgah işleme kod örneği (23 m/dak Kesme hızı, 120 mm/dak İlerleme, 0,2 mm Talaş derinliği, 2 mm Kesici yanal adımı).

N1 T1 M6	N19 Y102.7
N2 S600 M3	N20 X255.2
N3 G0 X259.2 Y107.446	N21 Y106.7
N4 G43 Z2. H1 M7	N22 X253.2
N5 Z-3.	N23 Y114.3
N6 G1 Y106.7 Z-3.2 F120.	N24 X271.8
N7 Y108.3	N25 Y100.7
N8 X265.8	N26 X253.2
N9 Y106.7	N27 Y106.7
N10 X257.2	N28 X251.2
N11 Y110.3	N29 Y116.3
N12 X267.8	N30 X273.8
N13 Y104.7	N31 Y98.7
N14 X257.2	N32 X251.2
N15 Y106.7	N33 Y106.7
N16 X255.2	N34 Z2.
N17 Y112.3	N35 M5
N18 X269.8	N36 M30

EK AÇIKLAMALAR E

CEPLERİN İŞLENMESİ



Şekil E.1 Deney parçasının TAKSAN TMC 550V tezgahında işlenmesi.

EK AÇIKLAMALAR F
CEPLERİN PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM GÖRÜNTÜSÜ



Şekil F.1 Deney numunesi ve Mitutoyo SurfTest SJ – 402 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

EK AÇIKLAMALAR G

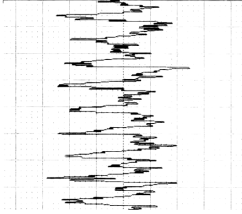
PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜM ÇIKTISI ÖRNEKLERİ

Spiral Takım Yolu
3. deney üçüncü ölçüm

Mitutoyo SurfTest SJ-400
DATE 12-04-2005
TIME 19:37:18

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L 10.0mm
Ra 0.86µm
Rz 5.8µm

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L=10.0mm
×5K
×20
Ver. 2.0µm/cm
Hor. 500.0µm/cm

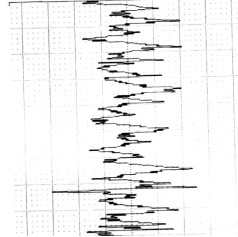


Spiral Takım Yolu
8. deney dördüncü ölçüm

Mitutoyo SurfTest SJ-400
DATE 12-04-2005
TIME 19:47:19

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L 10.0mm
Ra 0.69µm
Rz 5.6µm

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L=10.0mm
×5K
×20
Ver. 2.0µm/cm
Hor. 500.0µm/cm

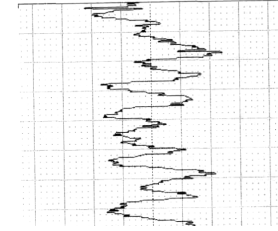


Zigzag Takım Yolu
6. deney ikinci ölçüm

Mitutoyo SurfTest SJ-400
DATE 11-04-2005
TIME 20:42:31

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L 10.0mm
Ra 1.72µm
Rz 13.3µm

R-PROFILE
EVA-L 10.0mm
L=10.0mm
×2K
×20
Ver. 5.0µm/cm
Hor. 500.0µm/cm



Şekil G.1 Mitutoyo SurfTest SJ – 402 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile yapılmış deney ölçüm örnekleri.

ÖZGEÇMİŞ

Nazım SAKARYA 1981’de İzmir’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Buca Teknik Lisesi Makine Bölümü’nden mezun olduktan sonra 1999 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Programı’nda lisans eğitimine başladı. 2003 yılında “iyi” derece ile mezun olduktan sonra aynı yıl içinde girdiği ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programında halen öğrenimini sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yaylacık Mahallesi
1022 Sokak No: 6 / 1
35160 Buca / İZMİR

Telefon : (232) 420 26 03

E-Posta : Nazimsakarya@hotmail.com