

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

83948

MANGAN VE SİLİSYUM KATKILI YÜKSEK Cr ,Ni'LI
PASLANMAZ ÇELİK DÖKÜMLERİN TALAŞLI
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet YAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ELAZIĞ
1999

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANGAN VE SİLİSYUM KATKILI YÜKSEK Cr ,Ni'Lİ
PASLANMAZ ÇELİK DÖKÜMLERİN TALAŞLI
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet YAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, 8.2.1999.....Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Başarılı/Başarısız Olarak Değerlendirildi.

(İmza)
Danışman
Doç.Dr. Halis ÇELİK

(İmza)
Doç. Dr. Aydın TURGUT

(İmza)
Doç. Dr. Muri ORHAN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun
...../...../..... Tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MANGAN VE SİLİSYUM KATKILI YÜKSEK Cr ,Ni' Lİ PASLANMAZ ÇELİK DÖKÜMLERİN TALAŞLI İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet YAZ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

1999, Sayfa; 84

Bu çalışmada, HSS kaba talaş torna kalemı kullanılarak % 10-12 Cr ve Ni içeren paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla uygun açılarda bilen HSS kaba talaş kalemleri ile çeşitli kesme hızlarında talaş kaldırma işlemleri yapılmış ve kalem ömürleri tespit edilmiştir. Takım aşınma miktarları ölçülmüş ve aşınan kalem yüzeylerinin fotoğrafları çekilmiştir. Numunelerin sertlikleri ölçülmüş mikro yapıları fotoğraf çekilerek tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın birinci kısmında işlenebilirlik hakkında genel bilgiler ve bazı malzemelerin işlenebilirlik değerleri hakkında tablo verilmiştir. İkinci ve üçüncü bölümde işlenebilirlik test yöntemleri , kesici takımlar hakkında genel bilgiler , kesici takımların test yöntemleri ve kesici takımlarda meydana gelen başlıca hata mekanizmaları hakkında bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde Taylor'ın takım aşınması deneyi geniş ve detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Beşinci bölümde paslanmaz çelikler ve işlenebilirlikleri , işlenebilirlik katkı maddeleri olan sülfür, selenyum, telleryum, kurşun ve bizmut, fosfor hakkında bilgi verilmiştir. Bundan sonra deneysel çalışmalara yer verilerek deney sonuçları ve tartışılmasına geçilmiş ve genel bir değerlendirme yapılarak öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İşlenebilirlik, Paslanmaz Çelik , Krom ve Nikelli Çelikler

ABSTRACT

MSc Thesis

**THE INVESTIGATION OF CHIP REMOVAL MACHINABILITY OF HIGH Cr AND
Ni STAINLESS STEELS WITH Mn AND Si ADDITIVE**

Mehmet YAZ

Fırat University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Training

1999, Page 84

In this study, the machinability of the stainless steels with 10-12 percent Cr and Ni was investigated by using HSS lathe cutters. With this aim chip was removed by HSS cutters ground with proper angels in various machining speeds and the tool lieves of cutting tools were determined. After machining, the amount of wear of the cutters was measured and the worn surfaces were determined by taking micro photographs. In addition, the hardness values of the machined specimens were measured and the micro structures were examined with optical microscope.

In the first chapter of this study, general information about machinability and a table on the machinability of different materials are given. In the general information on cutting tools, the test methods of cutting tools and common failures of cutting tools are discussed. In the fourth chapter tool wear test of Taylor is explained in detail. In the fifth chapter the stainless steels, their machinability, the elements having positive effect on machinability such as S, Se, Te, Pb, Bi and P are dealt with. In the following chapters the experimental studies, the results of the experiments and, conclusions and discussions on the study are presented.

Keyword: Machinability, Stainless Steel, Cr-Ni Steels.**TC. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMANİTASYON MERKEZİ**

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesinde, yönlendirilmesinde ve çalışmalarım esnasında sağladığı katkılarından dolayı Mekanik Metalurji Eğitimi Bilim Dalı Öğretim Üyesi, danışma hocam Doç. Dr. Halis ÇELİK'e, metalografik incelemelerin yapılmasında yardımlarını gördüğüm Kaynak Eğitimi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Nuri ORHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca tezimde kullandığım şekil ve grafiklerin scanner'da taranmasında ve bilgisayarda yazılıp düzenlenmesinde hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan T.B.M.Y.O. Endüstriyel Elektronik Programı Başkanı Öğrt. Gör. Ü. Tamer BAŞARAN' a Teşekkürlerimi sunarım.

Deney numunelerinin dökülmesinde Gülhan Makinaya, deneylerin yapılmasında fikirlerinden faydalandığım T.B.M.Y.O. Makine Programı Başkanı Öğrt. Gör. Şinasi ELÇİ' ye deneyler sırasındaki katkılarından dolayı T.B.M.Y.O. Makine Programı teknisyenleri Kazim ÖZGÜN ve Halis COŞKUN' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Özet.....	I
Abstract.....	II
Teşekkür.....	III
İçindekiler.....	IV
Semboller.....	V
Şekiller.....	IX
Tablolar.....	XI
Fotoğraflar Listesi.....	XII
 1.GİRİŞ.....	 1
2. İŞLENEBİLİRLİK TEST YÖNTEMLERİ.....	3
2.1. Kesici Takım Malzemeleri.....	3
2.1.1.Yüksek Hız Çelikleri (HSS).....	3
2.1.2.Kaplanmış ve Kaplanmamış Sinterlenmiş Karbürler.....	3
2.1.3.Sermetler.....	5
2.1.4.Seramikler.....	5
2.1.5. Kübik Boron Nitrit (CBN).....	5
2.1.6.Poli Kristal Elmas.....	6
3. KESİCİ TAKIM TEST YÖNTEMLERİ.....	7
3.1. İş Parçası.....	7
3.2.Kesici Takım Genel Özellikleri	8
3.2.1. Tokluk.....	8
3.2.2. Yan Yüzey Aşınma Direnci.....	9
3.2.3. Deformasyon.....	10
3.2.4. Oyulma.....	10
3.2.5. Çatlaklar.....	11
3.2.6.Çentik	11

3.2.7. Küçük Parçacıklar Kopması.....	11
3.3. İşleme Şartları.....	12
4.TAYLOR' UN TAKIM AŞINMASI DENEYİ.....	14
4.1. Tanımlar.....	14
4.1.1. Takım Aşınması.....	14
4.1.2. Takım Aşınmasının Ölçülmesi.....	14
4.1.3. Takım Ömrü Kriteri.....	14
4.2. İş Parçası Malzemesi.....	15
4.2.1. Deney Numuneleri İçin Standart Şartlar.....	15
4.3. Referans İş Parçası Malzemeleri.....	16
4.3.1. Çelik.....	16
4.3.2. Dökme Demir.....	17
4.4. Kesici Takım Malzemeleri.....	18
4.4.1. Yüksek Hız Çeliği.....	18
4.4.2. Sinterlenmiş Karbürler.....	18
4.4.3. Seramik Kesiciler.....	18
4.4.4. Diğer Kesici Takım Malzemeleri.....	19
4.5. Kesici Takım Geometrisi.....	19
4.6. Diğer Kesici Takımlar.....	20
4.7. Kesici Takımlar İçin Standart Şartlar.....	20
4.8. Talaş Kırma Basamağı.....	21
4.9. Kesme Sıvısı.....	22
4.10. Standart Kesme Şartları.....	22
4.11. Diğer Kesme Şartları.....	22
4.12. Kesme Hızı.....	23
4.13. Takım Aşınması ve Takım Ömrü Kriterleri.....	23

4.13.1. Takım Ömrü Kriterleri.....	24
4.13.2. HSS Takımlar için Genel Kriterler.....	25
4.13.3. Sinterlenmiş Karbür Takımlar İçin Kriterler.....	25
4.13.4. Seramik Takımlar İçin Genel Kriterler.....	26
4.14. Takım Aşınması Ölçümleri.....	26
4.15. Takım Tezgahı.....	26
4.16. Test İçin Gerekli Diğer Araçlar.....	27
4.17. Aşınma Çeşitleri.....	27
4.17.1. Yan Yüzey Aşınması.....	27
4.17.2. Çentik Aşınması.....	28
4.17.3. Oyulma.....	30
4.17.4. Ön Yüzey Aşınması.....	30
4.17.5. Takım Köşesinin Deformasyonu.....	31
4.17.6. Küçük Parçacık Kopması.....	31
4.17.7. Katastrofik Bozulmalar.....	31
4.18. Yüzey Pürüzlülüğü, Kesme Kuvvetleri ve Sıcaklık.....	32
4.19. Takım Ömrü İçin Hazırlık Testleri.....	32
5.PASLANMAZ ÇELİKLER.....	34
5.1. Genel Malzemeler ve İşlenebilirlik Özellikleri.....	34
5.2. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması.....	35
5.2.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler.....	37
5.2.2. Martenzitik Paslanmaz Çelikler.....	37
5.2.3. Ostenitik Paslanmaz Çelikler.....	38
5.2.4. Dupleks Paslanmaz Çelikler.....	39
5.2.5. Çökeltme Sertleşmeli Paslanmaz Çelikler.....	39
5.2.6. Kolay İşlenebilen Alaşımlar.....	39

5.3. İşlenebilirlik.....	40
5.4. İşlenebilirlik Katkı Maddeleri.....	42
5.4.1. Sülfür.....	42
5.4.2. Selenyum.....	46
5.4.3. Tellur.....	48
5.4.4. Kurşun ve Bizmut.....	50
5.4.5. Fosfor.....	51
5.5. Alaşım Guruplarının İşlenebilirliği.....	51
5.5.1. Ferritik ve Martenzitik Alaşımlar.....	51
5.5.2. Ostenitik Alaşımlar.....	52
5.5.3. Dupleks Alaşımlar.....	52
5.5.4. Çökeltme Sertleşmeli Alaşımlar.....	53
5.6. Genel Kurallar.....	54
5.7. Tornalama	56
5.7.1. Tek Uçlu Torna Kesicileri.....	56
5.8. Delme	57
5.9.Frezeleme.....	57
6.DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	59
6.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler.....	59
6.2. Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar.....	59
6.3. Deneylerde Kullanılan Torna Tezgahı.....	59
6.4. Metalografik Çalışmalar.....	60
6.5. Sertlik Deneyleri.....	60
6.6. Kalem Ömrü Deneyleri.....	60
7.DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	61
7.1. Metalografik İncelemeler ve Mikroyapı Sonuçları.....	61

7.2. Sertlik Deneyi Sonuçları.....	64
7.3. Takım Ömrü Deney Sonuçları.....	64
7.4. Numune I İle Yapılan Deneyler.....	65
7.4.1. Deney I.....	65
7.4.2. Deney II.....	65
7.4.3. Deney III.....	66
7.4.4. Deney IV.....	67
7.5. Numune II İle Yapılan Deneyler.....	69
7.5.1. Deney I.....	69
7.5.2. Deney II.....	69
7.5.3. Deney III.....	70
7.5.4. Deney IV.....	70
7.6. Numune III İle Yapılan Deneyler	72
7.6.1. Deney I.....	72
7.6.2. Deney II.....	72
7.6.3. Deney III.....	73
7.6.4. Deney IV.....	73
7.7. Numune IV İle Yapılan Deneyler	76
7.7.1. Deney I.....	76
7.7.2. Deney II.....	76
7.7.3. Deney III.....	77
7.7.4. Deney IV.....	77
7.8. Aşınma Ölçüm Sonuçları.....	79
7.9. Tartışma ve Öneriler.....	80
KAYNAKLAR.....	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Çeşitli Kesici Takım Malzemelerinin Yaklaşık Kesme Hızları ve Kullanım Alanları.....	4
Şekil 3.1 Çeliklerin İşlenmesinde Kaplanmış Karbürlerin Başlıca Hata Mekanizmaları...	9
Şekil 3.2 Gri Dökme Demirlerin Frezlenmesinde üç çeşit seramik kesicinin bağlı Tokluğu.....	10
Şekil 3.3. Karbür Kesici Takımlarda Meydana Gelen Bozulmalar.....	12
Şekil 3.4. Karbür Takımlar İçin Takım Ömrü Eğrileri.....	13
Şekil 4.1 Takım Açılarının Gösterimi.....	20
Şekil 4.2. Kesme Şartlarının Sınırları.....	24
Şekil 4.3 Birleştirilmiş Yan Yüzey ve Oyulma Aşınmalarının Kırık Vc - Tc Eğrileri (Logaritmik Skala).....	25
Şekil 4.4. Farklı Kesme Hızları İçin Yan Yüzey Aşınmasının Gelişimi (Lineer Skala)....	28
Şekil 4.5 Farklı Kesme Hızları İçin Krater Derinliğinin Geliştirilmesi, Vc1 – Vc4 . (Doğrusal Skala).....	29
Şekil 4.6. Yan yüzey ve krater aşınmalarının takım üzerinde gösterimi	29
Şekil 5.1. S30100 Ostenitik P.Ç. , S43000 Ferritik PÇ, ve G10080 Karbon Çeliklerinin Çalışma Sertleşmelerinin, Akma ve Çekme Dayanımlarının Arasındaki Dağılımın Karşılaştırılması.....	35
Şekil 5.2. S30200 Ostenitik P.Ç., S43000 Ferritik P.Ç. ve Karbon Çeliklerinin Isıl İletkenliğinin Karşılaştırılması (ASM 1989).....	35
Şekil 5.3. 18Cr- 9Ni Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Matkap İle Delme Testinde Sülfürün İşlenebilirliğe Etkisi.....	43
Şekil 5.4. S30400 Ostenitik Paslanmaz Çelikte Bir Vida Açma Testinde Düşük Sülfür Seviyelerinin İşlenebilirliğe Etkisi.	44
Şekil 5.5. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Sülfid Katkıları.....	45
Şekil 5.6. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliği İçin Takım Ömrü Testinde İşlenebilirliğe Sülfid Ölçüsünün Etkisi.....	45
Şekil 5.7. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Sülfid Şeklinin Delme Testinde İşlenebilirliğe Etkisi.....	46
Şekil 5.8 Kolay İşlenen Ostenitik Paslanmaz Çelik İçin İşlenmiş BitirmeYüzeyinde Sülfid Boyutunun Etkisi	46
Şekil 5.9 % 13 Cr İçeren Martenzitik Paslanmaz Çeliği İçin Sülfidlerde Krom İçeriğinin	

Çelikte Manganez İçeriğine Etkisi.....	47
Şekil 5.10 24 C ⁰ de %10 Nitrik Asit İçerisinde Kolay İşlenen Paslanmaz Çeliğin Korozyon Direncine Manganez İçeriğinin Etkisi	47
Şekil 5.11. Kolay İşlenen Martenzitik Paslanmaz Çeliğinde Delme Testinde Manganez Sülfür Oranının İşlenebilirliğe Etkisi.....	48
Şekil 5.12 1177 C ⁰ 'deki Bölgede Sıcak Haddelenmiş % 13 Cr İçerikli Martenzitik Paslanmaz Çelikte Sülfid Şekline Telleryumun Etkisi.....	49
Şekil 5.13 18 Cr-9Ni Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Delme Testinde İşlenebilirliğe Telleryum (MnTe) ile Sülfür ve Selenyum (MnSe) veya Kurşunun Etkilerinin Karşılaştırılması.....	49
Şekil 5.14. 0,19 S- 18Cr-8Ni Ostenitik Paslanmaz Çelik ile sadece Sülfür veya Selenyum içeren benzeri bir çeliğin karşılaştırıldığında kesme hızına Fosforun etkisi.....	50
Şekil 5.15. Düşük nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S31600), yüksek nitrojenli Ostenitik paslanmaz çelik (S20910) ve dubleks paslanmaz çeliğin (S32950) takım ömrünün karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.16. Düşük nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S31600), yüksek nitrojenli Ostenitik paslanmaz çelik (S20910) ve dubleks paslanmaz çeliğin (S32950) matkapla delme testinde işlenebilirliğin karşılaştırılması.....	54
Şekil 5.17 Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kullanılan kaba talaş kalemi için önerilen takım açıları	57
Şekil 7.1. Schaeffler Diyagramı ,(ASM, V.6.,1993).....	63
Şekil 7.2. Numune-I' in Takım Ömrü Grafiği.....	68
Şekil 7.3. Numune-II' nin Takım Ömrü Grafiği.....	72
Şekil 7.4. Numune-III' ün Takım Ömrü Grafiği.....	75
Şekil 7.5. Numune-IV'ün Takım Ömrü Grafiği.....	78
Şekil 7.6. Bütün Numunelere Ait Birleştirilmiş Takım Ömrü Grafiği.....	81

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Takım Ömrü Deneyleri için Örnek Bir Tablo.....	13
Tablo 4.1 Standart Takım Açıları.....	19
Tablo 4.2 Standart Kesme Şartları.....	22
Tablo 4.3. Diğer Kesme Şartlarının Sınırları	23
Tablo. 4.4. Krater derinlikleri	26
Tablo 5.1 Beş Temel Malzeme Gurubu	36
Tablo 5.2. Malzemelerin Talaş Kaldırarak İşlenebilirlik Değerleri	41
Tablo 6.1. Deney Numuneleri Alaşım Analizleri	59
Tablo 6.2. Deney Parametreleri	60
Tablo 7.1. Ni ve Cr Eşdeğerleri	64
Tablo 7.2. Sertlik Deneyi Sonuçları	64
Tablo7.3. Takım Ömrü Deneylerinin Yan Yüzey Aşınma Ölçümlerinin Sonuçları	79

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

	Sayfa
Foto 7.1. Bir numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafı.....	61
Foto 7.2. İki numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafı.....	62
Foto 7.3. Üç numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafı.....	62
Foto 7.4. Dört numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafı.....	63
Foto 7.5. Bir nolu numunenin Deney I' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	65
Foto 7.6. Bir nolu numunenin Deney II' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	66
Foto 7.7. Bir nolu numunenin Deney III' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	67
Foto 7.8. Bir nolu numunenin Deney IV' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	68
Foto 7.9. İki nolu numunenin Deney I' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	69
Foto 7.10. İki nolu numunenin Deney II' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	70.
Foto 7.11. İki nolu numunenin Deney III' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	71
Foto 7.12. İki nolu numunenin Deney IV' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	71
Foto 7.13. Üç nolu numunenin Deney I' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	73
Foto 7.14. Üç nolu numunenin Deney II' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	74
Foto 7.15. Üç nolu numunenin Deney III' den sonra çekilen kalem yan yüzey Aşınma fotoğrafı.....	74
Foto 7.16. Üç nolu numunenin Deney IV' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	75
Foto 7.17. Dört nolu numunenin Deney I' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	76

Foto 7.18. Dört nolu numunenin Deney II' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	77
Foto 7.19. Dört nolu numunenin Deney III' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	78
Foto 7.20. Dört nolu numunenin Deney IV' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.....	79



SEMBOLLER

HSS	:Yüksek Hız Çeliği
Vc	: Kesme Hızı
CBN	:Kübik Boron Nitrit
PCD	: Poli Kristal Elmas
ISO	:Uluslar Arası Standartlar Organizasyonu
Ra	:Yüzey Pürüzlülük Değeri
Tc	:Takım Ömrü
VB	:Yan Yüzey Aşınma Miktarı
KT	:Krater (Oyulma)Derinliği
KM	:Krater Merkezi
(a)	:Talaş Derinliği
f ,s	:İlerleme Hızı
k,n	:Eğim
r	:Uç Radyüsü

1.GİRİŞ

Günümüz piyasasında 1,5 milyon ton civarında paslanmaz çeliğe ihtiyaç vardır. Bu üretimin yarısından fazlası, makine parçalarının imalatı sırasında herhangi bir talaşlı imalat işlemi ile yok olmaktadır . Bazı imalat yöntemleri ile bu kayıp azaltılabilmesine rağmen (Dövülerek şekillendirme) yinede bu malzeme kaybı çok önemli olmaktadır ve imalat endüstrisinde işlenebilirlik ile de doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinde herhangi bir iyileşme endüstriyel rakipler arasında büyük bir etkiye sahiptir.

Bu amaç için kullanılan farklı yöntemler içinde kükürt ilavesi en iyi bilinen yöntemdir. Bununla birlikte iyi işlenebilirlik sıcak ve soğuk dövülme, korozyon direnci, kaynak edilebilirlik gibi bazı özelliklerin değiştirilmesi ile elde edilebilir (TATO, 1983).

Bu amaçla işlenebilirliğin ve işlenebilirliğe etki eden faktörlerin tanımının yapılması gerekir.

Talaş kaldırma sırasında parça malzemelerinin davranışları farklıdır. Bu farklılıklar talaş kaldırma ile işlenme kabiliyeti veya sadece işlenme kabiliyeti ile ifade edilir. Malzemelerin işlenme kabiliyeti genellikle kesme hızına bağlı olarak değerlendirilir. Buna göre takımın belirli bir ömrü için en yüksek kesme hızı ile işlenen bir malzemenin en iyi işlenme kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir. Böyle bir malzemenin direk olarak kesme hızının değeri veya izafi 100 ile ifade edilir. Diğer malzemelerin işlenme kabiliyetleri, bu malzemeye göre kesme hızlarının oranı (v/v_0) veya 100'e göre oranı ($v/100$) olarak ifade edilir. Burada v_0 en iyi işlenme kabiliyetine sahip malzemenin kesme hızıdır. Tablo 5.2'de $v/100$ oranı şeklinde çeşitli malzemelerin işlenebilirlik değerleri görülmektedir.

Malzemelerin işlenme kabiliyetleri kimyasal bileşenlere, yapı, süneklik, sertlik ve mukavemet gibi mekanik özelliklere bağlıdır.

Çeliklerin en önemli bileşeni olan karbonun etkisi şu şekilde özetlenebilir. %0,2 karbon içeren çeliklerin işlenme kabiliyeti maksimumdur. Bu değere göre karbon değeri azaldıkça veya arttıkça çeliklerin işlenme kabiliyeti azalmaktadır. Bu bakımdan en büyük etki ostenitik çelikte bulunan (Mn) ve (Ni) gibi alaşım elementlerinininkidir. Bunları wolfram (W) ve daha az etki ile silisyum (Si), molibden (Mo) ve perlitik çelikte bulunan mangan ve nikel izlemektedir. Kobalt (Co) ve bakır (Cu), malzemelerin işlenme kabiliyetlerini etkilememekte, krom (Cr), alüminyum (Al) ve

vanadyum (V) gibi elementlerin etkileri ise tam olarak bilinmemektedir. Ancak kükürt, fosfor ve normal olarak çeliğin bünyesinde bulunmayan kurşun (Pb), bu özelliği iyileştirir. Bu nedenle işlenebilirliği iyileştirebilmek için bünyelerine bir miktar kükürt, fosfor ve kurşun katılan çelikler vardır; bu nedenle bunlara otomat çelikleri denir. Bu çeliklerin içerisinde, % (0,07...0,065) C, % (0,18...0,4) S, % (0,6..1,5) Mn, % (0,05...0,4) Si ve kırılğan talaş çıkarmak için ve çok iyi yüzey kalitesi elde etmek için % (0,15...0,3) Pb bulunur. Isıl işlemlerden sonra elde edilen mikro yapı malzemelerin işlenebilirliğini etkiler. Bu bakımdan ferritik bir yapı, en yüksek işlenme kabiliyetine sahiptir. Perlitik (taneli, lamelli), sorbit ve trosit gibi yapılarda bu özellik gitgide azalır.

Malzemelerin sertliği arttıkça, işlenme kabiliyetleri azalır. Yüksek alaşımlı ve paslanmaz çeliklerin işlenme kabiliyeti çok düşüktür. Bu, bir yandan bu tür çeliklerin bünyesinde talaş kaldırma kabiliyetini olumsuz yönde etkileyen manganez, nikel, wolfram gibi alaşım elementlerinin bulunması, diğer taraftan da bunların sert ve mukavemet değerlerinin yüksek olmasına bağlıdır.

Süneklik genel olarak bir malzemenin işlenme kabiliyetini iyileştirmez. Sünek bir malzemenin talaşı takıma yapışır ve körlenmesini çabuklaştırır. Öte yandan sertlik ise takımın aşınmasını hızlandırır. Dolayısıyla süneklik ile sertlik arasındaki bir yapı, işlenme kabiliyeti bakımından en uygunu olacaktır. Bunun en iyi örneği çelikte görülebilir. Karbon miktarı az olan çelikler ($C < \%0,2$) sünektir; bu çeliklerin işlenme kabiliyeti düşüktür. Aynı şekilde karbon miktarı % 0,2'den fazla olan çelikler ise sert ve dolayısıyla işlenme kabiliyetleri bakımından kötü bir örnek gösterir. Çeliklerin en yüksek işlenme kabiliyetine sahip olanları, süneklik ile sertlik arasında bir sınır teşkil ederek yaklaşık % 0,2 karbon içerenleridir. Demir olmayan hafif metaller genellikle kolay işlenir. Örneğin alüminyumun işlenme kabiliyeti karbon çeliklerine göre 5 veya 6 kez daha büyüktür.(AKKURT, 1989)

2. İŞLENEBİLİRLİK TEST YÖNTEMLERİ

Değişik özellikteki çok çeşitli malzemeler üzerinde, kesici takımlar ve geometrilerinin performanslarının ölçümü takım tasarımı ve geliştirilmesi açısından çok önemlidir. Modern işleme metotları takım değiştirme zamanını ve maliyetini en aza indirmeyi ve seri üretim alanlarında çok yönlü kullanmayı gerektirir. Deneysel testlerin büyük bir bölümü bu hedefe ulaşmak için gerçekleştirilir ve işlenebilirlik deneyleri ile bu durum ortaya çıkarılmaya çalışılır. Bu testler, iş parçası malzemeleri, kesici takımlar ve kesme işlemleri ve bunların karakteristikleri dikkate alınarak gerçekleştirilir (ASM, 1989).

2.1. Kesici Takım Malzemeleri

Kesici takımlarının gelişimi , yüzyılın başlarında ilk olarak yüksek hız çeliği (HSS) takımlardan başlar ve sırasıyla , modern sinterlenmiş karbürler, kaplanmış karbürler , sermetler, seramikler ve en sonunda da polikristal elmas (PCD) ve kübik bor nitrit (CBN) malzemelerdir. Bu malzemelerin hepsi halihazırda talaşlı üretim işlemlerinde kullanılırlar. Çeşitli kesici takımların kesme hızları ve kullanım alanları şekil I'de gösterilmiştir (ASM, 1989).

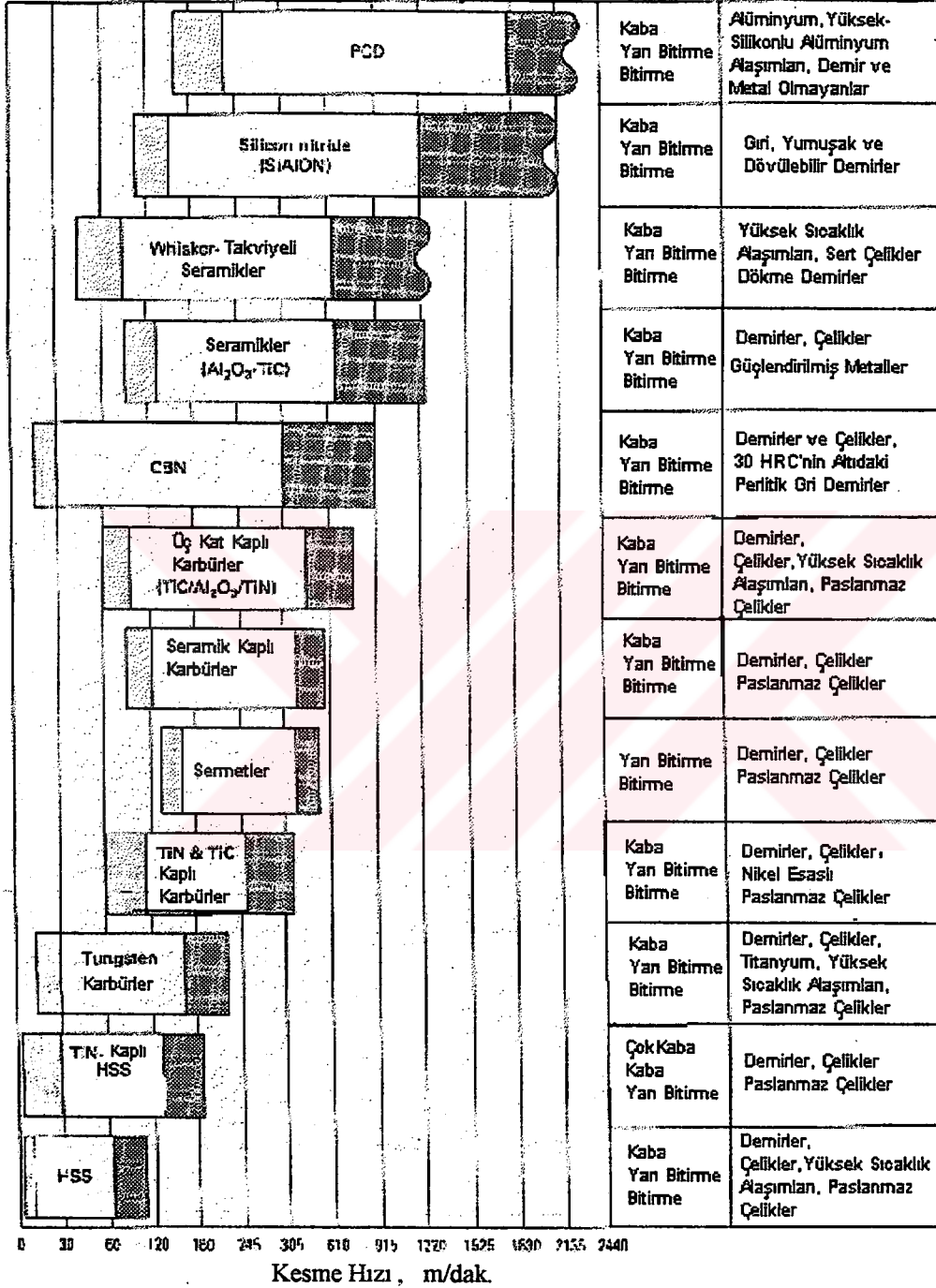
2.1.1. Yüksek Hız çelikleri (HSS)

Yüksek hız çelikleri mükemmel aşınma direnci ve yüksek çekme mukavemetleri ile tanınırlar ve bu özellikleri onlara talaşlı işlenebilirlikte geniş bir kullanım alanı sağlar. Başlıca zayıf noktaları plastik deformasyona çabuk uğramaları nedeniyle düşük kesme hızlarında kullanılmalarıdır (30 m/dak - 60 m/dak). Sonuç olarak yüksek hız çelikleri, profil kesicileri, raybalar , matkaplar, kılavuzlar ve küçük çaplı freze çakılarını yapılmasında kullanılırlar. Yüksek hız çelikleri sınırlı hızlara ve düşük rijitliğe sahip klasik tezgahlar ile yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemelerinin frezelenmesinde kullanılırlar.

2.1.2. Kaplanmış ve Kaplanmamış Sinterlenmiş Karbürler

Sinterlenmiş karbürler metal sanayiinde çok önemli bir yere sahiptir. Karbürler yüksek kesme hızlarında malzemelerin bir çok çeşidini işlemek için kullanılırlar ve

-  Kolay İşlenen ve/veya Demir Olmayan Malzemeler İşlendiği Zaman Uygun Kesme Hızları
 Normal Kesme Hızları
 Bazen Kullanılan Kesme Hızları



Şekil 2.1 Çeşitli Kesici Takım Malzemelerinin Yaklaşık Kesme Hızları ve Kullanım Alanları (GTE Valenite Corporation)

düşük darbelere ve yüksek aşınma direncine sahiptirler. Kaplanmamış karbürler, 150 m/dak kesme hızlarına kadar , yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler , demir olmayan malzemeler, paslanmaz çelikler ve dökme demirlerin işlenmesinde kullanılırlar.

Titanyum Nitrür (TiN), Titanyum Karbür (TiC) ve Alüminyum Oksit (Al_2O_3) kaplamalı sinterlenmiş karbürler yüksek talaş kaldırma oranlarında başarı ile kullanılırlar . Bu kaplamalar dayanımlı olmaları nedeniyle çok az bir kayıp ile sinterlenmiş karbürlerin krater oluşumu ve aşınma dirençlerini yükseltirler.

Sonuç olarak, çelik, paslanmaz çelikler ve dökme demirlerin işlenmesinde yaklaşık 275 m/dak'lık kesme hızlarında başarı ile kullanılırlar.

2.1.3. Sermetler

Karbürlerin benzeri kompozit malzemelerdir. Bağlama maddesi olarak Kobaltın yerine nikelin kullanımı başlıca farklı yanıdır. Yüksek TiC içeriği çok yüksek sertlik ve ısıya karşı dirençli olmalarını sağlar. Bununla beraber , genelde karbürler gibi dayanıklı değildirler ve bundan dolayı başlıca 365 m/dak. kesme hızları ile yarı bitirme işlemlerinde kullanılırlar.

2.1.4. Seramikler

1905 yılından beri talaşlı imalatta seramiklerin kullanılmasına rağmen, işleme metotlarındaki ve malzemelerdeki son gelişmeler seramiklerde değişik kompozisyonların güvenilirliği ve dayanıklılığının gelişmesi ile piyasada büyük bir paya sahip oldu. Modern seramikler piyasa ihtiyaçlarına uyarlanmış birçok çeşitte bulunabilirler. Bunlar, bitirme işlemleri için yaklaşık saf seramikler Al_2O_3 , yarı bitirme işlemleri için kompozit olarak Al_2O_3 -TiC seramikler, nikel esaslı yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemelerinin kaba işlenmesi için Whisker takviyeli Alüminyum Silikon karbür Al_2O_3 -SiC malzemelerden yapılmışlardır. İlave olarak, silikon nitrür $Si_3 N_4$ esaslı malzemeler nikel esaslı yüksek sıcaklığa dayanıklı alaşımlarının kaba işlenmesi ile dökme demirlerin yüksek kesme hızlarında işlenmesinde kullanılır. Bu malzemelerin ısıl deformasyon direnci ve yüksek sertliği 1220 m/dak. kesme hızlarına kadar yüksek devirlerde talaş kaldırmaya müsaade eder.

2.1.5. Kübik Boron Nitrür(CBN)

Kübik boron nitrür seramik malzemelere göre yüksek sertliğe ve dayanıma sahiptir. Üretim maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen sertliği 35 HRC' yi geçen dökme demirler ve çeliklerin işlenmesinde özellikle kesikli işlemede ekonomik bir avantaj sağlayabilir. Bu malzeme uzay araçlarının alaşımlarının işlenmesinde de ara sıra kullanılır.

2.1.6. Polikristal Elmas (PCD)

En sert malzeme olarak bilinen PCD çok yüksek hızlarda kompozit malzemelerin ve demir olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Kimyasal direnci ve dayanımının sınırlı olması nedeniyle bu malzeme 390 Alüminyum silikon ve diğer yüksek aşındırıcı malzemelerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılır.



3. KESİCİ TAKIM TEST YÖNTEMLERİ

Üretim işlemlerinin özellikleri ve kesici takım malzemelerinin gelişmesi süresince , işleme testlerinin bir çok çeşidi piyasa durumunu, kesme hızlarını ve bütünüyle üretim kalitesini tanımlamada kullanılır. Çünkü ulaşılmak istenen amaç değişik kesme şartlarında ve iş parçası malzemelerindeki davranışlara yöneliktir ve mümkün olabildiğince çok geniş kullanım alanları için bir kesici takım üretmektir. Sonuçta bu amaç kesici takım tanıtımında kullanıcıya faydalı uygulama bilgileri sağlamak, piyasadaki takım kullanımını desteklemek ve kesme takımlarının gelişmesine yardımcı olmaktır. Aşağıdaki etkenler verimli bir kesici takım üretilebilmesi için göz önünde bulundurulmalıdır.

3.1 İş parçası

Kesici takımlar , takım tezgahlarına göre dizayn edilirler ve iş parçası malzemelerinin çeşitliliği nedeniyle çok çeşitli şekillerde olabilirler. Özel bir iş için hedeflenen geometri veya kalite , üç veya daha fazla malzemede test edilebilirken, genel bir kullanım amacı için hedeflenen geometri ve kalite , sadece bir veya iki malzemede test edilebilir. Söz konusu iş parçası malzemeleri genel olarak şu malzemelerin bir veya bir kaçından olabilir:

- Sade karbonlu ve alaşımlı çelik
- Dökme demirler
- Paslanmaz çelikler
- Takım çelikleri
- Yüksek sıcaklığa dayanıklı alaşımlar
- Demir olmayan alaşımlar
- Kompozitler

İş parçası veya kesici takım frezeleme veya tek ağızlı tornalama gibi uygun işlemlerden yararlanarak test edilebilir ve takımın kullanılabilirliği ve ömrü bulunabilir.

İş parçası-takım testi aşağıda sıralı ikili kombinasyonlar ile gerçekleştirilebilir.

- Sermetler: Bitme konumundaki iş parçalarına ve çeliklere,
- Seramikler: Bitme aşamasındaki çelikler ve dökme demirler,
- TiC seramikler: Sertleştirilmiş çelik ve takımlar,
- Whisker Takviyeli seramikler: inconel 718 ve yüksek nikel esaslı yüksek ısı alaşımları,
- Si₃ N₄ Seramikleri:Yüksek hızlarda dökme demirler ve nikel esaslı yüksek ısı alaşımları,
- CBN: Kokil dökme demir, takım çelikleri, Ni 'li sert dökümler, sertleştirilmiş çelikler,
- PCD: Alimünyum silikon alaşımları (380,390 ve devamı) kompozitler ve diğer abrasiv malzemeler.

3.1. Kesici Takımın Genel Özellikleri

Talaş kaldırma işleminde bir kesici takımın geliştirilmesinde, uygulanabilirlik fiziksel özelliklerin mükemmel kombinasyonunun sağlanmasına bağlıdır. Çünkü kesici takımın bir özelliğini iyileştirirken diğer özelliklerini kötüleştirmek iş parçası ve kesici takım açısından önemli sonuçlar ortaya çıkarır. Bir takımın özelliklerinin geliştirilmesi, kesme performansının ölçülmesi ve mevcut uygulanabilirlik değerini anlamak için bir yoldur.

Kesici takımlarının dizaynında göz önünde bulundurulan başlıca özellikler, kırılma direnci, plastik veya ısıl deformasyon direnci ve aşınma direncidir. Aynı zamanda malzemenin kırılma, kopma ve oyulmaya karşı direnci de göz önüne alınmalıdır. İşleme testleri bu hata mekanizmalarına karşı kesici takımın direncini ölçmek için gerçekleştirilir. Bu kesici takım ile iş parçasının denenmesi ile anlaşılabilir, uygun işleme parametreleri tespit edilir ve hata oranı ölçülür ve malzemenin temel fiziksel özellikleri işleme esnasında gözlenir. Genel hata mekanizmaları Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Bu olumsuzlukların değerlendirilmesinde kesici takımının özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

3.1.1. Tokluk

Olumsuz şartlar altında kesici kenarın çatlama veya kırılmaya karşı direnci olarak tarif edilir. Şunlar tokluğu etkiler.

- Yüksek ilerleme hızı
- Orta seviyede sert kesikli işleme
- İş parçası malzemesindeki olumsuzluk ve dengesizlikler
- Rijitlik ihtiyacı



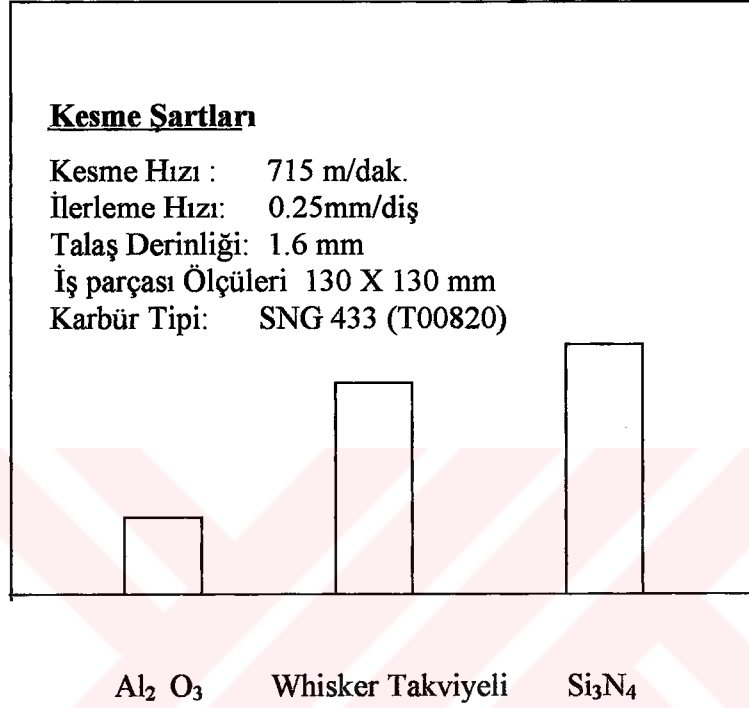
Şekil 3.1 Çeliklerin İşlenmesinde Kaplanmış Karbürlerin Başlıca Hata Mekanizmaları

Çünkü frezeleme bu faktörlerin bir çoğunu içine alır, bir kırılma kuyruğu freze çakısı frezeleme testi tokluğu ölçmek için yaygın olarak kullanılır. Şekil 3.2 talaş kaldırma , çatlama veya kırılma ile meydana gelen hataların olumsuzluklarından önce kırılma darbe sayısının karşılaştırılmasıyla seramiklerin üç farklı çeşidini karşılaştırmaktadır

3.1.2. Yan Yüzey Aşınma Direnci

Kesici takımının yan yüzey aşınması kesme operasyonunda kullanılan malzemenin uygunluğu ile ilgilidir. Çünkü takımın kimyasal ve abrasiv aşınmaya karşı direnci yeterli olmalı, malzemenin sertliği kadar kimyasal bileşimi de göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 3.3.a tornalama veya yüzey işleme işlemi sırasında elde edilen aşınma bölgesini göstermektedir. Şekil 2.1' de gösterildiği gibi malzemesine göre takımın kendi uygulama oranları, tokluğu ile, abrasiv ve kimyasal aşınma direncinin dengelenmesidir. Genel olarak, kesme hızları yükseldiği gibi, kimyasal aşınma direnci

daha önemli olur; bundan dolayı oksitler ve nitrürler gibi katkıları, daha yüksek kesme hızlarında daha iyi fayda sağlarlar.



Şekil 3.2 Gri Dökme Demirlerin Frezlenmesinde üç çeşit seramik kesicinin bağıl tokluğu

3.1.3. Deformasyon

Yüksek kesme hızlarına ikinci bir etki artan kesme sıcaklığına göre plastik deformasyon meydana gelmesidir. Bu şartlar altında kesici takım malzemesinin bağlayıcı fazı yumuşayabilir ve şekil 3.3.b de gösterildiği gibi bir eğilmeye sebep olabilir. Benzeri bir etki daha yüksek yan yüzey aşınma oranına, kaplamaların kalkmasına veya kırılma gibi bir etkiye neden olabilir. Bu etki aşırı talaş yükleri altında etkili olabilir.

3.1.4. Oyulma

Kimyasal ve abrasiv aşınmanın diğer bir sonucu metal plakelerin talaş yüzeyinde bir oyulmaya yol açmasıdır. Bu durumda, işlem sırasında çıkan talaş, talaş yüzeyine sürtünerek kaynar veya çukur şeklinde bir profil meydana gelmesine sebep

olur (Şekil 3.3.c). Bu oluşumun bir sonucu olarak , kesme kuvvetleri yükselebilir ve metal plaketin zayıflamasıyla neticelenebilir, metal plaketten parça kopmasına ve plaketin kırılması ile sonuçlanabilir. Düzgün açılmış talaş kırıcı geometrisi ile krater oluşumu engellenebilir.

3.1.5. Çatlaklar

Çatlama bir kesme işlemi sırasında sürekli ve hızlı sıcaklık değişikliklerinin sonucu olarak veya ağır mekanik yükler altında meydana gelir. Çatlaklar, yüksek titreşim bölgelerinde ve kesme kenarına paralel veya dikey olarak başlar (şekil 3.3.d). Frezeleme işlemlerinde yaygın olarak görülen bu çatlaklar küçük - küçük parça kopmalarına veya daha büyük zararlara yol açabilir.

3.1.6. Çentik

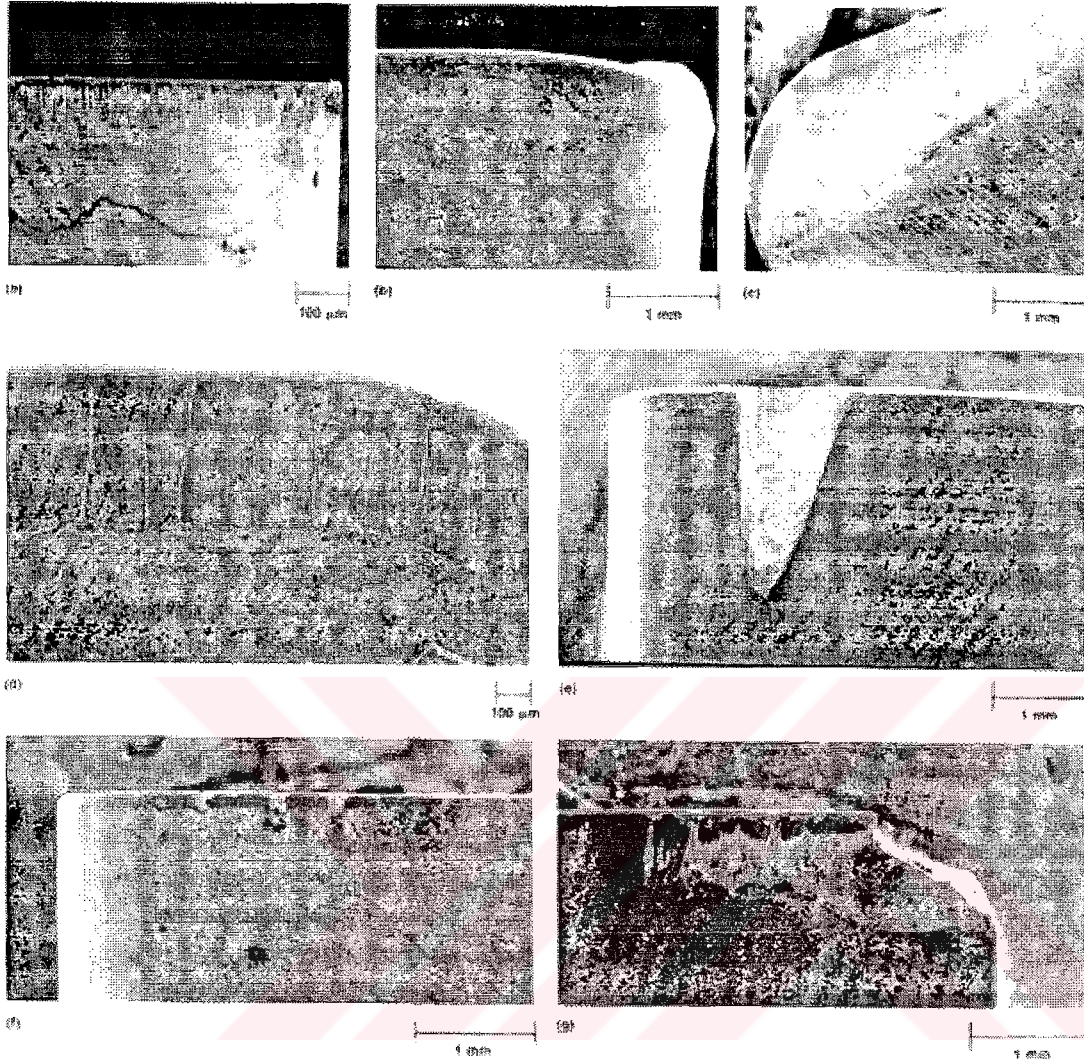
İnconel 718 malzemesinde olduğu gibi yüksek sıcaklık malzemelerinin işlenmesi sırasında çok yaygın olarak meydana gelir. Çentik kesme derinliği ile sınırlı bir alanda ortaya çıkar ve o alandaki yüksek gerilmelerin bir sonucudur. Bu şartlar altında daha küçük kopmalar, daha hızlı aşınma oranı ile , Şekil 3.3.'e de gösterildiği şekilde sonuçlanır. Bu çentik büyüdüğü zaman çatlak oluşum ihtimali ve daha sonraki kırılmalar artar.

Bu çatlak oluşumuna karşı whisker takviyeli seramikler bu tip malzemelerin işlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

3.1.7. Küçük Parçacıklar Kopması

Kırılma şeklinin daha yaygın daha az zararlı olanıdır. Bu kesme işlemi sırasında kesici takımdan kopan parçacıkların ayrılarak ortaya çıkardığı bir neticedir (Şekil 3.3.f.). Bu kesici takım üstündeki yığıntının, titreşimlerin ve küçük alanlarda kesici takım gerilme değerinin çok üzerine çıkması nedeniyle meydana gelen bir olaydır. Takım bileme işlemi küçük parçacık kopmalarını en aza indirmede çok önemli bir rol oynar.

Sonuçta, ulaşılmak istenen amaç metal plakelerin çatlamlarını, kırılmalarını önlemektir (Şekil 3.3.g). Bu meydana geldiği zaman , takım kullanılmaz hale gelir.



Şekil 3.3. Karbür Kesici Takımlarda Meydana Gelen Bozulmalar. a) Yan Yüzey Aşınması b) Kenar Deformasyonu c) Oyulma d) Kesme Kenarına Dik Çatlaklar e) Whisker Takviyeli Seramik Kesicide talaş derinliğinde küçük çentik oluşması f) Kesme Kenarında küçük parçacık Kopması g) Karbür Takımın Kırılması

3.2. İşleme Şartları

Tek uçlu tornalama veya frezeleme testlerinde kesme takımlarının kabiliyetlerini belirlemek için, kesme şartlarının uygun değerleri seçilir (özellikle kesme hızı ve ilerleme oranı). İş parçası malzemenin seçimi kesici takımların seçiminde olduğu gibi yapılır. Takım ömrü kriterleri tanımlanır ve iş parçası malzemeleri ve kesme şartları ile makine deney şartları olarak adlandırılan Tablo 3.1'e göre düzenlenir.

Test yapma işlemi şu şekilde yürütülür.

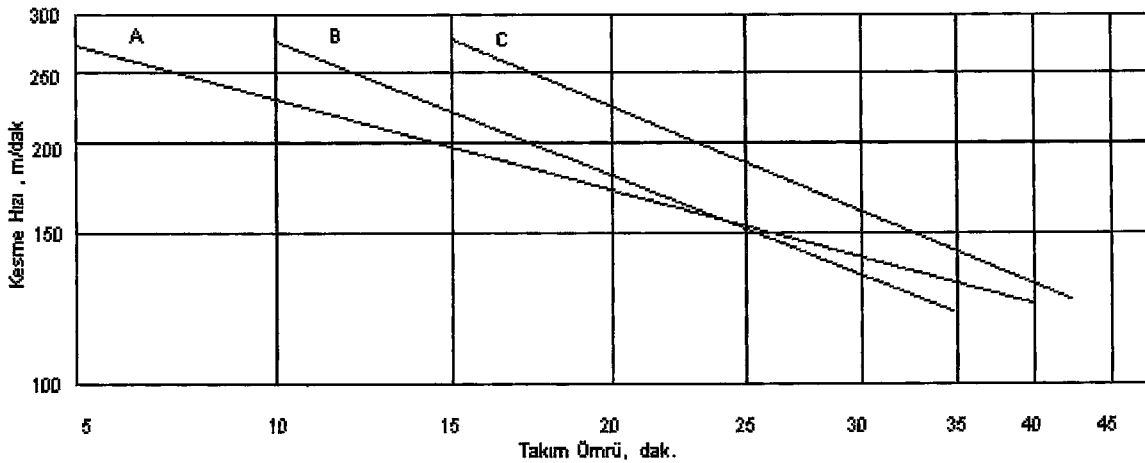
Tablo 3.1. Takım Ömrü Deneyleri İçin Örnek Bir Tablo

Deney	İş Malzemesi	Kesme Hızı m/dak.	İlerleme Hızı , mm/dev.	Talaş Derinliği, mm
1.....	A	150	0,25	Sabit
2			0,50	"
3			0,75	"
4	A	210	0,25	"
5			0,50	"
6			0,75	"
7	A	275	0,25	"
8			0,50	"
9			0,75	"
1	B	90	0,25	"
2			0,38	"
3			0,50	"
4	B	150	0,25	"
5			0,38	"
6			0,50	"
7	B	210	0,25	"
8			0,38	"
9			0,50	"

Not: Karbür Takımlar İçin Takım Ömrü Ölçütleri: Yan veya ön yüzey aşınması =0,38 mm, Oyulma=0,13 mm, Küçük parçacık kopması ve takımın deformasyona uğraması meydana geldiği zaman

-Aşınma performansındaki farklılıklar, tokluk, deformasyon direnci ve diğer hata mekanizmalarını tanımlanır.

-Şekil 3.4'te gösterildiği gibi takım ömrü ve kesme hızı arasındaki ilişkiyi gösteren eğriyi belirleyin. Takım ömrü eğrileri takım ömrü eksponenti ve eğriler arasında bir karşılaştırma imkanı sağlar. Bu ise işleme ekonomisi ve takım ömrü formüllerinde geniş bir şekilde kullanılır.

**Şekil 3.4. Karbür Takımlar İçin Takım Ömrü Eğrileri**

4. TAYLOR'UN TAKIM AŞINMASI DENEYİ

4.1. Tanımlar

4.1.1. Takım Aşınması

Talaş kaldırma işlemi sırasında takımın malzeme kaybetmesi veya deformasyona uğraması ile orijinal şeklinin değişmesine denir.

4.1.2. Takım Aşınmasının Ölçülmesi

Takım aşınma miktarını belirten değerlerin ölçüsüne denir.

4.1.3. Takım ömrü Kriteri

Bir olayın meydana gelişi veya takım aşınma ölçümünün önceden tanımlanan başlangıç değerine denir.

Deneyin amacı tornada tek uçlu torna kalemi ile takım ömrü testlerinin yöntemlerini ve standart şartlarını sağlamaktır. Bunun içinde;

- Karşılaştırılabilir farklı kaynaklardan sonuçları ,
- Minimumda tutulabilecek test sonuçlarının dağılımını belirler.

Benzer testlerin amacı;

- İş parçası malzemesi veya işleme özelliklerini tanımlamak,
- Takımların malzemelerine veya profillerine göre karşılaştırılması,
- Kesme sıvılarının karşılaştırılması,
- Tavsiye edilen kesme verilerinin tanımlanması olabilir.

Bu standartta bazı şartlar standartlaştırılmıştır. (Örneğin takım geometrisi ve kesme şartları gibi). Takım ömrü testlerinde talaş kaldırma işlemi için iş parçası malzemesi, kesici takım malzemesi ve kesme sıvısının türü gibi etkenler de değişken olarak değerlendirilir. Fakat bu değişkenler fiziksel birimler ile kolayca açıklanamazlar. Bunun için daha detaylı bir kimyasal analiz ve üretim yöntemi gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Bundan dolayı referans malzemelere ihtiyaç vardır. Referans malzemeleri detaylı olarak tarif edilmesine rağmen talaş kaldırma işlemlerindeki davranışlarında farklılıklar görülebilir.

Bu uluslararası standart ile esas problem bir veya birkaç şarta bağlı olarak çok iyi karşılaştırılabilirlik sağlanabilir. Eğer daha fazla şart standartlaştırılırsa, daha geniş bir

kullanım alanı sağlar. Eğer satın almak için bilgiler elde etmek ve iş malzemesinin işlenebilirliğini test etmek gerekir ise bu standart kesme şartları, standart takım geometrisi, takım ömrü kriterleri, referans takımları ve referans kesme sıvılarından bir tanesinin kullanımı ile yapılabilir. Sonra bu sonuçlar başka bir yerde elde edilenler ile karşılaştırılabilir. Bir çok durumda bu uluslar arası standardın dışını çıkılabilir. Örneğin bu standartla tarif edilen testlerde kullanılan dökme demir ve alaşımsız çeliklerden farklı iş malzemeleri , referans olmayan takım malzemesi kullanmayı zorunlu kılabilir. Ve belki de standart takım geometrisi en iyi seçim olmayabilir. Eğer sapmalar zorunlu ise bu standart kullanılabilir.

4.2. İş Parçası Malzemesi

Prensipte test edilecek cisimler malzemelerin kendi özelliklerine göre seçmek serbesttir. Bununla birlikte test cisimleri arasındaki karşılaştırılabilirliği yükseltmek için referans malzemesi kullanmak gerekir. Özellikleri içerisinde malzemeler işlenebilirliğindeki etkiler ile değişiklik gösterebilir.

Malzemenin , kimyasal bileşimi, fiziksel özellikleri, mikro yapısı, sertliği, iş parçası malzemesinin üretim yöntemi ve bütün ısıtma işlemleri test raporunda belirtilmelidir.

4.2.1. Deney Numuneleri İçin Standart Şartlar

Teste başlamadan önce malzemenin imalattan dolayı meydana gelen dış kabuğundaki kusurlar talaşlı imalat yöntemi ile kaldırılmalıdır. Eğer dış kabuğun etkileri test edilecek ise bu işlem hariç tutulur. Plastik şekillendirilmiş yüzeyler, test takımının temas etmesi sonucu iş parçasında meydana gelmiş anormal çalışma sertleşmesi yüzeyleri ve diğer yanmış yüzeyler mümkün olduğu kadar önceki şartları oluşturmayacak şekilde keskin bir takım ile talaş kaldırarak temizlenmelidir. Bununla birlikte takımın ilk pasoları ile elde edilen normal çalışma sertleşmesi yüzeylerinin kaldırılmasına gerek yoktur.

İş parçasının uzunluk/çap oranı 10'dan daha büyük olması tavsiye edilmez. Titreşim meydana geldiği anda test durdurulmalıdır.

İş malzemesinin sertliği her bir test çubuğunun veya tüpünün bir ucunun kesitinden ölçülmelidir. Ölçme yöntemi ve ölçüm noktalarının yeri test raporunda belirtilmelidir.

Malzemenin niceliksel metalografisi (mikro yapı, tane büyüklüğü, katkı miktarı vs.) tavsiye edilir. Fotomikrografikler rapora eklenmeli ve büyütme x100 ve x500 arasında olmalıdır.

Torna aynası ve fener milinin dengesi düzgün olmalıdır. İş parçası ayna ile punta arasında bağlandığı zaman iş parçasındaki aşırı yüklenmeyi önlemek için özel dikkat sarf etmek gerekir. 90 mm çapın üzerindeki iş parçaları için delikli ayna kullanılması tavsiye edilir.

4.3. Referans İş parçası Malzemeleri

4.3.1.Çelik

Çelik referans malzemesi ISO 683-1 'e göre C 45 E4 sıcak çekilmiş orta karbonlu çelik şunları içermelidir.

C %	Si %	Mn %	S %	P %
0.42 - 0.50	0.10 - 0.40	0.50 - 0.80	Max. 0.035	Max. 0.035

Eğer mümkünse esas değerleri kullanmak tavsiye edilir. Aşağıda verilen elementlerin yüzdesi verilenlerden yüksek ise referans malzemesi olarak kullanılmaz.

Ni %	Cr %	Mo %	V %	Cu %
0.20	0.15	0.05	0.02	0.20

Çelik alüminyum ile dioksitlenmelidir ve minimum alüminyum içeriği % 0,01 olmalıdır, maksimum alüminyum içeriği ise % 0,03 olmalıdır. Özel arındırıcılar kullanılmamalıdır.

Azot için çeliği analiz etmek gerekir. Çelik sadece kimyasal analizleri bakımından ISO 683-1 ' e uygun olmalıdır. Elementlerin sınırları ve arındırma pratikleri sipariş

zamanındaki N, Al, Cu, V, S, P, Mo, Cr, Ni, Mn, Si ve C 'nin analizleri ve çelik üreticileri ile tartışılmalıdır.

Test sonuçlarındaki yayılmayı düşürmek için yukarıda belirtilenlerden daha yakın limitler içerisinde gerçek alaşımlarda malzeme elde etmek için çalışılmalıdır.

Mikro yapılar belirlenmeli ve kaydedilmelidir.

Tavsiye edilen referans iş malzemesi için tavsiye edilen test çubuğu çapı 90 mm olmalıdır. Gerçek ilk çap raporda belirtilmelidir. Eğer başka malzemeler test edilecekse test edilen bölgede daha homojen bir yapı ede edebilmek için küçük çapları kullanmak gerekir. Eğer kesme hızı veya dengenin nedenleri gerekli ise daha büyük çaplara ihtiyaç olabilir. İçi boş tüp şeklindeki malzemeleri test etmek için maksimum 40 mm et kalınlığının olması tavsiye edilir.

Test çubukları veya tüpleri gerekli uzunlukta kesildikten sonra ISO 683-1' e göre belirlenmiş değerlerde sertlikleri normalize edilir. İş parçası malzemesinin test değişkeni olmadığı yerlerde test amacına ulaşmak için sertlik yakın toleranslar içerisinde olması tavsiye edilir. Gerçek sertlik değerleri ve ölçüm noktaları raporda belirtilmelidir.

4.3.2. Dökme Demir

Dökme demir referans malzemesi ISO 185' e göre olmalıdır. Her bir test çubuğunun mikro yapısı aşağıda belirlenenler içerisinde flake grafit ile % 100 perlit matriksini içermelidir.

- Serbest demir karbür % 0
- Serbest ferrit maksimum % 5
- Düzenli (demir -demir fosfat ötektik) maksimum % 5
- Grafit sadece yassı grafit
- Perlit dengeli

İş parçası malzemesinin test değişkeni olmadığı yerde test amaçlarına ulaşmak için sertlik değerleri ISO 185' de belirtilen en yakın toleranslarda olmalıdır. Gerçek sertlik değerleri ve ölçüm noktaları raporda belirtilmelidir. İş parçası malzemesinin referans malzemelerinden birinin olmadığı durumda sertlik değeri, kimyasal bileşim, fiziksel özellikler, mikro yapılar ve iş malzemesinin üretim şeklinin tüm detayları ve bütün ısıl işlemler eğer mümkünse raporda belirtilmelidir.

4.4. Kesici Takım Malzemesi

Prensipte test cisimlerini kendi özelliklerine göre test takımı olarak seçmek serbesttir. Bununla birlikte test cisimleri arasında karşılaştırılabilirliği yükseltmek için referans takım şekilleri ve takım malzemeleri kullanılması tavsiye edilir.

Bütün kesme testlerinde takım malzemesi tek başına test değişkeni değildir. Test cisimleri ile tanımlanan uygun referans takım malzemeleri ile araştırmalar desteklenmelidir.

Bu özellikler içerisinde takım malzemeleri, performanslarındaki etkilerin sonucu ile değişiklik gösterebilir. Buna benzer problemleri en aza indirebilmek için belirlenen bir takım malzemesine yakın koşul, pratik olarak uygulanabilen ve mümkün olduğu kadar doğruluk sağlamak için desteklenmelidir.

Referans takım malzemeleri herhangi bir kaplamaya veya yüzey işlemine sahip olmamalıdır. Eğer takım malzemesinin kendisi, kaplaması veya yüzey işlemi test değişkeni ise malzemenin sınıfı, fiziksel özellikleri, mikro yapı sertliği ve üretim yöntemi detaylı olarak raporda belirtilmelidir.

4.4.1. Yüksek Hız Çeliği Takım Malzemesi (HSS)

HSS referans takım malzemesi, ISO 4957'ye göre kaplanmamış ve kobalt içermeyen (S 2 ve S 4) veya kaplanmış kobalt alaşımlı (S 8 ve S 11) olabilir.

4.4.2. Sinterlenmiş Karbürler

Sinterlenmiş referans takım malzemeleri ISO 513' göre dökme demirleri işlemek için K 10 ve çelikleri işlemek için de P 10 olmalıdır. Çünkü aynı gruptaki karbür kaliteleri imalatçılar arasında değişkenlik gösterebilir, ve karşılaştırmaları birbirlerine benzemez. Referans kalitesi olarak özel bir üreticinin kalitesini seçmek tavsiye edilir.

4.4.3. Seramik Kesiciler

Bunlar mümkün olduğu kadar bileşenleri, fiziksel özellikleri ve kaliteleri ile test raporlarında ayrıntılı bir şekilde tanımlanmalıdır.

Referans seramikleri şunlar olmalıdır.

-Minimum % 70 Al_2O_3 içeren, Al_2O_3 esaslı ve ZrO_2 , titanyum karbür (TIC) veya titanyum nitrit (TIN) katkılı seramikler;

- % 90 Si_3N_4 içeren, Si_3N_4 esaslı ve Y_2O_3 ve/veya Al_2O_3 katkılı seramik malzemeler.

4.4.4. Diğer Takım Malzemeleri

Test değişkeni olarak diğer takım malzemeleri kullanıldığı zaman malzeme sınıfı ve eğer mümkün ise kimyasal bileşimi, sertliği ve mikro yapısı test raporunda belirtilmelidir.

4.5. Kesici Takım Geometrisi

Takım geometrisi ISO 3002-1'e göre tanımlanır. Tek uçlu bir torna kesicisinin talaş ve yan yüzey, kesme kenarının durumunu tanımlamak için gerekli açılar Tablo 4.1' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Standart Takım Açıları

Kesici Takım Malzemesi	Talaş Açısı γ	Boşluk Açısı α	Eğim Açısı λ	Ayar Açısı κ_r	Uç Açısı ϵ
Yüksek Hız Çeliği	25	8	0	75	90
Sinterlenmiş Karbür	+6	5	0	75	90
	-6	6	-6	75	90
Seramik	-6	6	-6	75	90

Takım malzemesinin test değişkeni olmadığı bütün kesme testlerinde Tablo 4.1'de verilen takım geometrilerinin birisi kullanılarak yapılır. Seramik ve sinterlenmiş karbür takımların kullanılması durumunda ise plaket tipine göre açıları değişir. Sert lehim ile birleştirilmiş veya çeşitli şekilde yapıştırılmış plaketler referans takımı olarak kullanılmamalıdır.

Takım tezgaha doğru olarak bağlanmalıdır. Sadece çelik ve benzeri alaşımları işlemek için, kullanılan sinterlenmiş karbürler kesme kenarlarında r_n radyüsüne sahip olmalıdır.

Eğer $r_e = 0,4 \text{ mm}$, ise $r_n = 0,02$ ila $0,03 \text{ mm}$ arasında olmalı,

Eğer $r_e = 0,4 \text{ mm}$, ise $r_n = 0,03$ ila $0,05 \text{ mm}$ arasında olmalıdır.

Seramikler için kesme kenarının konumu şekil 4.1'de ki görünüşe göre olmalıdır. r_n değerleri bileme ile elde edilmeli ve test raporunda belirtilmelidir. Bütün kesici takımlar için bilenecek elde edilen normal keskin takımlar kullanılmalıdır.

4.6. Diğer Kesici Takımlar

Nikel esaslı ve ısıya dayanıklı malzemeleri işlemek olağan dışı zordur. Standart takım geometrisinden farklı bir geometri gerektirebilir fakat bu geometri standart geometrinin kullanılmasının mümkün olmadığı durumda kullanılmalıdır. Bazı durumlarda veya takım geometrisinin test değişkeni olduğu durumda şu bilgiler test raporunda belirtilmelidir.

- a) Çalışma açılarına göre ve takım açılarının değerleri
- b) Kesme kenarının konumu; normal olarak keskin, önceden tayin edilmişmiş radyüs veya pah.

4.7. Takım İçin Standart Kesme şartları

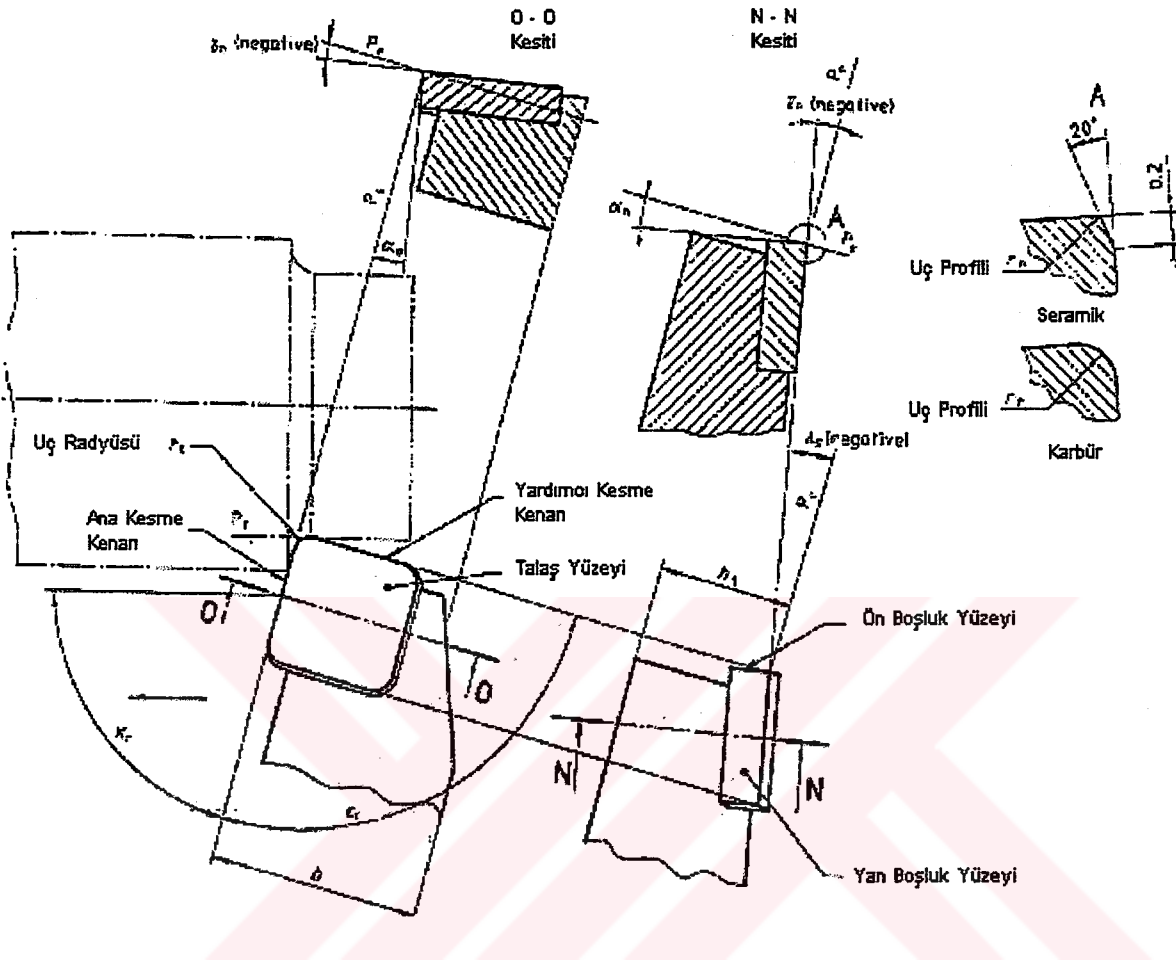
Takım Tipi ve ölçüsü; Düz kaba talaş kalemi kullanılmalıdır. Katerler için $h_1 \times b$ ölçüleri ISO 5610'a göre olmalıdır.

HSS takımlar için 25 mm x 16 mm,

Sinterlenmiş karbür takımlar için 25 mm x 25 mm,

Seramik takımlar için 32 mm x 25 mm kesit ölçülerinde olmalıdır.

Kater malzemesi 1200 N/mm^2 'den fazla (1200 MPa) çekme dayanımına sahip çelik olmalıdır.



Şekil 4.1 Takım Açılarının Gösterimi

Kesicinin ucu ile takımın bağlandığı kalemlik arasındaki mesafe 25 mm olmalıdır.

ISO 883'e göre, sinterlenmiş karbür takımlar $12,7 \text{ mm}^2$ ve negatif talaş açısı için 4,76 mm, pozitif talaş açısı için 3,18 mm kalınlığında olmalıdır.

Seramik takımlar için ISO 9361-1 ve 9361-2'ye göre $12,7 \text{ mm}^2$ ve 4,76 mm kalınlığında olmalıdır.

Takımın yan ve talaş yüzeyi R_a pürüzlülük değeri 0,25 mikromilimetreden büyük olmamalıdır (ISO 468).

4.8. Talaş Kırma Basamağı

HSS takımlar için, eğer talaş kırma basamağı kendisi test değişkeni değil ise kullanılmamalıdır. Test etme işleminde sinterlenmiş karbür ve seramik takımlar için

talaş kırma basamağı kullanımına müsaade edilir. Talaş kırma basamağı, bu takım malzemeleri kullanıldığı zaman bir emniyet faktörü olarak gereklidir.

Eğer talaş kırma basamağı kullanılıyor ise plaketin üzerine düz olarak dayanmalıdır.

4.9. Kesme Sıvısı

Kesme sıvısı HSS takımlar ile çelik malzemeler işlenirken kullanılmalıdır. Eğer HSS takımlar katastrofik bozulmalara karşı test ediliyor ise soğutma sıvısı kullanılmamalıdır.

Seramik ve sinterlenmiş karbür takımlar ile çelik malzemeler işlendiği zaman normal olarak kesme sıvısı kullanılmaz.

Dökme demir malzemeler işlendiği zamanda kesme sıvısı kullanılması tavsiye edilmez.

Kesme sıvısı, yoğunluğu, suyun sertliği, ve çözelti veya karışımın pH değeri, aktif elementlerinin simgesi veya ticari markası ile açık şekilde tanımlanmalıdır.

4.10. Standart Kesme Şartları

Bütün testler için f ilerleme hızı, a talaş derinliği veya r uç radyüsü tek başlarına test değişkenleri değildir, test değişkenleri bir veya birkaç değişkenin birleşmesinden meydana gelmelidir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Standart Kesme Şartları

Kesme Şartları	A	B	C	D
İlerleme, f , mm/dev	0.1	0.425	0.4	0.63
Talaş Derinliği, a , mm	1	2.5	2.5	2.5
Uç Radyüsü, r_e , mm	0.4	0.8	0.8	1.2

4.11. Diğer Kesme Şartları

İlerleme , talaş derinliği veya uç radyüsünün test değişkeni olduğu zaman standart şartlardan bir tanesini seçmek imkansız ise, Şekil 4.2 de gösterilen üçgen bölgeler içerisinde talaş derinlikleri ve ilerlemelerin gösterimlerinin kesişme

noktalarında seçilen değerlerde ve zamanda sadece bir parametrenin değiştirilmesi tavsiye edilir. Üçgen bölgelerin limitleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Diğer Kesme Şartlarının Sınırları

Minimum Talaş Derinliği	Uç Radyüsünün 2 Katı
Maksimum Talaş Derinliği	İlerlemenin 10 katı
Maksimum İlerleme	Uç Radyüsünün 0.8 Katı
* Daha küçük bir talaş derinliği takım aşınmasının ölçümünü daha fazla zorlaştırabilir ve daha az hassas ölçülmesine neden olabilir.	

4.12. Kesme Hızı

Talaş kaldırılacak iş paçası yüzeyinden dakikada metre cinsinden alınan yol olarak tanımlanmalıdır. Ayrıca kesme hızı takım kesme işlemine başladıktan sonra kesme hareketin sonucu olarak kesme hızındaki herhangi bir kayıp da ölçülmelidir. En az dört farklı kesme hızı, her bir kesme şartı için seçilmelidir. Genelde kesme hızları, yüksek hızlarda 5 dakikadan az olmayan takım ömrü şeklinde seçilmelidir. Seramik takımlar için ise 2 dakikadan az takım ömrü olmamalıdır.

Pahalı malzemeler işlendiği zaman kısa takım ömrü alınabilir fakat bu da 2 dak. dan az olmamalıdır.

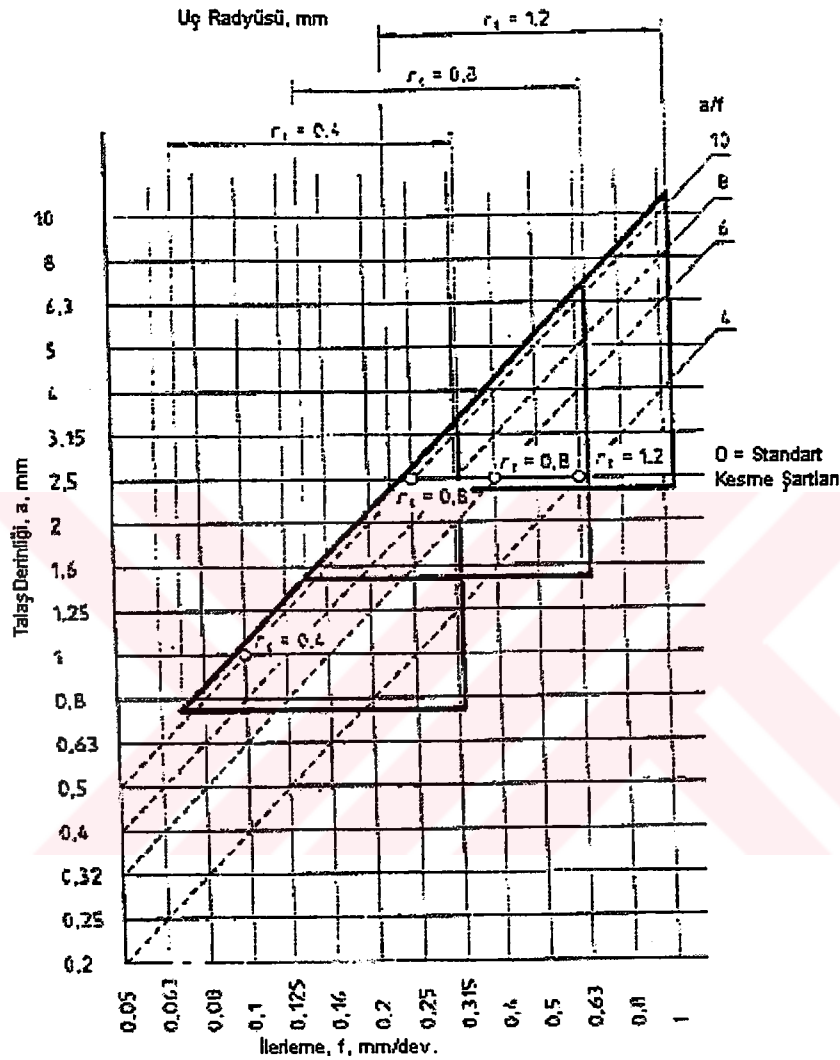
Kesme hızı takım ömrü eğrisinde yeterli boşluk noktaları elde etmek için yaklaşık iki katı takım ömrü ile sonuçlanacak uygun kesme hızı oranı tavsiye edilir. Oranlar ISO 3 ve/veya ISO 229 verilen geometrik sıradan seçilebilir.

4.13. Takım Aşınması Ve Takım Ömrü Kriterleri

Takım ömrü testinin faydası kesici takımlarının kullanışlı ömürlerine etki eden bir veya daha fazla faktörün nasıl etkidiğini deneysel olarak tanımlamaktır.

Kesici takımının kullanışlı takım ömrü farklı talaş kaldırma işlemlerinde değişir. Meydana gelebilen en basit durum takım komple kullanılmaz hale gelir. Bir çok durumda takım büyük oranda aşınır ve iş parçası takım tarafından daha az işlenir. Örneğin işlenen yüzeylerin pürüzlülüğü çok yüksek olur, kesme kuvvetleri yükselir ve

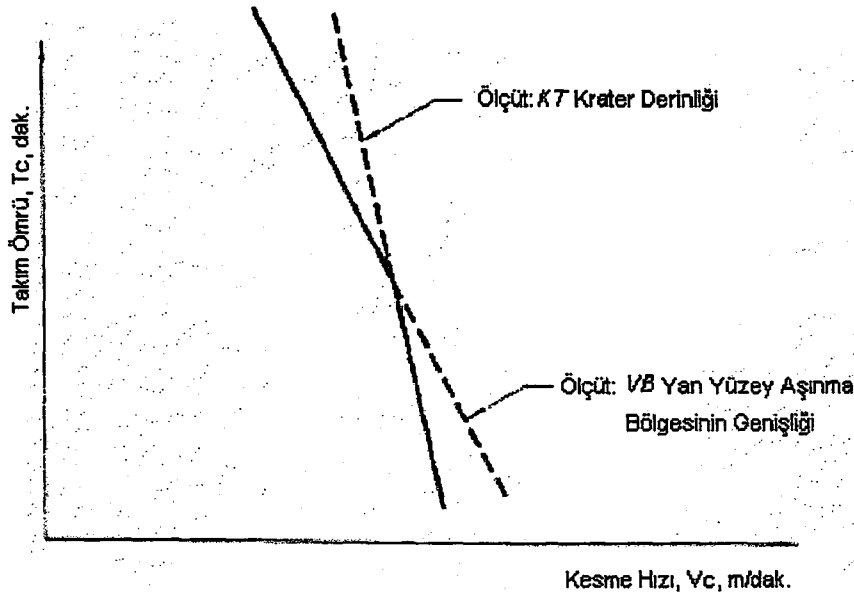
toleransın dışında zararlara ve titreşime neden olur, takım aşınma hızı yükselir. Bundan dolayı ölçüsel toleranslar elde edilemez.



Şekil 4.2. Kesme Şartlarının Sınırları

4.13.1. Takım Ömrü Kriterleri

Belirli testlerde kullanışlı takım ömrünün sonucuna katkıda bulunacağına inanılan aşınma türü, takım ömrü kriterlerinin birinin seçimine kılavuz olarak kullanılabilmelidir. Kullanılan kriter ve değerin türü test raporunda belirtilmelidir. Eğer etkili olacak aşınma türü açık değil ise, iki vc-Tc eğrisi sonuçları veya vc-Tc eğrisinin kırık şekli ile sonuçlanan karışık kriterlerden birisini kullanmak mümkündür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Birleştirilmiş Yan Yüzey ve Oyulma Aşınmalarının Kırık $V_c - T_c$ Eğrileri (Logaritmik Skala)

4.13.2. HSS Takımlar İçin Genel Kriterler

HSS takımlar için kullanılan en yaygın kriterler şunlardır.

a) Yan yüzey aşınma bölgesinin maksimum genişliği VB_{max} 0,6 mm dir. Yan yüzey düzgün olarak yanmamalı, çatlamamalı, küçük parçacıklar kopmamalı veya kötü şekilde oyulmamalıdır.

b) Eğer yan yüzey aşınma bölgesinde göz önüne alınabilecek düzgün aşınma yok ise, yan yüzey aşınma bölgesinin ortalaması $VB = 0,3$ mm olmalıdır.

c) Katastrofik olumsuzluklar.

4.13.3. Sinterlenmiş Karbür Takımlar İçin Kriterler

Sinterlenmiş karbür takımlar için kullanılan en yaygın kriterler şunlardır.

a) Eğer yan yüzey aşınma bölgesi düzgün olarak aşınmamış ise, yan yüzey aşınma bölgesinin maksimum genişliği $VB_{max} = 0,6$ mm olmalıdır.

b) Eğer yan yüzey aşınma bölgesinde göz önüne alınabilecek düzgün aşınma yok ise, yan yüzey aşınma bölgesi genişliğinin ortalaması $VB = 0,3$ mm olmalıdır.

c) Formül ile milimetre cinsinden verilen KT krater derinliği

$$KT = 0,06 - 0,3f$$

Standart ilerlemeler için KT değerleri tablo 4.4'de verilmiştir.

d) $KF = 0,02$ mm değerini düşüren krater ön mesafesi

e) işlenmiş yüzeylerin zayıf bitirme işlemlerine neden olan yardımcı kesme kenarındaki krater kırıkları.

Tablo. 4.4. Krater derinlikleri

İlerleme, f , mm/dev.	0.25	0.4	0.63
Oyulma Derinliği, KT , mm	0.14	0.18	0.25

4.13.4. Seramik Takımlar İçin Genel Kriterler

Seramikler için kullanılan en yaygın kriterler şunlardır.

a) Eğer yan yüzey aşınma bölgesi düzgün olarak aşınmamış ise, yan yüzey aşınma bölgesinin maksimum genişliği $VB_{max} = 0,6$ mm olmalıdır.

b) Eğer yan yüzey aşınma bölgesinde göz önüne alınabilecek düzgün aşınma yok ise, yan yüzey aşınma bölgesi genişliğinin ortalaması $VB = 0,3$ mm olmalıdır.

4.14. Takım Aşınması Ölçümleri

Doğrudan aşınma bölgesi altında kalarak yan yüzeye yapışan talaş parçacıkları daha geniş bir aşınma bölgesi görünümü verir. Kraterdeki birikintiler de krater derinliğinin değerinin daha düşük olmasına yol açar. Gevşek malzemeler dikkatlice kaldırılmalı fakat kimyasal oyuklar test sonunda hariç kullanılmamalı.

VB yan yüzey aşınma bölgesinin genişliği, takım kesme kenarı düzleminde esas kesme kenarına dik ölçülmelidir. Yan yüzey aşınma bölgesinin genişliği, orijinal esas kesme kenarının konumundan ölçülmelidir.

KT krater derinliği orijinal talaş yüzeyi ile krater tabanı arasında maksimum mesafe olarak ölçülmelidir.

4.15. Takım Tezgahı

Test gerçekleştirilecek olan torna tezgahı test şartları altında gözlenebilecek titreşim veya anormal sapmalar meyil etmeyen iyi şartlarda ve sabitleştirilmiş olmalıdır.

Test yapmak için kullanılan takım tezgahı kullanılacak çok çeşitli fener mili hız oranlarına ve ilerleme hızlarına sahip olmalıdır. Bu, özellikle uygun talaş derinliklerinde talaş kaldırıldığı zaman sabit kesme hızlarında deney yapabilmek için önemlidir.

4.16. Test İçin Gerekli Diğer Araçlar

Şu araçlar özel ölçümler için gereklidir ve belirlenen toleranslarda yeterli çözümleri verebilecek özellikte olmalıdır.

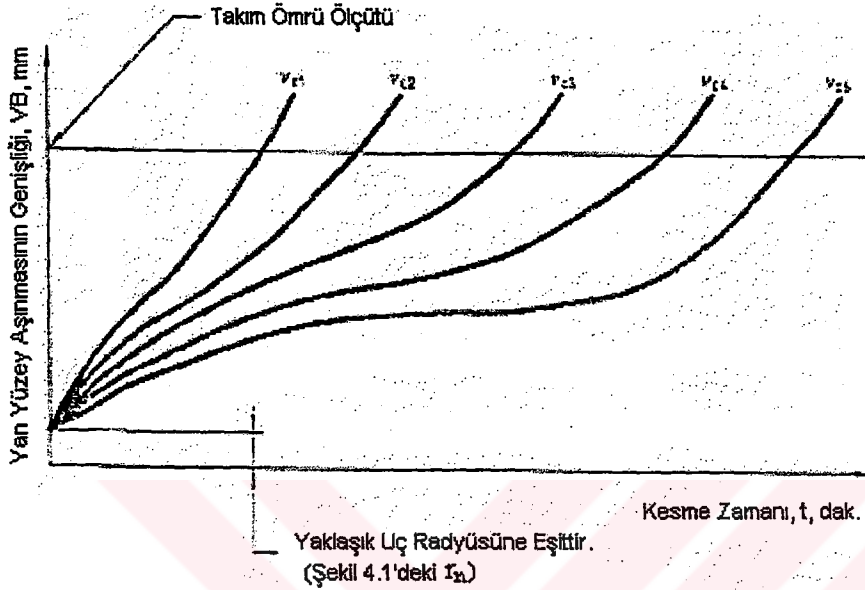
- Takım geometrisini doğru olarak ölçebilecek bir ölçü aleti,
- Takım köşelerinin muayenesi için bir profil projektörü,
- Kesme zamanını kaydetmek için kronometre,
- Yan yüzey aşınmasını ölçmek için mikroskop,
- Krater derinliğini ölçmek için temas noktası yaklaşık 0,2 mm çapında komparatör,
- Eğer krater profilini kaydetmek gerekli ise profil kaydedici,
- İş parçası ve takımın sertliğini ölçmek için sertlik ölçme cihazı,
- İş parçası torna tezgahında bağlı iken yüzey pürüzlülüğünü ölçecek taşınabilir yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı,
- Kesme hızını ölçmek için bir alet,
- İş parçası çapını ölçmek için kumpas,
- Kesme sıvısı akış hızını ölçmek için alet (Bu hacmi bilinen bir kabı doldurmak için gerekli zamanın ölçülmesiyle yapılabilir.).

4.17. Aşınma Çeşitleri

4.17.1. Yan Yüzey Aşınması

Bu aşınma türü, takım aşınması türlerinin en iyi bilinenidir. Bir çok durumda yan yüzey aşınma bölgesi ana kesme kenarının ortalarında düzgün bir genişliğe sahiptir. Yan yüzey aşınma bölgesinin genişliğini ölçmek nispeten kolaydır. Yan yüzey aşınma bölgesinde artan aşınma genişliği takımın kalitesinde bir düşmeye yol açar. Normal olarak bütün kesici malzemeleri son derece yüksek kesme hızlarında kullanılmadığı sürece belirli bir kesme süresinden sonra gözle görülebilir düşük yan yüzey aşınma oranına sahiptir. Yüksek hız çeliği yan yüzey aşınması seramik takımlar ve sinterlenmiş karbürlerin aşınmalarından farklı olarak gelişir.

HSS takımlar yan yüzey aşınmalarının çok az ölçülebilir yükselme periyotlarına sahip olabilirler. Bu olgu özellikle düşük kesme hızlarında dövülebilir malzemelerde meydana gelebilir.



Şekil 4.4. Farklı Kesme Hızları İçin Yan Yüzey Aşınmasının Gelişimi (Lineer Skala)

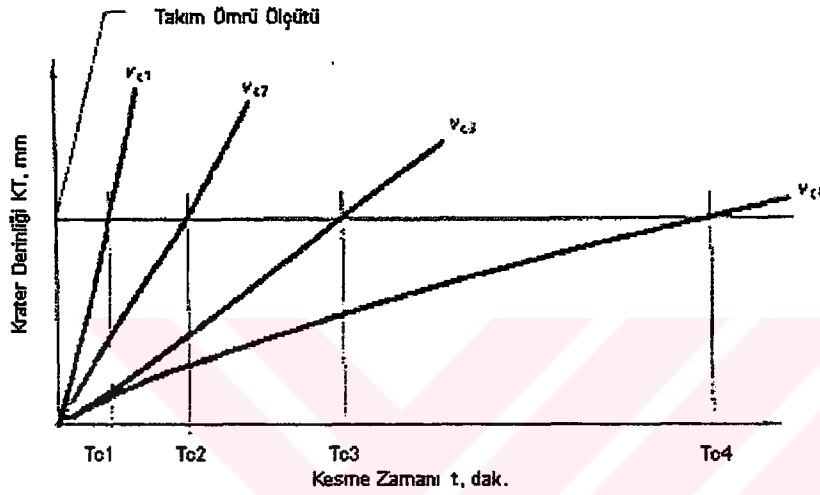
Daha yüksek kesme hızlarında bütün kesici takım malzemelerinin yan yüzey aşınma hızları genellikle düzgün olarak yükselir. (Şekil 4.4) Zamana karşı yan yüzey aşınma oranı görülmektedir. VB maksimum yan yüzey aşınma bölgesinin genişliği uygun bir takım aşınma ölçümüdür ve VB max önceden tanımlanan değeri iyi bir takım kriteri olarak kabul edilir.

Çok küçük bir değer için ilk aşınma oranında çok fazla bir etkiye sahip olmasından dolayı sonuçların daha fazla yayılmasına neden olur. Çok yüksek bir aşınma hızı değeri pahalıya mal olur ve bütün testlerde ulaşılamaya bilir. Düzgün olarak aşınmamış bir yan yüzey kesme kenarında küçük parçacıklar kopmasına neden olabilir.

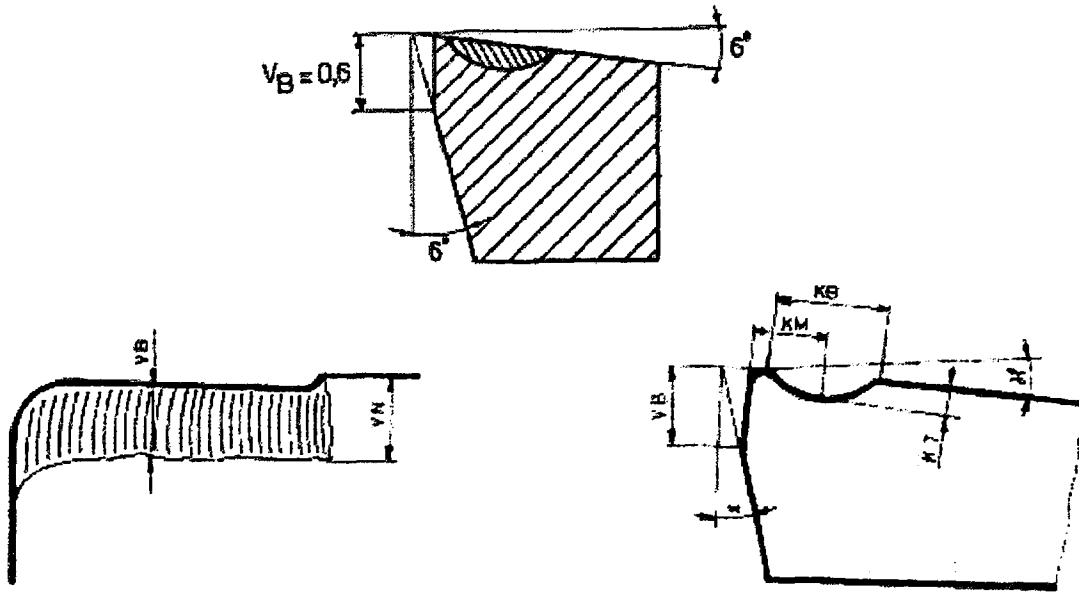
4.17.2. Çentik Aşınması

Bu aşınma türü yan yüzey ile talaş yüzeyi arasındaki esas kesme kenarı üzerinde meydana gelen özel bir takım aşınma türüdür. Takımın değiştirilmesini gerektirir. VB_N çentik aşınmasının uzunluğu ve genişliği takımın hassas olarak ayarlanmasına bağlıdır.

Bu sebeplerden dolayı çentik aşınması yan yüzey aşınma bölgesinin genişliğinin değerlendirilmesinden sayılmaz. Diğer bütün takım aşınmalarının sabit olmadığı çentik aşınmasının olduğu özel durumlarda çentik aşınmasının uzunluğu takım aşınmasının ölçülmesinde kullanılabilir. VB değeri benzer durumlarda takım kriteri olarak kullanılabilir.



Şekil 4.5 Farklı Kesme Hızları İçin Krater Derinliğinin Geliştirilmesi, $V_{c1} - V_{c4}$. (Doğrusal Skala)



Şekil 4.6. Yan yüzey ve krater aşınmalarının takım üzerinde gösterimi

4.17.3. Oyulma

Krater aşınması olarak da bilinen bu aşınma yüzey aşınma türünün en yaygın olarak meydana gelenidir. KT krater derinliği takımın ölçülmesi ve önceden belirlenen krater derinliği takım ömrü kriteri olarak kullanılabilir. Krater aşınması karbür kesiciler için HSS ve seramik kesicilerden daha önemlidir. Tavsiye edilen uygun değerler 4.12.3. te verilmiştir.

Kesme kenarına göre kraterin konumu da biraz öneme sahiptir. Kesme kenarından uzak geniş krater , kesme kenarına yakın dar kraterden daha az tehlikelidir.

Ana kesme kenarına kraterin ön kenarından uzaklığı, eğer katastrofik yetersizlikler elimine edilebilirse takım ömrü kriteri olarak kullanılabilir.

Bu takım ömrü kriteri olarak verilen ilerleme ilişkisinde KT değerlerinin sebeplerinden birisidir. Özel işlemler için KM krater merkez mesafesi ve KB krater genişliği ilave bilgiler olarak ölçülebilir. Bununla birlikte bu bilgiler takım ömrü kriteri olarak kullanılamazlar.

KM krater merkez mesafesi (orijinal kesme kenarı ile kraterin en derin noktası arasındaki mesafe) ana kesme kenarına dik ve yüzeye paralel ölçülür.

KB krater genişliği (orijinal ana kesme kenarı ve kraterin arka kenarı arasındaki mesafe) ana kesme kenarına dik talaş yüzeyine dik olarak ölçülür. KM krater merkezi mesafesi sadece ilerlemeye bağlı değil aynı zamanda iş ve takım malzemesine de bağlıdır. Krater oranı K ($K=KT/KM$) bezen hesaplanabilir. Seçilen bir değer takım ömrü kriteri olarak kullanılabilir ve yaklaşık olarak K değeri 0,1 olması tavsiye edilir.

4.17.5. Ön Yüzey Aşınması

Tornalama işleminde işlenen yüzey, takım ucu ve yardımcı kesme kenarı ile şekillendirilir. Bu işlenen yüzeylerde bir etkiye sahip aşınmanın bir sonucu olarak takım ucundaki herhangi bir değişiklik anlamına gelir.

Küçük ilerlemeler ile ince talaş ile tornalama işleminde, belirli bir kesme işleminden sonra düşük yan yüzey aşınmasında bir veya birkaç çentik bulunur. Bu çentikler işlenen yüzeylerin pürüzlülüğünde artmaya neden olur. Takım aşınmasının bu türünün doğrudan değerlendirilmesi zordur fakat etkileri işlenen yüzeylerin pürüzlülüğünün ölçülmesi ile belirlenebilir. Pürüzlülüğün gerçek değeri takım ömrü kriteri olarak kullanılabilir. Yüzey pürüzlülüğü, ince talaş ile tornalama işlemlerinde

kriteri olarak kullanılabilir. Yüzey pürüzlülüğü, ince talaş ile tornalama işlemlerinde uygun bir kriterdir. Mikrometre cinsinden, ISO 468'e göre şu R_a değerleri kullanılır.

0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5.

Düşük yan yüzey aşınması oksitlenmesi, yüksek ilerleme ve yüksek kesme hızlarının neden olduğu yüksek sıcaklıklarda karbür takımlar ile tornalama işleminde takımın tahrip olmasına yol açar. Buna benzer durumlarda takım $VB = 0,3$ mm ölçüsünden veya tavsiye edilen KT değerine ulaşılmadan kullanılmaz hale gelir. Benzeri durumlarda düşük yan yüzeyin tahrip olması ile meydana gelen işlenmiş yüzeylerdeki ani bozulma takım ömrü kriteri olarak kullanılmalıdır.

4.17.6. Takım Köşesinin Deformasyonu

Zor kesme şartları ile karbür takımlar ve HSS' nin tahrip olmasına yol açabilir. Seramikler ise pratik kesme şartları altında plastik deformasyona uğramazlar.

Takım köşesinin deformasyonu tek başına takım ömrü kriteri olarak kullanılmamalıdır; bununla birlikte HSS takımların katastrofik bozulmaları daha düzgün şekilde olacaktır ve karbür takımların daha şiddetli oksitlenmesi sonucunu meydana getirecektir. Takım kesmeye başladıktan hemen sonra başlayan deformasyon zor kesme şartları ile meydana gelir. Benzeri durumlarda takım ömrü genellikle çok kısadır.

4.17.7. Küçük Parçacık Kopması

Kesme kenarından küçük parçacık kopması ve ısıya bağlı çatlama gevrek takım malzemeleri için çok önemlidir. Isıl çatlama ve küçük parçacık kopmasının miktarı VB yan yüzey aşınmasının maksimum genişliğinin büyüklüğü ile değerlendirilir. Bundan dolayı $VB_{max} = 0,6$ mm' lik değeri takım ömrü kriteri olarak değerlendirilir.

4.17.8. Katastrofik Bozulmalar

Artan sıcaklık ve birleşik yükler altında verimli bir kesme süresinden sonra kesme kenarının hızlı tahrip olması HSS takımlar için güvenilir bir kriterdir. Bu aynı zamanda zor kesme şartları altında seramik ve karbür takımların test edilmesinde de kullanılabilir fakat genel olarak bu tavsiye edilmez.

4.18. Yüzey Pürüzlülüğü, Kesme Kuvvetleri ve Sıcaklık

Yüzey pürüzlülüğü ince talaş kaldırma işlemlerinde çok yaygın olarak kullanılan bir kriterdir.

Kesme zamanı ile sıcaklık ve kesme kuvvetlerinin yükselmesi adapte edilebilir kontrol sistemleri ve bilimsel araştırmalarda takım ömrü kriterleri için temel olarak kullanılır.

Yüzey pürüzlülüğü , kuvvetler ve sıcaklık tamamlayıcı bilgi olarak ölçülebilir.

Talaş oluşumu takım ömrünü tanımlamak için normal olarak kullanılmaz. Talaş şekli, bununla birlikte kontrol elemanı olarak kullanılır.

4.19. Takım Ömrü İçin Hazırlık Testi

Aşırı kesme zamanı kaybını önlemek ve anlaşılır bir takım ömrü ile sonuçlanacak kesme hızını tanımlamak için gerçekleştirilen hazırlık takım ömrü testi tavsiye edilir. Kesme keyfi seçilen düşük bir kesme hızında makinenin ayarlanması ile yapılmalıdır. Eğer gerekli ise talaş kırıcı mesafesi kabul edilebilir bir talaş şekli elde edilinceye kadar ayarlanmalıdır. Dikkate alınan kesme süresi kısa tutulmalıdır. Takım olumsuzluklar görülünceye kadar denenmelidir ve eğer hiçbir gözükmeyen kesme hızı yükseltilecek daha fazla kesme yapılmalıdır. Bu işlem takım bozuluncaya kadar devam etmelidir.

Bu ana kadar elde edilen takım ucu raporda belirtilmemelidir. Bununla beraber doğru işlem seviyesini kurmak için bir değerdir. Düşük kesme hızlarında test sırasında alınan kesme zamanı takım bozulması meydana geldiği andaki işlemde kesici takımın takım ömrü oranı önemsizdir.

İlk takım ömrü testleri için kesme hızı takım ömrü kavisinin k eğrisi hesaplanarak tanımlanır.

Milimetrik kağıt kullanılarak hesaplanan eğime sahip çizgi bu hazırlık testinde elde edilen takım ömrü noktasından geçecek şekilde çizilir.

Bu çizgi arzu edilen ilk takım ömrü için kesme hızını tanımlamada kullanılabilir. Bu kesme hızı şu formül kullanılarak da hesaplanabilir.

Farklı kesici takım malzemeleri için yan yüzey aşınması takım ömrü çizgisinin eğimini mantığa uygun tahmin etmek için k değerleri şu şekildedir.

$$V_{c2} = V_{c1} \left(\frac{T_{c1}}{T_{c2}} \right)^{-1/k}$$

-HSS: $k=-7$, fakat -12 ve -5 arasındaki değerler alınabilir.

-Sinterlenmiş karbürler: $k=-4$, fakat -6 ila -2,5 arasındaki değerler alınabilir.

-Seramikler: $k=-2$, fakat -2,5 ve -1,25 arındaki değerler alınabilir.

İlk baştaki tahmini değerlere yakın değerler referans takımları ile referans malzemeleri işlendiği zaman sıkça bulunur.

Böylece seçilen kesme hızı seçilen takım ömrüne nadiren sonuç verir, bununla birlikte testin başladığı andaki kesme hızına bir anlam sağlayacaktır. Bazı tecrübeler ile hazırlık testleri göz ardı edilebilir.



5. PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ

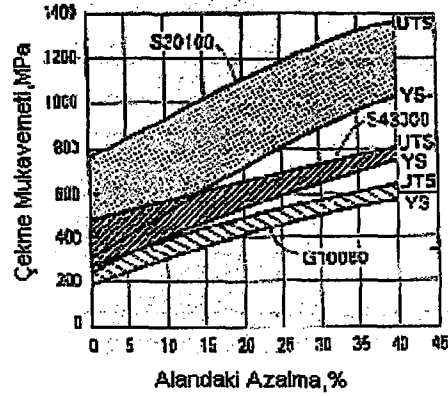
5.1. Genel Malzemeler ve İşlenebilirlik Özellikleri

Çok iyi korozyon ve oksidasyon direnci sağlamak için minimum %11 Cr içermeleri paslanmaz çeliklerin en belirgin özelliğidir. Bununla birlikte paslanmaz çelikler tek bir maddeden meydana gelmezler, her biri kendi mikro yapı özelliğine sahip birkaç alaşım elementinden oluşurlar. Çeşitli oranlarda birleşmişlerdir. Her bir gruptaki birleşim farklılıkları çeşitli kullanım alanlarına uygun çeşitli alaşımlarda üretilirler.

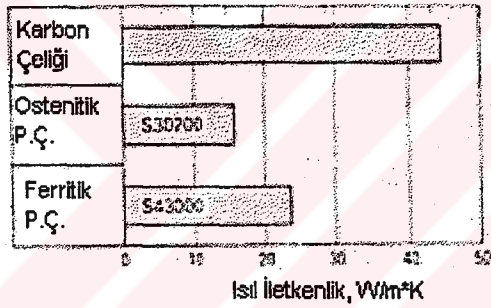
Paslanmaz çeliklerin çok çeşitli olması nedeniyle, işlenebilirliklerini basit şekilde karakterize etmek yanlış bir yol olabilir. Paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği esas alaşım elementine bağlı olarak düşükten yükseğe doğru değişir. Genelde, paslanmaz çelikler Alüminyum ve düşük karbonlu çeliklere nazaran işlenebilmeleri daha zor olarak düşünülür. Paslanmaz çelikler, işlenme sırasında yapışkan olarak karakterize edilirler. Takım ucuna talaşın yapışması, çok ince ve uzun talaşların oluşmasına meyil göstermesi gibi özelliklere sahiptir. Bu özellikler takım ömründe ve yüzey kalitesinde düşmeye neden olabilir. Paslanmaz çelikleri farklı ölçülerde şu özellikleri etkiler (Tipnis,1971).

- Yüksek gerilme dayanımı
- Gerilme ve kopma dayanımı arasındaki büyük dağılım
- Yüksek dövülebilirlik ve tokluk
- Yüksek çalışma sertleşmesi oranı (Şekil 5.1).
- Düşük ısı iletkenlik (Şekil 5.2)

Bu özelliklere göre paslanmaz çelikler uygun şartlar altında işlenebilirler. Genelde paslanmaz çelikleri işleyebilmek için, karbonlu çeliklere gereken güçten daha fazla güç gerekir. Kesme hızları daha düşük olmalı, pozitif ilerleme sağlanmalı, takım ve parça bağlama rijit olmalı ve kesme sırasında iyi bir soğutma ve yağlama yapmaya dikkat edilmelidir (Lula,1986).



Şekil 5.1. S30100 Ostenitik P.Ç. , S43000 Ferritik P.Ç. ve G10080 Karbon Çeliklerinin Çalışma Sertleşmelerinin, Akma ve Çekme Dayanımlarının Arasındaki Dağılımın Karşılaştırılması



Şekil 5.2. S30200 Ostenitik P.Ç., S43000 Ferritik P.Ç. ve Karbon Çeliklerinin Isıl İletkenliğinin Karşılaştırılması (ASM 1989).

5.2. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması

Paslanmaz çelikler 5 gruba ayrılırlar. Dört tanesi gruplarındaki alaşımların özelliklerine göre isimlendirilirler; ferritik, martenzitik, ostenitik ve dubleks (ostenitik artı ferritik). Beşinci grup çökeltme sertleşmeli alaşımlar, mikro yapılarından ziyade ısı işlemin türünü esas alır (Afshort, vd; 1983). Paslanmaz çelikler kolay işlenebilen ve kolay işlenemeyen şeklinde iki gruba ayrılırlar. Kolay işlenebilen alaşımlar beş grup esas alaşımın bazılarını içerir. Kolay işlenemeyen ve kolay işlenen alaşımların istenen şekilde özelliklerini arttırmak mümkündür.

Tablo 5.1 Beş Temel Malzeme Gurubu (ASM 1989, Vol.16)

UNS	ABN	Composition, wt %									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Others
Ferritik Alaşımlar											
S40500.....	405	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50-14.50	...	...	...	0.10-0.30 Al
S40900.....	409	0.08	1.00	1.00	0.045	0.045	10.50-11.75	0.50	...	...	0.05-0.35 Ti
S41000.....	410	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	...	...	...	...
S41025.....	410F	0.12	1.25	1.00	0.060	0.15 max	16.00-18.00	...	0.60	...	...
S41027.....	410FSe	0.12	1.25	1.00	0.060	0.060	16.00-18.00	...	...	...	0.15 min Se
S41400.....	414	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	...	0.75-1.25	...	...
S41200.....	412	0.20	1.00	1.00	0.040	0.030	18.00-23.00	...	...	...	...
S44300.....	443	0.20	1.00	1.00	0.040	0.030	18.00-23.00	0.50	...	...	0.50-1.25 Cu
S44400.....	444	0.025	1.00	1.00	0.040	0.030	17.5-19.5	1.00	1.75-2.50	0.025	0.30-0.40 C + N
S44600.....	446	0.20	1.50	1.00	0.040	0.030	23.00-27.00	...	...	0.25	...
S11200.....	[XCM-14]	0.08	1.25-2.50	1.00	0.04	0.15 max	17.50-19.50	...	1.50-2.50	...	...
S11235.....	...	0.025	0.50	1.00	0.030	0.15-0.35	17.50-19.50	1.00	2.00-2.50	0.025	0.50-1.00 Ti, 0.035 C + N
Martenzitik Alaşımlar											
S41300.....	413	0.15	1.00	0.50	0.040	0.030	11.50-13.00	...	...	...	...
S41000.....	410	0.15	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50-13.00	...	...	...	...
S41400.....	414	0.15	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50-13.50	1.25-2.50	...	...	...
S41600.....	416	0.15	1.25	1.00	0.060	0.15 max	12.00-14.00	...	0.60	...	...
S41610.....	[XCM-6]	0.15	1.50-2.50	1.00	0.06	0.15 max	12.00-14.00	...	0.60	...	...
S41621.....	416Se	0.15	1.25	1.00	0.060	0.060	12.00-14.00	...	...	...	0.15 min Se
S42000.....	420	0.15 min	1.00	1.00	0.040	0.030	12.00-14.00	...	...	...	...
S42010.....	...	0.15-0.30	1.00	1.00	0.040	0.030	13.5-15.5	0.25-1.00	0.40-1.00	...	...
S42020.....	420F	0.15 min	1.25	1.00	0.060	0.15 max	12.00-14.00	...	0.60	...	...
S42023.....	420FSe	0.30-0.40	1.25	1.00	0.06	0.06	12.00-14.00	...	0.60	...	0.15 min Se; 0.60 Zr or Cu
S47100.....	471	0.20	1.00	1.00	0.040	0.030	19.00-17.00	1.25-2.50	...	...	...
S44002.....	440A	0.60-0.75	1.00	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	...	0.75	...	...
S44003.....	440B	0.75-0.95	1.00	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	...	0.75	...	...
S44004.....	440C	0.95-1.20	1.00	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	...	0.75	...	...
S44020.....	440F	0.95-1.20	1.25	1.00	0.040	0.10-0.35	16.00-18.00	0.75	0.40-0.60	0.08	...
S44023.....	440FSe	0.95-1.20	1.25	1.00	0.040	0.030	16.00-18.00	0.75	0.60	0.08	0.15 min Se
Ostenitik Alaşımlar											
S29100.....	201	0.15	3.50-7.50	1.00	0.060	0.030	16.00-18.00	3.50-5.50	...	0.25	...
S29100.....	[XCM-1]	0.08	3.00-6.50	1.00	0.040	0.18-0.35	16.00-18.00	3.00-6.50	0.50	...	1.75-2.25 Cu
S29110.....	[XCM-19]	0.06	4.00-6.00	1.00	0.040	0.030	20.50-23.50	11.50-13.50	1.50-3.00	0.20-0.40	0.10-0.30 Nb; 0.10-0.30 V
S21904.....	[XCM-11]	0.04	8.00-10.00	1.00	0.060	0.030	19.00-21.50	5.50-7.50	...	0.15-0.40	...
S24100.....	[XCM-23]	0.15	11.00-14.00	1.00	0.060	0.030	16.50-19.50	0.50-2.50	...	0.20-0.45	...
S31200.....	...	0.15	17.00-19.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	...	0.50-1.50	0.40-0.60	0.50-1.50 Cu
S30100.....	301	0.15	2.00	1.00	0.045	0.030	16.00-18.00	6.00-8.00	...	...	...
S30200.....	302	0.15	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	8.00-10.00	...	...	...
S30300.....	303	0.15	2.00	1.00	0.045	0.15 max	17.00-19.00	8.00-10.00	0.60	...	...
S30310.....	[XCM-5]	0.15	2.50-4.50	1.00	0.70	0.25 max	17.00-19.00	7.00-10.00	0.75	...	...
S30325.....	303Se	0.15	2.00	1.00	0.70	0.060	17.00-19.00	8.00-10.00	...	...	0.15 min Se
S30330.....	[303Cu]	0.15	2.00	1.00	0.15	0.10 max	17.00-19.00	8.00-10.00	...	...	2.50-4.00 Cu; 0.10 Se
S30345.....	[XCM-2]	0.15	2.00	1.00	0.03	0.11-0.16	17.00-19.00	8.00-10.00	0.40-0.60	...	0.60-1.00 Al
S30360.....	[XCM-3]	0.15	2.00	1.00	0.040	0.12-0.30	17.00-19.00	8.00-10.00	0.75	...	0.12-0.30 Pb
S30400.....	304	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-10.50	...	...	...
S30403.....	304L	0.04	2.00	1.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-17.00	...	...	...
S30430.....	[XCM-7]	0.10	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	8.00-10.00	...	...	3.00-4.00 Cu
S30431.....	...	0.06	2.00	1.00	0.040	0.14	16.00-19.00	9.00-11.00	...	...	1.50-2.40 Cu
S30452.....	[XCM-21]	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-10.50	...	0.16-0.30	...
S30500.....	305	0.12	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	10.00-13.00	...	...	...
S30900.....	309	0.20	2.00	1.00	0.045	0.030	22.00-24.00	12.00-15.00	...	...	...
S30908.....	309S	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	22.00-24.00	12.00-15.00	...	...	...
S31600.....	316	0.25	2.00	1.50	0.045	0.030	24.00-26.00	19.00-22.00	...	...	...
S31008.....	310S	0.08	2.00	1.50	0.045	0.030	24.00-26.00	19.00-22.00	...	...	...
S31600.....	316	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	16.00-18.00	10.00-14.00	2.00-3.00	...	...
S31603.....	316L	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	16.00-18.00	10.00-14.00	2.00-3.00	...	...
S31620.....	316F	0.04	2.00	1.00	0.20	0.10 max	17.00-19.00	12.00-14.00	1.75-2.50	...	...
S31700.....	317	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	18.00-20.00	11.00-15.00	3.00-4.00	...	...
S31703.....	317L	0.030	2.00	1.00	0.045	0.030	18.00-20.00	11.00-15.00	3.00-4.00	...	...
S31710.....	321	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	9.00-12.00	...	...	5 x C min Ti
S34700.....	347	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	17.00-19.00	9.00-13.00	...	...	10 x C min Nb
S34720.....	[347F]	0.08	2.00	1.00	0.040	0.18-0.35	17.00-19.00	9.00-12.00	...	...	10 x C + 1.10 Nb
S34723.....	[347FSe]	0.08	2.00	1.00	0.11-0.17	0.030	17.00-19.00	9.00-12.00	...	...	10 x C + 1.10 Nb; 0.15-0.25 Se
S35900.....	359	0.08	2.00	1.00	0.045	0.030	15.00-17.00	17.00-19.00	...	...	...
S35920.....	...	0.07	2.00	1.00	0.045	0.035	19.00-21.00	32.00-38.00	2.00-3.00	...	8 x C + 1.00 Nb; 3.00-4.00 Cu
Dubleks Alaşımlar											
S31603.....	...	0.030	2.00	1.00	0.040	0.030	21.0-23.0	4.50-6.50	2.50-3.50	0.05-0.20	...
S31710.....	...	0.04	1.50	1.00	0.04	0.03	24.0-27.0	4.50-6.50	2.00-4.00	0.10-0.25	1.50-2.50 Cu
S31900.....	329	0.20	1.00	0.75	0.040	0.030	21.00-28.00	2.50-4.00	1.00-2.00	...	...
S31920.....	...	0.07	2.00	0.60	0.035	0.030	26.0-29.0	5.50-7.20	1.00-2.50	0.15-0.35	...
Çökeltme Sertleşmeli Alaşımlar											
S13800G.....	[XCM-13]	0.22	0.20	0.10	0.01	0.030	12.00-13.50	7.00-8.50	3.00-5.00	0.01	0.60-1.15 Al
S15700G.....	[XCM-12]	0.22	1.00	1.00	0.040	0.030	14.00-15.50	3.50-5.50	...	...	0.10-0.45 Nb; 7.50-10.00 Cu
S17400G.....	630	0.07	1.00	1.00	0.040	0.030	15.50-17.50	3.00-5.00	...	...	0.15-0.45 Nb; 1.00-3.00 Cu
S17700G.....	631	0.09	1.00	1.00	0.040	0.030	12.00-18.00	6.50-7.75	...	...	0.75-1.50 Al
S25000G.....	635	0.07-0.1	0.50-1.75	0.50	0.040	0.030	15.00-17.00	4.00-5.00	3.00-1.25	0.01-0.15	...
S25000G.....	634	0.10-0.15	0.50-1.25	0.50	0.040	0.030	15.00-16.00	4.00-5.00	2.50-1.25	0.07-0.13	...
S45000G.....	[XCM-25]	0.05	1.00	1.00	0.030	0.030	12.00-16.00	5.00-7.00	0.50-1.00	...	8 x C min Nb; 1.25-1.75 Cu
S45000G.....	[XCM-16]	0.05	0.50	0.50	0.040	0.030	11.00-12.50	7.50-8.50	0.50	...	0.10-0.50 Nb; 1.50-2.50 Cu

5.2.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Bu çelikler kübik hacim merkezli yapıya sahip ayrıca manyetik özellik taşımaktadır. Sertleştirme şartlarında yaklaşık 275 MPa ila 350 MPa çekme gerilmesine sahiptirler. Bunlar ostenitik çelikler ile aynı büyüklükte olmamakla beraber sadece soğuk çalışma ile sertleştirilebilirler. Alaşımlar, gevreklik olan yer hariç ısıtıl işlem şartlarında son derece iyi dövülebilirliğe sahiptirler. Bunlar alaşım elementlerine bağlı olarak büyük korozyon direncine sahiptirler. Bununla birlikte ostenitik çeliklere göre korozyon direnci düşüktür.

Bu gurubun en bilineni % 16-18 Cr içeren demir esaslı alaşım S43000'dir. Diğer alaşımlar S40500 veya S40900 daha az Cr içerirler. Cr' un daha yüksek seviyeleri korozyon veya oksidasyon direncini çözmek için S44200 veya S44600 gibi alaşımlarda kullanılır. Mo özellikle klorür içeren bileşiklerde, korozyon direncini sağlamak için S43400 gibi alaşımlar ilave edilir. Titanyum veya Niobyum alaşımların kaynak özelliklerini iyileştirmek , Azot ve Karbonu stabilize etmek için kullanılır (S40900). Özel eritme teknikleri ile Karbon ve Nitrojeni düşürülmüş düşük (ELI, Ekstra düşük ara alaşımlar) ara alaşımlar yakın zamanlarda tanıtılmıştır. Düşük ara ferritik alaşımları genellikle daha yüksek krom, biraz molibden ve bazen de nikel içerirler. Yüksek alaşımlıların çoğu tokluk sınırı nedeniyle ince kesitlere bölünür.

5.2.2. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Kübik hacim veya tetragonal merkezli yapıya sahiptirler ve manyetikler. Isıl işlem şartlarında yaklaşık 275 MPa çekme gerilmesine sahiptirler. Ferritik alaşımlara benzer şekilde soğuk çalışma ile orta derecede sertleştirilebilirler. Bununla birlikte martenzitik alaşımlar normalde başlıca karbon seviyesine bağlı olarak 1900 MPa kadar çekme gerilmesi dayanımına artı temperleme sertleştirilmesi ile ısıtıl işlem yapılır. Alaşımlar iyi bir tokluğa ve dövülebilirliğe sahiptirler.

Bu gurubun en yaygın olarak kullanılan alaşımı dayanımını arttırmak için % 12 Cr ve % 0,1 C içeren S41000 çeliğidir. Buna karşılık karbon seviyesi ve dayanım kabiliyeti bakımından S42000, S44002, S44003 ve S44004 alaşımlarında Cr ve C oranları yükselir. Özellikle son üç alaşımda korozyon direncini sağlamak için Krom oranı yüksektir. S42010'da olduğu gibi korozyon direncini veya mekanik özellikleri iyileştirmek için molibden ilave edilebilir. S41400 ve S43100'de olduğu gibi aynı

sebeplerden dolayı nikel ilave edilebilir. Korozyon direncini iyileştirmek için daha yüksek krom seviyeleri kullanıldığı zaman aşırı serbest ferriti önlemede , arzu edilen mikro yapıları sağlamak içinde nikel kullanılır (ASM,1989).

5.2.3. Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Yüzey merkezli, kübik yapılı ve ısıtıl işlem şartlarında manyetik olmayan çeliklerdir. Alaşımlar iki kategoriye ayrılabilir; standart alaşımlar, S30200, oda sıcaklığında ostenitik bir yapı elde etmek için nikel ve dikkate değer miktarda magnezyum içerirler. Daha düşük seviyeli azot ile standart krom - nikel alaşımları ısıtıl işlem şartlarında 200 - 275 MPa çekme dayanımı direncine sahiptirler, buna karşın daha yüksek nitrojen içeren alaşımlar yaklaşık 500 MPa 'a kadar gerilme dayanımına sahiptirler.

Ostenitik paslanmaz çelikler kryogenik (dondurucu soğuk) sıcaklıklarda bile iyi dövülebilirlik ve tokluğa sahiptirler ve soğuk çalışma ile sertleştirilebilirler (Şekil 5.1). Çalışma sertleşmesinin derecesi alaşım içeriklerine bağlıdır.

Düşük alaşım içeren ostenitik paslanmaz çelikler eğer işlenme sırasında ağır deformasyon var ise ostenitik martenzite dönüşümü sebebiyle manyetiklik olabilir. Yumuşak tavlama veya düşük çalışma sertleşmesi oranına sahip bir çeliğin seçimi eğer istenen uygulama için gerekli düşük manyetikliklenmeye sahip ise önemli olabilir. Ostenitik alaşımların korozyon direnci alaşım içeriklerine bağlı olarak iyiden mükemmele doğru değişir.

En yaygın ostenitik paslanmaz çelikler yaklaşık %18 Cr ve % 8 Ni içeren S30400'dür. Bunlara ilave olarak daha yüksek krom nikel, molibden veya bakır korozyon veya oksidasyon direncini özellikle iyileştirmek için ilave edilebilir. örnek, S31600, S31700, S30900, ve N08020. N08020 gibi daha fazla korozyon dirençli alaşımların çoğu nikel esaslı alaşımlar olarak sınıflandırılanlar yeterli seviyeden yüksek seviyede nikel seviyesine sahiptirler. Yüksek sıcaklığa maruz kaldıktan sonra kristaller arası aşınmayı önlemek için titanyum veya niobyum alaşımlardaki karbonu dengelemek için ilave edilir. S32100 veya S34700 (ASM,1989).

5.2.4. Dupleks Paslanmaz Çelikler

Bu çelikler ostenit ve ferrit karışımı içerirler ve manyetikler. Isıl işlem şartlarında yaklaşık 550 MPa veya standart ostenitik alaşımların yaklaşık iki katı çekme gerilmesi dayanımına sahiptirler. Dayanım soğuk çalışma ile yükseltilebilir. Alaşımlar mükemmel korozyon direnci ile birlikte iyi dövülebilirlik ve tokluğa sahiptirler.

Bu gruptaki orijinal alaşımlar ostenit ve ferrit dengesini sağlamak için yeterli miktarda nikel, molibden ve krom içeren S32900'dür (ASM,1989).

5.2.5. Çökelme Sertleşmeli Paslanmaz Çelikler

Çeşitli dayanım seviyelerinde yaşlandırma ile sertleştirilebilme özelliğine sahip çelikler olarak gruplandırılır. Alaşımlar ostenitik (S66286), martenzitik (S17400) veya yarı ostenitik guruplarına ayrılabilir. Daha sonraki alaşımlar şekillendirilebilmeleri için ostenitik bir yapıya sahip olabilirler. Fakat daha sonra martenzite dönüştürülebilirler ve daha sonra gerekli sertlik seviyesinde yaşlandırılırlar. Alaşımın türüne bağlı olarak çökelme sertleşmeli alaşımlar 1700 Mpa'a kadar çekme gerilme dayanımı seviyelerine ulaşabilir. Yaşlandırmada önce soğuk çalışma daha yüksek dayanımla sonuçlanabilir. Alaşımlar genellikle orta derecede iyi korozyon direnci ile iyi dövülebilirlik ve tokluğa sahiptir. Dayanım ve korozyon direncinin daha iyi bir birleşimi martenzitik alaşımlar ile elde edilir.

En iyi bilinen çökelme sertleşmeli paslanmaz çelik S17400'dür. Bu alaşım bütün çökelme sertleşmeli alaşımlarda olduğu gibi karbonu stabilize etmek için bakır , krom ve nikel içerir. Diğer alaşımlarda kullanılan yaşlandırma sertleşmesi elemanı titanyum (S45500), alüminyum (S13800) ve niobyum (S45000) içerirler. Molibden mekanik özellikleri veya korozyon direncini iyileştirmek için ilave edilebilir. Molibden ve bakır S45000'de korozyon direncini iyileştirmek için ilave edilir. Karbon ise genel olarak yarı ostenitik alaşımlar hariç sınırlandırılır (ASM,1989).

5.2.6. Kolay İşlenebilen Alaşımlar

Bu alaşımlar bütün işlenebilme karakteristiklerini önemli bir şekilde iyileştiren kükürt gibi kolay işlenen ilave alaşım içerirler. Bazı durumlarda diğer karışım değişiklikleri uygun kolay işlenemeyen alaşım elementlerinin birleşim oranlarının sınırında veya dışında yapılabilir. Bileşimindeki bazı ilave değişiklikler kolay işlenen

katkı maddelerinin basit ilaveleri ile elde edilen dışında işleme karakteristiklerini iyileştirebilir. Sülfür veya diğer kolay işlenen katkı maddelerinin ilavesiyle iyileştirilen işleme karakteristiklerinin faydası diğer özelliklerdeki değişiklikler olmadan elde edilemez. Özellikle şu özellikler çok etkilidir.

- Korozyon direnci
- Dövülebilirlik ve tokluk
- Sıcak çalışabilme
- Soğuk şekillendirilebilme
- Kaynak edilebilme

Bazı durumlarda, esas kolay işlenen alaşım çeşitleri diğer özellikleri ile işlenebilirliğin optimum kombinasyonunu sağlamak mümkündür. Bununla birlikte, piyasada bir alaşım seçilirken şunu dikkat edilmelidir. İşlemenin kolaylığı korozyon direnci gibi diğer önemli özelliklerdeki mümkün olan azalmaya karşı dengelemelidir.

Tablo 5.1'de ferritik, martenzitik ve ostenitik gurubundaki kolay işlenen ve kolay işlenemeyen alaşımlar gösterilmektedir. Dubleks alaşımlar çok iyi korozyon direncine sahip olmasına karşın sınırlı bir şekilde sıcak çalışabilirliğe sahiptir. Buna benzer tortu sertleşmeli alaşımlar yüksek gerilme seviyelerinde iyi tokluğa sahiptir.

Bu üç grupta belirtilen en iyi bilinen alaşımlar S43000 (ferritik), S4100 (martenzitik) ve S30400 (ostenitik) uygun kolay işlenebilen alaşımlara sahiptir (ASM,1989).

5.3. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, işlenen bir malzemenin birkaç özelliği ile ilgilenir ve işlenebilirliğin tanımı özel bir uygulamada tam olarak yapılmalıdır. İşlenebilirliğin tanımı için şu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Takım ömrü veya takım aşınması
- Yüzey kalitesi
- Talaş kaldırma
- Kesme Hızı
- Verimlilik

Bu kriterler değişkenlerin önemine göre değişik yöntemlerde birbirlerine bağımlı olabilir.

İşlenebilirlik ayrıca işleme işlemlerinde bir çok değişkene de bağlıdır. Bundan dolayı işleme işlemlerinde çok değişken olması ve işlenebilirliğin farklı kriterlerinin olması yüzünden, doğru kabul edilen veya işlenebilirliğin bilinen sonuçları ile birlikte gösterilmelidir. İşlenebilirliğin belirlenmesinde etki edebilen işleme değişkenlerinin bazıları şunlardır.

Tablo 5.2. Malzemelerin Talaş Kaldırarak İşlenebilirlik Değerleri

Malzeme	İşlenebilirlik Değeri	Brinell Sertliği
Kısa Talaşlı Standart Çelik (Otomat Çeliği)	100	180...230
Yapı Çeliği	60	180...230
Rulman Çeliği	30	185...230
Krom Molibdenli Çelik (% 0,3C)	65	187...230
Nikelli Çelik (% 0,3C, %3,5 Ni)	50	180...230
Krom Nikelli Çelik (% 0,45C)	50	185...235
Dökme Çelik (%0,35C)	70	170...212
Dövülebilir Dökme Demir (Ferritik)	120	110...145
Yumuşak Dökme Demir	80	160...193
Perlitik Dökme Demir	50	220...240
Dövme Demir	50	100...130
Kromlu Çelik (Kısa Talaşlı)	70	163...210
18-8 Çelik (Kısa Talaşlı)	45	180...212
İnconel	35	130...170
Monel (Haddelenmiş)	55	205...224
Bakır (Haddelenmiş)	60	80
Bakır (Dövme)	70	30
Fosfor Bronzu (% 5 Sn)	40	140
Alüminyum-Bakır (% 95 Al)	60	140...160
α -pirinci (Ms 67)	80	...
$(\alpha+\beta)$ pirinci (Kısa Talaşlı)	200...400	100
Alüminyum (Yarı Sert)	300...1500	...
Magnezyum (%6,5 Al)	500...2000	58

- Takımın bağlanma rijitliği
- Takım malzemesi ve geometrisi
- Kesme sıvısının cinsi
- İşleme operasyonunun çeşidi

Genel olarak , daha sert malzemeler zor işlenir. Buna rağmen işlenebilirlik malzemenin sertliğinden çok mikro yapısı ile doğrudan daha çok ilgilidir. Bir çok alaşım sınıfının işlenebilirliği, eğer mikro yapıları, baştan sona gevrek veya kolay işlenen ikinci fazdan orta derecede sünek bir matrikse tamamen dönüşebilirse iyileştirilebilir. Paslanmaz çelikler, işlenebilirliği düşüren yüksek alaşım içeriğine sahiptir, fakat bazı kolay işlenebilen paslanmaz çelikler bazı kolay işlenebilen karbon çeliklerine nazaran işlenebilirlikte avantaj sağlayabilir. Tablo 5.2’de genel bazı malzemelerin işlenebilirlik değerleri verilmiştir.

5.4. İşlenebilirlik Katkı Maddeleri

En önemli işlenebilirlik katkı maddeleri metallerde katkı maddeleri şeklinde olanlardır. Bazı katkı maddeleri sülfür, selenyum, telleryum, kurşun, bizmut, ve oksitlerdir. İşleme veriminin iyileştirilmesinde bu katkıların rolü, bir çok çalışmanın temelidir ve teoriler işlenebilirliği iyileştiren mekanizmalar olarak yağlama, talaş gevrekleşmesi ve gerilme yoğunlaşması gibi kavramlar üzerine kurulur. Sebep ne olursa olsun bu katkı maddeleri takım ömrünü yükseltir, daha yüksek kesme hızlarına müsaade eder, talaş kırılması/atılması ve yüzey kalitesine etki eder.

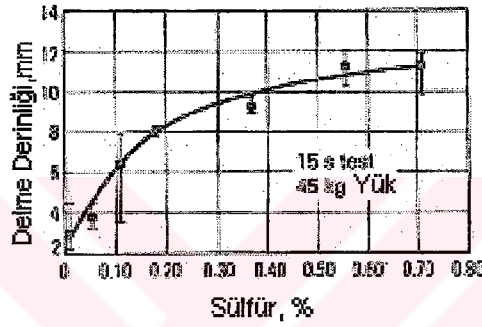
Ölçü ya da metal matriksini değiştiren elementler, dağılma ve kolay işleme katkılarının mekanik özellikleri de yalnızca kolay işlenen katkı maddeleri ile elde edilenin dışında işlenebilirliği iyileştirebilir. Buna rağmen, bu ilave katkı maddeleri ikinci derecede önemlidir. Ana maddenin özelliklerini değiştiren ilave katkı maddeleri aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1. Sülfür

Paslanmaz çeliklerin bütün işleme karakteristiklerini iyileştirmek için sülfür kullanımı 1930’lu yıllardan daha öncesine dayanmaktadır (PALMER, 1934). 1930’lu yıllardan beri sülfür paslanmaz çeliklerde kolay işlenen karakteristikleri iyileştirmek için kullanılan temel element olmuştur. Bir paslanmaz çeliğe ilave edilebilen sülfür

miktarı, fabrikalarda özellikle sıcak ve soğuk çalışabilme olmak üzere, diğer özelliklerini düşürme etkisinden dolayı sınırlıdır.

Sülfürdeki sürekli yükselme genel olarak oranda bir azalma olmasına rağmen kolay işlenmeyi yükseltir (Şekil.5.3). Yükselen sülfür aynı zamanda kolay işlenemeyen alaşımlarda müsaade edilen sülfür içeriği (% 0,030 max.) sınırında bile takım ömründe nispeten büyük yükselmeler meydana getirir (Şekil 5.4), (RICHMOND, 1967, KOVACH, 1975).



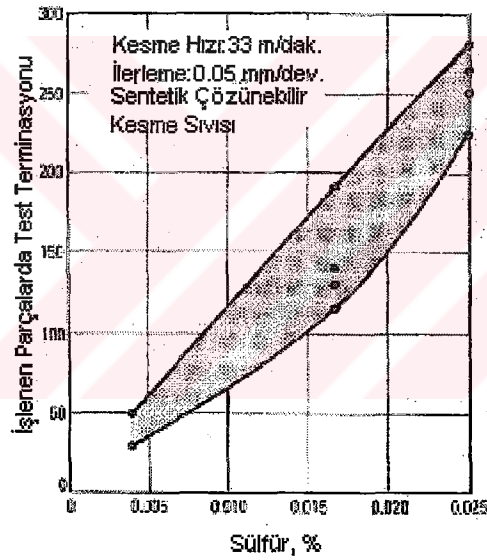
Şekil 5.3. 18Cr- 9Ni Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Matkap İle Delme Testinde Sülfürün İşlenebilirliğe Etkisi

Sülfür parça sülfid kalıntıları şeklinde paslanmaz çeliklerde görünür (Şek. 5.5). Daha büyük ve daha küre şeklindeki sülfürler küçük ve daha uzun olanlarından işlemek için daha büyük fayda sağlar (SPARRE, 1972), (Şek.5.6 ve 5.7). Daha büyük sülfürlerin takım ömrüne veya kolay işlenmeye faydalarına rağmen bitirme yüzeylerini işlemek için zararlı olabilirler (Şek. 5.8). Bu ise işlenebilirliğin tanımının önemli olduğunda geçerli bir durumdur.

Düşük mangan seviyeleri hariç kolay işlenen paslanmaz çeliklerde sülfürler aslında krom ve demir içeren mangan sülfürleridir. Bir paslanmaz çelikte mangan seviyesi veya mangan-sülfür oranı yükselmesi nedeniyle sülfürün kompozisyonu değişecektir (HENTHORNE, 1970, SEDRIKS, 1983), (Şekil 5.9). Daha yüksek mangan veya daha yüksek mangan-sülfür oranı, kolay işlenen ferritik, martenzitik ve ostenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinde daha fazla iyileşme sağlayacaktır (GARVIN, vd., 1965), (Şek. 5.11). İşlenebilirliği yükseltmek için daha yüksek

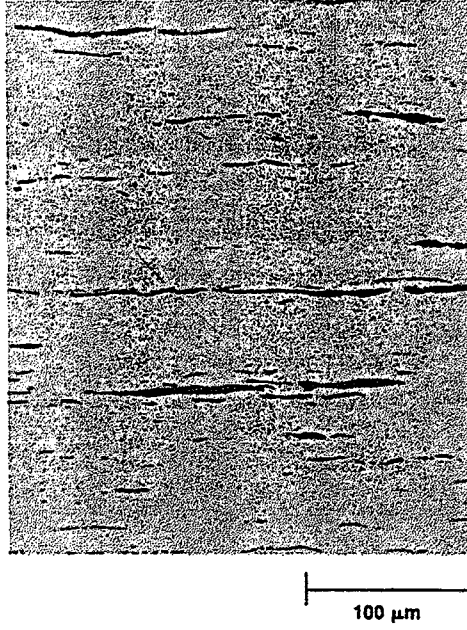
manganez kullanımı korozyon direncinde de bir etkiye sahiptir. Manganez-zengin sülfür içeren paslanmaz çelikler daha yüksek kromlu sülfür içerenlerden daha düşük korozyon direncine sahip olabilir (GARVİN, 1965). Korozyon direncinde de herhangi bir düşme olması durumunda bu özel çevresel koşullara bağlı bir belirtidir. Kolay işlenen ostenitik alaşımlar ise, kolay işlenen martenzitik ve ferritik alaşımlar gibi aynı büyüklükte etkilenmezler (Şek.5.10).

S41600, S20300 ve S30310 işlenebilirliği iyileştirmek için daha yüksek manganez içeren paslanmaz çeliklere örnek olarak verilebilir. Diğer kolay işlenen alaşımlar, S30300 gibi işlenebilirliği iyileştirmek için müsaade edildiği oranın en yüksek noktasında manganez ile eritilebilir. Diğer taraftan manganez, S30300 veya S41600 gibi korozyon direnci iyileştirilmiş kolay işlenen alaşımlarda kasıtlı olarak sınırlandırılabilir.

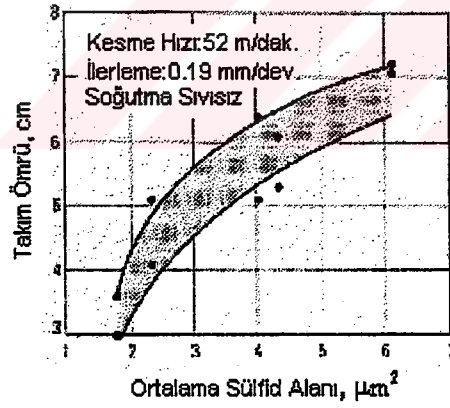


Şekil 5.4. S30400 Ostenitik Paslanmaz Çelikte Bir Vida Açma Testinde Düşük Sülfür Seviyelerinin İşlenebilirliğe Etkisi. Terminasyon kesilen parçaların çaplarında 0.075 mm artma olarak tanımlanır.

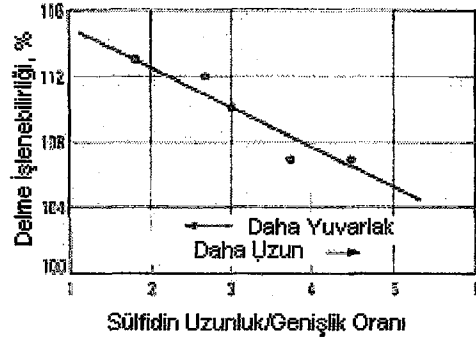
Kolay işlenen bir paslanmaz çeliğin korozyon direncini iyileştirmek için manganezin sınırlandırılması yerine, diğer bir öneri titanyum sülfidler gibi alternatif sülfidler üretmektir (KİESLİNG, 1975). S18235 bu öneriye bir örnektir.



Şekil 5.5. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Sülfid Katkıları



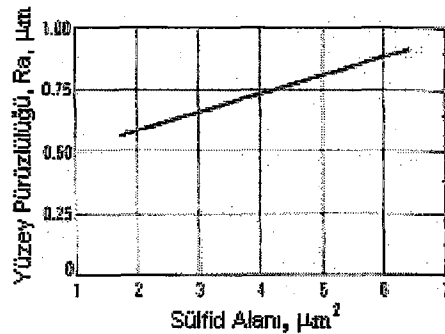
Şekil 5.6. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliği İçin Takım Ömrü Testinde İşlenebilirliğe Sülfid Ölçüsünün Etkisi. (Takım ömrü takım bozuluncaya kadar 23.2 mm çapında deney çubuğu üzerinde alınan yol olarak ölçüldü.)



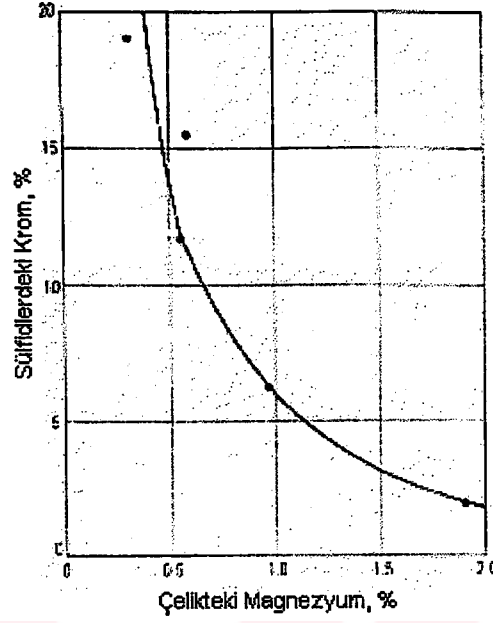
Şekil 5.7. S30300 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Sülfid Şeklinin Delme Testinde İşlenebilirliğe Etkisi.

5.4.2. Selenyum

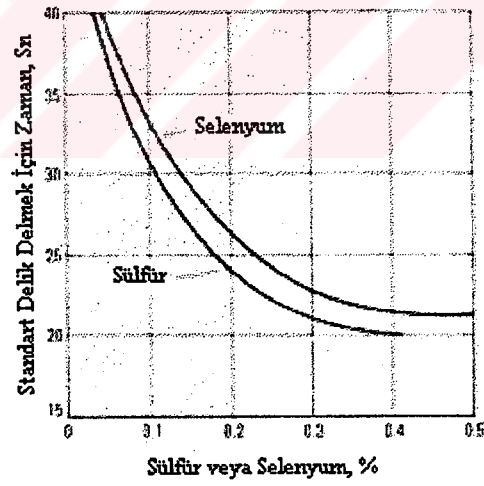
Paslanmaz çeliklerde sülfüre benzeyen katkılardan kolay işlemek için en yaygın olarak kullanılan diğer bir katkıdır. Selenyum paslanmaz çeliklerin işleme karakteristikleri üzerinde iyileştirmede sülfürün etkisinin yüzdesinden daha az bir etkiye sahiptir (CLARKE, 1964, SPARRE, 1966), (Şek.5.10). Buna rağmen buna zıt raporlarda vardır (TİPNİS, 1971). Selenyumlu alaşımlarda sülfürlü alaşımlardan daha iyi bitirme yüzeyleri elde edilebilir. Selenyum katkıları sülfürleri daha büyük ve daha geniş oranda düzenlemek için sülfürlü alaşımlarda kullanılabilir. Böylece işlenebilirliğe daha fazla faydalı olur (TİPNİS, 1974).



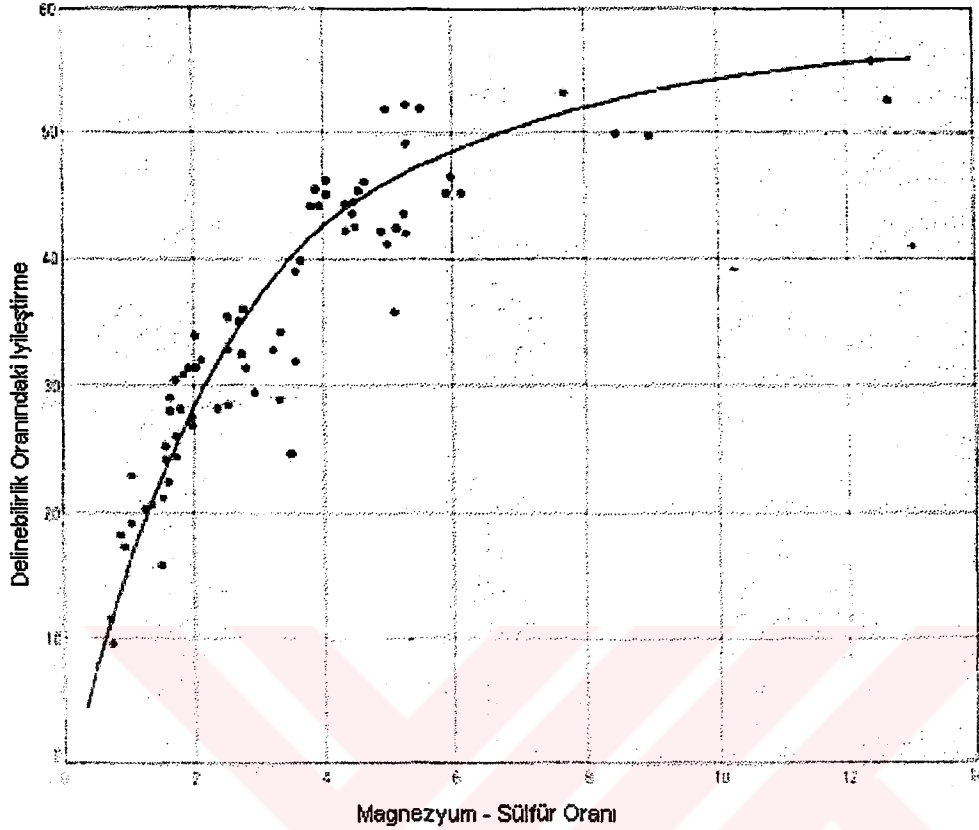
Şekil 5.8 Kolay İşlenen Ostenitik Paslanmaz Çelik İçin İşlenmiş Bitirme Yüzeyinde Sülfid Boyutunun Etkisi



Şekil 5.9 % 13 Cr İçeren Martenzitik Paslanmaz Çeliği İçin Sülfidlerde Krom İçeriğinin Çelikte Manganez İçeriğine Etkisi



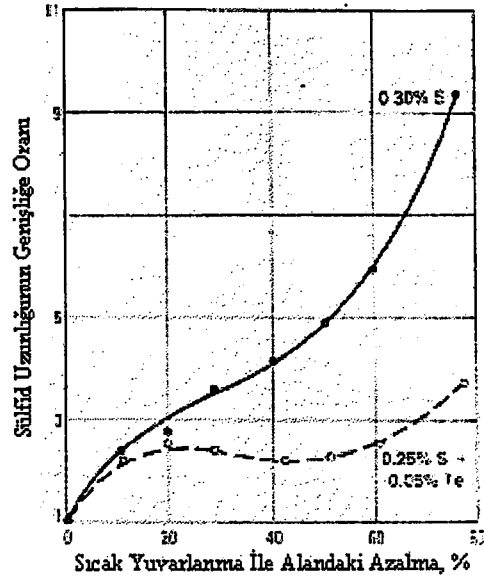
Şekil 5.10 24 C° de %10 Nitrik Asit İçerisinde Kolay İşlenen Paslanmaz Çeliğin Korozyon Direncine Manganez İçeriğinin Etkisi . 1: %13 Cr İçeren Martenzitik Alaşım, 2: %17 Cr İçeren Ferritik Alaşım, 3: 18 Cr-9 Ni Ostenitik Alaşım.



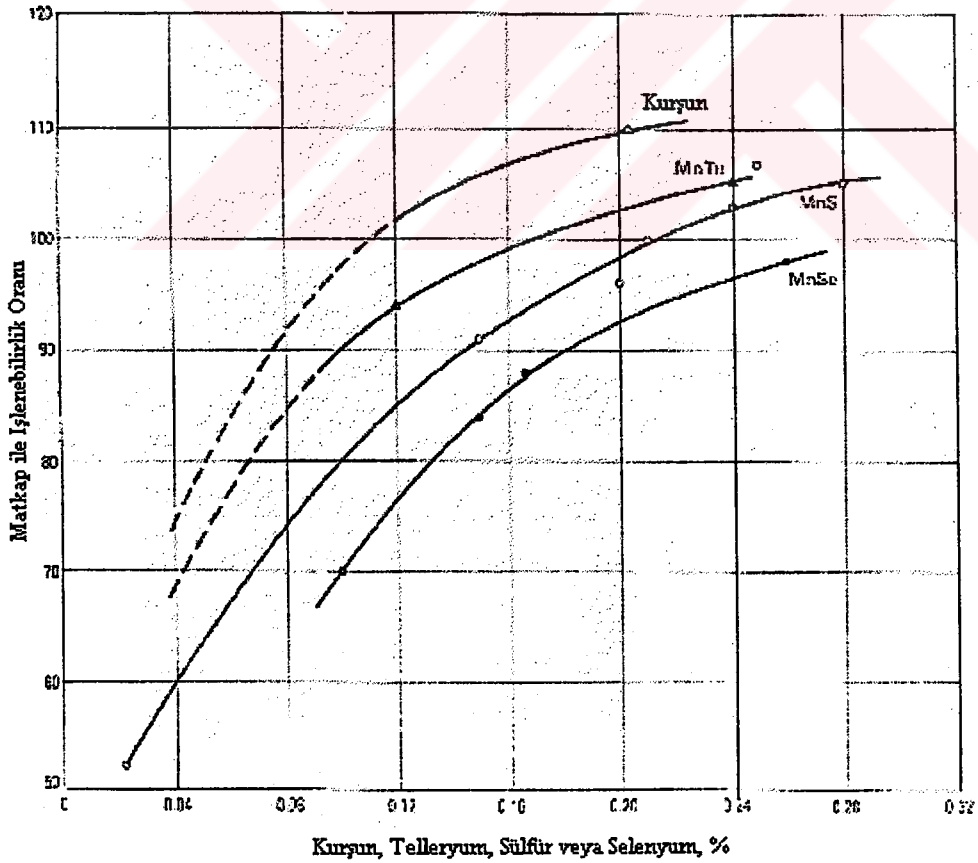
Şekil 5.11. Kolay İşlenen Martenzitik Paslanmaz Çeliğinde Delme Testinde Manganez Sulfür Oranının İşlenebilirliğe Etkisi

5.4.3. Tellur

Selenyum gibi sülfürlere benzer katkıları düzenler. Tellur bir ostenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliğini iyileştirmede daha fazla etkiye sahip olduğu şekil 5.13’de görülmektedir. Selenyum gibi tellur küresel şekillerini muhafaza etmek amacıyla sülfürleri düzenlemek için kullanılabilir (TİPNİS, 1976), (Şek.5.12).Tellurun faydası başlıca sıcak çalışabilme özelliğine ters etkisinden dolayı sınırlıdır. Bu özellikle ostenitik paslanmaz alaşımlar için doğrudur (HERZOG, 1969). Buna rağmen tellur sülfür ile kurşunu bağlamak için bir ferritik alaşımda son zamanlarda kullanılmaktadır (FUJIWARA, vd., 1977).



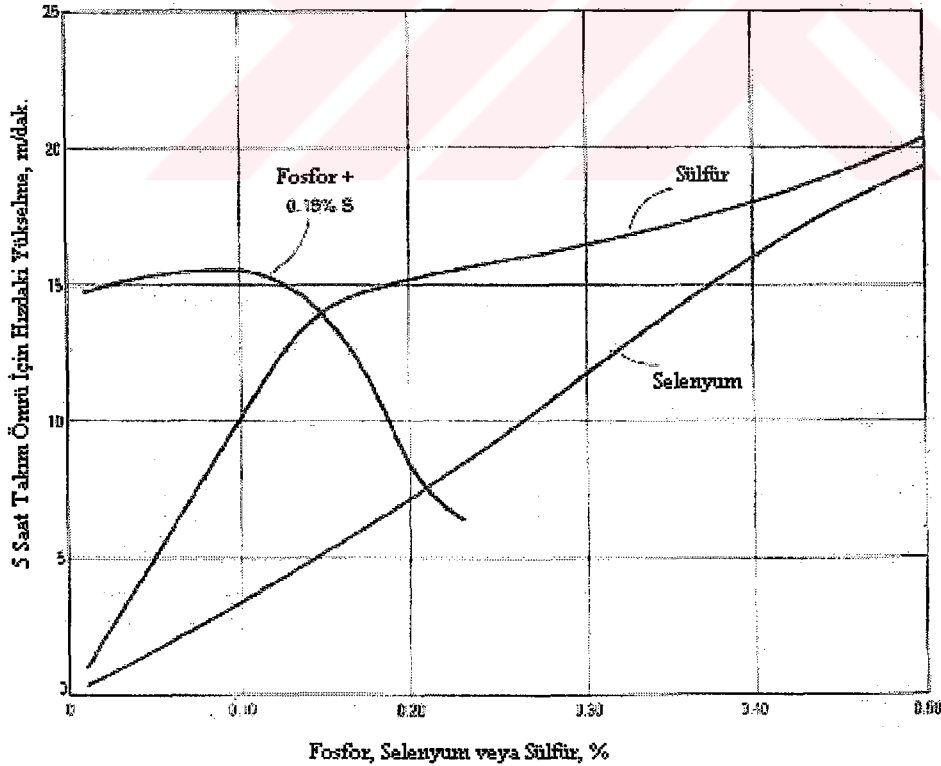
Şekil 5.12 1177 C°'deki Bölgede Sıcak Haddelenmiş % 13 Cr İçerikli Martenzitik Paslanmaz Çelikte Sülfid Şekline Telleryumun Etkisi



Şekil 5.13 18 Cr-9Ni Ostenitik Paslanmaz Çeliğinde Delme Testinde İşlenebilirliğe Telleryum (MnTe) ile Sülfür ve Selenyum (MnSe) veya Kurşunun Etkilerinin Karşılaştırılması

5.4.4. Kurşun ve Bizmut

Paslanmaz çeliklerde düşük çözünübilirliğe, özellikle ostenitik paslanmaz çeliklerde işlenebilirliğin faydasına metalik katkıları düzenleme özelliğine sahiptir (FUJIIWARA, vd., 1977). Kurşun diğer yaygın kolay işleme katkılarından bir ostenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliğine daha faydalıdır, şekil 5.13. Kurşun, sınırlı veya sınırsız sülfür kullanımı, tek başına daha yüksek sülfür kullanımından, daha iyi soğuk şekillendirilebilirliğe, korozyon direncine ve bitirme işlemlerinde daha iyi yüzey kalitesini sağlar (McCLOYMONDS, 1964, ONO,1983). Oldukça benzer faydalar bizmutton kullanımından da görülmüştür (KİMURA, vd., 1986). Kurşun veya bizmutton kullanımı ile elde edilen faydalara rağmen, bu elementleri içeren çelik piyasada sınırlı ölçüde bulunmaktadır. Kurşunun kullanımı ile ortaya çıkan problemler, çelikte düzgün bir yayılma elde etmedeki zorluklar ile birleştiğinde, zehirlilik, sıcak çalışabilirlikte düşme ve çeşitli değişkenlikleri kapsar (KİMURA, vd., 1986). Sıcak çalışabilirlik problemlerini yok etmek için boron ilavesi yapılır (ONO,1983).Bizmutton kullanımıda zehirlilik hariç benzer etkileri içerir (PRAY, 1941, KİMURA, 1986).



Şekil 5.14. 0,19 S- 18Cr-8Ni Ostenitik Paslanmaz Çelik ile sadece Sülfür veya Selenyum içeren benzeri bir çeliğin karşılaştırıldığında kesme hızına (Takım ömrü) Fosforun etkisi.

5.4.5. Fosfor

Fosfor işlenebilirliği arttırmak için selenyum veya sülfür ile birleşiminde ilave edilir. Katkıları düzenlemez fakat alaşımın matriks yapısını değiştirir. Fosforun ilave edilmesindeki esas amaç kuvvetli ostenitik alaşımları gevrek yapmaktır (PALMER, 1934). Fosfor ostenitik bir alaşımda sadece çok düşük bir faydaya sahiptir ve belli bir seviyenin üzerinde de zararlıdır (Şek. 5.14).

5.5. Alaşım Gruplarının işlenebilirliği

İşlenebilirlikteki önemli farklılıklar çeşitli kolay işlenen alaşımlar dahil alaşım gurupları ve alaşım sistemleri arasında meydana gelir. Beş temel paslanmaz çelik alaşım gurubunun işlenebilirlik oranları şu şekildedir.

5.5.1. Ferritik ve Martenzitik Alaşımlar

Tavlanmış kolay işlenen ferritik alaşımlar (S 43020), düşük karbonlu, kolay işlenen martenzitik alaşımlar (S 41600), paslanmaz çeliklerin en kolay işlenenleridir. Gerçekte bunların işlenebilirlik oranları ve bazı durumlarda bazı kolay işlenen karbon çeliklerinin oranları ile karşılaştırılabilir. Tavlanmış kolay işlenemeyen düşük kromlu ferritik alaşımlar, düşük karbonlu düzgün kromlu martenzitik alaşımları da (S 40300, S 4100), diğer kolay işlenemeyen alaşımlara göre işlemek daha kolaydır. Yüksek kromlu ferritik alaşımlar (S 44600), yapışkan ve çok ince talaşlar yüzünden işlemek için düşük kromlu alaşımlardan daha zor olarak düşünülebilir. Kolay işlenen katkı maddelerinin olmaması veya olması diğerlerinde, martenzitik paslanmaz çeliklerin işlenme karakterlerini aşağıdaki faktörler etkiler.

- Sertlik seviyesi
- Karbon içeriği
- Nikel içeriği
- Faz dengesi, martenzitik matriksdeki delta ferriti ya da serbest yüzdesi.

-Özel bir alaşım için sertlik seviyesinin yükselmesi çeşitli kriterler ile ölçülen işlenebilirlikte bir düşme ile sonuçlanır.(Takım ömrü, Delinebilirlik vs.). Bununla birlikte kesin sınırlar içerisinde yüzey kalitesi daha sert malzemelerin işlenmesi ile iyileştirilebilir.

Martenzitik gurubunda, işlenebilirlik karbon oranı arttığı zaman düşer. Daha yüksek karbon seviyeleri ile uygun , kolay işlenen ve kolay işlenemeyen çeşitleri arasında küçük farklılıklar olabilir. Bu etkiler alaşımların bu serisinde, karbon seviyesinde yükselme olduğu gibi var olan abrasiv krom karpit aşındırıcı miktarının yükselmesinden dolayı esastır. İşlenebilirliğe zararı sebebiyle, tavlama sertliği seviyesi karbon seviyesinin yükselmesi ile yükselir.

Nikel içeriğinde tavlama sertleşmesinin seviyesinin yükselmesi ile işlenebilirliğe etki eder. Bu bakımdan S 41400 ve S 43100 gibi alaşımlar ısıtılma şartlarında S 41000' den işlemek daha zor olacaktır. Faz dengesinin değişmesi S 41600 işleme karakteristiklerinin iyileştirilmesinde kullanıldı (ASM,1989).

5.5.2. Ostenitik Alaşımlar

Genelde paslanmaz çeliklere mal edilmiş işlemedeki zorluklar özellikle yoğun olarak ostenitik paslanmaz çeliklere mal edilir. Ferritik ve martenzitik alaşımlar ile karşılaştırıldığında ostenitik alaşımlar daha yüksek çalışma sertleşmesi oranına, gerilme ve son kopma dayanımı arasındaki daha geniş yayılı bir alana ve daha yüksek tokluk ve dövülebilirliğe sahiptir. Ostenitik paslanmaz çelikler işlendiği zaman, özellikle kolay işlenemeyen alaşımlarda birkaç faktör çok önemlidir.

- Takımlar kesme kenarlarında yoğun olmak üzere daha fazla ısınacaktır.
- Talaşlar tel gibi uzayacak ve iş parçasına sarılarak temizlenmesi zorlaşacaktır.
- Eğer takım rijitliği yetersiz ise kesme daha zor olacaktır.
- Kesme işlemi kesikli veya ilerleme çok yavaş ise işlenen yüzeylerde çalışma sertleşmesi ve işlemek daha zor olacaktır.

Bu faktörlerden dolayı, paslanmaz çelikleri işlemek için genel önlemler, özellikle ostenitik paslanmaz çelikler için çok önemlidir (ASM, 1989).

5.5.3. Dupleks Alaşımlar

Dupleks paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği yüksek temperleme dayanım seviyesi ile sınırlıdır. Şekil 5.15 ve 5.16 standart ve işlenebilirliği yükseltilmiş (% 0,027 S içeren) S31600 ostenitik alaşım ve yüksek nitrojenli ostenitik alaşım, S20910, ile dupleks alaşımın (S32950) işlenebilirlikleri karşılaştırılmıştır. Dupleks alaşım (S32950) yüksek nitrojenli ostenitik alaşımlar ile karşılaştırıldığında yaklaşık sertliğe sahip

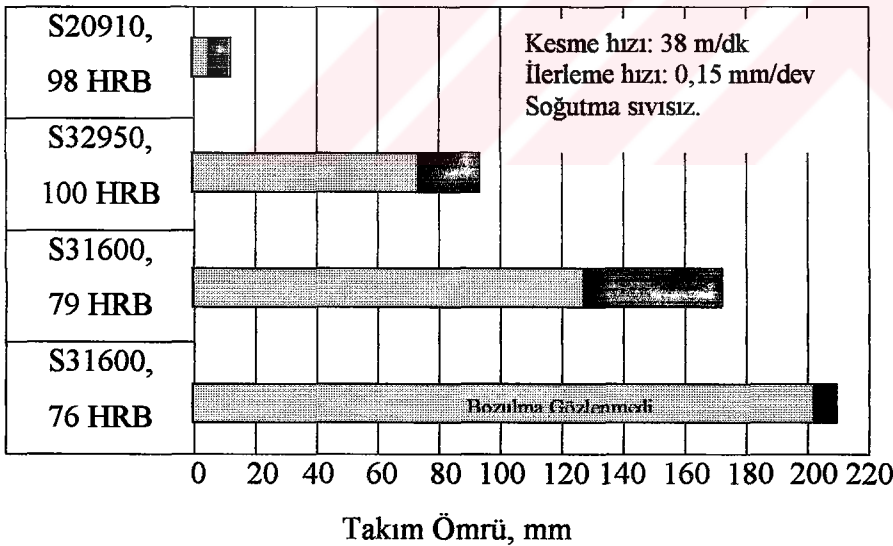
olmasına rağmen daha iyi işlenebilirliğe sahiptir. Bana rağmen standart ve işlenebilirliği arttırılmış ostenitik alaşımlardan herhangi birisi kadar iyi işlenebilirliğe sahip değildir.

Diğer nitrojen yüklü dubleks alaşımlar , S32950'ye benzer şekilde işlenmesi beklenebilir (ASM,1989).

5.5.4. Çökelme Sertleşmeli Alaşımlar

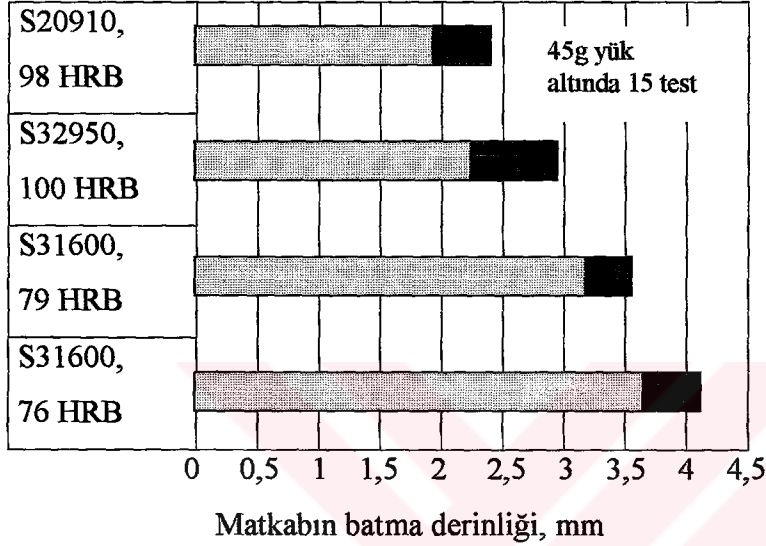
Çökelme sertleşmeli paslanmaz çelik alaşımlarının işlenebilirliği sertlik seviyelerine ve alaşım türlerine bağlıdır. Martenzitik çökelme sertleşmeli paslanmaz çelik alaşımlar çözelti işlem şartlarında işlenebilirler. Bundan dolayı arzu edilen dayanım seviyesine ulaşmak için daha sonra yaşlandırma işlemi yapmak gerekir. Bu durumda, yüksek sertlik işlenebilirliği nispeten sınırlar. Bu alaşımların çoğu standart ostenitik alaşımlardan (S30400) daha kötü işlenirler.

Martenzitik çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler daha yakın toleranslarda ısıtılardan koruyabilmek için yaşlandırma şartlarında da işlenebilirler. Talaş kaldırmanın kolaylık daha çok genel olarak ısıtıl işlem durumuna veya sertliğine bağlı olarak değişir (Carpenter Tech. Corp. 1971).



Şekil 5.15. Düşük nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S31600), yüksek nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S20910) ve dubleks paslanmaz çeliğin (S32950) takım ömrünün karşılaştırılması. Takım ömrü, 25 mm çapında parçada takım ucu bozuluncaya kadar uzunluk olarak ölçüldü. Siyah alanlar bozulma mesafelerini göstermektedir.

Temperleme de ostenitik alaşımlar, yarı ostenitik alaşımlar yüksek çalışma sertleşmesi gösteren S30200 gibi bir alaşımdan daha kötü ve zor işlenme beklenebilir. S35000 ve S35500 alaşımlarının en iyi işlenebilirliği, aşırı temperleme ve dengeleme şartlarında sağlanabilir. Martenzitik çökeltme sertleşmeli paslanmaz çelik alaşımlar gibi işleme zorlukları yaşlandırma sertleşmesi ile yükselir.



Şekil 5.16. Düşük nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S31600), yüksek nitrojenli ostenitik paslanmaz çelik (S20910) ve dubleks paslanmaz çeliğin (S32950) matkapla delme testinde işlenebilirliğin karşılaştırılması.

Ostenitik çökeltme sertleşmeli alaşımlar (S66286 gibi) yüksek alaşımlı ostenitik paslanmaz çelik alaşımlardan bile daha yavaş kesme hızları gerektiren zayıf işlenebilirliğe sahiptir (CARPENTER TECHNOLOGY CORPORATION; 1985). Yaşlandırma şartlarında işlemek bile daha düşük kesme hızları gerektirir.

5.6. Genel Kurallar

İşlenebilirlikte büyük bir etkiye sahip paslanmaz çeliklerin özellikleri şunları içerir.

- Nispeten yüksek çekme dayanımı
- Yüksek çalışma sertleşmesi oranı, özellikle ostenitik alaşımlar için
- Yüksek dövülebilme

Bu faktörler geleneksel işleme operasyonları sırasında takımın takma talaş yapışması şeklinde malzemenin (meyilini) eğilimini açıklar. İşlemede kaldırılan talaşlar

takımın ucunda yüksek basınçlar meydana getirmeye çalışır; bu basınçlar talaş/takım yüzeyinde çok yüksek sıcaklık ile birleştiği zaman talaşın takıma kaynak olmasına neden olur. ilave olarak, paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletkenliği devamlı kaynağa katkıda bulunur.

Paslanmaz çeliklerin geleneksel yöntemlerle işlenmesinde karşılaşılan zorluklar şu faktörlere bağılı olarak minimuma indirilebilir.

-Genel olarak paslanmaz çelikleri işlemek için gerekli daha fazla güç yüzünden , ekipmanlar karbon çelikler için yaklaşık olarak % 75 oranlarında kullanılmalıdır.

-Kesiciyi korumak için takım bağlama mümkün olduğu kadar rijit olmalıdır. Takım veya iş parçasının bağlama uzunluğu minimuma indirilmelidir. Bu işlem tornalama takımlarına, matkaplara, raybalara vb. takımlara uygulanır.

-İşlenen yüzeyi korumak için, çalışma sertleşmesi yüzeyleri, özellikle ostenitik alaşımlar ile pozitif ilerleme sürdürülmelidir. Bazı durumlarda ilerlemeyi yükseltmek ve hızı düşürmek gerekli olabilir. Durma, kesikli talaş kaldırma veya devamlı ince talaş kaldırmadan sakınılmalıdır.

-Özellikle kolay işlenemeyen ostenitik alaşımlar veya yüksek sertliğe sahip martenzik alaşımlar için düşük kesme hızları gerekli olabilir. Büyük kesme hızları takımın kırılmasına veya takım aşınmasına neden olur. Daha düşük kesme hızları ile daha uzun takım ömrü, daha yüksek verim ve daha düşük maliyete karşılık gelir.

-Yüksek hız çeliği ve sert maden uçlu takımlar her ikisi de talaş ile sürtünmeyi minimuma düşürmek için ve iyi yüzey kalitesi ile keskin tutulmalıdır. Keskin bir kesme kenarı, en iyi yüzey kalitesini üretir ve en uzun takım ömrünü sağlar. Yüksek hız çeliği takımlarda en iyi kesme kenarını elde etmek için 60 grit kabalık (yüzey pürüzlülük değeri) olmalı ve sırasıyla 120 ve 150 grit bitirme olmalıdır. Honlama en iyi yüzey kalitesini üretir.

-Kesme sıvıları ısıyı yok etmek ve düzgün bir yağlama sağlamak için uygun seçilmelidir. Sıvılar etkili bir soğutma ve yağlama yapabilmesi için doğrudan kesme bölgesine uygun hızda dikkatlice yapılmalıdır(ASM,1989).

5.7. Tornalama

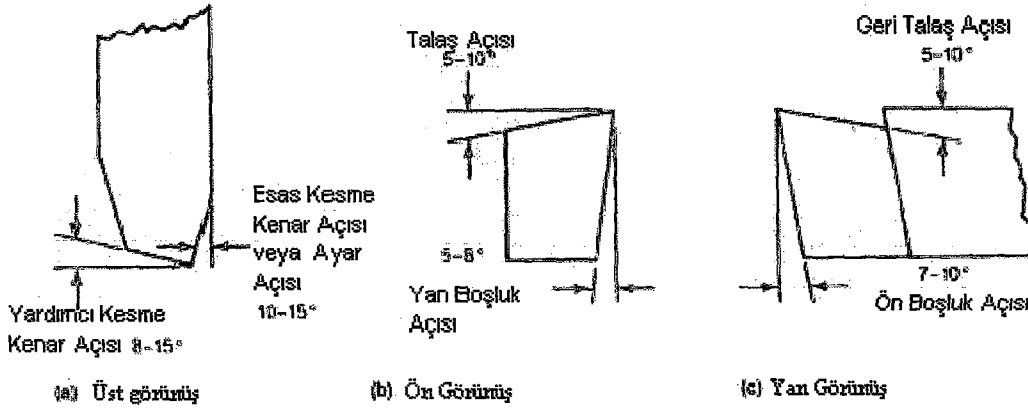
Torna tezgahlarındaki tornalama işlemleri bütün şartları uygulanabilen özel tavsiyelerin yapılması imkansız olan bir çok değişken içerir. Önerilen takım açıları, kesme hızları ve ilerlemeler her bir özel iş için başlama noktaları esastır.

5.7.1. Tek Uçlu Torna Kesicileri

Düzgün olarak bilen kalem paslanmaz çeliklerin işlenmesinde özellikle önemlidir. Şekil 5.17'de Yüksek hız çeliği torna kalemeleri için önerilen uygun takım geometrileri ve açılarını göstermektedir. (Kesme kalemi için) 5° - 10° lik pozitif talaş açılı kalem temiz bir yüzey ile daha serbest kesme ve daha düşük ısı üretecektir. Kesme kenarına yeterli bir destek sağlamak için ön boşluk açısı minimum olmalıdır. Bu açı yaklaşık olarak 7° - 10° arasındadır. Ostenitik paslanmaz çelikler toklukları ve çalışma sertleşmesi özellikleri yüzünden, talaşları kontrol etmek için 5° - 10° arasında bilenmiş talaş açıları gerektirir. Çalışma sertleşmesini sınırlandırmak ve sürtünmeyi önlemek için yan boşluk açısı gerektirebilir.

Çelikler için gereken talaş kırma basamakları veya talaş kavislerinin derinlikleri kolay işlenemeyen paslanmaz çelikler için gereken kadar derin olmasını gerektirmez. Diğer bir deyişle, ilerleme oranı ve talaş derinliği talaş kırma basamakları veya talaş kavislerinin derinliğine bağlı olarak verilir. ilave olarak kalemin kesme kenarının mukavemetini zayıflatmamalıdır. Eğer bir takım talaş kırma basamağı veya talaş kavisini açılmıyorsa dik bir talaş açısı verilmesi tavsiye edilebilir.

Karpit takımlar tek uçlu torna kalemi olarak kullanılabilir ve HSS torna kalemelerinden daha yüksek kesme hızlarına sahiptirler. Bununla birlikte sinterlenmiş karbür takımların bağlanması, iş parçasının bağlanması daha fazla dikkat gerektirir ve kesikli talaş kaldırmadan kaçınılmalıdır (ASM,1989).



Şekil 5.17 Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kullanılan kaba talaş kalemi için önerilen takım açıları

5.8. Delme

Herhangi bir delme işleminde şu faktörler önemlidir.

-İş parçası kaldırılan talaşlardan arındırılmalıdır. Çünkü talaşlar takımın körelmesinde bir aşındırıcı olarak rol oynar.

-Matkap uçları doğru olarak bilenmelidir.

-Matkaplar doğru olarak bağlanmalı ve iş parçası sağlam olarak desteklenmelidir.

-Soğutma sıvısının akışı düzgün olmalı, doğrudan deliğe yapılmalıdır.

-Matkap uçları kısa olarak bağlanmalı, aksi takdirde salğıdan ve esnemenen dolayı kırılabilir ve delik yüzeyi bozulabilir.

-Daha yavaş ilerlemeler ve düşük hızlar iş parçasının sertleşmesini önlemek için kullanılabilir.

-Paslanmaz çeliklerde delme işleminin markalanmasında, özellikle ostenitik paslanmaz çeliklerde, çalışma sertleşmesinden kaçınmak için ucu üçgen nokta ile markalama tavsiye edilir. Delme masterları veya şablonlar markalamanın yapılmasında kullanılabilir.

Talaşın sıkışmasını önlemek için matkap ucu ara sıra dışarı çıkarılmalıdır.

5.9. Frezeleme

HSS takımlar paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kullanılabilir. Bununla birlikte sert maden uçlu takımlar özellikle işlenmesi zor olan alaşımlar için kullanılabilir. Genelde, en düzgün yüzey kalitesi özellikle 19 mm çapın üzerindeki çakılar ile yüksek kesme hızında çalışırken spiral veya helisel kesiciler ile elde edilir. Helisel çakılar

kesme işlemi sırasında parçadan temasını kesmez, böylece düz dişli çakılara nazaran daha az titreşimsiz kesme yaparlar. Kaba dişli veya ağır sanayi freze çakıları ince dişli freze çarklarına nazaran daha az titreşim yaparlar ve daha yüksek kesme hızlarında çalışabilirler. Bu çakılar aynı zamanda talaşın atılabilmesi için daha büyük boşluklara sahiptirler.

Düzlem yüzey ve ağır sanayi freze çakıları için genelde 45° lik sol helis tercih edilir. Daha yüksek açılar, aynı zamanda daha fazla dişin iş parçası yüzeyine temas etmesini sağlar. Bu olay malafa milinde düzgün basınç uygular ve böylece titreşim düşer. Bazen paslanmaz çeliklerde derin kanalların frezelenmesinde geniş talaşların sıkışması, yapışması ve titreşim problemleri meydana gelir. Bu zorluklar çapraz dişli freze çakılarının kullanılması ile giderilebilir. Bu çakılar kanalın sadece bir tarafından keser , böylece daha küçük pürüz ve daha küçük talaş oluşturur. Paslanmaz çeliklerin köşe frezelenmesi için dolu gövdeli freze çakıları yüksek dayanımdan dolayı tercih edilir.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada dört çeşit deney numunesi kullanılmış ve numunelerin spektral analiz cihazından alınan kimyasal bileşimleri Tablo 6.1'de verilmiştir. Deney numuneleri endüksiyon döküm ocağı kullanılarak $D=40$ mm çapında ve $L=500$ mm boyunda kum kalıplarında dökülerek elde edilmiştir. Döküm sonrası daha sıhhatli sonuç elde etmek amacıyla deney numunelerinin dış yüzeylerindeki sert ve pürüzlü olan döküm kabuğu tamamen kaldırılncaya kadar, sert maden uçlu torna kalemı ile $D=33$ mm çapa kadar torna edilmiştir.

Tablo 6.1. Deney Numuneleri Alaşım Analizleri

Numune No:	Kimyasal Bileşim (%)											
	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Cu	Al	V	W
No 1	.168	0.80	1.05	.02	.023	.001	11.53	9.57	.02	.069	.017	.01
No 2	.217	.77	1.05	.022	.035	.002	11.93	10.43	.02	.048	.017	.01
No 3	.211	.769	1.06	.024	.035	.001	12.30	10.82	.02	.039	.018	.01
No 4	.171	.769	1.08	.022	.031	.001	12.75	11.01	.02	0.03	.019	.01

6.2. Deneylerde Kullanılan Kesici Takımlar

Deneylerde Presto Moly marka ve $10*10*100$ mm ölçülerinde HSS torna kalemı kullanılmıştır.

Torna kalemleri BN 102 B tipi Taksan marka alet bileme tezgahında bileme taşı olarak 60 tane büyüklüğü ve L sertlik derecesine sahip Al_2O_3 zımpara taşı ile üç boyutlu hareket edebilen mengene yardımıyla tablo 4.1'de gösterilen değerlerde bilenmiştir.

6.3 Deneylerde Kullanılan Torna Tezgahı

Deneylerin gerçekleştirilmesinde The 600 Group, Harrison M 300 tipi , İngiliz malı, 2,2 Kw gücünde kovansiyonel torna tezgahı kullanılmıştır.

6.4 Metalografik Çalışmalar

Deney numunelerinin mikro yapısını ve bu mikro yapılar içinde oluşan fazları belirlemek için numuneler 400 - 1200 meşlik zımparalar ile zımparalandıktan sonra Bive marka 1µm'lik elmas pasta ile parlatılmış ve daha sonra daldırma suretiyle % 50 NHO_3 + % 50 saf su çözeltisinde (+) kutupta , 6 Volta 2 dakika süre ve oda sıcaklığında elektrolitik olarak dağlanmış ve optik mikroskoba hazır hale getirilmiştir.

6.5 Sertlik Deneyleri

Kullanılan numunelerin homojen olup olmadığını anlamak amacıyla alaşımların yüzey sertlikleri Instron Wolpert GmbH 1996 Alman yapımı sertlik ölçme aparatında tespit edilmiştir. Numunelerin yüzey sertlikleri 3 Kg'lık yük altında HV skalası ile ölçülmüştür. En az sekiz ölçüm yapılarak, bu ölçümlerin ortalama sertlik değerleri alınmıştır. Bulunan ortalama değerler dönüşüm cetvelleri kullanılarak HB sertlik değeri cinsine dönüştürülmüştür.

6.6 Kalem Ömrü Deneyleri

Deney numunelerinin, yüksek hız çeliği kesici takımları ile işlenebilirliğinin araştırılması için bölüm 4'de belirtilen Taylor Takım Ömrü deney şartlarına göre belirlenen tablo 6.2'deki değerler kullanılmıştır. İlerleme ve talaş derinliği sabit tutularak kesme hızı değiştirilmiştir.

Tablo 6.2. Deney Parametreleri

Deney No	Kesme Hızı, Vc, m/dak.	İlerleme Hızı, s, mm/dev.	Talaş Derinliği, a, mm
Deney I	13	0.1	1.5
Deney II	19	0.1	1.5
Deney III	27	0.1	1.5
Deney IV	38	0.1	1.5

7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

7.1. Metalografik İncelemeler ve Mikroyapı Sonuçları

Numunelerin parlatma işleminden sonra yüzeyler %50 saf sulu nitrik asit çözeltisiyle dağlandıktan sonra fotoğrafları çekilmiştir. Foto 7.1 bir numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafını göstermekte olup bu fotoğraftan da görüleceği gibi yapının genelde dendritik olduğu anlaşılmaktadır. Dendrit kolları matris içerisinde yaygın vaziyette olup matrise nazaran mikroyapıda daha çok yer işgal etmiştir.



Foto 7.1. Bir numaralı numunenin mikroyapı fotoğrafı (x 50)

İki numaralı numunenin karbon ve nikel oranları bir numaralı numuneye göre değişik olup bu değişiklik mikroyapıda önemli bir farklılık meydana çıkarmamıştır. Yine mikroyapı dendritik olup matris içerisinde yayılmıştır (Foto 7.2). Üç numaralı numunenin kimyasal yapısı krom içeriği bakımından biraz farklı olup Mikro yapı fotoğraflarından da görüldüğü gibi numuneler dendritik bir yapıya sahiptir (Foto 7.3). Dört numaralı numunenin kimyasal bileşiminde diğer numunelere göre daha fazla Cr ve Ni elementi bulunmaktadır. Bu elementlerin biraz fazla olması mikroyapıda diğer numunelere göre herhangi bir farklılığa sebep olmamıştır. Yine bu numune de dendritik bir yapıya sahiptir (Foto 7.4).

numunelerin nikel ve krom eşdeğerlerini, şekil 7.1'de ise numunelerin iç yapılarını gösteren Schaeffler diyagramı verilmiştir.

Nikel Eşdeğeri=% Ni+30*% C+0,5*% Mn

Krom Eşdeğeri= % Cr+% Mo+(1,5*% Si)+(0,5*% Nb)

Tablo 7.1. Ni ve Cr Eşdeğerleri

Numune No	Ni eşdeğeri	Cr eşdeğeri
1	Nieş1=15,14	Creş1=13,23
2	Nieş2=17,47	Creş2=13,09
3	Nieş3=17,68	Creş3=13,45
4	Nieş4=16,68	Creş4=13,91

7.2. Sertlik Deney Sonuçları

Sertlik deney sonuçları tablo 7.2'de verilmiştir. Krom ve Nikel içeriği arttıkça malzemelerin sertliğinde de artış gözlenmiştir. Ayrıca çubuk şeklindeki numunelerin dış kısımlarının sertliği iç kısımlara doğru gittikçe düşmektedir. Bu durum kalem ömrü bakımından bir değişkenliğe sebep olmaması için numunelerin en dış yani dökümden çıkan kabuk kısmı tormalanmak suretiyle alınmış ve malzemenin dış ve iç kısımları yaklaşık olarak aynı sertlik düzeyine getirilmiştir.

Tablo 7.2. Sertlik Deneyi Sonuçları

Malzeme No	Sertlik, HB
Numune 1	156
Numune 2	166
Numune 3	176
Numune 4	185

7.3. Takım Ömrü Deney Sonuçları

Bütün numunelerin tormalama işlemlerinde HSS hız çeliği kullanılmıştır. Takım bileme işlemi ve kesici ağız açıları daha önce verilen tablolarda olduğu gibidir (Tablo 4.1). Deney numunesinin düzgün olmayan dış yüzeyi yukarıda da belirtildiği gibi bir ön

tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Numunenin bir tarafı torna aynasına bağlanırken diğer tarafına da punta deliği açılarak torna puntasına bağlanmıştır. Yani deney numunesinin bir tarafı torna aynasına bağlanırken diğer tarafı da tornanın punta mekanizmasına tutturulmuştur. Böyle yapmak suretiyle tornalama esnasında meydana gelebilecek titreşim ve olumsuzluklar asgari düzeye indirilmiştir.

7.4. Numune I ile Yapılan Deneyler

7.4.1 Deney I

Kesme şartları: $V_{c1} = 38$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 0,25 dakikasında numune yüzeyi çıplak göz ile tespit edilebilecek şekilde bozulmuştur. Bu bozulma ayrıca tornalama esnasında takım-malzeme arasındaki sürtünmenin sebep olduğu sestən de anlaşılmıştır. Takım tezgahtan sökölerek ölçüm işlemine tabi tutulmuştur. Bu ölçme işlemi neticesinde Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçölmüştür.

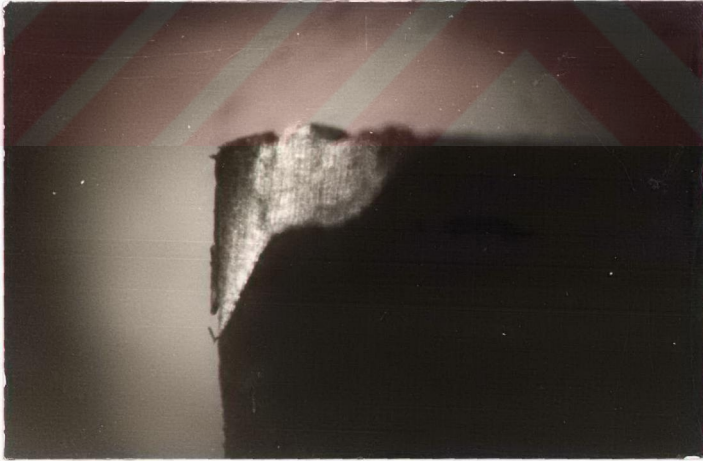


Foto 7.5. Bir nolu numunenin Deney I'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.(x350)

7.4.2. Deney II

Kesme şartları: $V_{c2} = 27$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 0,9 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , VB = 0,60 mm olarak ölçülmüştür.

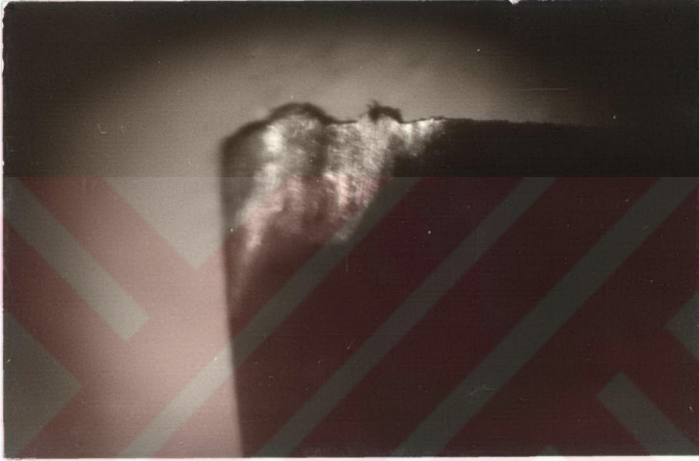


Foto 7.6. Bir nolu numunenin Deney II'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.(x350)

7.4.3. Deney III

Kesme şartları: $V_{c3} = 19$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 3,16 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , VB = 0,50 mm olarak ölçülmüştür.

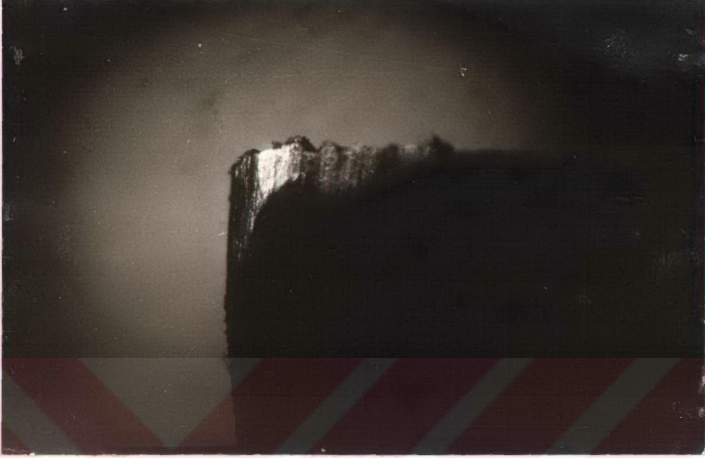


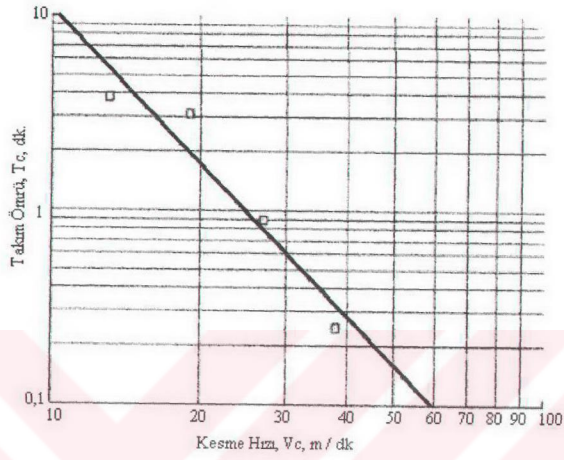
Foto 7.7. Bir nolu numunenin Deney III'ten sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.4.4. Deney IV

Kesme şartları: $V_{c4} = 13$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi, tezgah.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 3,83 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür.

Bütün bu deneylere ait kesme hızı-Takım ömrü grafiği de çizilmiştir (şekil 7.2).



Şekil 7.2. Numune I' in Takım Ömrü Grafiği

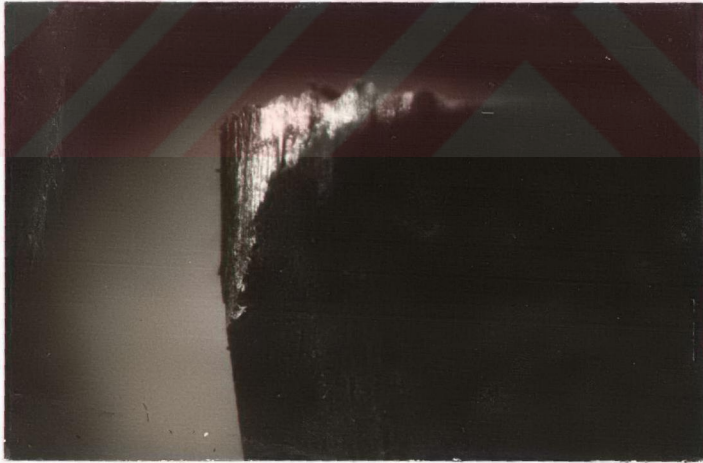


Foto 7.8. Bir nolu numunenin Dency IV'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.5. Numune II ile Yapılan Deneyler

7.5.1. Deney I

Kesme şartları: $V_{c1} = 38$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 0,13 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

7.5.2. Deney II

Kesme şartları: $V_{c2} = 27$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 4,33 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

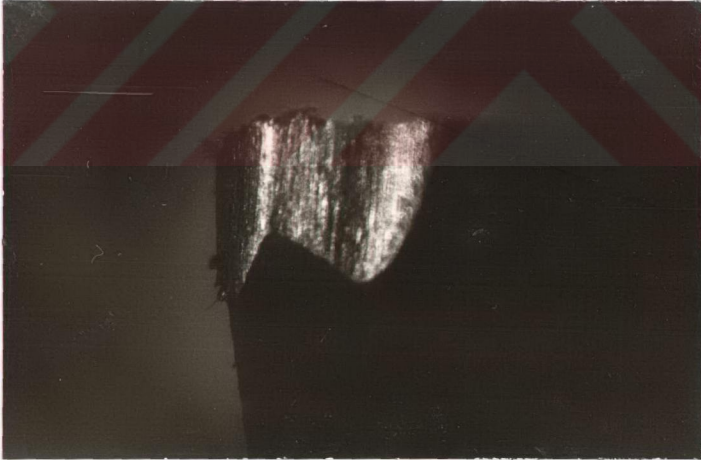


Foto 7.9. İki nolu numunenin Deney I'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı.(x350)

7.5.3. Deney III

Kesme şartları: $V_{c3} = 19$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 16,5 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

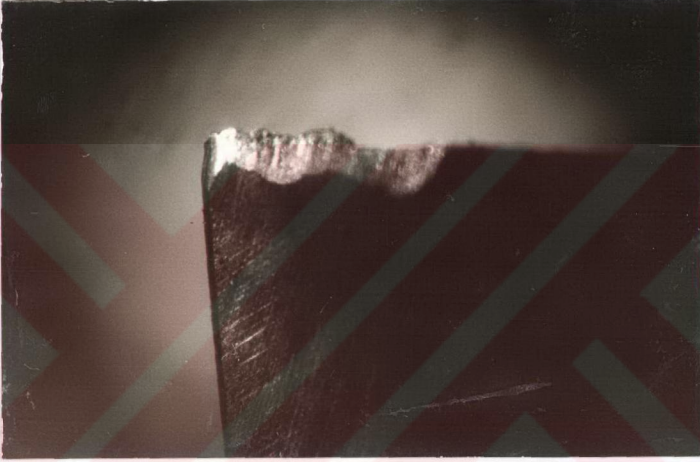


Foto 7.10. İki nolu numunenin Deney II'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.5.4. Deney IV

Kesme şartları: $V_{c4} = 13$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 23,5 dakikasında bozulmuştur . Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,20$ mm olarak ölçülmüştür.

Bütün bu deneylere ait kesme hızı-Takım ömrü grafiği de çizilmiştir (şekil 7.3).

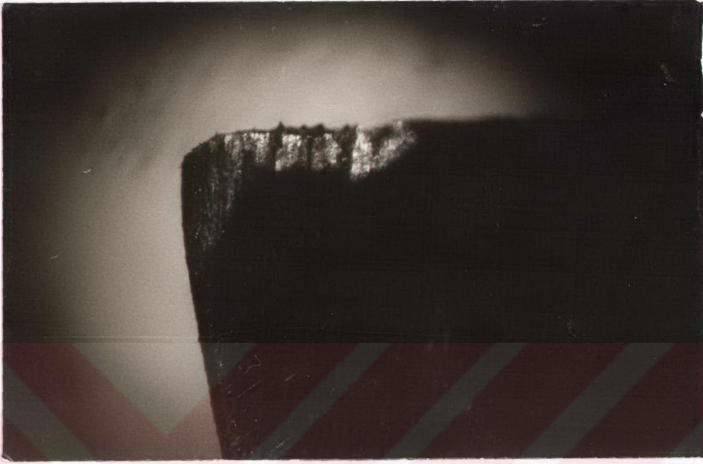


Foto 7.11. İki nolu numunenin Deney III'ten sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

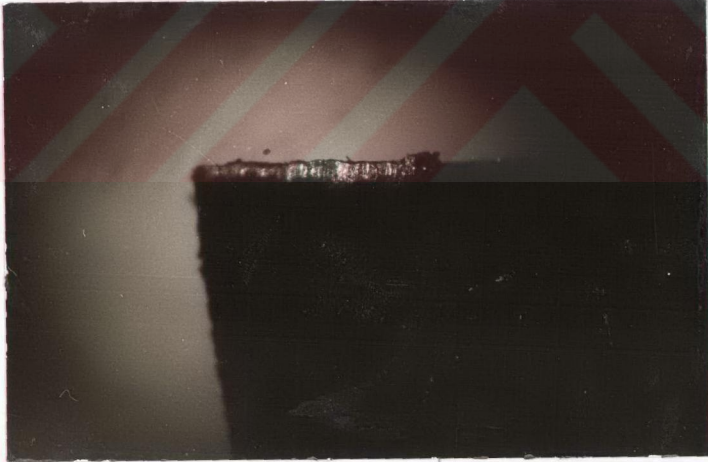
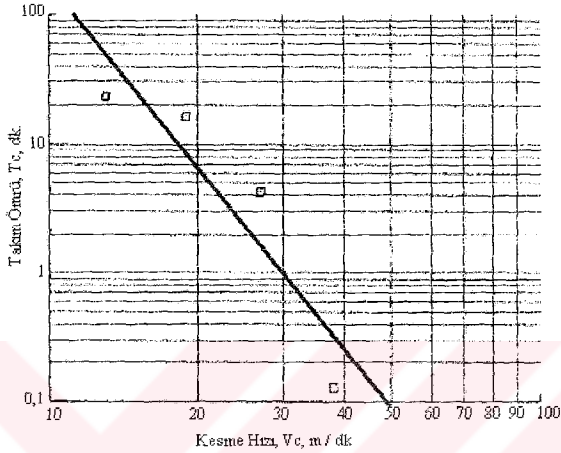


Foto 7.12. İki nolu numunenin Deney IV'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)



Şekil 7.3. Numune II' nin Takım Ömrü Grafiği

7.6. Numune III ile yapılan Deneyler

7.6.1. Deney I

Kesme şartları: $V_{c1} = 38$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 0,16 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,40$ mm olarak ölçülmüştür

7.6.2. Deney II

Kesme şartları: $V_{c2} = 27$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 2,5 dakikasında iyi. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

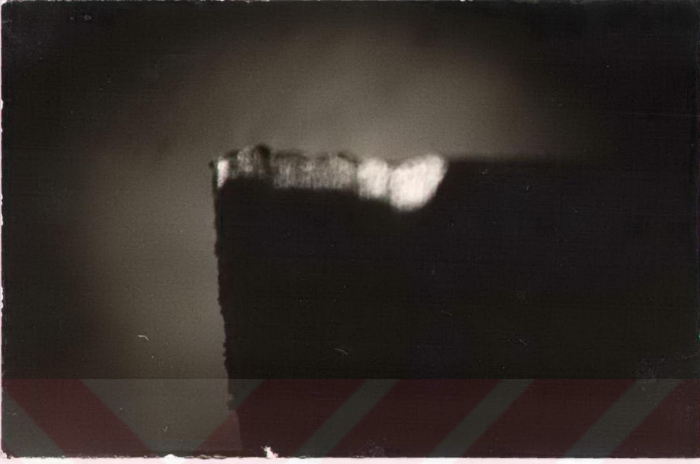


Foto 7.13. Üç nolu numunenin Deney I'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.6.3. Deney III

Kesme şartları: $V_{c3} = 19$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 5 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

7.6.4. Deney IV

Kesme şartları: $V_{c4} = 13$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi, tezgah; 2.3 Kw gücünde paralel torna tezgahı.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 15 dakikasında iyi. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,40$ mm olarak ölçülmüştür.

Bütün bu deneylere ait kesme hızı-Takım ömrü grafiği de çizilmiştir (şekil 7.4).



Foto 7.14. Üç nolu numunenin Dency II'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

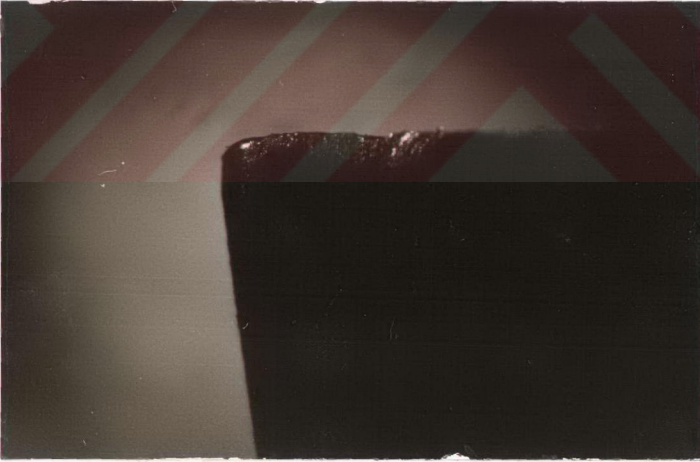


Foto 7.15. Üç nolu numunenin Dency III'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

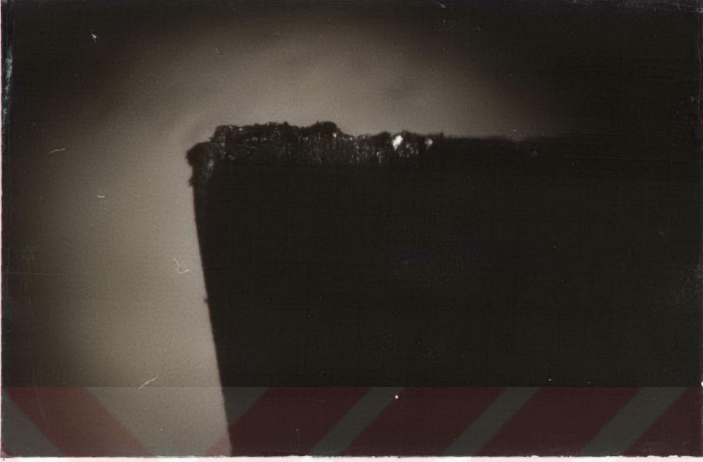
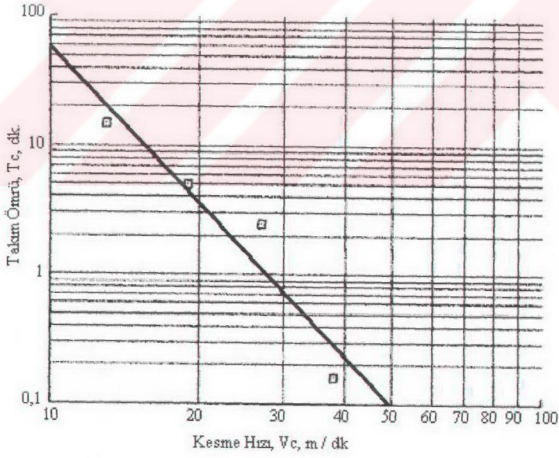


Foto 7.16. Üç nolu numunenin Deney IV' den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)



Şekil 7.4. Numune III' ün Takım Ömrü Grafiği

7.7. Numune IV ile yapılan Deneyler

7.7.1. Deney I

Kesme şartları: $V_{c1} = 38$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 0,11 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,30$ mm olarak ölçülmüştür

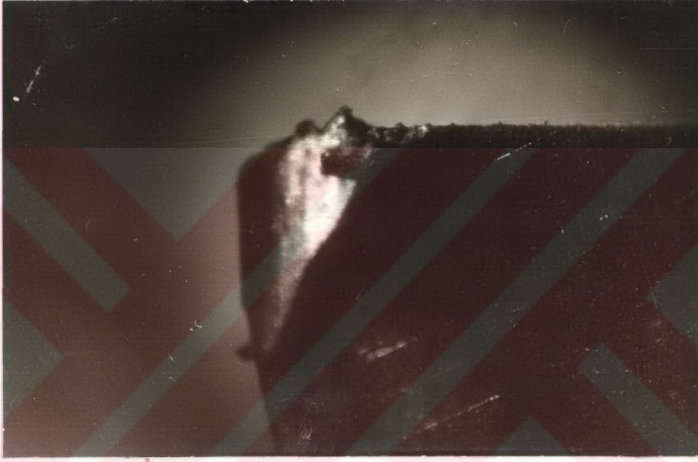


Foto 7.17. Dört nolu numunenin Deney I'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.7.2. Deney II

Kesme şartları: $V_{c2} = 27$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 3 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,50$ mm olarak ölçülmüştür

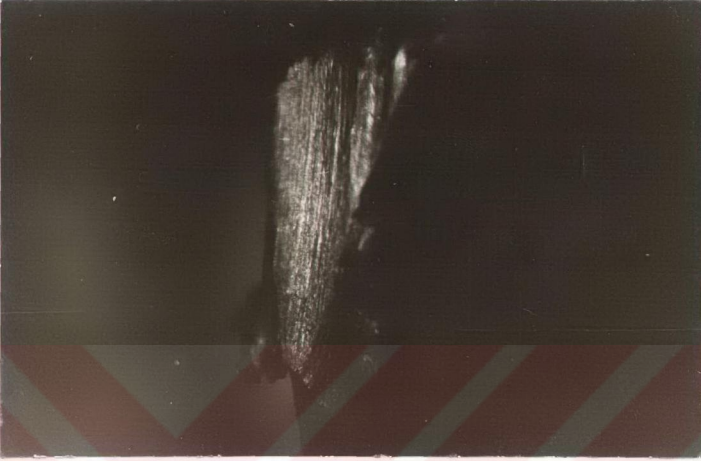


Foto 7.18. Dört nolu numunenin Deney II'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.7.3. Deney III

Kesme şartları: $V_{c3} = 19$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 5,6 dakikasında bozulmuştur. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,85$ mm olarak ölçülmüştür

7.7.4. Deney IV

Kesme şartları: $V_{c4} = 13$ m/dak., $s = 0.1$ mm/dev., $a : 1,5$ mm, kuru işleme, takım; HSS kaba talaş kalemi.

Elde edilen sonuçlar: İşlenen yüzey kalitesi ; Kesme işleminin ilk 16 dakikasında iyi. Takım tabanında VB aşınması , $VB = 0,20$ mm olarak ölçülmüştür.

Bütün bu deneylere ait kesme hızı-Takım ömrü grafiği de çizilmiştir (şekil 7.5).

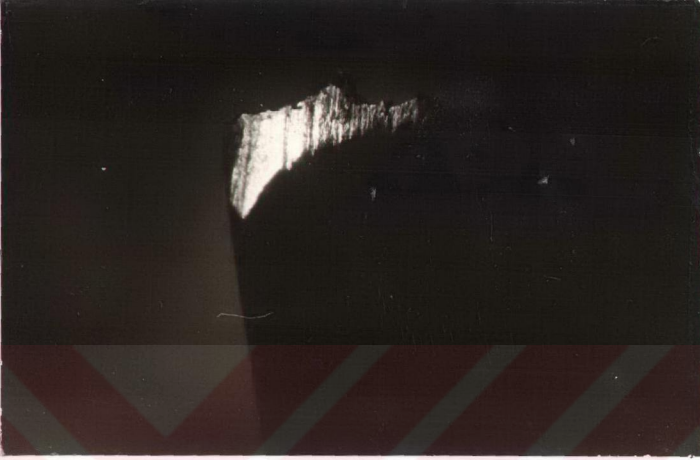
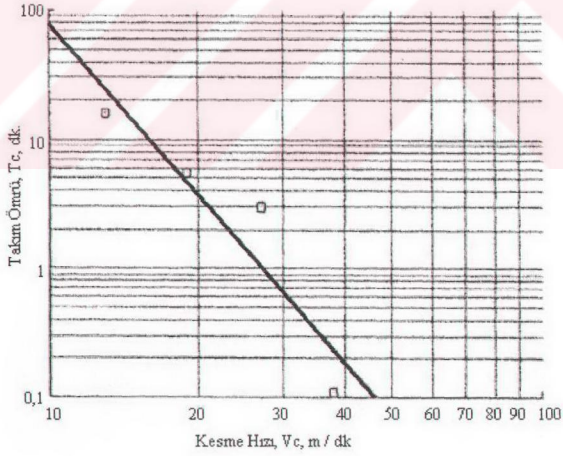


Foto 7.19. Dört nolu numunenin Deney III'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)



Şekil 7.5. Numune IV'ün Takım Ömrü Grafiği

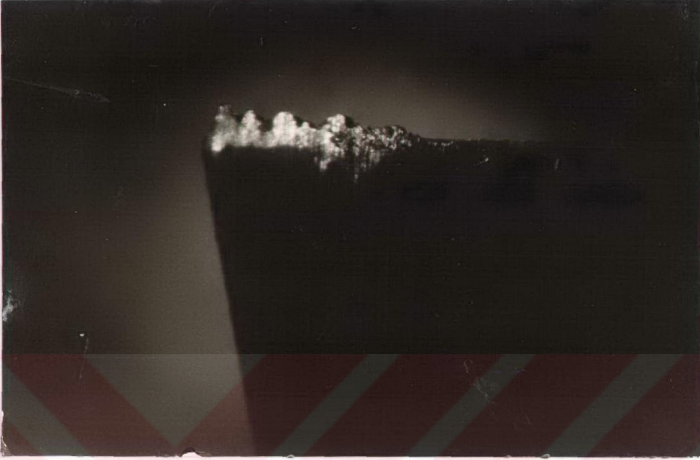


Foto 7.20. Dört nolu numunenin Deney IV'den sonra çekilen kalem yan yüzey aşınma fotoğrafı. (x350)

7.8. Aşınma Ölçüm Sonuçları

Takım ömrü deneylerinin sonunda yapılan yan yüzey aşınma ölçümlerinin sonuçları Tablo7.3'de görülmektedir. Ölçümler 0,002 mm hassasiyetinde universal optik mikromertede yapılmıştır. Aşınma yüzeylerinin fotoğrafları aynı ölçü aletine fotoğraf makinası bağlanmak suretiyle çekildi.

Tablo7.3. Takım Ömrü Deneylerinin Yan Yüzey Aşınma Ölçümlerinin Sonuçları

	Numune -I		Numune -II		Numune -III		Numune -IV	
	WB, mm	Tc, dak.	WB, mm	Tc, dak.	WB, mm	Tc, dak.	WB, mm	Tc, dak.
Deney -1	0,48	0,25	0,48	0,13	0,36	0,16	0,40	0,11
Deney -2	0,54	0,9	0,36	4,33	0,32	2,5	0,85	3
Deney -3	0,34	3,16	0,44	16,50	0,24	5	0,38	5,6
Deney -4	0,58	3,83	0,12	23,5	0,34	15	0,24	16

7.9 Deney Sonuçları ve Öneriler

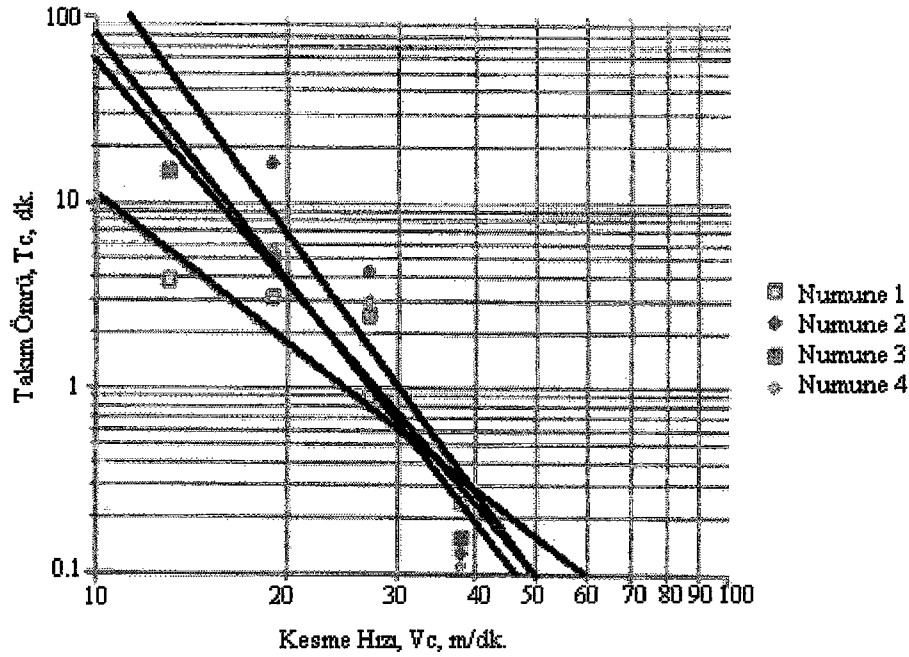
Bütün numunelerin işlenebilirliği deney sonuçlarına bakılarak genel olarak değerlendirildiğinde işleme kabiliyetlerinin veya talaşlı işlenebilirliklerinin çok düşük olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 7.6 bütün numunelerin takım ömrü karşılaştırmalı sonuçlarının görülebilmesi açısından birleşik olarak verilmiştir. Bu sonuçtan olmak üzere;

- Bir numaralı numune diğer numunelere rağmen daha düşük Cr içeriğine sahip olup deney sonuçlarına bakıldığında talaşlı işlenebilirliği en düşük olan numunelerden bir tanesidir.
- İki numaralı numune diğer numunelere göre orta değerde bir Cr içeriğine sahip olmasına rağmen talaşlı işlenebilirliği en iyi olanlardan bir tanesidir. Buradan anlaşılabacağı gibi numunelere değişik oranlarda katılan Cr elementinin belirli bir değere kadar talaşlı işlenebilirliği etkilediği ancak bu değerden sonra talaşlı işlenebilirliğin düşmesine sebep olduğu söylenebilir.
- Üç numaralı numunenin talaşlı işlenebilirliği İki numaralı numuneye göre biraz daha düşük olup bir numaralı numuneye göre biraz daha iyidir. Bu numunenin Cr oranı ise diğer numunelere göre daha fazladır.
- Dört numaralı numune en yüksek Cr içeriğine sahip olmasına rağmen üç numaralı malzeme ile talaşlı işlenebilirliği benzerlik göstermektedir. Buradan olmak üzere malzemenin Cr oranının yüksek olması talaşlı işlenebilirliğe olumlu yönde bir katkıda bulunmamıştır.

Malzemelerin sertlikleri göz önüne alınarak talaşlı işlenebilirlikleri değerlendirildiğinde zaten birbirleriyle sertlik bakımından fazla bir farkı olmayan numunelerin işlenebilirlikleri de sertliğin fazla bir önemi olmadığı anlaşılmıştır. Çünkü dört numaralı malzeme bir numaralı malzemedan daha sert olmasına rağmen daha iyi talaşlı işlenebilirlik göstermiştir. İki numaralı malzeme ise hepsinden daha iyi talaşlı işlenebilirlik göstermiştir.

Ortalama 25 m/dak.'lık kesme hızlarından daha yüksek kesme hızlarında HSS kesiciler ile işlenebilirlikleri mümkün değildir.

İşleme esnasında deformasyon sertleşmesi , takım yüzeyine talaş yapışması da sıkça görülmüştür.



Şekil 7.6 Birleştirilmiş Takım Ömrü Grafiği

Tel gibi uzayan sürekli uzun talaşlar çıkmıştır. Çıkan bu uzun talaşlar iş parçasına sarıldığından dolayı yüzey kalitesini bozmuş ve işlenmeye karşı da zorluk göstermiştir. Bunu önlemek için talaş kırma basamağı kullanılması tavsiye edilebilir.

Kesikli ve titreşimli işlemeden kaçınılmış ve böyle bir durum hasıl olduğu anda da deney kesilerek yeni takım ile deney tekrar edilmiştir.

Yüzey çalışma sertleşmesi meydana geldiği anda takımın hızlı bir şekilde körlenmesine neden olduğu için deney durdurularak çalışma sertleşmesi meydana gelen yüzey karbür takım ile kaldırılarak yeni takım ile deneye devam edilmiştir. Yüksek kesme hızlarında çalışma sertleşmesi sıkça görülmüştür. Bu olumsuz durumu önlemek için ise soğutma sıvısı kullanılması gerekmiştir.

KAYNAKLAR

- Afshort, M.R.Z., 1983 Heat treating of super alloys , Heat Treatment ASM International, 7.Edition , Materials Park ,Ohio, USA.
- Akkurt, M., 1992, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- American Society For Metals, 1978 , Machinability testing and utilization of machining data, Proceedings of The International Conference on Machinability Testing and Utilization of Machining Data,
- American Society For Metals, 1975, Influence of metalurgy on machinability, Proceedings of The International Symposium Sponsored by The Machinability Activity of The Mechanical Working and Form Division.ISO 3685, 1993, Tool life testing with single point turning tools.
- Bletton, O., Duet, R. and Pedarre, P., 1990,Wear, 139, p 179-193
- Bodur, H.O., 1973, Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi. İSTANBUL.
- Carpenter Custom 630 (17Cr-4Ni) , 1971, Carpenter Technology Corporation
- Clarce, W.C., 1964, Which free- machining stainless?, Metalwork. Prod., p 43-45
- Clarce, W.C., 1964, Which free- machining chromium stainless?, Metalwork. Prod., p 68-71
- Ferree, J.A., 1975, Free machining austenitic stainless steel, US Patent 3,888,659
- Fujiwara, T. Et al., 1977, Effects of free machining additives on machinability of the 18Cr-2Mo stainless steel, in İnfluence of Metallurgy on Machinability of steel, Proseedings of an International Symposium, American Society for Metals, p 231-240
- Garvin, H.W. and Larrimore, R.M., 1965, Metallurgical factors affecting the machining of a free machining stainless steel, İn Mechanical Working of Steel II, American Institute of mining, Metalurgical, and Petroleum Engineers, p 133-150
- Guide to machining stanless steel and other specialty metals, 1985, Carpenter Technology Corporation,
- Heginbotham, W.B. and Pandey, P.C., 1966, Tapper turning tests produce reliable wear equations, Adv. Marc. Tool Des. Res.
- Herthorn, M., 1970, Corrosion of resulfirazed free- machining stainless steels, Corrosion. Vol 26, No 12, p 511-528

- Herzog, E. and Bellet, S., 1969, Influence of Tellurium and selenium on the properties of some steels, in Selenium and Tellurium in Iron and Steel, Swedish Institute for Metal Research
- Kaplan, M., 1997, Yüksek Cr-Ni alaşımlı çelik dökümlerde yaşlandırmanın süneklik davranışına etkisi, F.Ü., Doktora tezi, Elazığ.
- Kiang, T.S., and Barrow, G., 1971, Determination of the tool - life equations by step turning test , International Machine tool Design Research Conference Proceedings ,p 379-385
- Kiessling, R., 1975, Sulfide inclusion: A summary and study of sulfides in resulfurized ferritic ELI – Steels of the 18:2 type, in sulfide inclusions in steel, American Society for Metals p 104-122
- Kiessling, R., 1977, Influence of in sulfide composition on the machinability corrosion properties of a in resulfurized ferritic 18:2 steel, in Influence of Metallurgy on Machinability of Steels, Proceedings of an International Symposium, American Society for Metals, p 253-261
- Kiesheyer, H. And Brandis , H., 1986, Titanium alloyed free-machining stainless steels, Bull. Cercle d'Etudes Metaux, Vol 15, No 11
- Kimura, A. et al., 1986, Super STARCUT stainless steel 304BF with bismuth, Bull. Bismuth Inst., p 1-5
- Kowach, C.W., 1975, Sulfide inclusions and the machinability of steel , in Sulfide inclusions in steel, American Society For Metals, p 459 – 479
- Kowach, C.W. and Moskowitz, A., 1969, Effects of manganese and sulfur on the machinability of martensitic stainless steels, Trans. Met. Soc. AIME, Vol 245, p 2157- 2164
- Kowach, C.W. and Eckenrod , J.J., 1971, Free machining austenitic stainless steel, in Proceedings of the 13th Mechanical Working and Steel Processing Conference, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, p 300-325
- Kowach, C.W. et al., 1968, Improved free machining ferritic stainless steel, British Patent 1,133,295
- Kowach, C.W., 1968, The sulfide phases in iron- chromium steels ASM, Vol 61, p 575-581

- Lula, R.A., 1986, fabrication of stainless steels - Machining in stainless steels, American Society For Metals, p 112-114
- Mill, B. and Redford, A.H., 1983, Machinability of engineering materials, Applied Science.
- Machining and abrasive wheel grinding of carpenter stainless steels , 1987, selection, alloy data, fabrication, Carpenter Technology Corporation ,p 240-241
- McCloymonds , N.L., 1964, Machinability of leaded free-machining austenitic stainless Met. Prog., p 166-168
- McCloymonds , N.L., 1967, Measuring machinability, Met. Prog., p 183-184
- Mendi, F., 1996, Takım Tezgahları Teori ve Hesapları. 72 TDFO Ltd Şti. Ankara
- Okyay, K. ve Demir, F., 1982, Tornacılık Teknolojisi. G.Ü.T.E.F. Matbaası, Ankara
- Ono, K. Et al., 1983, Development of leaded free-machining austenitic stainless, Denki Seiko, Vol 54, No 4, p 265-274
- Palmer F.R., 1931, Antifriction corrosion – resisting steel , US Patent 1,835,960
- Palmer F.R., 1934, Ferrous alloys, US Patent 1,961,777
- Pitler, R.K., 1989, Metals Handbook. ASM. Volume 16. The United States of America
- Pray, H. Et al., 1941, Addition of bismuth for producing free-machining stainless steel, Proc. ASTM ,Vol 41, p 646-658
- Richmond, F.M., 1967, A decade of progress in machinability, finishing and forming, Met. Prog., p 85-86
- Sedriks, A.J., 1983, Role of sulfide inclusions in pitting and crevice corrosion of stainless steel, Int. Met. Rev., Vol 28, No 5, p 295- 307
- Sparre, C., 1972, Stainless free-cutting steel , Wire, p 56-60
- Tipnis, V.A., 1971, Machining of stainless steels, Wire, p 153-161
- Tipnis, V.A., 1974, Stainless steel having improved machinability, US Patents, 3,846,186
- Tipnis, V.A., 1976, Method of making stainless steel having improved machinability, US Patents, 3,933,480
- Thomas, J.L. and Lambert, B.K., 1974, Reliability of accelerated tool life testing method, Technical Paper MR74-703, Society of Manufacturing Engineers.