

39978

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KESİCİ TAKIM MALZEMELERİNDE PVD CVD TİPİ MODERN

SERAMİK KATMANLARIN TAKIM ÖMRÜNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. Müh. Hüseyin KARAGÖZ

39978

Anabilim Dalı : METALURJİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : MALZEME

ARALIK 1994

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KESİCİ TAKIM MALZEMELERİNDE PVD/CVD TİPİ MODERN
SERAMİK KATMANLARIN TAKIM ÖMRÜNE ETKİSİ**

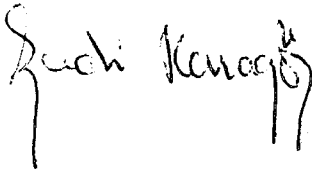
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN KARAGÖZ

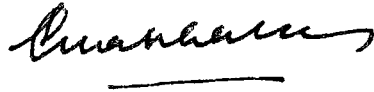
39978

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Aralık 1994
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Aralık 1994

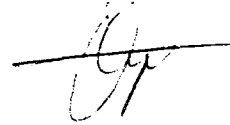
Tez Danışmanı
Prof.Dr.Sadi KARAGÖZ



Üye
Prof.Dr.A.Fuat ÇAKIR



Üye
Prof.Dr.Aydın ATASOY



ARALIK 1994

ÖZET:

Kesme koşulları ile takım ve iş parçası malzemesinin yoğun etkisini içeren işlenebilirlik kavramının artırılması için takım-iş parçası arayüzeyinin azaltılması gerekir. Böylesi bir işlevi hem sert ve aşınmaya dayanıklı hem de yağlayıcı katmanlar görürler.

Bu çalışmada iş parçası malzemesi olarak yüksek işlenebilirlik amacıyla geliştirilen saf (9SMn36) ve kurşun katkılı (9SMn36Pb) iki değişik otomat çeliği, yüksek hız çeliği ve sert metal takımlar ile talaşlı işlenmiştir. Yüksek hız çeliği takımlar kaplamasız ve PVD-TiN kaplı; sert metal takımlar ise kaplamasız ve CVD ile geçiş katmanlı (TiC+TiCxNy+TiN) olarak seçilmiştir.

Yapılan kesme deneyleri ile takım aşınma karakteristikleri belirlenerek işlenebilirliğe pozitif katkısı olan her iki katman etkisi incelenmiştir.

ABSTRACT:

In order to improve the machinability, which is very much affected by the conditions and the properties of the tool and the workpiece material, one should reduce the contact surface occurring at the tool-workpiece interface. Such a requirement is fulfilled not only by lubricating films but also by hard, wear resistance coatings.

In this study the machinability characteristics of two types of free cutting steels, which have been developed to achieve a high machinability, being pure (9SMn36) and lead added (9SMn36Pb), have been examined by machining these steels using HSS and cemented carbide type tools. The type of the HSS tools were either coated with TiN by the PVD technique or not coated at all while the cemented carbides used were in the state of either not coated or coated with (TiC + TiCxNy + TiN) by the CVD technique.

The wear characteristics of the tools have been determined by the cutting experiments performed and, hence the effects of either of the coatings which have positive contributions on the machinability could be examined.



TEŞEKKÜR:

Bilimsel çalışmaların akademik unvan kaygısı ile yapılması mantığının giderek yaygınlaştığı bir ortamda; kendisi ile çalışmaktan mutluluk duyduğum, bilgi birikimini zevkle paylaşan Sayın Hocam Prof. Dr. Şadi KARAGÖZ'e şükranlarımı sunarım.

Deneysel çalışmaların gerçekleşmesindeki yakın ilgi ve yardımlarından dolayı başta Sayın Yük. Müh. GÜNGÖR AVUNCAN olmak üzere MAKİNA-TAKİM ENDÜSTRİSİ A.Ş.'e ve çalışanlarına; katkılarından dolayı ASİL ÇELİK A.Ş.'e; yardımlarından dolayı Yük. Müh. Aziz H. HATMAN ve GEKA Bilgisayar-Elektronik firmasına teşekkür ederim.

Bu güne kadar hiçbir karşılık beklemeden, desteklerini esirgemeyen aileme ve Ebru YURTSEVENER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Türkiye Cumhuriyetini hangi şartlarda kurduklarını, maalesef hala anlayamayanların var olduğu günümüzde, sonsuza kadar savunacağım Demokratik ve Lâik Cumhuriyetimizin kurucusu Mustafa Kemal ATATÜRK ve mücadele arkadaşlarına; onlar gibi düşünüp, aynı ilkeler ışığında, onların çizdiği yoldan yürüyenlere: Bu çalışmanın bana ait olan emeği itaf olunur.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. İŞLENEBİLİRLİK	2
2.1. Metal Kesme İşlemlerinin Mekanik İncelenmesi.	2
2.1.1. Metal Kesme Terminolojisi	2
2.1.2. Talaş Oluşumu	3
2.1.3. Talaş Şekilleri	6
2.1.4. Metal Kesmede Kuvvetler	7
2.1.5. Metal Kesmede Gerilmeler	12
2.1.6. Metal Kesmede Sıcaklıklar	13
2.2. Çeliklerin İşlenebilirliği	15
2.2.1. Mikroyapının İşlenebilirlik Etkisi	15
2.2.2. İşlenebilirliği Etkileyen Kalıntılar	15
2.2.2.1. Sülfürler	16
2.2.2.2. Yumuşak Metalik Kalıntılar	17
2.2.2.3. Sert Metalik Olmayan Kalıntılar	17
2.2.2.4. Kalsiyum Katkısı ve Yumuşak Oksitler	18
3. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ	19
3.1. Yüksek Hız Çelikleri	19
3.1.1. Mikroyapı	20
3.1.2. Katılma	21
3.1.3. Isıl İşlem	22
3.2. Toz Metalurjik Yüksek Hız Çelikleri	24
3.3. Sert Metaller	26
3.4. Diğer Takım Malzemeleri	28
3.4.1. Oksit Seramik	28
3.4.2. Sialon	28
3.4.3. Polikristalin Elmas	28
3.4.4. Kübik Bor Nitrür	28
3.5. Modern Kaplamalar	29
3.5.1. PVD	29
3.5.2. CVD	29
4. OTOMAT ÇELİKLERİ	32
5. AŞINMA MEKANİZMALARI	35
5.1. Abrasyon	36
5.2. adhezyon	36
5.3. Atrasyon	37
5.4. Plastik Şekil Değiştirme	37
5.4. Difüzyon	37
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	38
6.1. Takım Seçimi	38
6.2. İş Parçası Seçimi	40
6.3. Tezgah ve Talaşlı İşlem Seçimi	41
6.4. İşlenebilirlik Testi ve Kavramlar	42

7. DENEYSEL SONUÇLAR	46
7.1. Kesme Deneyleri	46
7.1.1. Kaplamasız ve CVD-TiN Kaplı Sert Metal Takımlarla Yapılan Kesme Deneyleri.	46
7.1.2. Kaplamasız ve PVD TiN Kaplı Yüksek Hız Çeliği Takımlarla Yapılan Kesme Deneyleri	58
7.2. Görüntü Analizi	66
7.2.1. MnS Boyut Dağılımı	66
7.2.2. MnS Şekil Faktörü	67
8. TARTIŞMA	69
8.1. İş Parçası Malzemesinin Mikroyapısal Etkisi	69
8.1.1. Karbon Miktarının Etkisi	69
8.1.2. Kurşun Katkısının Etkisi	70
8.2. Takım Malzemesi Etkisi	72
8.3. Yüzey Pürüzlülüğü	74
9. SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79



1. GİRİŞ:

Talaşlı işlem piyasamız, talep edilen çeşitlilik ve kısa teslim süreleri doğrultusunda gelişmektedir. Bu piyasa üzerindeki ekonomik baskılar, talaşlı işlem açısından oldukça önemli olan işlenebilirlik kavramının geliştirilmesi yönündeki çalışmaların yakından takip edilmesini gerekli kılmaktadır.

İşlenebilirlik artımı için yapılan çalışmaların temel mantığı: Talaşlı işlem esnasında takım ve iş parçasının oluşturduğu kantağı engellemektir. Böylesi bir işlevi hem yağlayıcı hem de sert ve aşınmaya dayanıklı katmanlar görürler.

Kesici takım malzemelerinde son yıllardaki gelişmeler, özellikle yüksek aşınma dayanımı ve sıcak sertliğe -ancak düşük tokluğa- sahip seramik takımlarda olmuştur. Bu özellikleri nedeniyle çok yüksek hızlarda kullanılabilir. Ülkemizde ise hala yaşlı tezgahların çokluğu nedeniyle yüksek hız çeliği ve sert metal takımlar yoğun olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çeliği ve sert metal takımların PVD (Physical Vapour Deposition) ve CVD (Chemical Vapour Deposition) yöntemleriyle seramik katmanlarla kaplanması ile işlem hızları ve takım ömürleri açısından sağlanan avantajlar bu konuda yapılan çalışmaları yoğunlaştırmıştır.

İş parçasının işlenebilirliğini artırma yönündeki çalışmalar çelik içi kalıntı kolektivinden yararlanmaktan geçer. Otomat çeliklerinin geliştirilmesiyle başlayan çalışmalar mekanik özelliklerin elverdiği oranda kükürt ve kurşun katkısı ile kesme kuvvetlerini düşürme ve avantajlı kısa talaş düşümüne neden olur. Ancak mangansülfürlerin anizotropiye neden olması nedeniyle kalsiyum kalıntı ile kalıntı modifikasyonu yönünde çalışmalar vardır.

Bu gelişmeleri yakından takip eden talaşlı işlem piyasamız yüksek işlenebilirlik doğrultusunda modern üretim teknikleriyle donatılan takım ve iş parçası malzemelerinin piyasaya sürüldüğü görülmektedir.

2. İŞLENEBİLİRLİK:

Makina imalat sektörünün en büyük maliyet faktörünü talaşlı işlem oluşturur. Talaşlı işlem üzerindeki ekonomik baskılar, takım ve iş malzemelerinin yoğun etkisini içeren işlenebilirlik özelliğinin geliştirilmesine neden olmuştur.

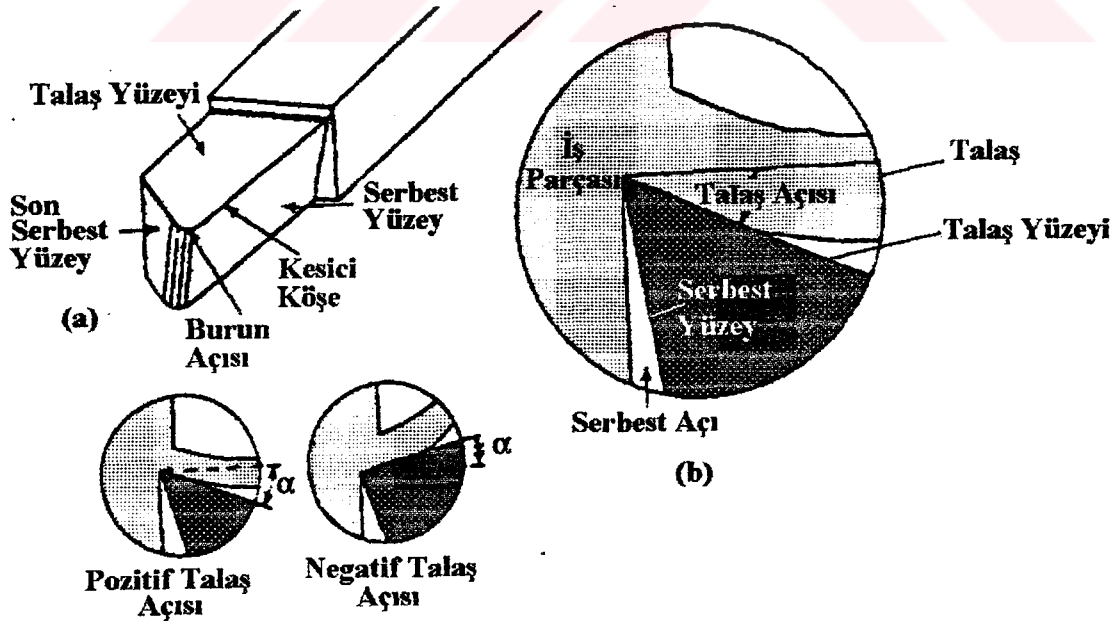
İyi işlenebilir bir malzemenin talaşlı işleminde; kısa sürede yüksek talaş hacmi kaldırılmalı ve yeni oluşan yüzey kaliteli (yüzey pürüzlülüğü düşük) olmalıdır. Aynı zamanda takım malzemesinin bu işlem süresince düşük aşınma göstermesi ve böylece uzun ömürlü olması beklenir. /1/ İyi işlenebilir bir malzemeden beklenen bu karşıt karakterlerin optimasyonunun yapılabilmesi için metal kesme işlemlerindeki mekanik olayların ve mikroyapısal bileşenlerin işlenebilirlik üzerine etkilerinin bilinmesi gerekir.

2.1. METAL KESME İŞLEMLERİNİN MEKANİK İNCELENMESİ:

2.1.1. METAL KESME TERMİNOLOJİSİ:

Malzemelerinin işlenebilirlik deneylerinin de yapıldığı tornalama; metal kesme işlemlerinin en yoğun kullanıma sahip operasyonudur. /2/ Tornalama işlemindeki üç önemli değişken; kesme hızı (m/dak), iş parçasının her dönüşünde takımın x eksenindeki hareket miktarı (ilerleme) ve iş parçasından kaldırılan metal kalınlığıdır (kesme derinliği).

Şekil 2.1.'de tornalama kullanılan bir kesici takım görülmektedir. Takım malzemelerinde talaşın kesici takım üzerinden aktığı yüzey talaş yüzeyi olarak anılır. Kesme köşesi; takımın talaş yüzeyi ile serbest yüzeyi arasındaki köşedir. Tornalama işleminde, serbest yüzeyin herhangi bir şekilde iş malzemesiyle sürtünmemesi için serbest açı adı verilen 6-10°'lik bir açı verilmiştir.



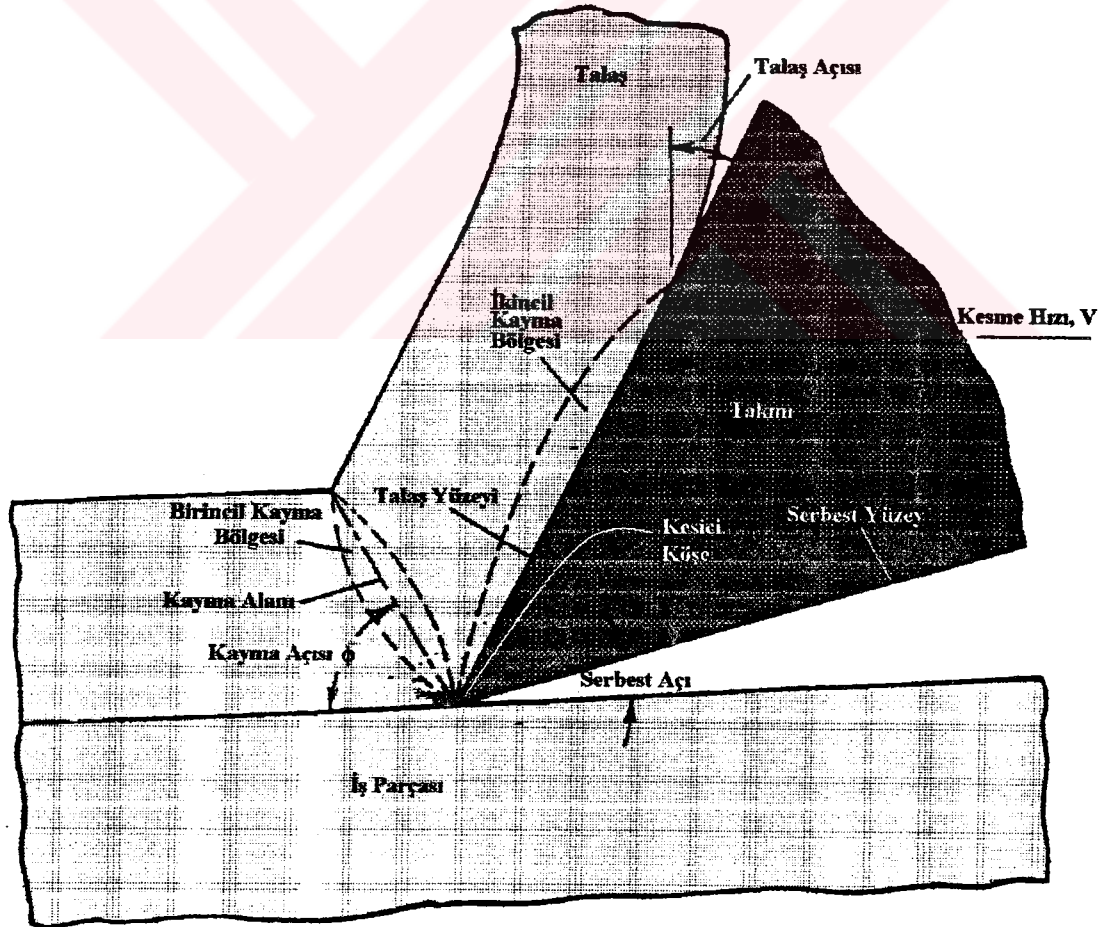
Şekil 2.1. Kesici Takım Terminolojisi

Takımın talaş yüzeyine de bir açı verilir. Talaş açısı adı verilen bu açı kesici köşeden yatay bir doğru ile ölçülür. Pozitif açılı takımlarda; talaş yüzeyi bu yatay doğrunun altında, negatif açılı takımlarda ise bu doğrunun üzerindedir.

Pozitif açılı takımlarda, artan talaş açısı ile takım-iş malzemesi temas mesafesinin azalmasına paralel olarak takım zayıflamaktadır. Diğer takım malzemelerine göre yüksek termal dayanıklılığa ancak düşük tokluğa sahip, seramik takımlarda ise takımı kuvvetlendirmek için negatif açılı takımlar kullanılırlar.

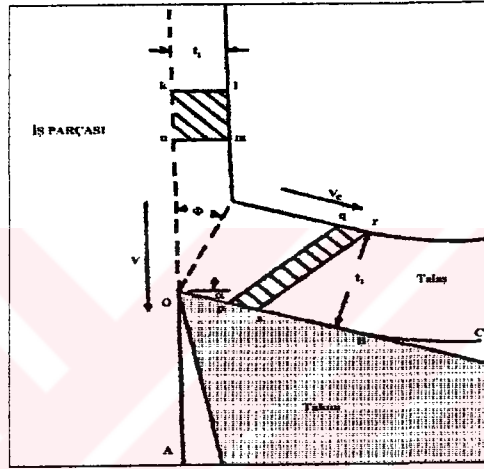
2.1.2. TALAŞ OLUŞUMU:

Temel mekanizmanın takımın kesme köşesi önünde oluşan kayma deformasyonu olduğu metal kesme işlemlerinde; birçok endüstriyel proses, kesme köşesinin kesme hareketine dik olmadığı üç boyutlu geometriye sahip olmasına rağmen, iki boyutlu (ortogonal) modeller, işlemin temel mekaniğini anlamak açısından daha kullanışlıdır. /3/ Ortogonal kesme prosesinin incelenmesinde deformasyon, Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi birincil ve ikincil olmak üzere iki bölge olarak belirlenir. Kesme işlemi boyunca takım ve iş parçası arasındaki relatif hareketler, takıma yakın iş parçası üzerine baskı uygular ve birincil deformasyon adı verilen bir kayma deformasyonuna neden olur.



Şekil 2.2. Talaş, iş parçası ve takım ilişkisi.

Bu deformasyon takım, iş parçası üzerinden geçerken kayma prosesinde görülen radyal baskı bölgesinin dışında gelişir. Bütün plastik defomasyonlarda olduğu gibi bu radyal baskı bölgesi, iş parçası malzemesinin kesme köşesine yaklaşmasıyla plastik baskı bölgesine dönüşen bir elastik baskı bölgesine sahiptir. Bu plastik baskı sonucu, artan dislokasyon yoğunluğu nedeniyle pekleşen iş malzemesi, serbest yüzey yönünde kayar. Bu kayma deformasyonu sonucu oluşan talaş, takıma karşı yaptığı kayma (shearing) ve akma (sliding) hareketleri sonucu, ikincil deformasyon adı verilen ilave bir deformasyon oluşturur. /3/



Şekil 2.3 Metal Kesme Diyagramı.

Kayma prosesi Şekil 2.3'te görüldüğü gibi takımda, kayma açısı ϕ ve talaş açısı α arasında meydana gelmektedir. /2/ Oluşan talaş V_c hızına sahiptir ve takım ile OB uzunluğu boyunca temas halindedir. Talaş oranı r , deformasyonsuz (teorik) talaş kalınlığı t_1 'in, ortalama talaş kalınlığı t_2 'ye oranıdır.

$$r = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)} \quad (2.1)$$

2.1 eşitliğe kayma açısı ϕ 'a çözümlerse;

$$\cot \phi = \frac{t_2 \sin \alpha}{t_1 \cos \alpha} \quad (2.2)$$

Pratik testlerde, ortalama talaş kalınlığı (t_2); talaş uzunluğu (l) ve talaş kütlesi (w)'nin dikkatlice ölçülmesi sonucu 2.3 eşitliği ile bulunur.

$$t_2 = \frac{W}{\rho \cdot l \cdot l} \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte ρ ; iş malzemesi yoğunluğu, t ; deformasyonsuz talaş kalınlığıdır.

Kayma düzleminin takımın yatay hareketiyle yaptığı açı olan kayma açısı (ϕ), kesme işlemi sırasında dinamik olarak ölçülebileceği gibi quick-stop cihazı kullanılarak statik olarak da ölçülebilir. Son gelişmelerle kesme işlemi, Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) içerisinde gerçekleştirilmiş ve bu teknik ile talaş hızı (V_c) arasında 2.4 eşitliği çıkarılmıştır.

$$V_c = V \frac{t_1}{t_2} \quad (2.4)$$

2.4 eşitliğine göre talaş hızı güvenilir olarak bulunabildiği takdirde, kayma açısının da hesaplanabileceği görülmektedir. Böylece kayma açısı ϕ , bilinen bir takım geometrisi için dinamik olarak belirlenmiş olacaktır.

Belirli bir alana sahip metal, kayma prosesine maruz kaldığında plastik deformasyona uğrayarak yeni bir şekil alır. Plastik deformasyon miktarı, kayma açısı ϕ ve talaş açısı α 'a bağlıdır. Talaş kayma gerinmesi γ , (2.5) eşitliği ile ifade edilir.

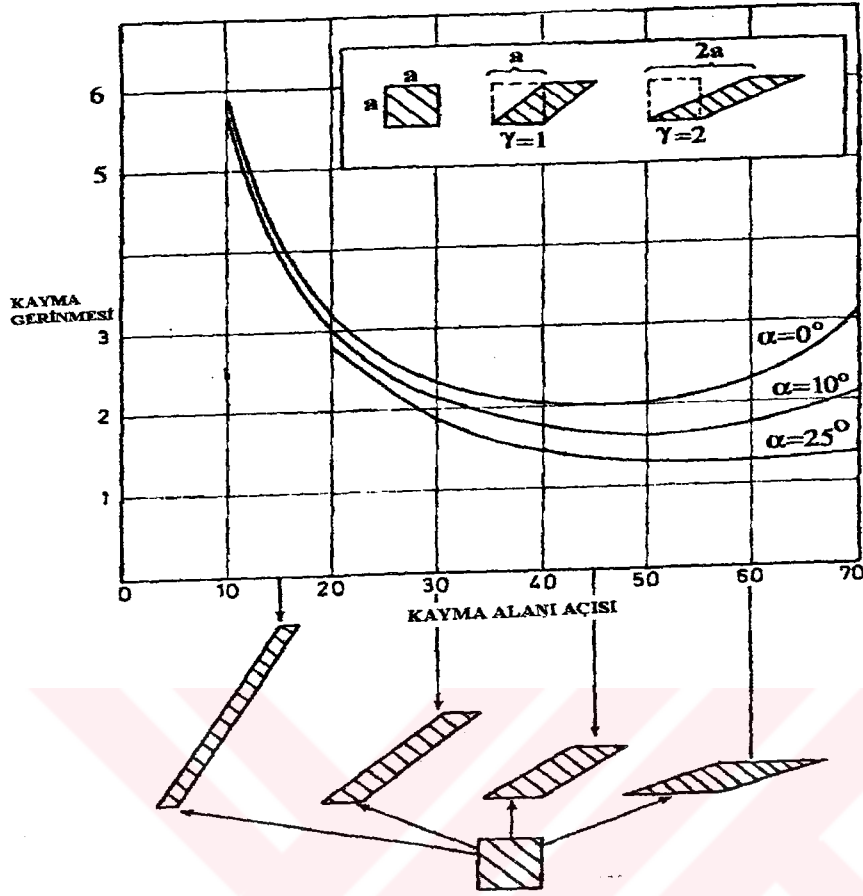
$$\gamma = \frac{\cos \alpha}{\sin \phi \cdot \cos(\phi - \alpha)} \quad (2.5)$$

Bir ünite parçasının bir yüzünün bir birim yer değişimi, bir birim kayma gerinmesine eşittir ($\gamma = 1$). Şekil 2.4 ortogonal işleminde, 3 değişik talaş açısı (α) ve kayma gerinmesi (γ), değişimi görülmektedir. Her bir talaş açısı için talaş kalınlığının efektif talaş kalınlığına eşit olduğu ($t_2=t_1$) bir minimum gerinme vardır.

Sıfır derece talaş açısı için;

$$\cot \phi = \frac{t_2}{t_1} \quad (2.6)$$

Talaş açısı 0° olduğu durumda 2.6 eşitliğinden kayma açısının 45° olduğu hesaplanabilir. Bu durumda Şekil 2.4'te oluşan minimum gerinmenin 2 olduğu görülür. Minimum gerinme talaş açısı artarken azalır. Eğer talaş açısı çok büyürse takım zayıflar ve kırılma olasılığı artar.



Şekil 2.4 Ortogonal kesimde kayma gerinmesinin kayma alan açısına göre değişimi

2.1.3. TALAŞ ŞEKİLLERİ:

Talaşlı işlemden kesici köşenin iş parçası malzemesinin içine girmesiyle, iş parçası malzemesi elastik ve plastik deformasyona uğrar. İş parçası malzemesinin gerilme altındaki gerinim tutumu oluşacak talaş tipini belirler. /1/

Yüksek deformasyon kabiliyetine sahip olan malzemeler, yoğun plastik deformasyona uğramış sürekli talaş oluşumuna izin verirler. Deformasyon yeteneğinin azalmasına paralel olarak talaş, lamellenmeye ve dilimlenmeye başlar.

Deformasyon yeteneği çok düşük veya olmayan malzemelerin talaşlı işlenmesinde ise kesme koşullarının oluşturduğu kayma deformasyonu altında oluşan çatlaklar ilerleyerek, küçük parçacıklar şeklinde süreksiz talaş oluşumuna neden olur.

Şekil 2.5'te talaşlı işlemden oluşan değişik talaş tipleri görülmektedir. Sürekli talaşlar, bant, spiral veya değişik helisel şekillerde oluşmalarına rağmen talaşlı işlem

açısından ideal talaşlar, kısa spiral veya helisel talaşlardır. Sürekli talaşlar takım yüzeyi ile uzun bir temas bölgesi oluşturacaktır. Bu olay ısı oluşumunu arttıracığı için arzulamaz.



Şekil 2.5 Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi.

Talaş şekillerini iş parçası malzemesinin özelliklerinin dışında etkileyen diğer faktör ise kesme parametreleridir. Kesme parametreleri; takım malzemesi, takım açıları, kesme ortamı ve köşe geometrisidir. Bunların dışında komplikasyonlar ise yığılma köşesi oluşumundan kaynaklanmaktadır. /3/

Yığılma köşesi; ikincil deformasyon bölgesinde, kesme köşesi yanında yoğun plastik deformasyon sebebiyle soğuk sertleşmiş ve adhezyonla talaş yüzeyine yapışmış iş parçası malzemesidir. Şekil 2.6'da çelik kesme işleminde oluşmuş yığılma köşesi görülmektedir.

Düşük hızlarda meydana gelen yığılma köşesi stabil değildir ve periyodik olarak takımdan kopup ayrılacaktır. Oluşan yığılma köşesi, kesme köşesini korumasının yanında takım geometrisini de değiştirir.

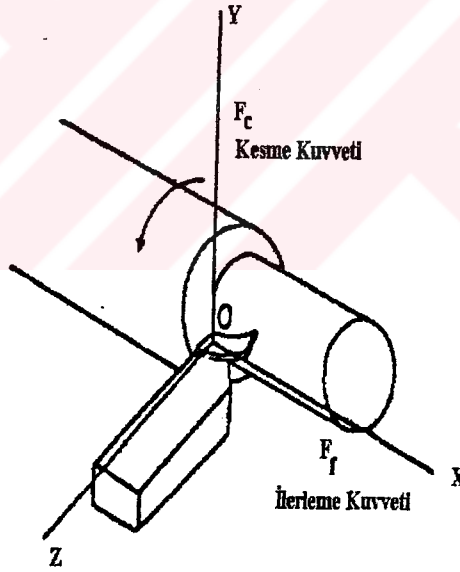
Yığılma köşesi oluşumu; kesme derinliği azaltılarak, kesme hızı artırılarak, pozitif açılı takımlar kullanılarak azaltılabilir veya engellenebilir.

2.1.4. METAL KESMEDE KUVVETLER:

Ortogonal kesme işlemleri Şekil 2.7'de görüldüğü gibi iki bileşenli kuvvet sistemi olarak belirtilir. /2/



Şekil 2.6 Takımın kesme köşesinde yığıntı köşesi oluşumu.



Şekil 2.7. Talaşlı İşlemden Kuvvetler.

Sürtünme kuvveti (F) ve takım talaş ara yüzündeki normal kuvvet (N)'in bileşke kuvveti R dir. R 'bileşke kuvvetinin ise bileşenleri kayma kuvveti (F_s) ve kayma alanında etkili normal kuvvet (F_n)'dir. /3/

R ve R' bileşke kuvvetlerinin eşit, ters yönde ve aynı doğrusal hat üzerinde buldukları kabul edilir. Bu kuvvetlerin belirlenebilmesi üçüncü bir ölçülebilir birimi gerekli kılmaktadır. İş parçası veya takıma tutturulmuş bir dinamometre, kesme kuvveti

Şekilde β açısı takım-iş parçası arayüzündeki sürtünme katsayısı μ 'yu belirlemek için kullanılır.

$$\beta = \arctan \mu = \arctan \frac{F}{N} \quad (2.7)$$

Sürtünme kuvveti F ve takım-iş parçası arayüzündeki normal kuvvet N şu şekilde ifade edilir;

$$F = F_C \cdot \sin \alpha + F_F \cdot \cos \alpha \quad (2.8)$$

$$N = F_C \cdot \cos \alpha - F_F \cdot \sin \alpha \quad (2.9)$$

Talaş açısı ϕ , sıfır olduğu zaman sürtünme kuvveti $F=F_f$ ve normal kuvvet $N=F_c$ 'dir. Çembersel kuvvet diyagramından gidilerek kayma kuvveti F_s ve normal kuvvet F_n şu şekilde ifade edilir;

$$F_s = F_C \cdot \cos \phi - F_F \cdot \sin \phi. \quad (2.10)$$

$$F_n = F_C \cdot \sin \phi - F_F \cdot \cos \phi \quad (2.11)$$

Kayma kuvveti F_s ; kayma düzlemindeki kayma gerilmelerinin hesaplanmasında kullanılır.

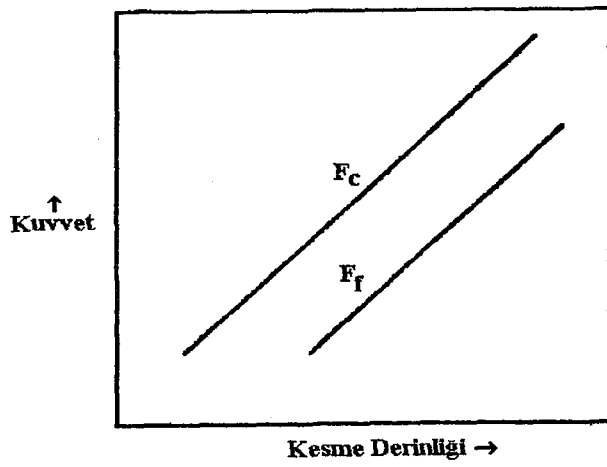
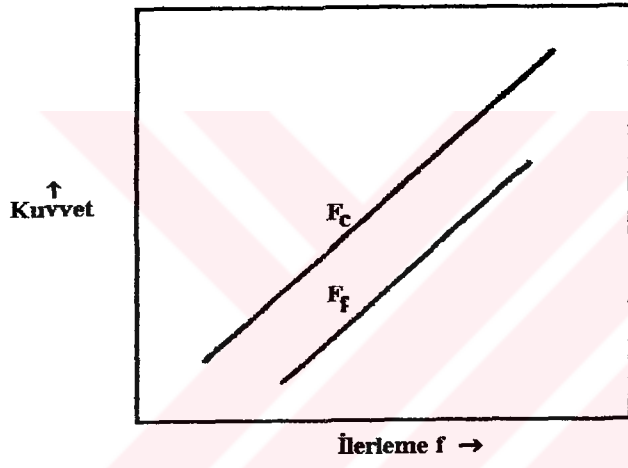
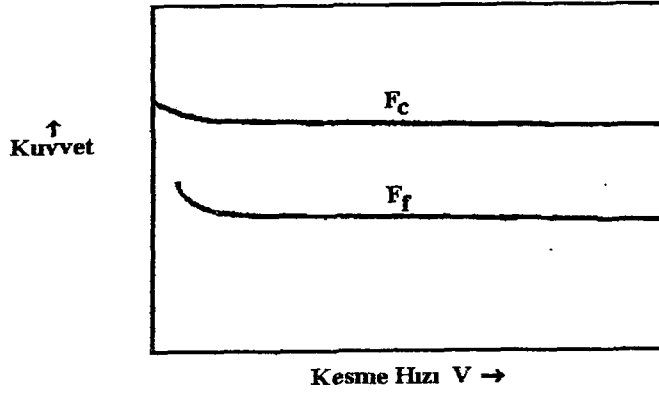
$$T_s = \frac{F_s}{A_s} \quad (2.12)$$

Kayma alanı A_s ise 2.13 eşitliği ile bulunur.

$$A_s = \frac{t_1 \cdot W}{\sin \phi} \quad (2.13)$$

Kayma gerilmesi T_s ; çok kristalli bir malzeme için kesici takım, kesme şartları ve kesme ortamından etkilenmeyen bir malzeme sabitidir.

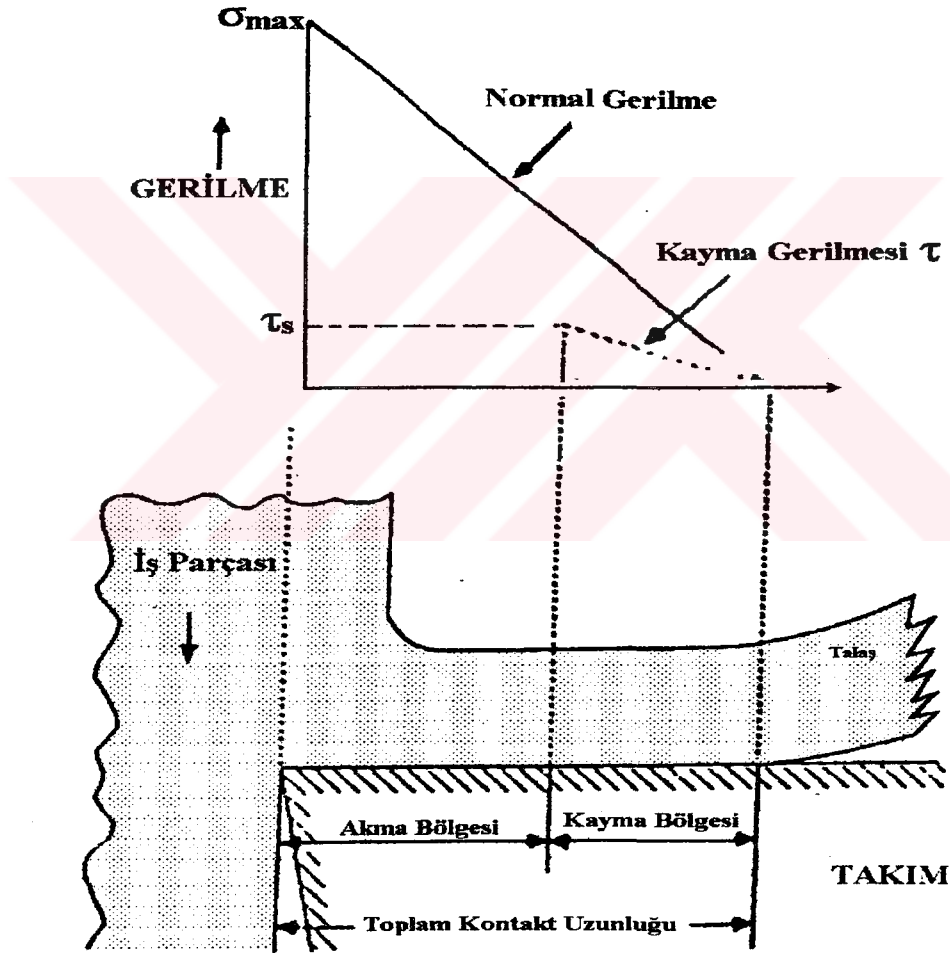
Metal kesme işlemlerinde öncelikli kuvvet, F_c kesme kuvvetidir. Bu kuvvetin kesme parametrelerinden etkileniş boyutu, metal kesme işlemlerinin kontrolü açısından bilinmesi gereken bir faktördür. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi artan ilerleme ve kesme derinliği metal kesme işlemlerindeki kuvvetleri artırırken artan kesme hızında kuvvetler değişmeden kalır. Alaşımların düşük hızlardaki talaşlı işlenmesinde ise yığma köşesi oluşumuyla kuvvetler düşer. Ayrıca talaş açısı küçüldüğünde kuvvetler artacaktır. /3/



Şekil 2.9 Kesme kuvvetinin a) Kesme hızı b) İlerleme c) Kesme Derinliği'ne göre değişimi

2.1.5 METAL KESMEDE GERİLMELER:

Metal kesme işlemlerinde, birincil ve ikincil deformasyon bölgelerinde yüksek gerilmeler meydana gelir. Kesici takım malzemelerinin aşınmasına neden olan ikincil deformasyon bölgesindeki gerilmeler ve bunların dağılımı, prosesin mekaniğini anlama açısından oldukça önemlidir. Kuvvet ve gerilmelerin klasik analizine göre, talaş yüzeyinde gerilmeler üniform olarak dağılmıştır ve kayma sürtünmesi vardır. Quick-stop cihazı ve fotoelastik takımlarla yapılan deneyler talaş yüzeyinde oluşan gerilmelerin üniform olarak dağılmadığını göstermiştir. Klasik kayma sürtünmesi konseptine göre oldukça farklı olan bu görüş; takımın talaş yüzeyindeki temas alanını, akmanın geçerli olduğu yüzeysel temas ve sürtünmenin geçerli olduğu noktasal kontak olmak üzere iki bölgeden oluştuğunu kabul etmektedir. /3/ Takımın talaş yüzeyindeki gerilmeler lineer değildir.



Şekil 2.10. Takım Talaş Yüzeyinde Gerilmelerin Dağılımı.

Şekil 2.10'de görüldüğü gibi takım ucunda maksimum olan normal gerilme, talaşın takımı terkettiği noktaya kadar mesafenin güç fonksiyonu olarak azalır. Kayma gerilmesi ise akmanın geçerli olduğu yüzeysel temas bölgesinde içsel kaymalar

nedeniyle sabit kalmakta, sürtünmenin geçerli olduğu noktasal temas bölgesinde ise mesafeye bağlı olarak azalmaktadır. /4/

2.1.6. METAL KESMEDE SICAKLIKLAR:

Metal kesme işlemlerinde talaş oluşumu için takım malzemesinin, iş parçası malzemesinin kayma yöresindeki birincil takım-iş parçası ara yüzeyindeki ikincil deformasyon bölgelerinde gerçekleşen kayma ve viskoz akma işleri nedeniyle ısı oluşur. /5/

Oluşan ısının miktarı, kesme parametreleri tarafından belirlenirken, oluşan ısının dağılımı ise iş parçası ve takım malzemelerinin ısı iletkenlik ve ısı geçirgenliği özelliklerinin bir fonksiyonudur.

Oluşan ısının bir kısmı talaş tarafından ortamdan uzaklaştırılırken kesme sıvısı kullanımı ile uzaklaşan ısı miktarı artırılabilir.

Takım malzemelerinin beklenen özellikleri negatif etkileyen ve performanslarının düşüşüne neden olan yüksek sıcaklıkların kalitatif değerleri konusunda yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

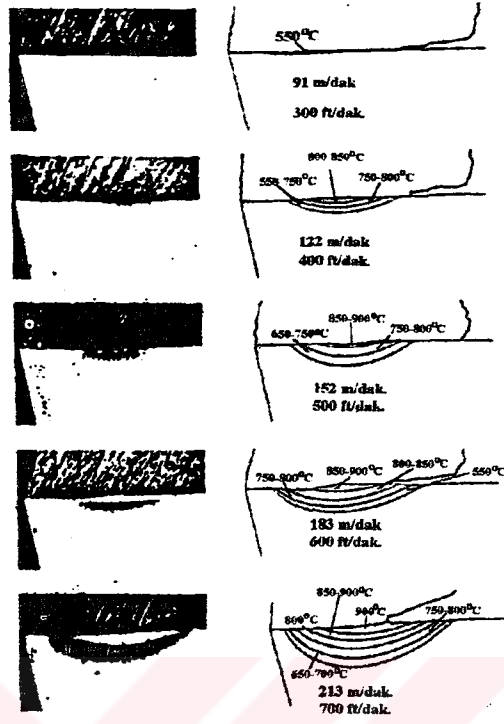
$$T = U \left(\frac{V \cdot t}{k \rho \cdot c} \right) \quad (2.14)$$

Takım-talaş arayüzeyindeki ortalama sıcaklığı veren bu eşitlikte: u; birim ünite iş parçası kaldırmak için gerekli enerji, v; kesme hızı, t; deformasyonsuz talaş kalınlığıdır. k, ρ ve c sırasıyla iş parçası malzemesinin ısıl geçirgenliği, yoğunluğu ve özgül ısı değerleridir.

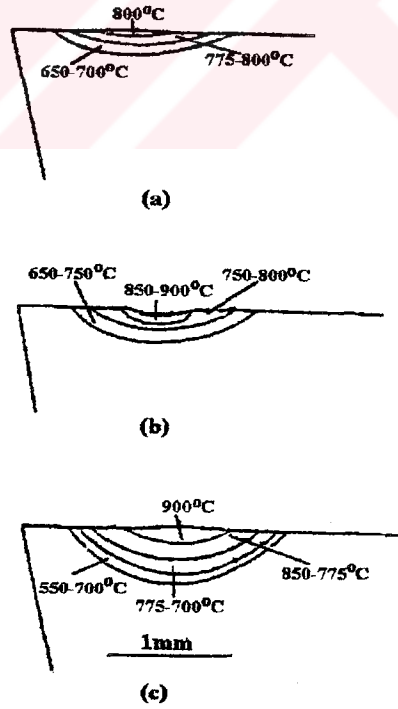
Şekil 2.11'de değişik kesme hızlarında yüksek hız çeliği takımlardaki sıcaklık dağılımı görülmektedir. Takım ve iş parçası malzemelerinin ısı kapasite ve geçirgenliklerinin belirlediği takım sıcaklığı, artan kesme hızı ile ısı iletimi için gerekli sürenin azalmasıyla artar. /1/

Şekil 2.12'de ilerleme miktarının da kesme hızına benzer bir etki gösterdiği görülmektedir.

Metal kesme işlemlerinde ortaya çıkan bu yüksek sıcaklıklar; gerilim, gerinim ve takım yüzeylerindeki malzeme hareketleri ile beraber takım ömrünü kısaltan aşınma mekanizmalarının devreye girmesine neden olur.



Şekil 2.11 Yüksek hız çeliğinde kesme hızına göre sıcaklık dağılımının değişimi.



Şekil 2.12 Yüksek hız çeliğinde ilerleme miktarının sıcaklık dağılımına etkisi.
a) 0,175 mm/d, b) 0,25 mm/d, c) 0,5 mm/d

2.2. ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ:

2.2.1. MİKROYAPININ İŞLENEBİLİRLİK ETKİSİ:

Çeliklerin işlenebilirliği üzerine karbon ve alaşım elementi miktarı, ısı işlem durumu, dayanç değerleri ile çelik içi kalıntıların tip, boyut ve dağılımlarının etkisi vardır. /1/

Düşük karbonlu çelikte, ferrit ve perlit fazlarının deformasyon kabiliyetlerinin farkından dolayı oluşan mikro çatlaklar, arayüzeylerde başlar ve ilerler. Bu çelik grubu için 0,15-0,25 %C miktarında maksimum işlenebilirlik sağlanırken artan perlit miktarı ve azalan ferrit miktarı ile birincil östenit tane boyutu işlenebilirliği artırır. /6/

% 40-75 perlit fazı içeren orta karbonlu çeliklerde; sert ve deforme edilemeyen sementit fazının etkisiyle talaş oluşunu kolaylaştıran mikroboşluklar oluşur. Yüzey pürüzlülüğü düşük karbonlu çeliğe oranla daha düşüktür. Kesme kuvvetleri ve takım aşınması, karbon miktarına paralel olarak artan perlit fazı nedeniyle artar. Ancak artan karbon miktarına paralel olarak kesme hızları azaltılabilir.

Yüksek karbonlu çelikler, havada soğutulmuş durumda % 75-100 perlit fazı içerir. Yüksek sementit miktarından ötürü kesme kuvvetleri ve takım aşınması artar. Takım aşınmasını minimize etmek için kesme hızı ve ilerlemenin daha düşük seçilmesi gerekir. Bu çeliklerde yumuşak tavlama ile sementit lamelleri küresel hale getirilerek işlenebilirlik artırılır. Sertleştirilmiş yüksek karbonlu çelikler martenzit ve/veya bainit fazı içerirler. Bu işlem sonrası yapılan menevişleme işleminde sertlik düşer. Bu durumda talaş oluşumu için gerekli kuvvet artar.

Yetersiz mukavemeti artırmak için yapılan alaşımlama işlemi, sertliğin yükselmesine paralel olarak takım ömrü azalır. Alaşım elemanları simetrik veya asimetrik distorsiyon sonucu ferritin sertliğini arttıracakları gibi ferrite nazaran çok daha sert karbür oluşumuna neden olabilirler. Alaşımli çeliklerin talaşlı işleminin sertleştirme öncesi yapılması tavsiye edilir. /6/

2.2.2. İŞLENEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN KALINTILAR:

Çelik içi malzemelerin işlenmesinde bilinen en eski koruyucu katman oluşturma tekniği çelik içi kalıntılardan yararlanmaktan geçer. /1/ Çeliklerde işlenebilirliği etkileyen kalıntılar Tablo I'de gösterildiği gibi 4 grupta incelenebilir.

Tablo 2.1 Çelik İçi Kalıntılar

Tip	İşlenebilirliğe Etki *	Örnek	
Sülfür tipleri - MnS - MnSe - Mn (S, Se) - MnTe	+	MnS	Resülfürize edilmiş çelikte hacmin % 2'sinin üzerinde boyut katılma hızına, kalıntı tipi ise deoksidasyon pratiğine bağlıdır.
Yumuşak metalikler - Pb (Erg. Nok. 327 °C) - Bi (Erg. Nok. 271 °C)	+	Pb	Kurşun katkılı çelikte hacmin % 0.24'ünün üzerinde.
Yumuşak oksitler - Ca-Al-Silikat - Ca-Al-Mn-Silikat - Mn-Silikat	(+)	Anorthite	Kalsiyum uygulamalı çelikte hacmin % 0.1' nin altındadır.
Metalik olmayanlar - Aluminatlar - Nitrürler	-	Al ₂ O ₃	Al ile deokside edilmiş çeliklerde hacmin % 0.05'inin altında.
* + Her şartta işlenebilirliğe pozitif etki. (+) Belirli şartlar altında işlenebilirliğe pozitif etki. - Takım ömrüne negatif etki.			

2.2.2.1. SÜLFÜRLER: Çelik içerisindeki kükürt, MnS veya FeS halinde katılma sırasında tane sınırlarında bulunur. Mn yapıya kükürtü bağlamak ve yüksek sıcaklıklarda FeS ergimesi sonucu oluşan sıcak çatlamayı engellemek için katılır. /4/ Katılma yapısında MnS morfolojisi 3 değişik tipe ayrılır.

Ergiyikteki oksijen miktarının 100 ppm'den fazla olduğu durumlarda oksijeni yüksek ikinci faz ile küresel disperse olmuş sülfürler I. Tip olarak adlandırılır. Ergiyikteki oksijen miktarının 100 ppm'den düşük olduğu deokside edilmiş çeliklerde sülfürler, ince zincir şeklindedir ve II. Tip olarak anılırlar. III. Tip sülfürler ise kuvvetli deoksidanların kullanılması durumunda çok düşük oksijen miktarlarında görülür ve tesadüfen disperse olmuş köşeli veya fasetli şekildedirler. /4/

Sülfür tiplerinin boyut ve dağılımları katılma hızına bağlı olarak değişebilir. Döküm işleminden sonraki sıcak şekillendirmede I. Tip sülfürler matriksten daha fazla deforme olma eğilimindedirler. Küresel şekilleri ise eliptikleşir. II. Tip sülfürler ise deformasyon doğrultusunda uzamış bir şekilde bulunurlar. /4/

Deformasyon altında kolay plastik şekil değiştiren mangansülfürler, bir yandan çatlak ilerlemesini kolaylaştırıcı etkileriyle avantajlı kısa talaş oluşumuna neden olmakta diğer yandan takım-iş parçası temas yüzeyinde oluşturdukları katmanlarla aşınmayı düşürmektedir. /1/

Diğer sülfürlere oranla daha az deforme olan I. Tip sülfürler, mikro çatlakların oluşumu için en efektif sülfürlerdir. Trent yaptığı çalışmalarda küçük boyutlu sülfürlerin akma ile taşınma eğiliminde olduğunu bu sebeple büyük boyutlu sülfürlerin daha efektif olduğu sonucuna varmıştır. /4/

Se ve Te katkısı sülfürlerin boyut, şekil ve etkilerini artırmak için kullanılır. Selenyum MnS, içerisinde çözünebilir. Bu tip tek faz şeklindeki katışkılar daha büyük ve küresel olma eğilimindedir. Tellur ve MnS ile karşılıklı düşük çözünürlüğe sahiptir. MnTe sülfürleri kabuk şeklinde sarar. Ergime noktası çok düşük olan bu kabuk sıcak şekillendirmede sıvı hale geçer ve şekillendirme kuvvetinin MnS'e geçmesini engelleyerek küresel formda olmasını sağlar. Bu pozitif etkilerinin yanında Tellur'un sıcak kırılmaya neden olması ve bu elementlerin kükürte oranla çok pahalı olmaları kullanımı sınırlamaktadır.

Sülfür kalıntıları, yığılma köşesi oluşumu daha yüksek hızlara ötelere ve takım yüzeyini yağlayıcı katman halinde koruyarak iş parçası yüzeyinde herhangi bir bozulma olmadan talaş açısının artırılmasını sağlarlar. /4/

2.2.2.2. YUMUŞAK METALİK KALINTILAR: Sülfürden sonra en yaygın kullanılan ve işlenebilirliği artıran kalıntı kurşundur. Bizmut ise zaman zaman kurşunun yerine kullanılır. /4/

Bu katkıları sınırlayıcı etki, katkı miktarının artmasına paralel olarak düşen mekanik özellikler, özellikle tokluk olmuştur. /1/

Kurşun katkısından, I. Tip sülfürlere kadar bir işlenebilirlik artışı beklenilmemelidir. Kesme şartlarına bağlı olarak birincil deformasyon bölgesinde özellikle takım ucuna yakın bölgelerde sıcaklıklar, kurşunun ergime sıcaklığına yaklaşır. Resülfürize edilmiş çeliklerde, kurşun sülfür fazını kısmen bir kabuk gibi sarar. Bu zarf kuvvetlerin sülfür fazına ulaşmasını engelleyerek, bu fazların en efektif boşluk oluşumuna neden olan küresel şekilli kalmasını sağlarlar. Ayrıca deformasyon esnasında oluşan mikroçatlakların tekrar birbiriyle kaynaşmasını engeller. /4/

Kurşun; talaş-takım arayüzeyindeki ikincil deformasyon bölgesinde sürtünme kuvvetini düşürerek işlenebilirliği artırır.

Bizmut bir çok durumda kurşundan daha efektiftir. İngotta dikey segregasyona daha az neden olur. Pahalı oluşu ve çeliğin ergime sıcaklığında uçucu hale gelmesi nedeniyle kullanımı sınırlıdır.

Yumuşak metalik katkılarının miktarsal olarak artması yığıma köşesinin, ağırlıkça miktarının azalmasına neden olacaktır. /4/

2.2.2.3. SERT METALİK OLMAYAN KALINTILAR: Deoksidasyon sonucu çeliğin içinde Al_2O_3 , SiO_2 ve MnO gibi saf veya kompleks oksit veya silikatlar bulunur. Bu fazlar oldukça sert oldukları için takım malzemesinin aşınmasını ivmelendirirler. Çelik içi bu kalıntıların miktarlarının azaltılması, çelik malzemelerinin işlenebilirliği yanında takımların ömürlerini de artırır. /1/

2.2.2.4. KALSİYUM KATKISI VE YUMUŞAK OKSİTLER: Oksit kalıntılarının yüksek sertlikleri nedeniyle takım ömrü üzerindeki negatif etkisini azaltmak ve çeliklerin işlenebilirliğini artırmak amacıyla, oksitleri daha yumuşak bir kabuk içine alarak etkilerini azaltmak için kalsiyum uygulaması geliştirilmiştir. /6/

Potada sıvı çelik içine yapılan kalsiyum uygulaması, toz halinde dip enjeksiyonu, $CaFe$ ile dodurma ve $CaSi$ teliyle besleme olarak yapılır. Nihai çelik analizinde kullanılan kalsiyum miktarına bağlı olarak 10-50 ppm kalsiyum bulunur. /1/

Kalsiyum; Si ve Mn ile deokside edilmiş çeliklerde Anortit $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$, Al ile deokside edilmiş çeliklerde Gehlenit ($2CaO.Al_2O_3.SiO_2$) oluşturur. Al ve Si oksite oranla daha yumuşak olan bu fazlar üzerine, dendritler arası yörelerde ve düşük sıcaklıklarda, kalsiyum içeren mangansülfür heterojen olarak çekirdeklenir ve büyür /1,6/

Genelde kalsiyum ile gerçekleştirilen kalıntı modifikasyonunda oksit taneleri ile takımın teması engellendiği ve temas yüzeylerinde sülfürlerin oluşturduğu katmanlarla takım ömründe pozitif bir etki görülür. Kalsiyum katkısı ile çok geniş bir sıcaklık aralığında viskoz kalabilen, camsı oksidik tabakalar oluşur. Kesme hızına paralel olarak artan yüksek kesme sıcaklıklarında bu camsı oksit tabakaları, takım-talaş ara yüzeyinde sürtünmeyi azaltarak takım aşınmasını düşürürler. /1/

Kalsiyum katkısıyla şekil değiştirme yeteneğini kaybeden mangansülfürler, izotropik özellik gösterirler. Bu nedenle hadde yönündeki tokluk değerlerinde artış sağlanır. /1/

3. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ:

Metalsel malzemelerin talaşlı işlemlerinde kullanılan kesici takım malzemelerinden beklenen öncelikli ortak özellikler aşınma dayanımı, sertlik/sıcak sertlik ve tokluktur.

Bu özellikleri elde etmek için kesici takım malzemelerinin mikro yapısal dizaynında üç ana eğilim görülür:

- * Düşük miktarda karbürü sıcak sertleşen matriks içerisine yerleştirme.
- * Yüksek miktarda karbürü metal fazıyla bağlama.
- * Saf seramik fazlarıyla tüm malzemeyi oluşturma.

Mikroyapısal dizayna bağlı olarak, kesici takım malzemelerinden beklenen özelliklerden bazıları öncelik kazanır. Sıcak sertleşen matriks içerisine yerleştirilen düşük miktarda karbür fazı şeklindeki yüksek hız çeliklerine mahsus dizayn; malzemeye yüksek tokluk özelliği kazandırmakta fakat artan kesme hızı ile takım performansı azalmaktadır.

Yüksek miktarda karbürü metal fazıyla bağlama tarzındaki, ilk defa sert metal takımlara uygulanan dizayn, yüksek kesme hızlarına izin verirken, metal fazıyla tokluk kazanılmaya çalışılmaktadır.

Yüksek hızlarda yumuşamaya izin veren metal fazını ortadan kaldırarak yüksek kesme hızları elde edilmesini sağlayan saf seramik fazlarla tüm malzemeyi oluşturma şeklindeki dizaynda oksit, nitrür ve karbür gibi sıcak sert seramik malzemeler kullanılır. Yoğun çalışmaların olduğu bu grup düşük tokluğa rağmen başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. /1/

Kesici takım malzemelerinde mikroyapısal değişikliklerin yanısıra özellikle yüksek hız çeliği ve sert metallerde takım yüzeyini seramik katmanlarla kaplama yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 3.1'de takım malzemelerinin mikroyapı ve özellikleri verilmiştir.

3.1. YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ:

Konvansiyonel (ingot) metalurjik tek kesici takım malzemesi olan yüksek hız çelikleri, düşük maliyeti ve işlenebilir olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. /7,1/

Yüksek hız çeliklerinden beklenen özellikler, karbür fazları tarafından karşılandığından alaşım dizaynı, temelde karbon ve karbür yapıcı elementlerle gerçekleştirilir. Yüksek hız çeliklerinde öncelikle alaşım elementleri M_6C tipi karbür yapan tungsten ve molibden'dir. Ağırlıkça % 2-18 arasında bulunan bu alaşım elementlerinin miktarına bağlı olarak yüksek hız çelikleri AISI standartına göre M, T ve M-T serisi olarak üç gruba ayrılır. Ortalama % 0,9 karbon, kesit sertleşmesi için

Tablo 3.1 Takım Malzemelerinin Mikro Yapı ve Özellikleri

TAKIM MALZEMELERİ				ÖZELLİKLER		
MALZEME	MİKROYAPI			AŞINMA DAYANIMI	YÜKSEK SICAKLIK AŞINMA DAYANIMI	TOKLUK
	TİP	SERT EVRE SERTLİK (HV)	MİKTAR			
Yüksek Hız Çeliği (HSS)	M ₆ C	1600	8-10	+	+	++++
	M C	2600				
Toz Metalurjik (HSS)	M ₆ C	1600	10-20	+(+)	+	++++(+)
	MC	2600				
Kaplamalı (HSS)	TiN (üst katman)	2400	100	++++	++	+++
Sert Metal WC-Co	WC	2400	90	+++	++	++
Sert Metal WC-TiC-Co	WC	2400	90	+++	++(+)	+(+)
	Ti(Ta, Nb) C	3200				
Kaplamalı Sertmetal	TiC	3200	50	++++	+++	+(+)
Cermet (Ferro TiC)	TiC	3200	50	+++	++	++
Oksitseramik (Al ₂ O ₃)	Al ₂ O ₃	2400	100	++++	++++	+
Polikristalin Elmas	Elmas	8000	95	+++++	+++++(1)	+

yaklaşık % 4 krom ve aşınma dayanımı için % 1-2 MC tipi karbür yapan Vanadyum içeren yüksek hız çeliklerinde; matrisin menevişleme sürecinde sertleşmesini geciktirerek sıcak sertliği yüksek sıcaklıklara öteleyen kobalt % 8'e varan bir miktarda bulunabilir. /1,7/

Yüksek hız çeliklerinin kimyasal bileşimi Tablo 3.2'de verilmiştir.

3.1.1. MİKROYAPI:

Yüksek kesme performansı amacıyla yönelik olarak geliştirilen ve en sofistike sertleştirme mekanizmasına sahip yüksek hız çeliklerinin mikroyapısı: yüksek derecede menevişlenmiş martenzitik matris içerisinde % 8-15 miktarında 0,2-10 µ boyutlu birinci (blok vari) MC ve M₆C ile çok nadir olarak M₂C tipi karbürlerden oluşur. /8,9,10,7/ Busert karbürler kesme işlevini yerine getirirken, menevişleme esnasında 3-10 nm boyutlu çok ince, karbürlerle ikincil olarak sertleşen matrisin etisinde yumuşamayarak meneviş sürekliliği özelliği, karbürlerin yerinde kalmasını sağlar. /9/

(1) Çelik malzeme hariç.

Tablo 3.2. Yüksek Hız Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi

Tip	C (%)	W (%)	Mo (%)	Cr (%)	V (%)	Co (%)
M1	0.80	1.50	8.00	4.00	1.00	-
M2	0.85-1.00	6.00	5.00	4.00	2.00	-
M3 _(manf 1)	1.05	6.00	5.00	4.00	2.40	-
M3 _(manf 2)	1.20	6.00	5.00	4.00	3.00	-
M4	1.30	5.50	4.50	4.00	4.00	-
M6	0.80	4.00	5.00	4.00	1.50	12.00
M7	1.00	1.75	8.75	4.00	2.00	-
M10	0.85-1.00	-	8.00	4.00	2.00	-
M15	1.50	6.05	3.50	4.00	5.00	-
M30	0.80	2.00	8.00	4.00	1.25	5.00
M33	0.90	1.50	9.50	4.00	1.15	8.00
M34	0.90	2.00	8.00	4.00	2.00	8.00
M36	0.80	6.00	5.00	4.00	2.00	8.00
M41	1.10	6.75	3.75	4.25	2.00	5.00
M42	1.10	1.50	9.50	3.75	1.15	8.00
M43	1.20	2.75	8.00	3.75	1.60	8.25
M44	1.15	5.25	6.25	4.25	2.25	12.00
M46	1.25	2.00	8.25	4.00	3.20	8.25
M47	1.10	1.50	9.50	3.75	1.25	5.00
T1	0.75	18.00	-	4.00	1.00	-
T2	0.80	18.00	-	4.00	2.00	-
T4	0.75	18.00	-	4.00	1.00	5.00
T5	0.80	18.00	-	4.00	2.00	8.00
T6	0.80	20.00	-	4.50	1.50	12.00
T8	0.75	14.00	-	4.00	2.00	5.00
T15	1.50	12.00	-	4.00	5.00	5.00

3.1.2. KATILAŞMA:

Konvansiyonel metalurjik üretimde katılaşma sonunda alaşım kompozisyonu ve katılaşma hızına bağlı olarak kaba blokvari MC, M₆C ve metastabil (yarı kararlı) M₂C'den oluşan bir mikroyapı görülür.

Birincil MC oluşumu ve miktarı, kuvvetli karbür oluşturuvcu Vanadyum miktarına bağlıdır. Katılaşmada ergiyik içi vanadyum miktarının azalmasıyla W ve Mo belirli miktarda MC karbür yapısına girer. M₆C tipi karbür dar bir varoluş alanına sahiptir. Karbür içi W/Mo oranı alaşımdaki oranı yansıtır. M₂C, M₆C'in tersine geniş bir varoluş alanına sahiptir. W/Mo oranı karbür ve alaşımda doğru orantılıdır. /8/

Katılaşmada oluşan M₂C karbürü, sıcak deformasyonda MC ve M₆ C karbürlerine ayrışır. Sadece yüksek molibdenli çeliklerde sonuç mikroyapısında M₂C tipi karbür bulunur. /8,9/ Sıcak deformasyonda M₂C ayrışması dışında gerçekleşen en önemli olay; dendritlerarası karbür bağlantılarının koparak, ötektik karbürlerin kırılarak hde yönünde karbür bantları oluşturmalarıdır.

3.1.3. ISIL İŞLEM:

Yüksek hız çeliği kesici takımlar üretilmeden önce; sürekli olarak ferrit alanında ya da kısa süreli ferrit-östenit alanında yumuşak tavllanır. Bu tavlama ile bileşimi katılaşma ile aynı M_6C ve metal miktarı yoğun olarak krom ve demirden oluşan $M_{23}C_6$ karbürleri oluşur. Düşük kararlılığa sahip bu karbürlerin kabalaşmasıyla, karbürler arası mesafe artarak sertlik süre ve sıcaklığa bağlı olarak düşer. /7,8/

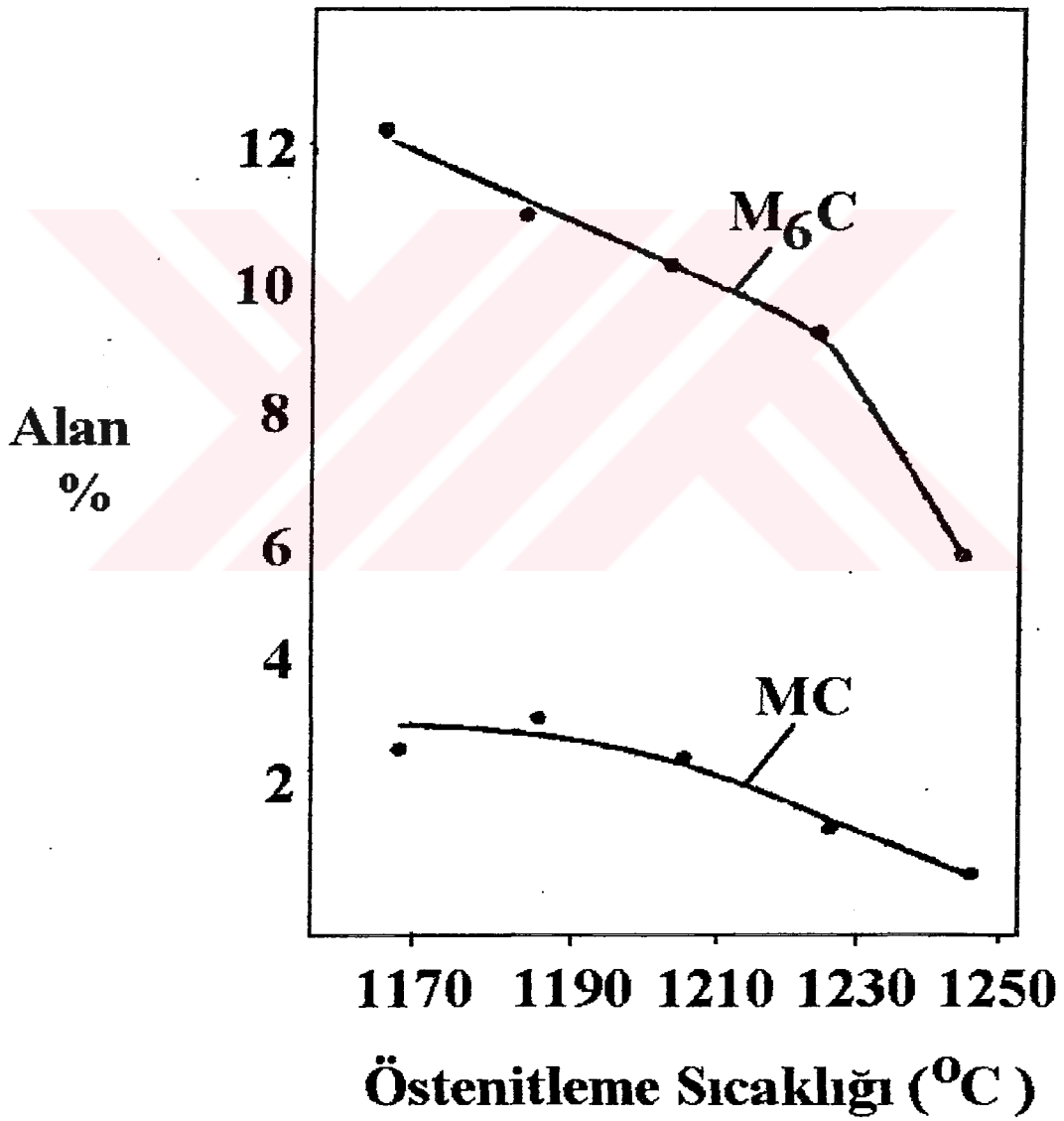
Tablo 3.3.'te yüksek hız çeliklerinin ısıtım işlem verileri görölmektedir.

Tablo 3.3. Yüksek Hız Çeliklerinin Isıtım İşlem Verileri

Tip	Östenitleme Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Temperleme Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Sertlik (HR _c)
M1	1175-1220	540-590	65-60
M2	1190-1230	540-590	65-60
M3	1205-1230	540-590	66-61
M4	1205-1230	540-590	66-61
M6	1175-1205	540-590	66-61
M7	1175-1225	540-590	65-60
M10	1175-1220	540-590	65-60
M30	1205-1230	540-590	65-60
M33	1205-1230	540-590	65-60
M34	1205-1230	540-590	65-60
M36	1220-1245	540-590	65-60
M41	1190-1215	540-590	70-65
M42	1190-1210	510-590	70-65
M43	1190-1215	510-590	70-65
M44	1200-1225	540-625	70-62
M46	1190-1220	525-565	69-67
M47	1175-1205	525-590	70-65
T1,T2	1260-1300	540-590	66-60
T4	1260-1300	540-590	66-62
T5	1275-1315	540-590	65-60
T8	1260-1300	540-590	65-60
T15	1205-1260	540-650	68-63

Üretilen yüksek hız çeliği kesici takımın, kullanım özelliklerini elde etmesi için; östenitleştirme, su verme ve menevileşlemeden oluşan ısıl işlem uygulanır. Matrisin karbon ve karbür yapıcı elementlerle doyurarak maksimum sertleşme potansiyeline ulaşmasını sağlayan östenitleştirme işlemi için gerekli sıcaklığa genelde iki basamakta ulaşılır:

- * 800^o-850^oC ferrit-östenit dönüşümü başlamadan tüm takımın sıcaklık farkı giderilerek, takımın distorsiyon riski düşürülür.
- * 950^o-1050^o-C'de yapılan bu dengelemede östenit tanesinin üniform olmayan büyümesi engellenir.



Şekil 3.1. Karbürlerin Östenitleme Sıcaklığında Çözünme Karakteristikleri

Şekil 3.1.'de karbürlerin östenitleme sıcaklığında çözünme karakteristiği görülmektedir. Karbürler kararlılıklarına ters orantılı olarak çözünmektedirler. /11/

Yüksek hız çelikleri; yüksek karbon ve alaşım elementleri içerikleri nedeniyle düşen kritik soğuma hızından dolayı havada soğumada dahi martenzitik dönüşüm özelliği gösterir. Bu olay tane sınırlarını zayıflatarak tokluğu düşüren ve matrisin sıcak sertlik için gerekli çökelti potansiyelini düşüren önötektoid karbür çökeltilerine neden olur. /7,8/

Yüksek hız çeliklerinin menevişleme işlemi ortalama 550°C'de bir saat süreyle üç kere yapılır. Su vermede yapının bir kısmı martenzite dönüşürken % 15-20'si kadar önemli bir kısmı artık östenit olarak kalır. /12/ Bu artık östeniti martenzite dönüştürmek için sıvı azot kullanımı takımın çatlama riskini doğuracağı için bu işlem yerine menevişleme tercih edilir.

3.2. TOZ METALURJİK YÜKSEK HIZ ÇELİKLERİ:

Konvansiyonel metalurjik üretimde katılaşma, 1-1,5 tonluk ingotların büyük bir bölümünde merkez ve merkeze yakın yörelerde dengeye yakın hızlarda gerçekleşmektedir. Bu düşük katılaşma hızı, ikincil dentrit kolları arası mesafeyi arttırmaktadır. Aynı zamanda dendritlerarası uzayda blokvari karbürler kaba boyutlu olmaktadır. Haddeme ile karbür yoğun bu uzaylar karbür bantları oluşturarak uniform olmayan bir mikroyapıya ve özellikler anizotropisine yol açmaktadır. /13/ Şekil 3.2'de konvansiyonel metalurjik çelikte hadde yönünde oluşan karbür bantları görülmektedir.

Toz metalurjik üretimle 10⁶ K/s'e varan katılaşma hızları konvansiyonel metalurjik mikroyapıdaki dezavantajları ortadan kaldırılır.

Günümüzde yüksek hız çeliklerinin toz metalurjik üretimi; yarı mamül ve klasik olarak iki yolla yapılmaktadır:

* Yarı mamül üretimde azot atomizasyonu ile elde edilen tozlar yumuşak çelik vakum altında konteynerde kapsüllenecek, yoğunlaştırılır. Elde edilen blok, yüzeyi temizlendikten sonra konvansiyonel ingot gibi sıcak deformasyona tabi tutulur.

* Klasik yöntemde su atomizasyonu ile elde edilen tozlar, nihai takım şeklini yansıtan kalıp içi presleme sonrası sinterlenir.

Toz metalurjisi ile elde edilen yüksek katılaşma hızları nedeniyle; ikincil dentrit kolları arası mesafe 1-10 μ , blokvari karbür boyutları ise 1 μ 'in altındadır. /13/

Tablo 3.4. Toz Metalurjik Yüksek Hız Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi.

ÇELİK TİPİ	KİMYASAL BİLEŞİM (%)					
	C	Cr	Mo	W	V	Co
ASP 23	1.3	4.2	5.0	6.4	3.1	-
ASP 30	1.3	4.2	5.0	6.4	3.1	8.5
ASP 60	2.3	4.0	7.0	6.5	6.5	10.5



Şekil 3.2. AISI T15 Yüksek Hız Çeliğinde Hadde Yönünde Oluşan Karbür Bantları.

Toz metalurjik çeliklerdeki küçük karbür boyutları, yüksek reaksiyon yüzeyleriyle karbürlerin çözünürlüğünü artırır. Bu nedenle toz metalurjik yüksek hız çeliklerinin östenitleştirme sıcaklıkları düşük seçilmelidir. /8,13/ Homojen mikroyapısı yanında eşit kesme şartlarında adhezyonun çok düşük olması nedeniyle, konvansiyonel metalurjik çeliklere oranla daha az aşınması, toz metalurjik yüksek hız çeliklerinde, daha yüksek hız ve pasolara çıkılabilir.

Toz metalurjik yüksek çeliklerinin bu özellikleri yanında konvansiyonel olarak üretilmesi zor hatta imkansız olan alaşımların geliştirilmesine yol açmasına rağmen; üretimde HIP (Hot Isostatic Pressing) gibi pahalı yöntemlerin kullanılması ve kaplama yöntemlerindeki gelişmelerin takım malzemesini sadece taşıyıcı malzeme olarak kullanması bu çeliklerin piyasa payını kısıtlamıştır. /13/

3.3. SERT METALLER:

Sert metaller, sert ve aşınmaya dayanıklı toz metalurjik kesici takım malzemeleridir. Temel mikroyapı WC ve Co'dan oluşur. /1/ WC'un yanında periyodik cetvelin IVa Va grubu elementlerinin de yaptığı karbürler sert metal teknolojisinde kullanılırlar. /15/ Sert metal takımlarda, kullanılacak karbürler ve özellikleri Tablo 3.5.'de verilmiştir. IVa (TiC, ZrC, HfC) ve Va)VC, NbC, TaC) grubu karbürler WC'e göre daha yüksek sertlik ve ergime noktasına sahiptirler. Fakat bu karbürlerin düşük toklukları kullanımlarını sınırlamıştır. /15/

Tablo 3.5. Sert Metallerde Kullanılacak Karbürler ve Özellikleri.

KARBÜR TİPİ	KRİSTAL KAFESİ	ERGİME SICAKLIĞI (°C)	SERTLİK (HV ₅₀)
TiC	KYM	3100	3000
TaC	KYM	3800	1800
NbC	KYM	3600	2000
HfC	KYM	3900	2600
ZrC	KYM	3400	2700
VC	KYM	2700	2900
WC	Hezagonal	2800 ⁽¹⁾	2200 ⁽²⁾ 1300 ⁽³⁾
Mo ₂ C	Hezagonal	2500	1500
Cr ₃ C ₂	Hezagonal	1800	1400

Sert metal takımlarda, tokluk bağlayıcı tarafından sağlanır. Bağlayıcı olarak ağırlık olarak adhezif ve ıslatma karakteri yüksek Co kullanılır. Bağlayıcı olarak Co yerine Ni ve Fe kullanımı; bu alaşım elemanlarının Co'a göre düşük toklukları nedeniyle HfC ve TaC esaslı sert metaller ile yüksek karbon içeriğinde fazı oluşumunu engellemek için WC esaslı sert metal takımlarda kısıtlı kalmıştır. Çok yüksek sıcaklık uygulamalarında yüksek ergime noktasına sahip (Pt, Pd, Ru) bağlayıcılar nadiren kullanılmaktadır. /15/

(1) Ayrışma sıcaklığı

(2) (0001) yönünde

(3) (1010) yönünde

DIN 4990'a göre sert metal sınıflandırması ve ilgili evre miktarları aşağıda verilmiştir. /1/

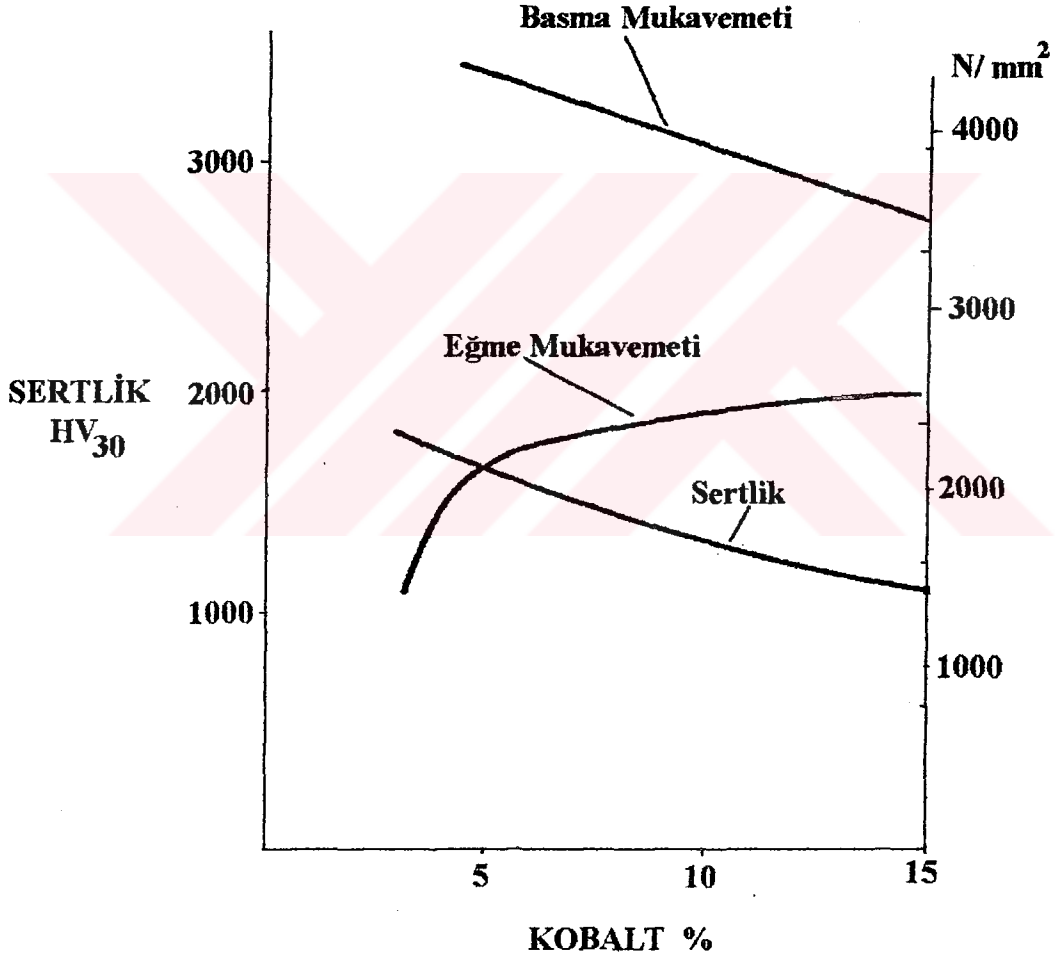
K-tipi sert metal: % 0-5 TiC + TaC(NbC) gerisi WC-Co

M-tipi sert metal: % 6-10 TiC + TaC(NbC) gerisi WC-Co

P-tipi sert metal: % 11-40 TiC + TaC(NbC) gerisi WC-Co

K-M-P tiplerinin yanında belirtilen seri numarası (01-50) sert metal bileşimindeki artan kobalt miktarını (ortalama 3-30) gösterir.

Karışık karbür miktarının artmasıyla da tokluk artar. Kobalt miktarının artmasıyla sert metal takım, özellik değişimleri Şekil 3.3.'te görülmektedir. /2/



Şekil 3.3. Sert Metallerde Kobalt Miktarına Göre Mekanik Özelliklerin Değişimi.

3.4. DİĞER TAKIM MALZEMELERİ:

3.4.1. OKSİT SERAMİK:

Alüminyum oksit (Al_2O_3) 2400 HV'lık yüksek sertliğini yüksek sıcaklıklarda koruması yanında karbürlere oranla çelik içi düşük çözünürlüğe sahip olması nedeniyle güvenilir bir şekilde kullanılabilir. Ancak düşük tokluğu yükseltmek için % 15'e varan zirkonoksit (ZrO_2) katkısı yapılır.

ZrO_2 katkısına rağmen düşük tokluk nedeniyle bu takımlar -5° 'lik (negatif) açılarla takım gövdesi kuvvetlendirilmeye çalışılır.

Oksit seramik takımlar $1200^{\circ}C$ 'ye kadar çelik ve dökme demir takımların talaşlı işlenmesinde yüksek hızlarda kullanılmaktadır. /1/

3.4.2. SİALON:

Silisyum-Alüminyum-Oksinitrür tipi seramik malzeme olan Sialon, alüminyumoksit, alüminyumnitür ve silisyumnitrür'ün itriyumoksit katkısıyla $1800^{\circ}C$ 'de elde edilir.

Tokluğu alüminyumoksitten daha yüksek olan sialon, alüminyumoksidin kullanım sahasından daha yüksek hızlara sahip olup bainitik ve menevişlenmiş martenzitik çeliklerin talaşlı işleminde kullanılır. /1/

3.4.3. POLİKİSTALİN ELMAS:

Sentetik olarak üretilen elmas taneleri kobaltla bağlanarak sinterlenmiş, böylece polikristalin elmas takım elde edilmiştir. Yekpare takım üretimi çok pahalı olduğundan ortalama 0,5-1 mm kalınlığında polikristalin elmas katmanı, sert metal taşıyıcı ile beraber sinterlenerek plaket tipi kompozit kesici takım üretilir.

$730^{\circ}C$ 'de elmastan tekrar grafit oluşumu başladığından çelik malzeme işlenmesinde elmas takımlar kullanılamaz. Oldukça pahalı bir takım malzemesi olan polikristalin elmas takımlar, yoğun olarak alüminyum alaşımlarının öncelikle yüksek Si'li piston alaşımları talaşlı işlemlerinde kullanılır. /1/

3.4.4. KÜBİK BORNİTRÜR:

Çelik ve dökme demir malzemelerin işlenmesinde elmasın dezavantajını ortadan kaldırmak için kübik bornitrür takımlar geliştirilmiştir.

Piyasada Amborite ve Borazan adıyla bulunan kübik bornitrür takımlar ile 60-68 HRC arasında sertliğe sahip çelikleri işlemek bile mümkündür. /1/

3.5. MODERN KAPLAMALAR:

Kesici takım malzeme yüzeylerinin, fiziksel (PVD) veya kimyasal (CVD) olarak sert ve aşınmaya dayanıklı katmanlarla kaplanması sonucu takım ömürlerinin artması bu yöntemlerin gelişmesi için yapılan çalışmaları aktive etmiştir.

3.5.1. PVD (Physical Vapor Deposition):

PVD, düşük işlem sıcaklığı ile özellikle yüksek hız çeliği takımların kaplanmasında kullanılır.

Bu yöntem vakum haznesine konan kaplanacak parçalar üzerine; haznede üretilen Titanyum plazma ve sürekli beslenen azot negatif voltaj ile hazne ile takım arasında oluşturulan elektriksel alanda ivmelendirilerek TiN olarak kaplanır. Plazma uç değişik yoldan üretilebilir; /16/

- * Elektrik ark boşalması.
- * Argon ile Titanyum hedefi bombardıman etmek.
- * Titanyum peletleri elektron şua'sı ile buharlaştırma.

Şekil 3.4'te elektron şua'sı ile buharlaştırma ve Titanyum target'i argon ile bombardıman (magnetron sputtering) yöntemiyle Ti plazma elde eden iki değişik PVD sistemi görülmektedir. /17/

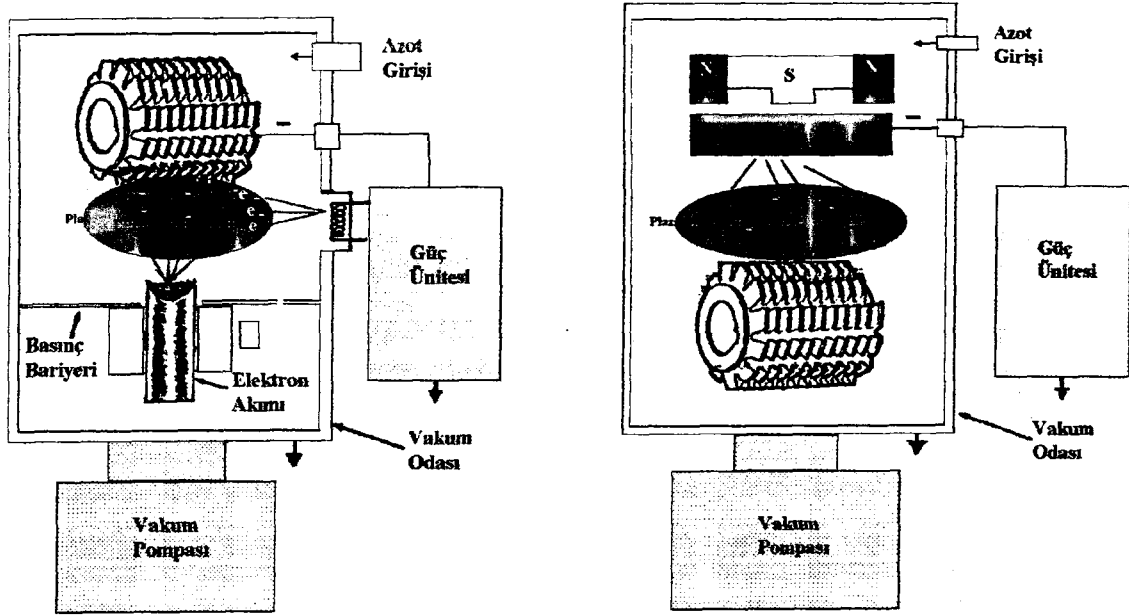
PVD yöntemiyle elde edilen kaplamaların performansını iş parçası malzemesi ve kesme parametreleri belirler. /16/ TiN her uygulama için optimum kaplama olmadığından PVD yöntemi ile yeni kaplama bileşimleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. TiN yerine, HfN ve TiC gibi katmanların uygulama alanı bulamaması sonucu, çalışmalar üçlü ve dörtlü kaplamalar ile geçiş katmanlı kaplamalar yönünde yoğunlaşmıştır.

Üçlü ve dörtlü kaplamalara TiAlN, TiNbN, TiAlVN, TiHfN örnek olarak verilebilir. Bu kaplamalar içerisinde en iyi performansı TiAlN kaplamada gözlenmiştir.

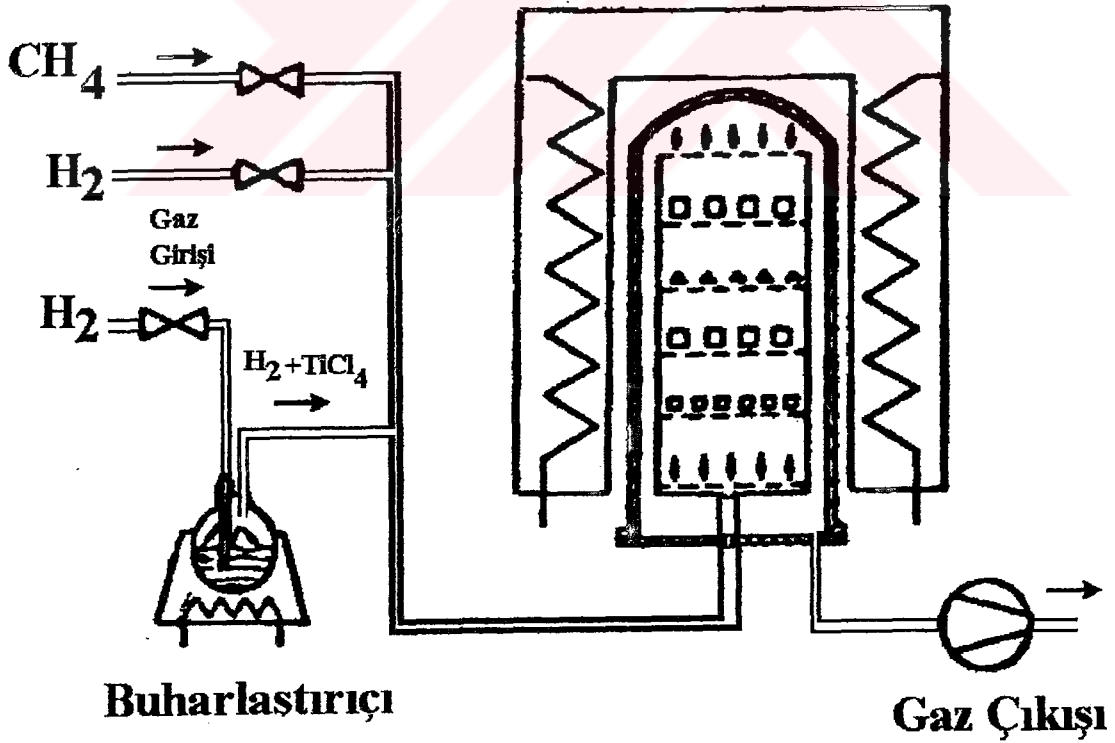
CVD yönteminde çok kullanılan geniş katmanlı kaplamalar PVD yönteminde de TiC / Ti(CN) / TiN tarzında elektron ışını ile buharlaştırma metodu ile gerçekleştirilmektedir. /16/

3.4.2. CVD (Chemical Vapor Deposition):

CVD yöntemi; kaplanacak malzeme üzerine kaplama malzemesinin yoğunlaşarak çökmesi ve oluşan reaksiyon sonucu kaplama elde edilmesi prensibine dayanır. /18/ Kesici takım takım malzemelerinden, sert metal takımların tek veya geçiş katmanlı kaplanmasında yoğun olarak kullanılan bu yöntemde işlem sıcaklığı 900⁰-1000⁰C'den son yıllardaki gelişmelerin sonucunda 500⁰C'ye düşürülmüştür. /19/ Şekil 3.5.'te CVD yöntemi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.4. İki Değişik PVD Sistemi
 a) Elektron Şuası ile Buharlaştırma
 b) Magnetron Sputtering Yöntemi

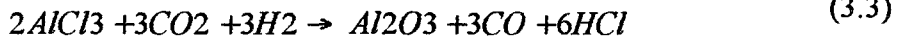
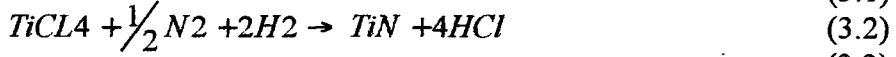


Şekil 3.5. CVD Yönteminin Şematik Gösterimi.

CVD yönteminde kaplama işlemi; kaplama malzemesinin taşıyıcı malzemeye difüzyonu, kaplama malzemesinin taşıyıcı malzeme tarafından absorbe edilmesi, kimyasal reaksiyon, çökeltinin büyümesi ve gaz ürünlerinin dışarı atılması basamaklarından oluşur. /15/

Kimyasal reaksiyon; piroliz, redüksiyon, oksidasyon ve hidroliz biçiminde olabilir. /18/

Sert metal takımlarda yaygın olarak kullanılan TiC, TiN ve Al₂O₃ için bu reaksiyonlar; 3.1, 3.2, 3.3 eşitliklerinde verilmiştir. /19/



Oluşan katmanların çökme miktarı, sıcaklık ve vakum odasındaki gazların kısmi basıncına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda yapılacak kaplama işleminde kaba taneli ve düşük sertlikte katmanların oluşumu yanında sert metal takımlarda kırılma 'ın oluşumu görülür. /15/

TiC kaplamalardaki bu problem, TiN ve geçiş katmanlı TiC/Ti(CN)/TiN tarzındaki geçiş katmanlı kaplamalar ile aşılmıştır. /15/

Sistemin plazma, lazer ve kimyasal olarak desteklenmesi sonucu işlem sıcaklıkları düşürülmüştür. /19/

4. OTOMAT ÇELİKLERİ:

Çelik malzemelerinin işlenebilirliğini artırma yönünde çalışmalar, otomat çeliklerinin doğuşuna neden olmuştur. /1/

Otomotiv sanayii için bağlantı elemanları, konstrüksiyon elemanları, optik ve ölçü cihaz parçaları üretiminde kullanılan otomat çeliklerinin dizaynında, işlenebilirliği arttıran çelik içi kalıntı kolektifinden yararlanır. /1,20/

Otomat çeliklerinde en önemli alaşım elemanı kükürt'tür. Kükürtün mangan ile yaptığı mangansülfür, çatlak oluşumunu ve ilerlemesini kolaylaştırıcı etkisiyle avantajlı kısa talaş oluşturmada yanında takım-ış parçası arayüzeyinde oluşturduğu katmanların takım aşınmasını düşürmesi nedeniyle yüksek işlenebilirliğe sahiptir. /1/ Mangansülfürleri bir kabuk şeklinde sararak, işlenebilirlik açısından en efektif şekil olan küresel formda olmasını sağlayan kurşun katkısı (% 0,15-0,35) endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kurşun takım-ış parçası arayüzeyinde sürtünmenin azalmasına neden olur. /4,21/

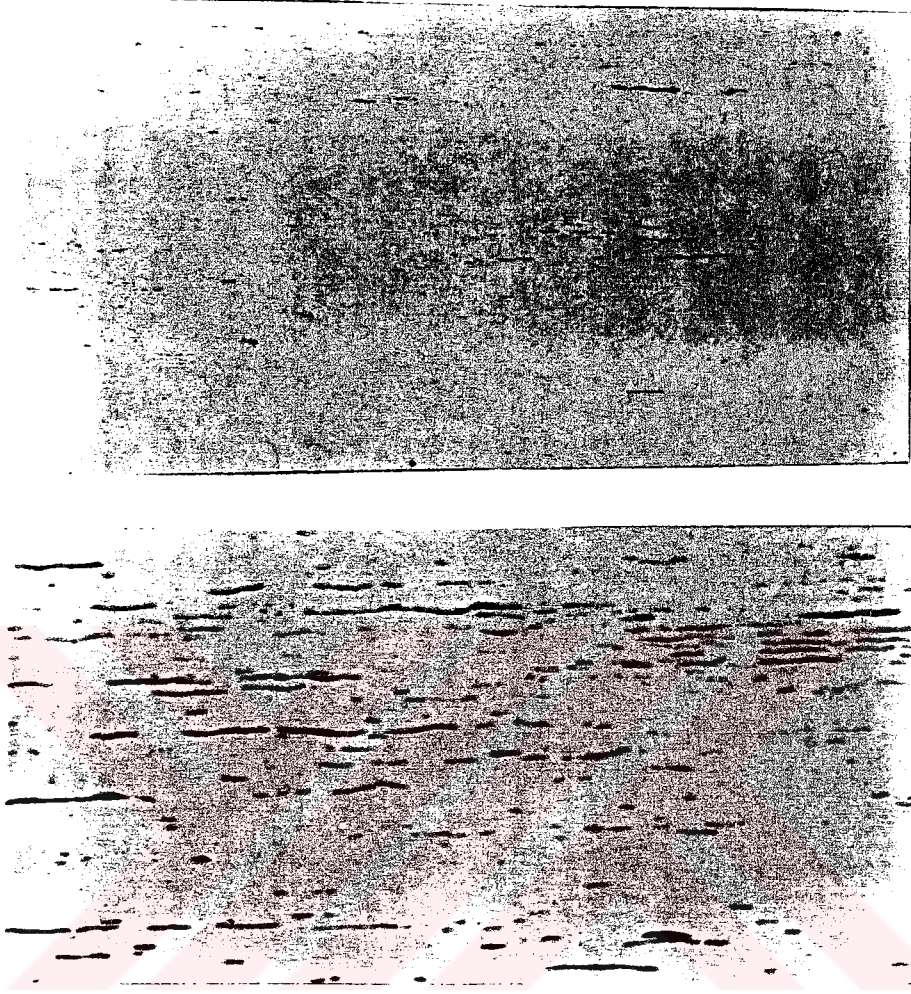
Otomat çeliklerinde MnS ve Pb dışında (% max 0,06-0,1) fosfor bulunur. Fosfor, ferrit içerisinde çözüldüğünde onu gevrekleştirir ve kısa talaş oluşumunu kolaylaştırır. /21/

İşlenebilirlik açısından avantajlı bu katkıları sınırlandıran etken; kalıntı miktarının artmasına paralel olarak düşen mekanik özellikler, özellikle tokluk olmuştur. /1/

Şekil 4.1.'de saf ve kurşun katkılı otomat çeliği ile karşılaştırma için imalat çeliğindeki mangansülfür kalıntıları görülmektedir.

Otomat çeliklerinin üretiminde dikkat edilmesi gereken iki husus; ergiyikteki oksijen içeriği ve Mn:S oranıdır. Ergiyikteki oksijen içeriği (200-300 ppm), mangansülfür kalıntılarının küresel formda olmasını sağlar. Mn:S oranı ise 1,72'den düşük olduğunda, demir ile birleşerek sıcak yırtılmalara neden olan FeS oluşturur. /20/

Otomat çelikleri; ısı işlem uygulanmayan, sementasyon işlemi uygulanan ve ısı işlem uygulanan olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Tablo 4.1'de otomat çeliklerinin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.1. Çelikte MnS Kalıntıları a) St 52,3 (S % 0,024) b) 9SMn36 (S % 0,380)
c) 9SMn36Pb (S % 0,347)

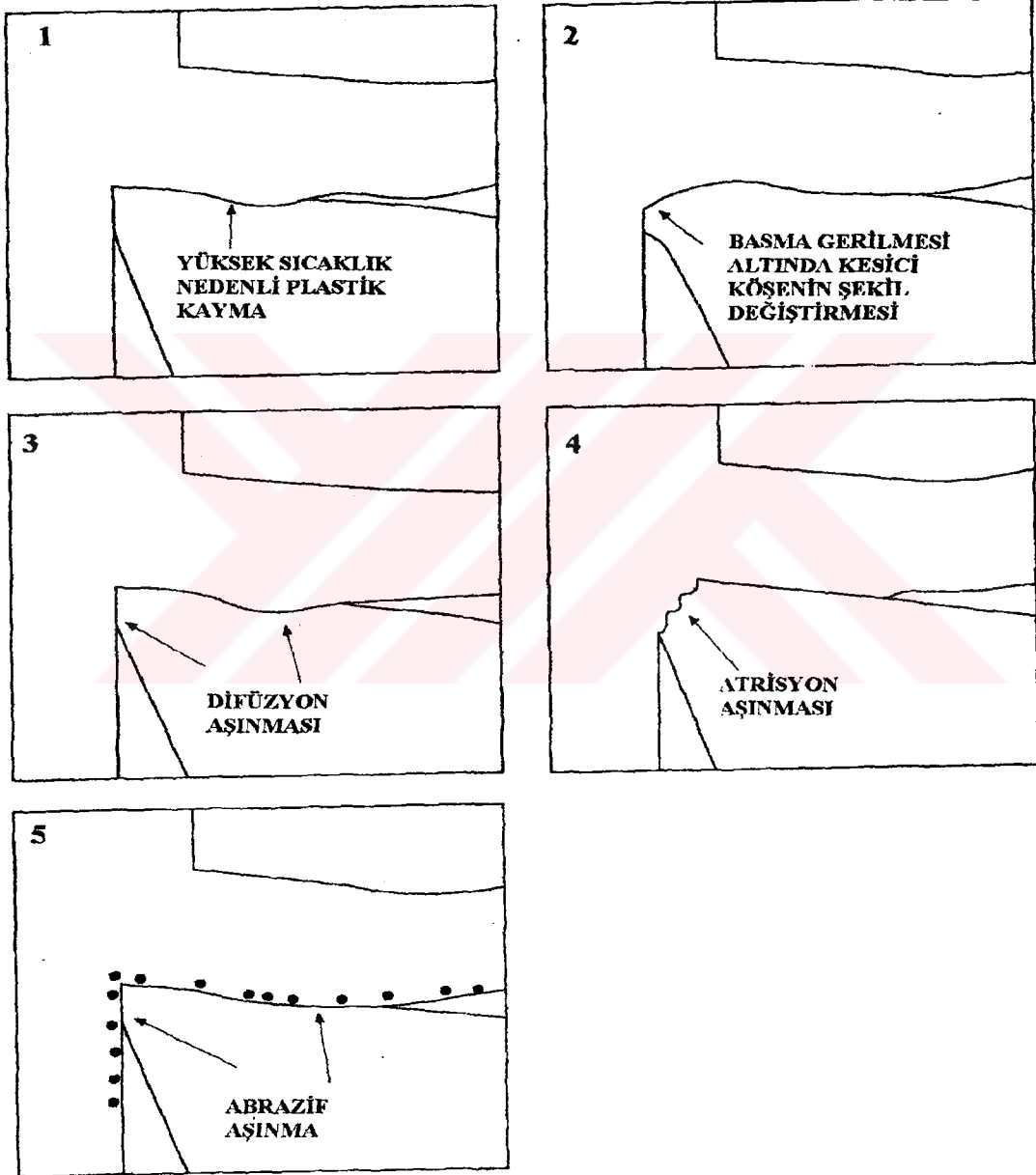
Tablo 4.1. Otomat Çeliklerinin Kimyasal Bileşimi ve Mekanik Özellikleri

ÇELİK SİMGE	KİMYASAL BİLEŞİM						MEKANİK ÖZELLİKLER							
	C	Si	Mn	P	S	Pb	SERTLİK(HB)				ÇEKME DAYANIMI MPa			
	%	%	%	<%	%	%	-10 mm	11-16 mm	17-40 mm	41-63 mm	-10 mm	11-16 mm	17-40 mm	41-63 mm
ISIL İŞLEM UYGULANMAYANLAR														
9S20	<0.13	<0.05	0.6-1.2	0.1	0.18-0.25	-	150	150	149	149	360-530	360-530	360-530	360-530
9SMn28	<0.14	<0.05	0.9-1.3	0.1	0.24-0.32	-	170	170	159	159	380-570	380-570	380-570	380-570
9SMn28Pb	<0.14	<0.05	0.9-1.3	0.1	0.24-0.32	0.15-0.3	170	170	159	159	380-570	380-570	380-570	380-570
9SMn36	<0.15	<0.05	1-1.5	0.1	0.32-0.40	-	174	174	163	159	390-590	390-500	380-550	370-540
9SMn36Pb	<0.15	<0.05	1-1.5	0.1	0.32-0.40	0.15-0.30	174	174	163	159	390-590	390-500	380-550	370-540
SEMENTASYON İŞLEMİ UYGULANANLAR														
10S20	.07-.13	.1-4	0.5-0.9	0.06	0.15-0.25	-	159	159	149	149	360-530	360-530	360-530	360-530
10S20Pb	.07-.13	.1-4	0.5-0.9	0.06	0.15-0.25	0.15-0.30	159	159	149	149	360-530	360-530	360-530	360-530
ISIL İŞLEM UYGULANANLAR														
35S20	.32-.39	.1-4	0.5-0.9	0.06	0.15-0.25	-	197	197	192	192	490-660	490-660	490-660	490-640
45S20	.42-.5	.1-4	0.5-0.9	0.06	0.15-0.25	-	229	229	223	223	590-760	590-760	590-760	590-740
60S20	.57-.67	.1-4	0.5-0.9	0.06	0.15-0.25	-	269	269	261	261	670-880	670-880	660-870	650-860

5. AŞINMA MEKANİZMALARI:

Talaşlı işlemden takım malzemeleri, mekanik ve termal yüklemeler altında aşınır. Kesme parametreleri ve kesme sistemine bağlı olarak değişik aşınma mekanizmalarının biri veya birkaçı devreye girerek takım ömrünü sonuçlandırır. /1,5/

Şekil 5.1.'de Taşınma tipleri ve takım oluşum yöreleri görülmektedir.



Şekil 5.1. Aşınma Çeşitleri ve Takımda Oluşum Yöreleri.

5.1. ABRAZYON:

Sert malzemenin yumuşak karşısını çizerek aşındırmasıdır. /1/ Takım malzemeleri sert evrelerden oluşmasına rağmen, iş parçası malzemelerinde standart evre olan karbürlerin yanında kalıntı olarak bulunan oksit, nitrür ve karbonitrürler abrazyon olarak takım aşınmasına neden olurlar. /2/

Şekil 5.2'de östenitik paslanmaz çelikte takım aşınmasına neden olan Ti(CN) taneciği görülmektedir.



Şekil 5.2. Östenitik Paslanmaz Çelikte Takımı Abrazyon Olarak Aşındıran Ti(CN) Taneciği

5.2. ADHEZYON:

Kayma deformasyonu olan talaşlı işlemden; iş parçası malzemesinin, plastik deformasyon kabiliyeti varsa takımın kesici köşesine yapışarak yığıntı köşesi oluşturur. /5/ Dinamik bir oluşum olan yığıntı köşesi takım yüzeyinden ayrılırken, takım malzemesinden de parçalar koparak serbest ve talaş yüzeyin aşınmasına neden olur. /2/ Aynı etki takım/talaş arayüzeyinde talaşın takım yüzeyini sıvamasıyla oluşan iş parçası malzemesi filmi de gösterir.

5.3. ATRİSYON:

Çok pürüzlü iş parçası veya düşük stabiliteli tezgah ve takımlarla yapılan talaşlı işlemden oluşan yüksek titreşimli frekans sonucu devreye giren bu aşınma mekanizmasında, sıcaklık etkisi altında kritik bir periyodik yüklenme sayısının aşılmasıyla takım malzemesi termal olarak yorulur. Yorulma sonucu oluşan çatlaklar ilerleyerek takım malzemesinden mikroskobik boyutta küçük parçacıkların kopmasıyla takımın aşınmasına neden olur. /1,2/

5.4. PLASTİK ŞEKİL DEĞİŞTİRME:

Metal kesme işlemlerindeki yüksek gerilme ve sıcaklıklar kesici köşe ve takımın talaş yüzeyinde şekil değiştirmelere neden olur. /1/

Takım-iş parçası arayüzeyindeki gerilmenin maksimum olduğu kesici köşe aşağıya doğru deforme olur. Bu olay kesici takım malzemesinden bir parça kopması olmadığından dolayı aşınma değildir fakat bozulan takım geometrisi, kuvvet ve sıcaklığı yöresel olarak arttıracığından aşınmayı ivmelendirir. /1,2/

Kayma yüklenmesi altındaki takımın talaş yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar bu bölgenin aşınarak oyuklanmasına neden olur. Krater adı verilen bu aşınma sonucu zayıflayan kesici köşe kırılır. /1,2/

5.5. DİFÜZYON:

Takım-iş parçası arayüzeyindeki yüksek sıcaklıklar difüzyona neden olur ve her iki yöne gerçekleşen malzeme hareketi nedeniyle takım malzemesi mikroyapısal değişime uğrayarak yumuşar. /1/

Difüzyon aşınmasının derecesi takım ve iş parçası malzemesi arasındaki ilişkiye çok bağlıdır. Düşük termal dayanıma sahip yüksek hız çelikleri olağan kesme uygulamalarında düşük arayüzey sıcaklıklarından dolayı, bu aşınma mekanizması nispeten yavaştır. Ancak yüksek hızlarda çalışan sert metal takımlarda baskın aşınma mekanizması olan difüzyon; takımın talaş yüzeyinde oluşan kraterleşmenin daha düşük hızlarda oluşmasına ve serbest yüzey aşınmasına neden olur. /1,2/

6. DENEYSEL ÇALIŞMA:

6.1. TAKIM SEÇİMİ:

Kesici takım malzemelerinde PVD ve CVD tipi modern seramik katmanların değişik otomat çeliklerinin talaşlı işleminde takım ömrüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda, kesici takım malzemesi olarak, ülkemiz sanayiinde yoğun kullanıma sahip yüksek hız çeliği ve sert metal takımlar kullanılmıştır.

Yüksek hız çeliği kesici takım malzemesi olarak; AISI T15 tipi çelik seçilmiştir.

Şekil 6.1.'de mikroyapısı görülen, yüksek aşınma dayanımı doğrultusunda geliştirilen bu tip çelikler; M_6C tipi karbürler parlak beyaz, MC tipi karbürler ise bileşimine bağlı olarak koyu gri ile açık gri arasında bir kontrasta sahiptir. Tanelere oranla daha derin dağlanan tane sınırları net olarak görülmektedir.



Şekil 6.1. AISI T15 Yüksek Hız Çeliğinin Mikroyapısı, Hafif Nital ile Dağlanmış. Tarama Elektron Mikroskobu, Materyal ve Topografik Kontrast.

Bu çeliğe yapılmış görüntü analizi çalışmalarında hacimsel olarak % 4,3 M_6C ve % 7,6 MC tipi karbür bulunmuştur.

Konvansiyonel metalurjik bu çelikte Şekil 6.2.'de döküm yapısının az da olsa hala belirgin olduğu ve kristal segragasyonunun giderilemediği görülmektedir. İnterdendritik uzayların yüksek karbür miktarı, koyu dağlanan yöreleri oluşturmaktadır.



Şekil 6.2. AISI T15 Yüksek Hız Çeliğinde Mikrosegagasyonun Görüntülenmesi; Işık Mikroskobu; Nital ile Dağlanmış.

Deneysel çalışmalarda sert metal takım olarak özellikleri Tablo 6.1.'de verilen ISO P40 kullanılmıştır.

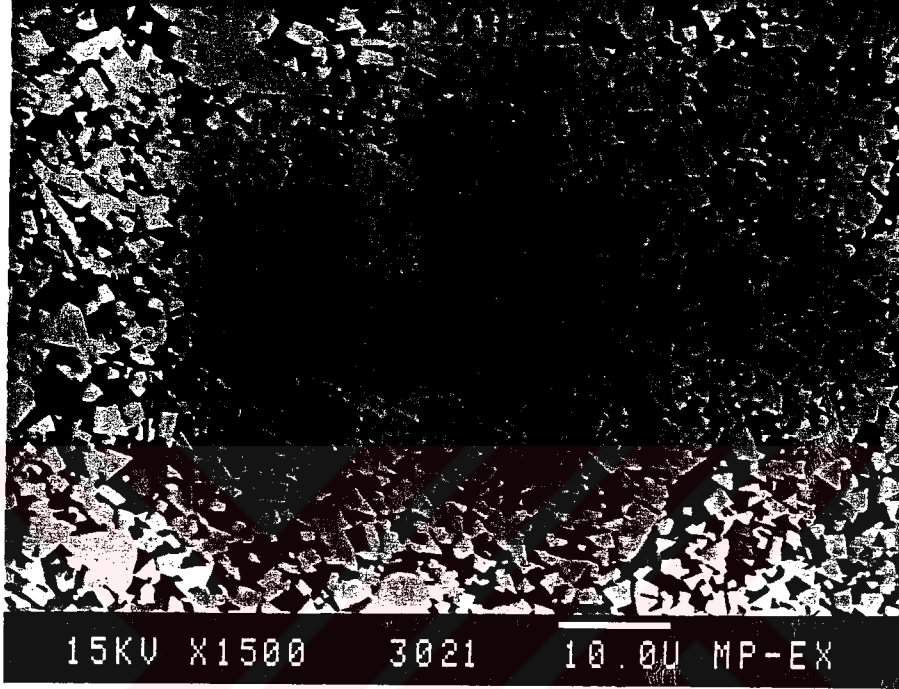
Tablo 6.1. P40 tipi Sert Metal Takımın Kimyasal Bileşimi ve Sertliği

ISO-NO	Kimyasal Bileşim (%)			SERTLİK
	WC	Ti/Ta-C	Co	(HRC)
P40	74	12	14	73

Çelik ve çelik döküm malzemelerinin işlenmesi için geliştirilen P40 tipi sert metalin mikroyapısı Şekil 6.3.'te görülmektedir. WC karbürler açık gri, karışık karbürler koyu gri, bağlayıcı kobalt ise siyah kontrast vermektedir.

Deneysel çalışmalarda her iki takım malzemesi kaplamalı ve kaplamasız olarak kullanılmıştır.

Yüksek hız çeliği takımlar, düşük termal dayanıklılık nedeniyle PVD ile TiN kaplamalı olarak; sert metal takımlar ise CVD yöntemiyle önce TiC, arakatman olarak TiCN ve yüzey katmanı TiN olacak şekilde 10 µ m kalınlıkta geçiş katmanlı olarak kullanılmıştır.



Şekil 6.3. P40 Tipi Sert Metal Takımın Mikroyapısı

6.2. İŞ PARÇASI SEÇİMİ:

İş parçası malzemesi olarak yüksek işlenebilirlik doğrultusunda geliştirilen saf ve kurşun katkılı otomat çelikleri kullanılmıştır. Kullanılan iş parçası malzemelerinin kimyasal bileşimleri ve sertlikleri Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. İş Parçası Malzemesinin Kimyasal Bileşimi.

	KİMYASAL BİLEŞİM (% AĞIRLIKÇA)										SERTLİK (HB)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Sn	Pb	
9smn36	0,11	0,03	1,33	0,073	0,380	0,09	0,03	0,18	0,13	-	166
	0,07	0,01	1,20	0,060	0,375	0,08	0,02	0,26	0,19	-	149
9SMn36Pb	0,11	-	1,28	0,065	0,343	0,12	0,02	0,22	0,16	0,24	174
	0,07	0,01	1,30	0,070	0,375	0,12	0,03	0,26	0,13	0,25	163

Kaplamalı ve kaplamasız sert metal takımlarla yapılan deneysel çalışmalarda kurşun katkılı otomat çelikleri her iki bileşimde seçilerek karbon miktarının takım ömrüne etkisi incelenmiştir. Ayrıca çalışmada, metalik olmayan kalıntıların iş parçası malzemelerinin işlenebilirlik özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla Quantimet 970 tipi bir analizörle görüntü analizleri gerçekleştirilmiştir. Görüntü analizi çalışmalarında saf ve kurşun katkılı otomat çeliklerinde kalıntıların boyut dağılımı ve şekil faktörü belirlenmiştir.

6.3. TEZGAH VE TALAŞLI İŞLEM SEÇİMİ:

Kesme deneyleri Şekil 6.4.'te görülen SP 12P tipi yarı otomatik tezgahta soğutma sıvısı (Multan P3) katkılı sürekli kesme olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.4. SP12P Tipi Yarı Otomatik Tezgah

Deneylerde 40 mm çapındaki iş parçası malzemesi Tablo 6.3.'te görülen kesme şartlarında her iki kesici takımla iki değişik hızda işlenmiştir. Numunelerde 4 paso sonucunda titreşim oluşumunu başlatan kritik çapa ulaşıldığından, deney bu aşamadan sonra yeni numuneler üzerinden yapılmıştır. İş parçası malzemesinin çapına bağlı olarak kesme hızı, 6.1. eşitliğine göre hesaplanmıştır. /21/

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (6.1)$$

Bu eşitlikte: d; iş parçası çapı (mm), n; rotasyonel hız (devir/dak), V; kesme hızı (m/dak).

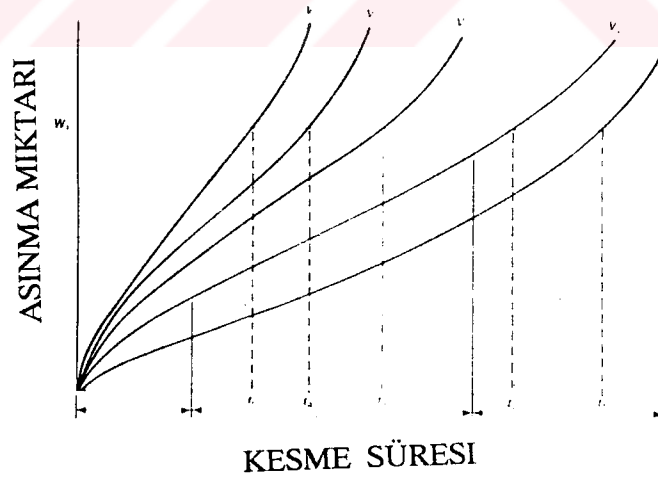
Tablo 6.3. Deneysel Çalışmalardaki Kesme Koşulları

KESME KOŞULLARI		
Soğutma Sıvılı Sürekli Kesme: İlerleme; $f = 0,25$ mm/devir Kesme derinliği; $a_p = 2$ mm Talaş kesiti; $0,5$ mm ²		
KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dak)	TALAŞ AÇISI
Kaplamasız AISI T15	70 - 100	7°
PVD-TiN AISI T15	70 - 110	7°
Kaplamasız P40	200 - 300	4°
Kaplamalı P40 (TiC-TiCxNy-TiN)	200 - 300	4°

6.4. İŞLENEBİLİRLİK TESTİ VE KAVRAMLAR:

Takım ve iş parçası malzemelerinin yoğun etkisini içeren işlenebilirlik kavramının belirlenmesinde en önemli kriter takım ömrüdür.

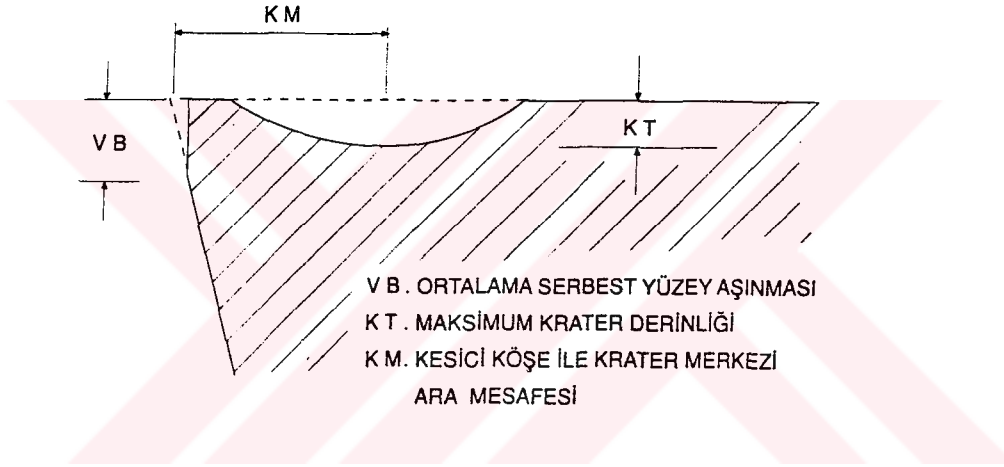
Takım ömrünün belirlenmesi için yapılan deneylerde değişik hızlarda aşınma miktarının kesme süresine göre değişimi Şekil 6.5.'te verilmiş ve aşınma üç bölge üzerinden incelenmiştir.



Şekil 6.5. Takım Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişik Hızlarda Değişimi

Birincil aşınma bölgesi olarak adlandırılan bölgede; takım-iş parçası yüzeyindeki kontakt alanı, iki malzemenin yüzey pürüzlülüğünden dolayı küçüktür. Kesme işlemi sırasında oluşan gerilme ve ısı ile yüzey pürüzlülüğü azalarak kontakt yüzeyi artar. Artan kontakt yüzeyi, plastik deformasyon ağırlıklı, miktarsal olarak küçük fakat ölçülebilir boyutta aşınan yüzeyler yaratır. Kesme süresinin artmasına paralel olarak abraziv, adheziv difüzyon ve atrisyon (termal yorulma) aşınma mekanizmaları devreye girerek aşınmayı sürdürürler. Lineer bir artışın görüldüğü bu bölge I. Aşınma bölgesi olarak adlandırılır. Bu periyot sonrasında sıcaklık ve aşınma sonucu artan köşe geometrisi bozunması üçüncü aşınma sonucu tam harabiyete (katastrofal aşınma) uğrar ve kesme görevini yerine getiremez. /5,22/

Takım aşınmasının ölçümü Şekil 6.6.'da görülen serbest yüzey veya kraterleşme üzerinden yapılabilir.



Şekil 6.6. Takım Aşınmasının ölçülebilir Büyüklükleri.

Kesme parametreleri ve iş parçası malzemesine göre seçilen aşınma miktarına karşılık gelen kesme süresi takım ömrü olarak belirlenir.

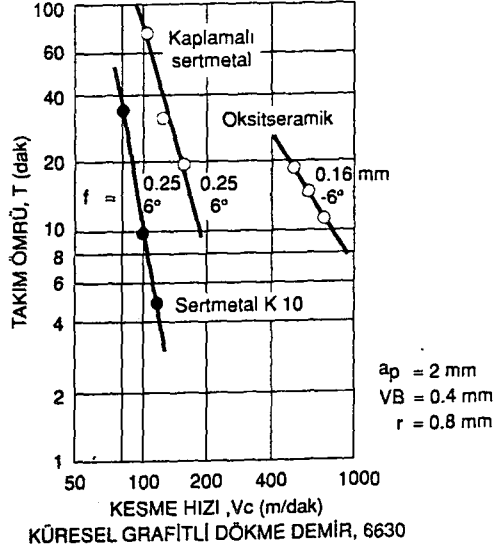
Takım ömrü (T) ile kesme hızı (V) arasındaki ilişki TAYLOR tarafından geliştirilmiştir.

$$V \cdot T^n = c \quad (6.2)$$

c ve n malzeme ve kesme şartlarıyla ilgili sabitlerdir ilişki:

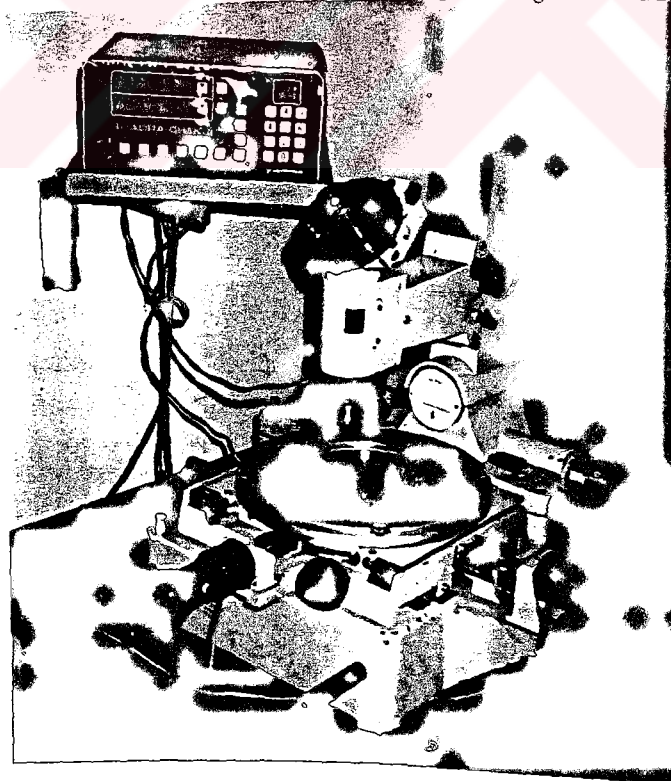
$$\log V = \log c - n \cdot \log T \quad (6.3)$$

şekline dönüştürülerek çift logaritmali diyagramda Şekil 6.7'de görüldüğü gibi belirtilebilir.



Şekil 6.7. Takım Ömrünün Değişik Kesme Hızlarına Göre Değişimi

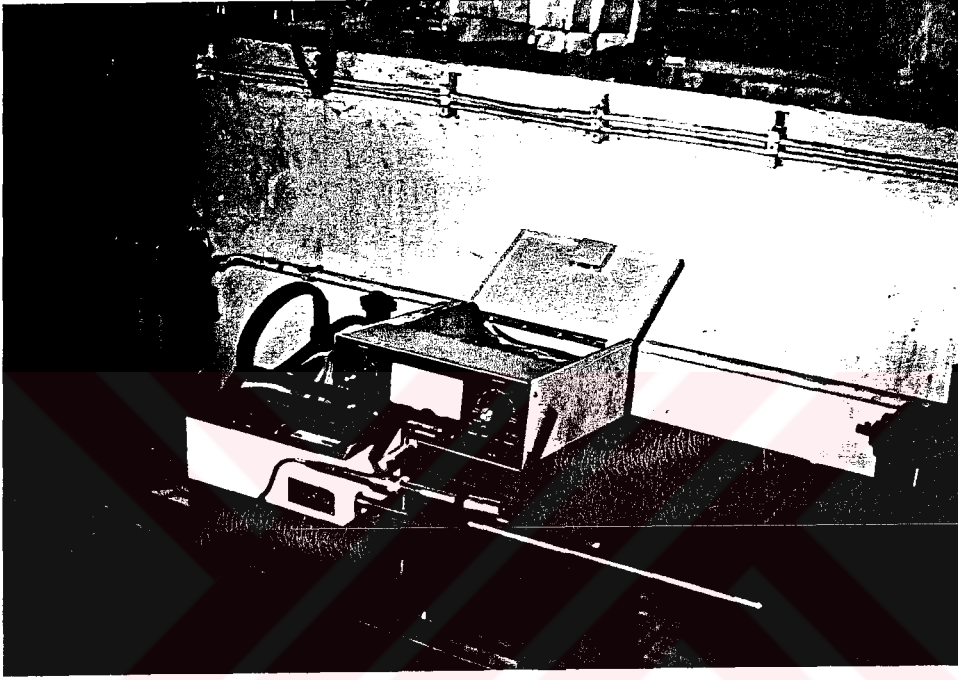
Deneyel çalışmalarda aşınma miktarı, serbest yüzey (flank) aşınmasının Şekil 6.8.'de görülen digital göstergeli bir ölçü mikroskobu ile ölçülmesi belirlenmiştir. 100 μ m'lik serbest yüzey aşınmasına karşılık gelen kesme süresi takım ömrü olarak seçilmiştir.



Şekil 6.8. Serbest Yüzey Aşınmasının Ölçüldüğü Ölçü Mikroskobu.

14 um çizgi kalınlığına sahip bu mikroskopla ölçülen değerler yüksek netlik derinliği ve ayırma gücü nedeniyle Jeol JSM 35-C tipi bir Tarama Elektron Mikroskopunda kontrol edilmiştir. Ayrıca Tarama Elektron Mikroskobu aşınma mekanizmalarının açıklanmasında kullanılmıştır.

Test sonrası iş parçası malzemelerin yüzey pürüzlülüğü Şekil 6.9.'da görülen standart bir profilometre ile yüzey kalitesi belirlenmiştir.



Şekil 6.9. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümlerinde Kullanılan Profilometre.

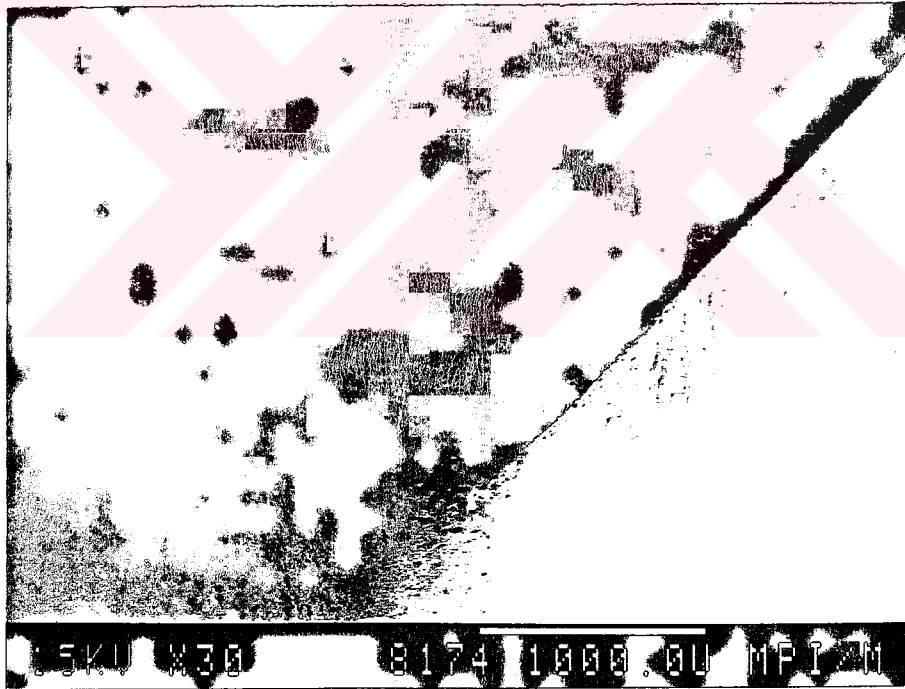
7. DENEYSEL SONUÇLAR:

7.1. KESME DENEYLERİ:

7.1.1. KAPLAMASIZ VE CVD-TiN KAPLI SERT METAL TAKIMLARLA YAPILAN KESME DENEYLERİ:

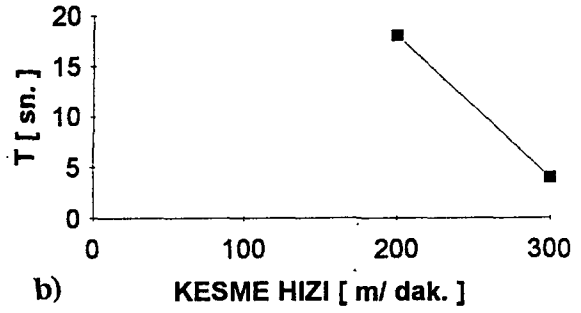
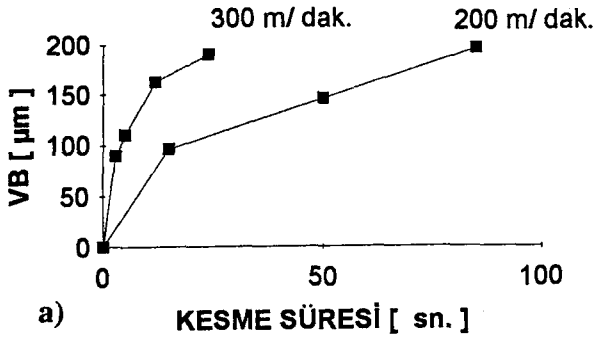
İş parçası malzemesi olarak; % 0,07 C'lu saf ve % 0,07 ile % 0,11 C'lu kurşun katkıli otomat çeliği kullanılan deneyler 200 ve 300 m/dak iki hızda gerçekleştirilmiştir.

Deney öncesi kaplamasız sert metal takım Şekil 7.1'de görülmektedir.



Şekil 7.1. Kullanılmamış Kaplamasız Sert Metal Takım Tarama Elektron Mikroskobu.

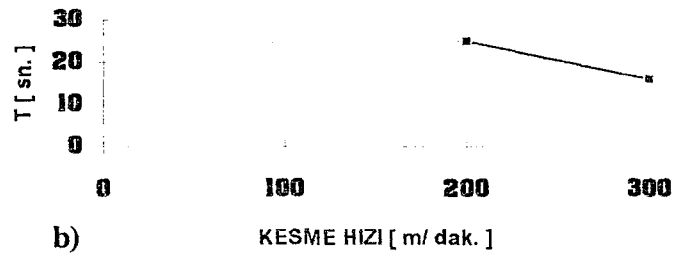
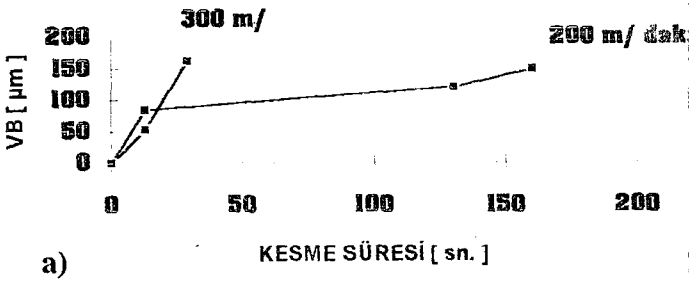
Kaplamasız sert metal takımlarla yapılan kesme deneylerine ait sonuçlar-serbest yüzey aşamasının kesme süresine, takım ömrünün kesme hızına göre değişimleri Şekil 7.2, 7.3 ve 7.4'te verilmiştir.



Şekil 7.2. Kesme Deneyi Sonuçları:

- a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.
b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

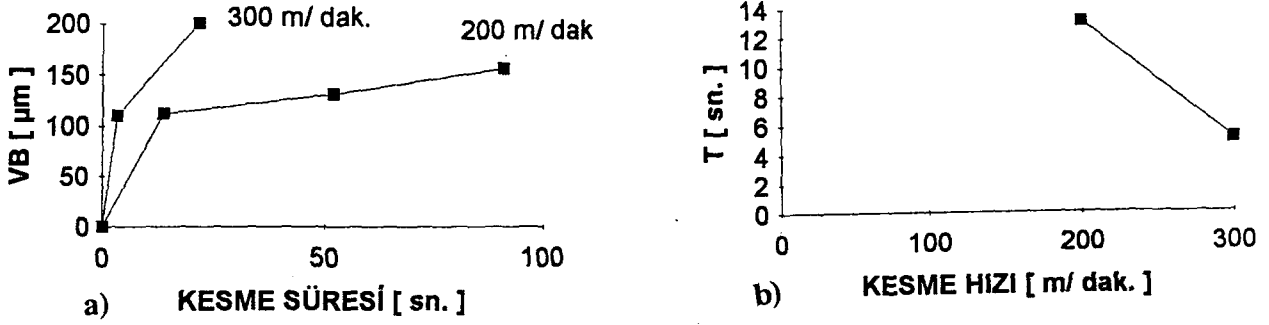
Takım: Kaplamasız Sert Metal
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,07 % C)



Şekil 7.3. Kesme Deneyi Sonuçları:

- a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.
B) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi

Takım: Kaplamasız Sert Metal
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C)



Şekil 7.4. Kesme Deneyi Sonuçları

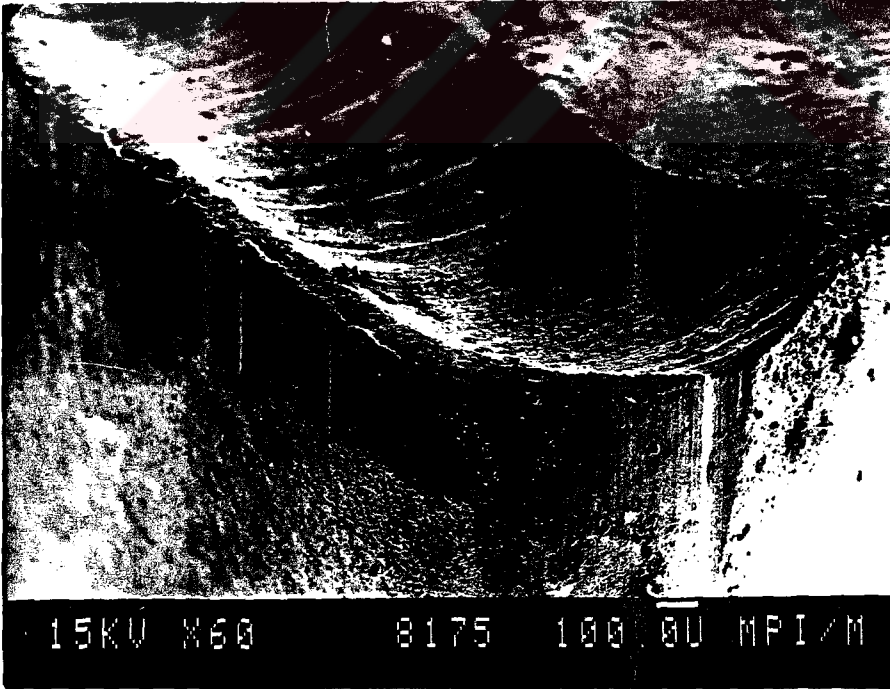
a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

B) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi

Takım: Kaplamasız Sert Metal

İş Parçası: 9SMn36 (0,07 % C)

Deney sonrası sert metal takımlar Şekil 7.5 ve 7.6'da, takımın serbest yüzeyinde oluşan aşınma (flank) Şekil 7.7'de görülmektedir.

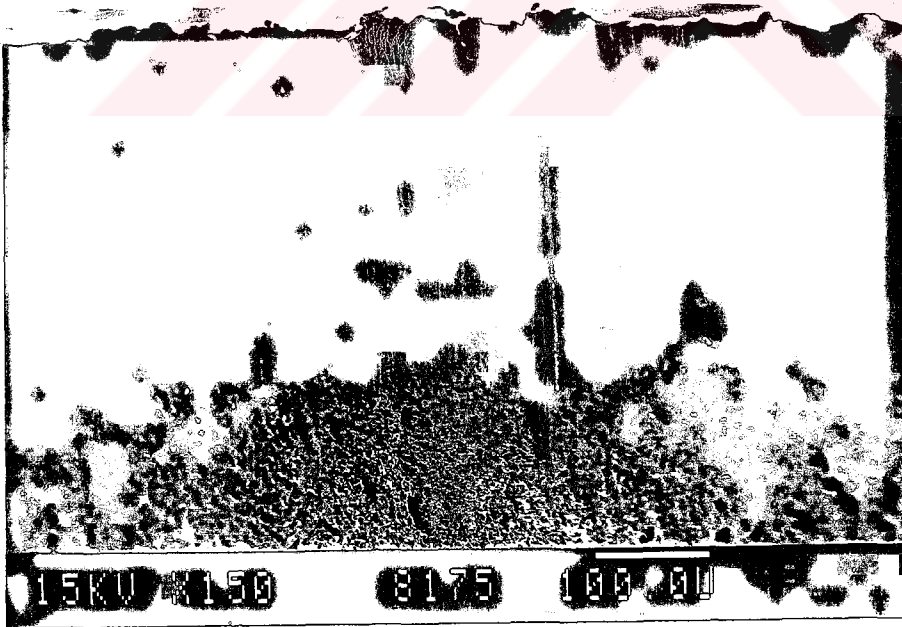


Şekil 7.5. Kullanılmış Kaplamasız Sert Metal Takım.

İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C) V= 300 m/dak.

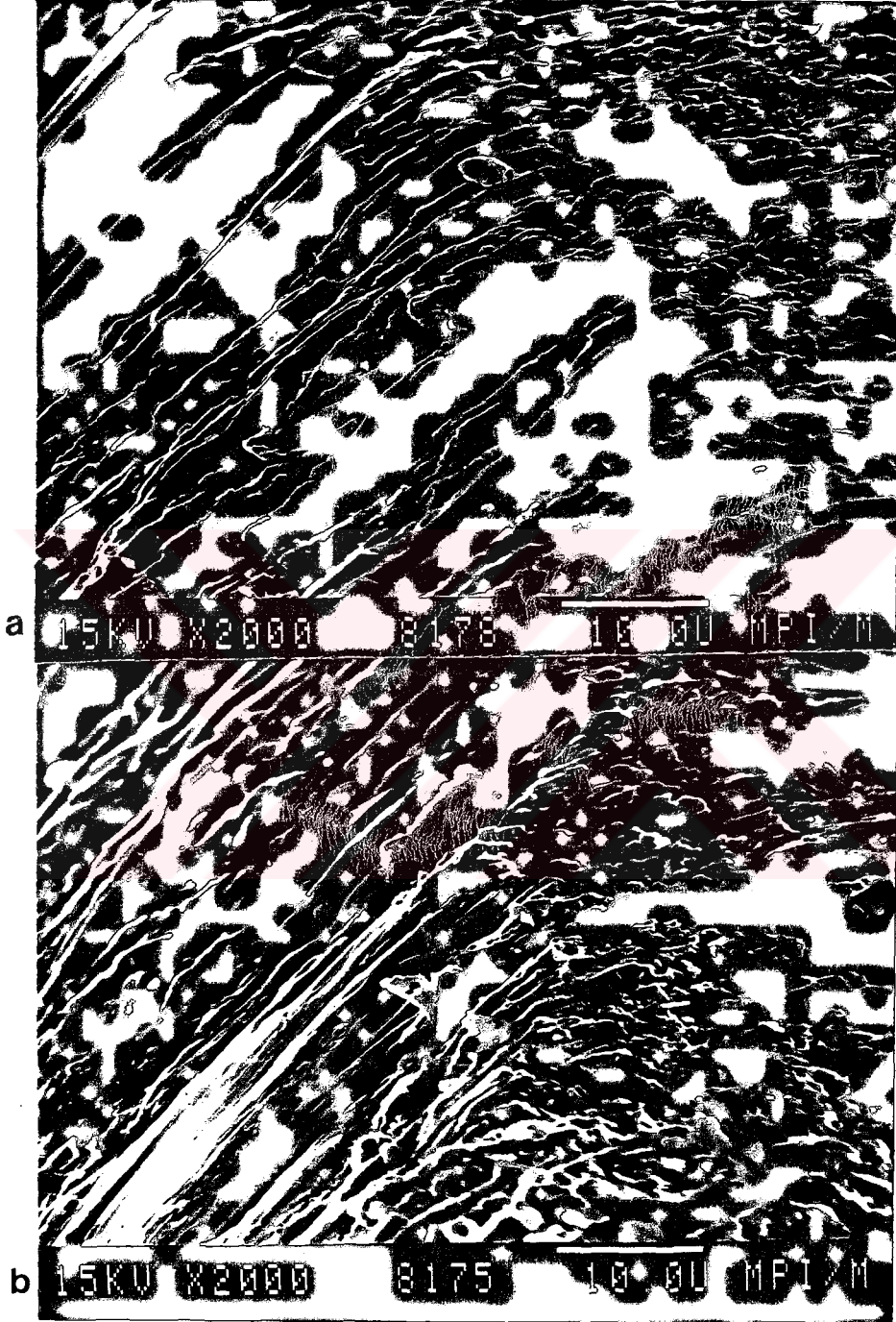


Şekil 7.6. Kullanılmış Kaplamasız Sert Metal
İş Parçası: 9SMn36 (0,07 % C) V= 200 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.



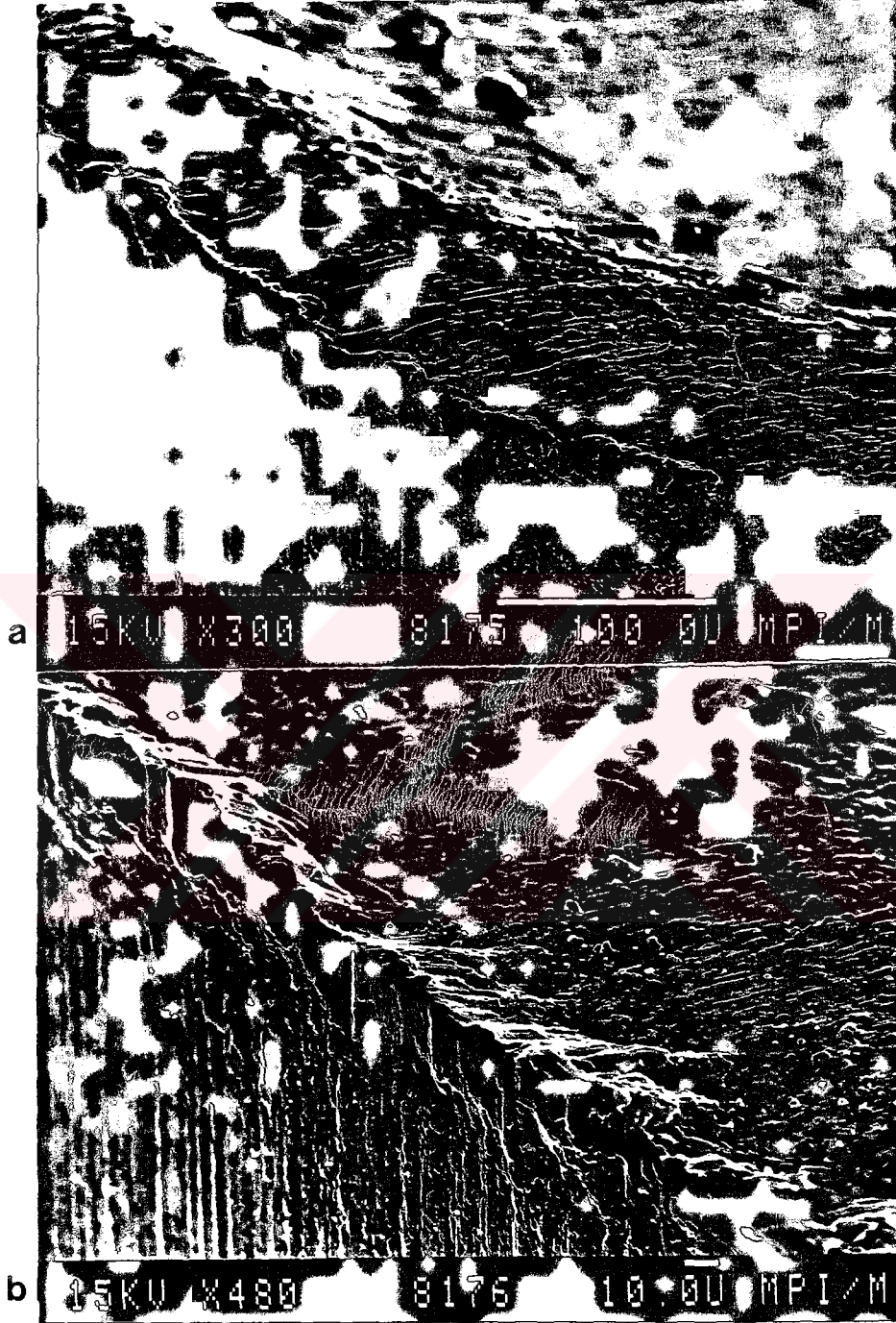
Şekil 7.7. Serbest Yüzey (Flank) Aşınması
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C) V= 300 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.

Kaplamasız sert metal takımların talaş yüzeyleri incelendiğinde, adhezyonla kesici takıma yapışmış iş parçası malzemelerinin koruyucu katmanlar oluşturduğu gözlenmiştir. Şekil 7.8 ve 7.9'da talaş yüzeyindeki krater formundaki aşınmış bölgenin çıkış ağzındaki koruyucu katmanlar görülmektedir.



Şekil 7.8. Kaplamasız Sert Metal Takımın Talaş Yüzeyindeki Koruyucu Kartmanlar.
 Yüzeyindeki Koruyucu Katmanlar.
 İş Parçası: a) 9SMn36 (0,11 % C)
 b) 9smn36 (0,07 % C)
 Tarama Elektron Mikroskobu V = 300 m/dak.

Takımların talaş yüzeylerinde oluşan katmanların yanısıra kesici köşe üzerinde değişik boyut ve geometride yığıntı köşeleri oluşmuştur. Aynı iş parçası malzemesinin değişik hızlarda işlenmesinde oluşan yığıntı köşeleri Şekil 7.9'da görülmektedir.



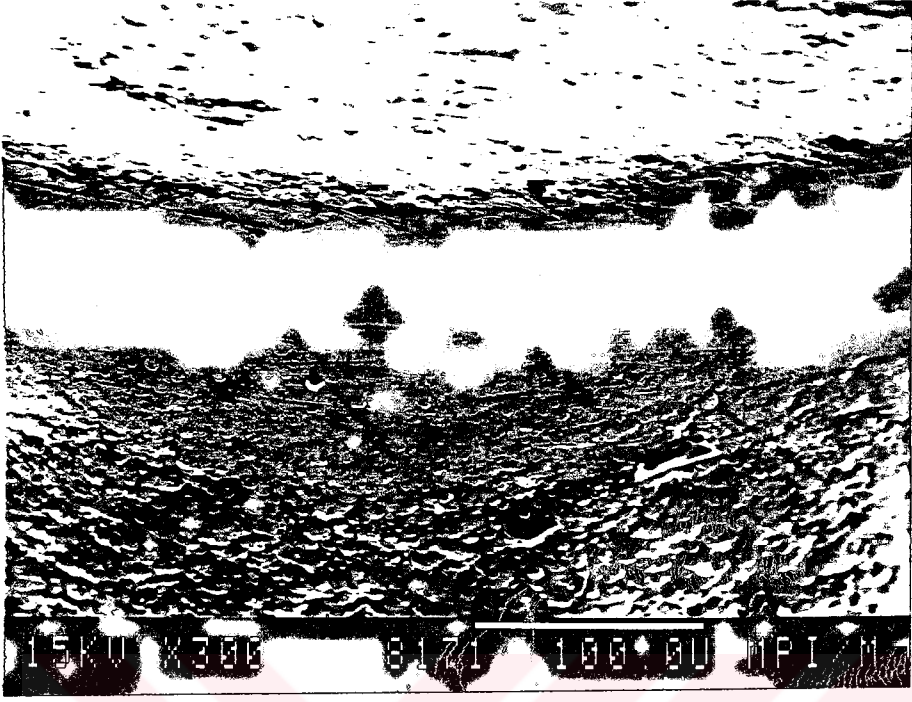
Şekil 7.9. 9SMn36Pb (0,11 % C) tipi Kurşun Katkılı Otomat Çeliğinin
Kaplamasız Sert Metal ile İşlenmesinde Oluşan Yığıntı Köşeleri
a) 300 m/dak
b) 200 m/dak
Tarama Elektron Mikroskobu

CVD-TiN kaplı sert metal takımlarla yapılan kesme deneylerinde iş parçası malzemesi olarak; kaplamasız sert metal takımlarla yapılan deneylerdeki bileşim seçilmiştir. Kullanım öncesi CVD-TiN kaplı sert metal Şekil 7.10'da görülmektedir.



Şekil 7.10. Kullanım Öncesi CVD-TiN Kaplı Sert Metal Tarama Elektron Mikroskobu.

Kullanım öncesi kesici köşede CVD kaplamanın soğuması sırasında, iç gerilmeler sonucu oluşan ağ tipi çatlaklar Şekil 7.11'de görülmektedir. Şekil 7.12'de ise TiN kaplamanın yüzey topografisi verilmiştir.

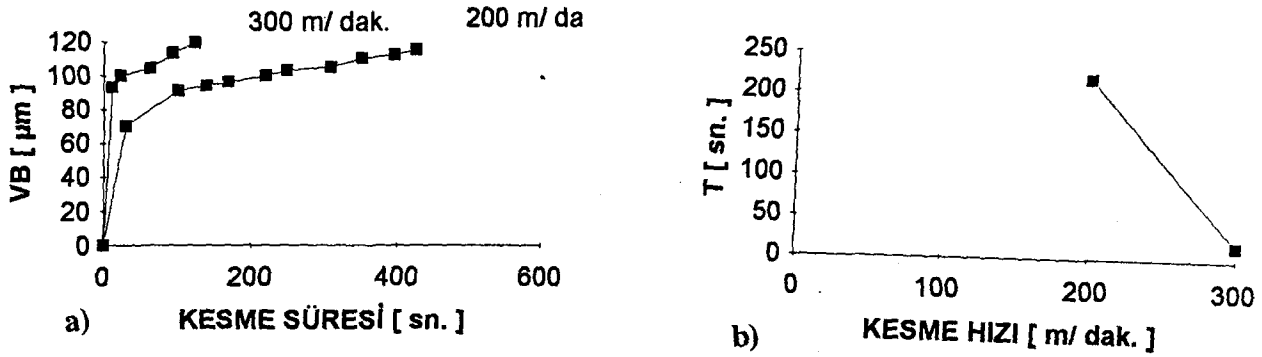


Şekil 7.11. CVD-TiN Kaplı Sert Metal Takımın Kesici Köşesinde Ağ Tipi Çatlaklar.
Tarama Elektron Mikroskobu.



Şekil 7.12. CVD-TiN Kaplamanın Yüzey Topografisi
Tarama Elektron Mikroskobu.

CVD-TiN Kaplı sert metal takımlarla yapılan kesme deneylerine ait sonuçlar Şekil 7.13, 7.14 ve 7.15'te verilmiştir.



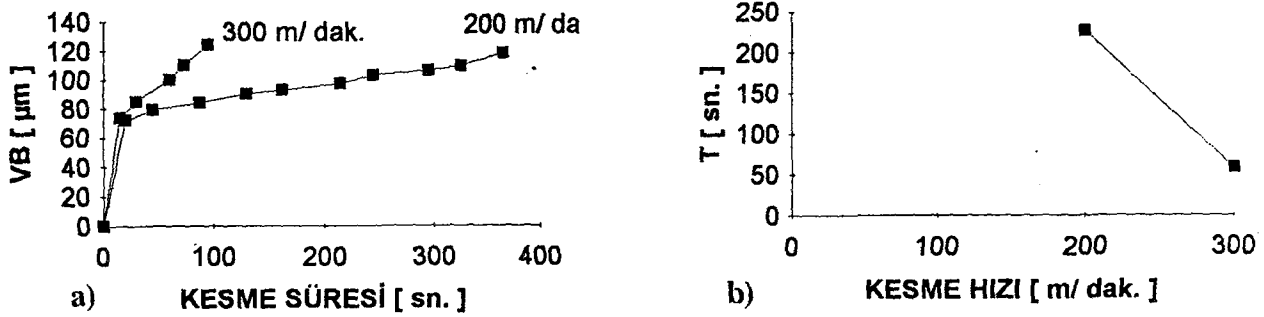
Şekil 7.13. Kesme Deneyi Sonuçları.

a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi

Takım: TiN Kaplı Sert Metal

İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C)



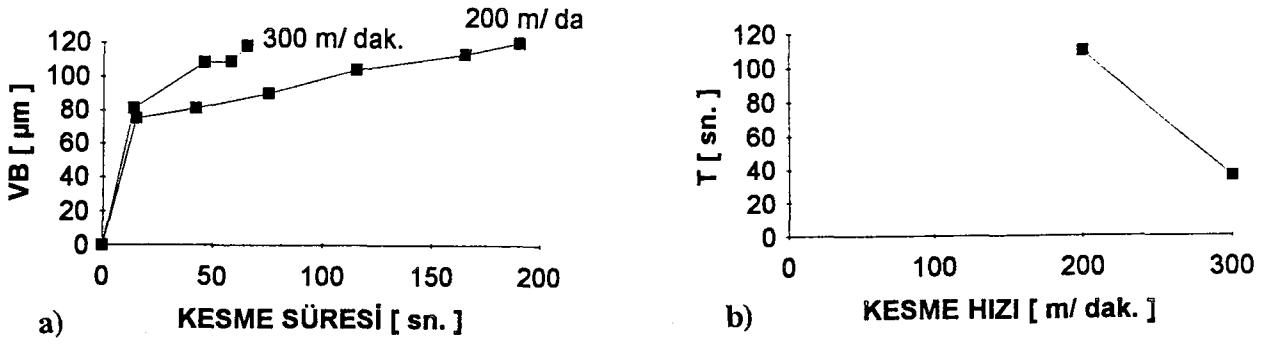
Şekil 7.14. Kesme Deneyi Sonuçları.

a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

Takım: TiN Kaplı Sert Metal

İş Parçası: 9SMn36Pb (0,07 % C)



Şekil 7.15. Kesme Deneyi Sonuçları.

a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

Takım: TiN Kaplı Sert Metal

İş Parçası: 9SMn36 (0,07 % C)

Deneyler sonrası kullanılmış TiN kaplı sert metal takım Şekil 7.16'de görülmektedir.

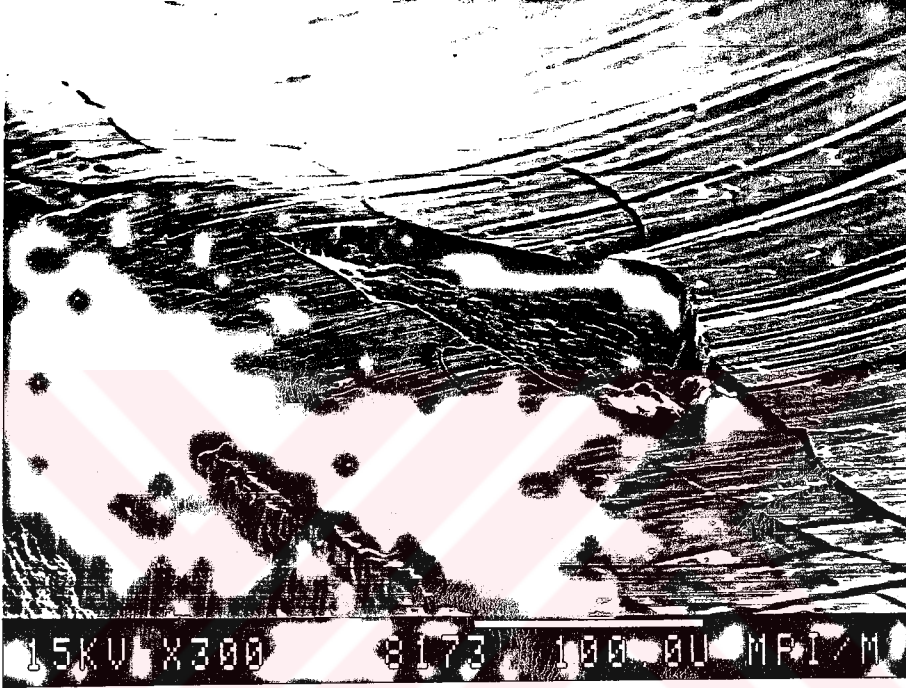


Şekil 7.16. Kullanılmış TiN Kaplı Sert Metal Tarama Elektron Mikroskobu.

V = 300 m/dak.

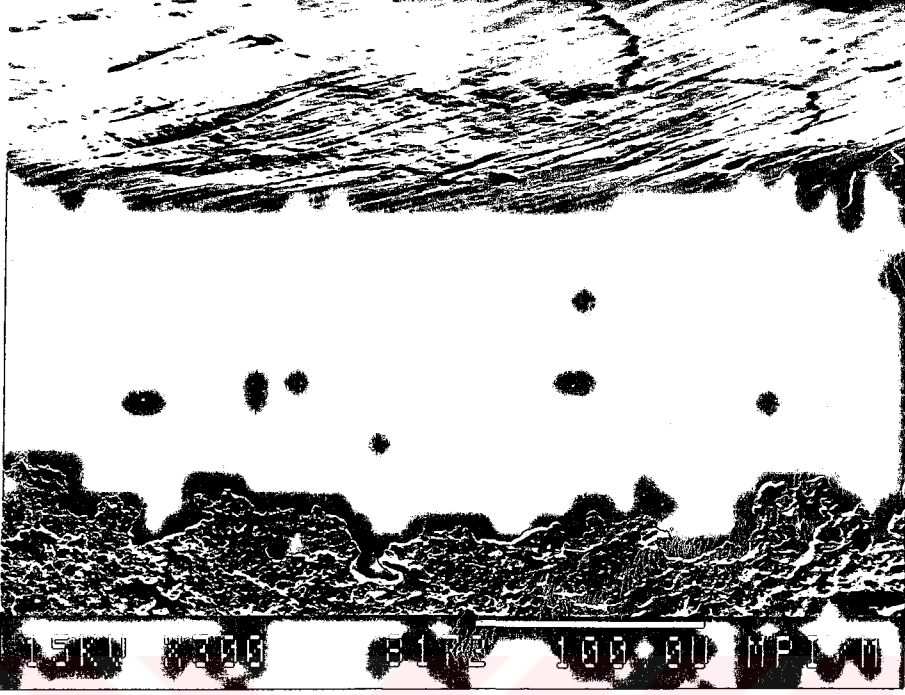
TiN kaplı sert metal takımların talaş yüzeyinde, iş parçası malzemesinin koruyucu katmanlar oluşturduğu bu katmanlar kesici köşede ve talaş yüzeyinde

çatlamış veya kırılmış olmaları nedeniyle kolayca anlaşılmaktadır. Şekil 7.17 talaş yüzeyinde çatlamış koruyucu katman, Şekil 7.18’de ise kesici köşede kısmen kalmış koruyucu katman görülmektedir.



Şekil 7.17. TiN Kaplı Sert Metal Takımda Çatlamış Koruyucu Katman.
İş Parçası: 9SMn36 (0,07 % C)
Tarama Elektron Mikroskobu V = 300 m/dak.

Talaş yüzeyindeki koruyucu katmanın çatlayarak yüzeyden ayrılmasından sonra, bu katman tarafından korunan TiN kaplamanın aşınmaya başladığı gözlenmiştir. Şekil 7.19’da abrazyon olarak aşınmış TiN kaplama görülmektedir.



Şekil 7.18. TiN Kaplı Sert Metal Takımda Kesici Köşede Kalkmış Koruyucu Katman.
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,07 % C)



Şekil 7.19 Katmanın Koruyucu Etkisinin Ortadan Kalkmasıyla Aşınan TiN Kaplama.
İş Parçası 9SMn36Pb (0,11 % C)
Tarama Elektron Mikroskobu V = 200 m/dak.

TiN kaplamanın aşınmasıyla yüzey topografisindeki değişim Şekil 7.20’de açıkça görülmektedir. Takımları aşınmaya karşı koruyan bu katmanların maksimum 20 um kalınlığında olduğu Şekil 7.20’den anlaşılmaktadır.



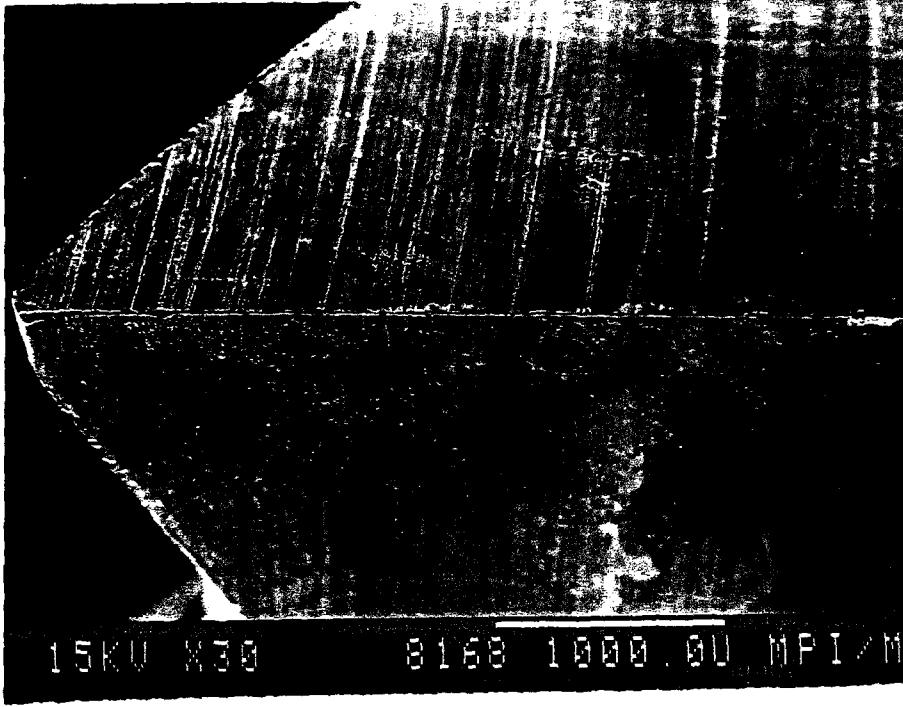
Şekil 7.20. TiN Üzerindeki Koruyucu Katman.
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C) V = 200 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.

7.1.2. KAPLAMASIZ VE PVD TiN KAPLI YÜKSEK HIZ ÇELİĞİ TAKIMLARLA YAPILAN KESME DENEYLERİ:

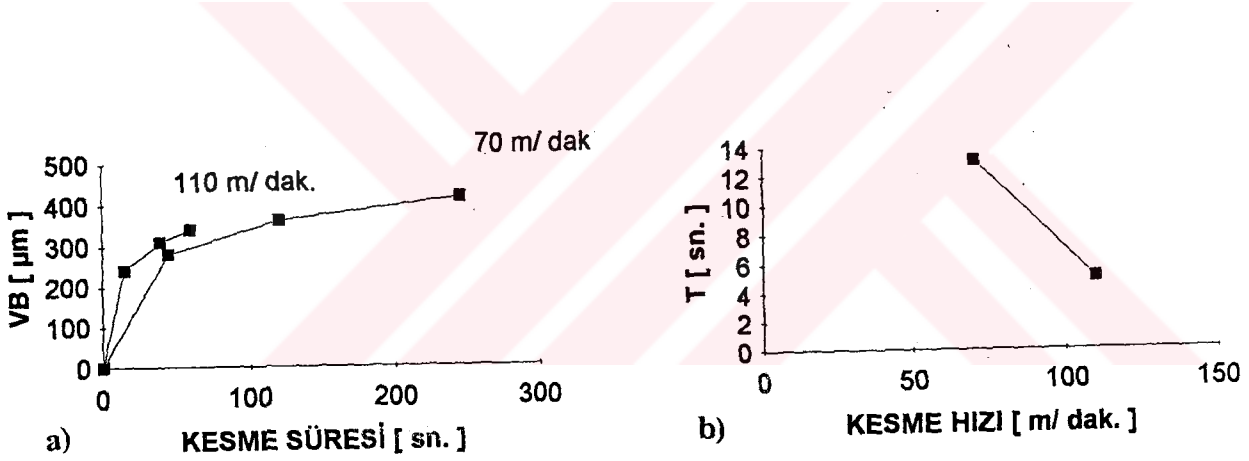
Kaplamasız ve PVD TiN kaplı yüksek hız çeliği takımlarla yapılan kesme deneylerinde; iş parçası malzemesi olarak 0,11 C’lu saf ve kurşun katkılı otomat çeliği kullanılmıştır. Kesme hızı olarak 70 ve 100 m/dak’lık hızlar seçilmiştir.

Kesme deneylerinde kullanılan kaplamasız yüksek hız çeliği takımlar 7.21’de görülmektedir.

Kaplamasız yüksek hız çeliği ile kurşun katkılı otomat çeliğinin iş parçası malzemesi olarak kullanıldığı kesme deneyine ait sonuçlar Şekil 7.22’de verilmiştir.



Şekil 7.21. Kullanılmamış Kaplamasız Yüksek Hız Çeliği
Tarama Elektron Mikroskobu.



Şekil 7.22. Kesme Deneyi Sonuçları.

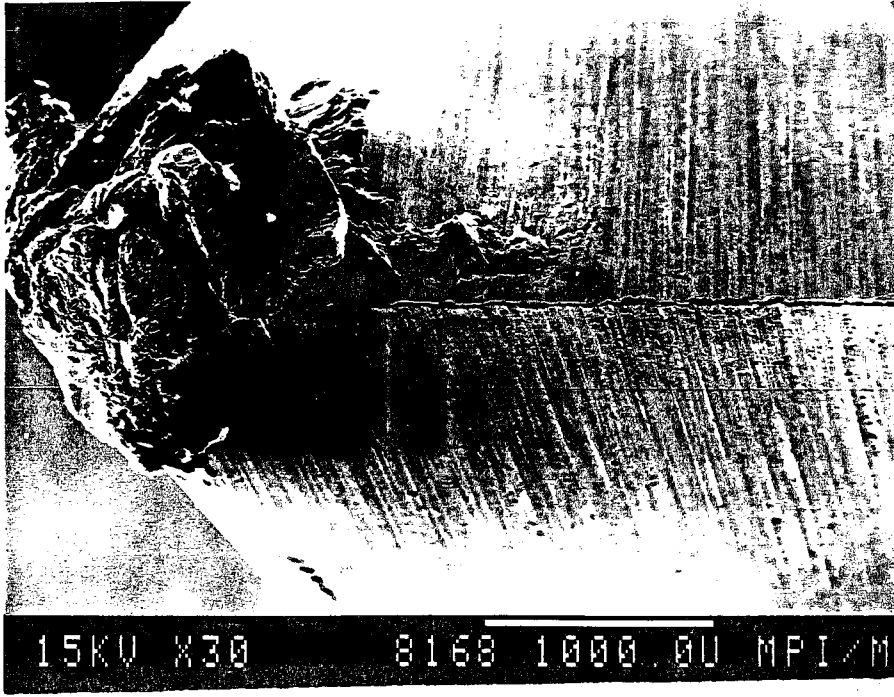
a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

Takım: Kaplamasız Yüksek Hız Çeliği

İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C)

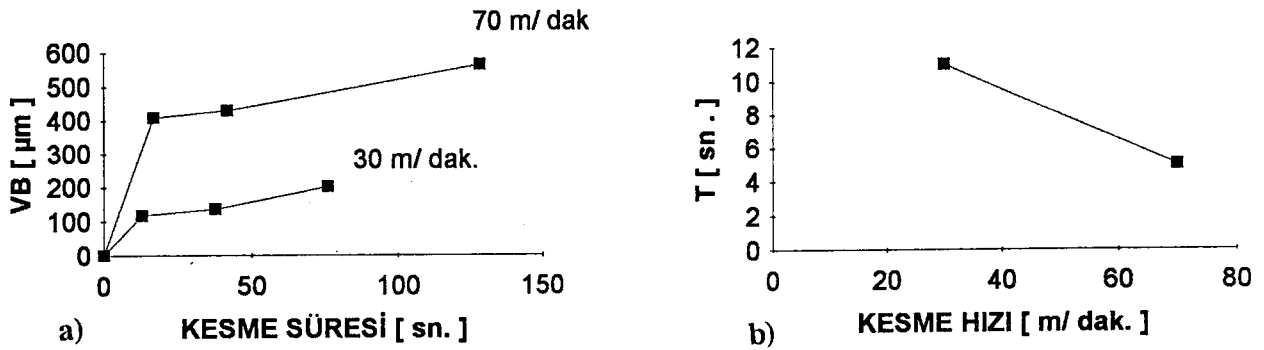
9SMn36 tipi saf otomat çeliği ile 110 m/dak'lık hızda kesme deneyinde herhangi bir kesme süresi elde edilemeden kesici köşe Şekil 7.23'te görüldüğü gibi deformasyona uğramıştır. Bu nedenle kesme deneyi 100 m/dak'lık yerine 30 m/dak'lık ve 70 m/dak'lık hızlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7.23. Deformasyona uğramış kaplamasız yüksek hız çeliği kesici köşesi.
İş Parçası: 9SMn36 (0,11 % C) V = 110 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.

Saf otomat çeliğine ait kesme deneyi sonuçları Şekil 7.24'te verilmiştir.

Kaplamasız yüksek hız çeliği takımlarda kesme deneyleri sonrası incelemelerde Şekil 7.25'te görüldüğü gibi büyük boyutlu yıgıntı köşesi oluşumu gözlenmiştir.



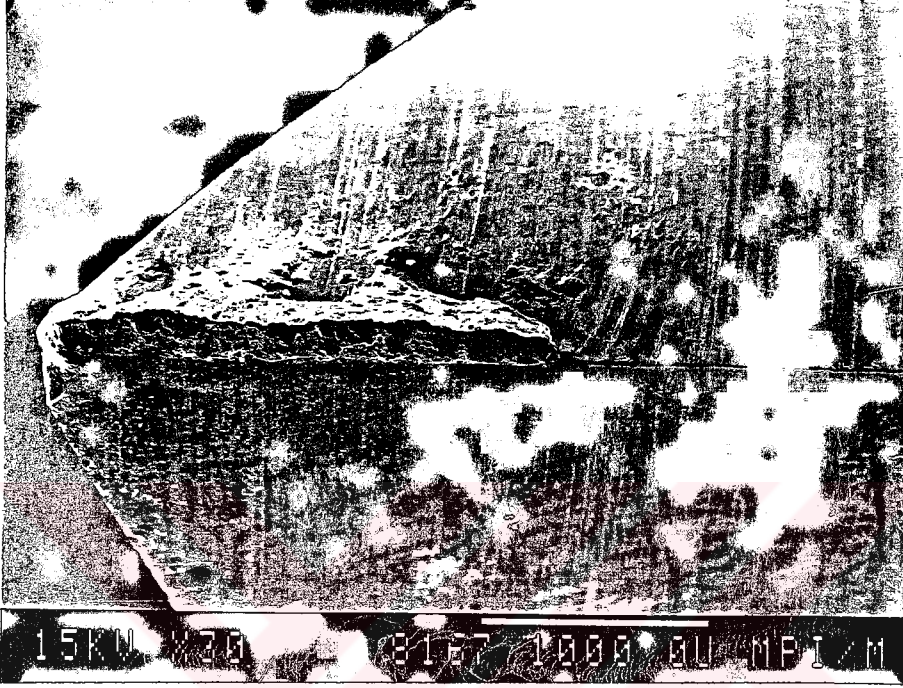
Şekil 7.24. Kesme Deneyi Sonuçları.

a) Serbest Yüzey Anınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

Takım: Kaplamasız Yüksek Hız Çeliği

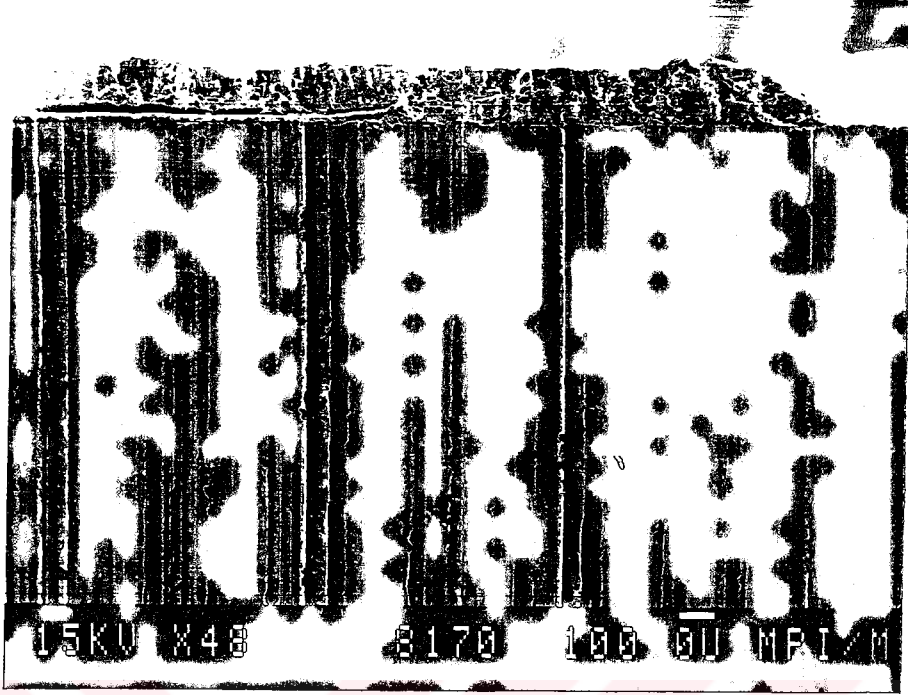
İş Parçası: 9SMn36 (0,11 % C)



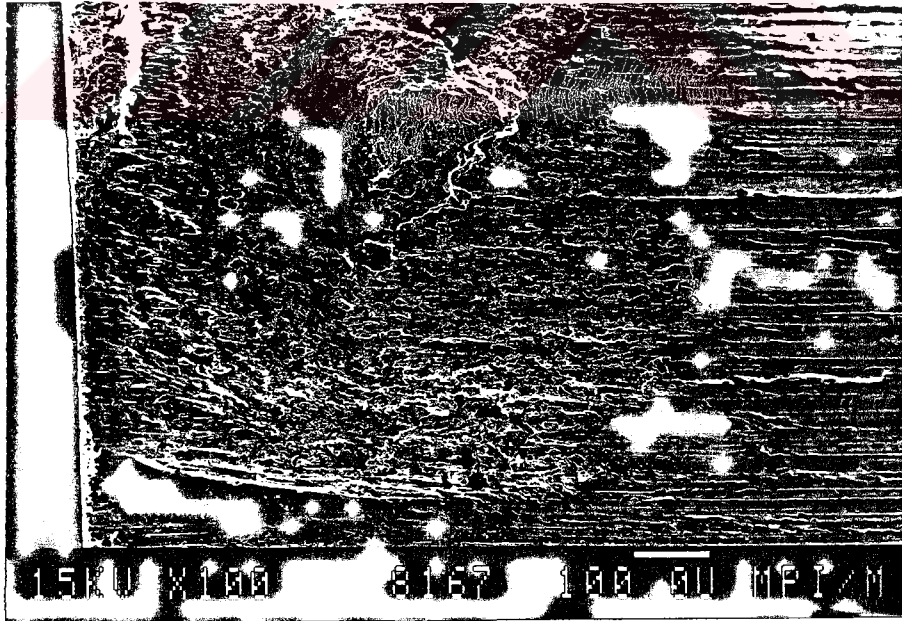
Şekil 7.25. Kaplamasız Yüksek Hız Çeliğinde Yığıntı Köşesi.
İş Parçası: 9SMn36 (0,11 % C) V = 30 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.

Kaplamasız yüksek hız çeliği takımların talaş yüzeyinde de sert metal takımlarda olduğu gibi koruyucu katmanlar gözlenmiştir. Şekil 7.26 takımın talaş yüzeyinde kalkmış koruyucu katman görülmektedir.

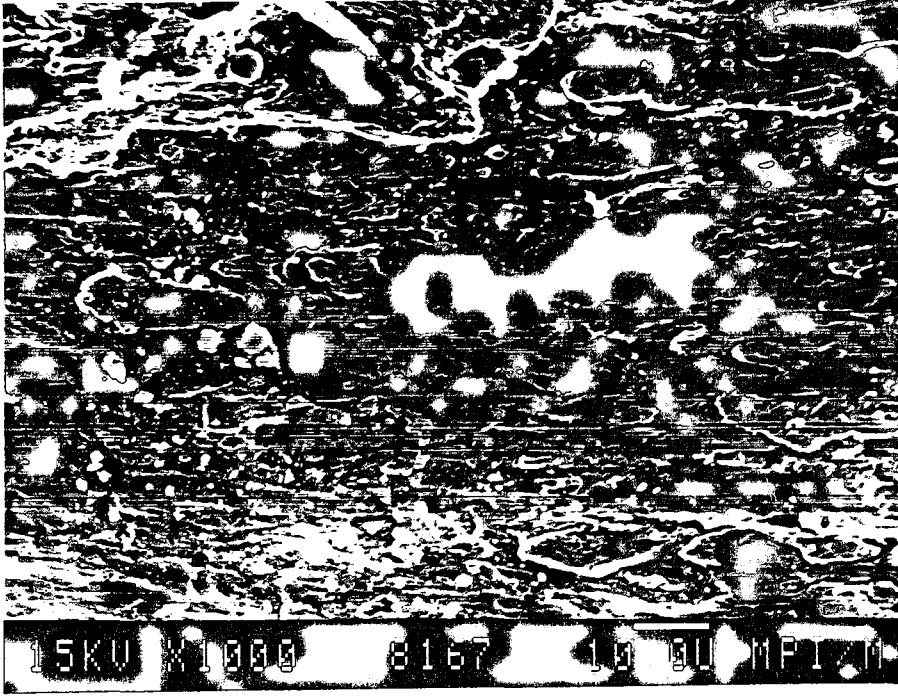
Kaplamasız yüksek hız çeliği takımlarda ağırlıklı aşınma mekanizmasının adhezyon olduğu Şekil 7.27’de görülebilmektedir. Aşınma nedeniyle parlayan talaş yüzeyinde, karbürler Şekil 7.28’de belirgin olarak görülebilmektedir.



Şekil 7.26. Kaplamasız Yüksek Hız Çeliği Takımın Talaş Yüzeyindeki Koruyucu Katman.
İş Parçası: 9SMn36 (0,11 % C) V = 70 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.



Şekil 7.27. Kaplamasız Yüksek Hız Çeliğinde Adhezif Aşınmış Yüzey.
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C)
Tarama Elektron Mikroskobu. V = 110 m/dak.

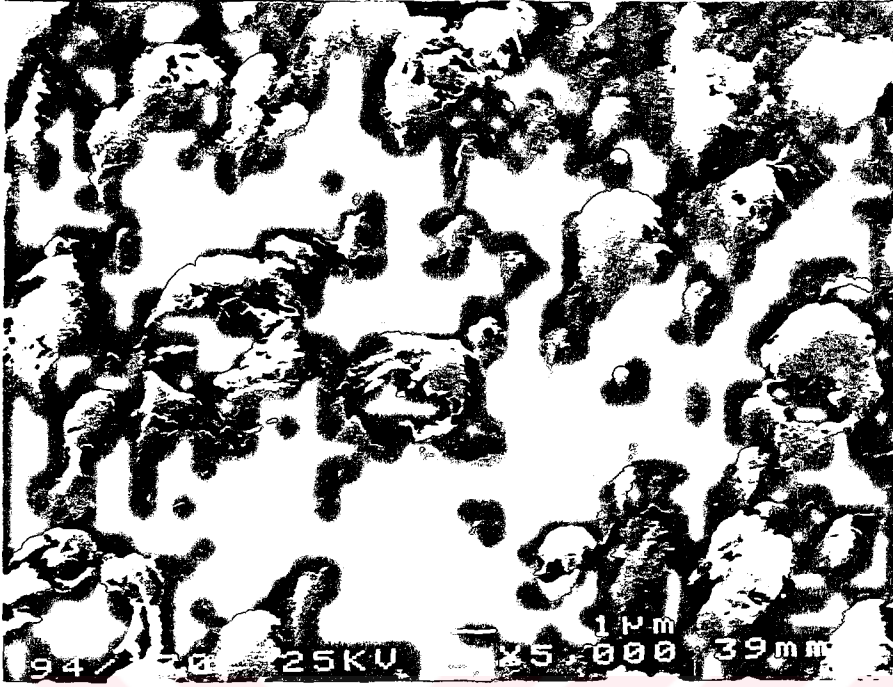


Şekil 7.28. Kaplamasız Yüksek Hız Çeliğinde Aşınmış Yüzeyde Görülen Karbürler.
İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C) V = 110 m/dak.
Tarama Elektron Mikroskobu.

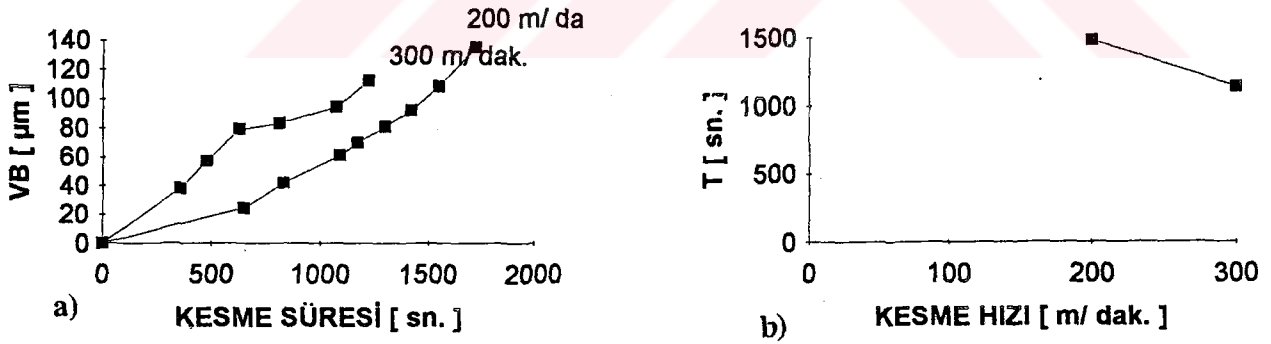
Kesme deneylerinde kullanılan PVD-TiN kaplı yüksek hız çeliği takım Şekil 7.29'da, TiN kaplamasının yüzey topografisi Şekil 7.30'da görülmektedir.



Şekil 7.29. Kullanılmamış PVD-TiN Kaplı Yüksek Hız Çeliğ.
Tarama Elektron Mikroskobu.



Şekil 7.30. TiN Kaplamanın Yüzey Topografisi.
Tarama Elektron Mikroskobu



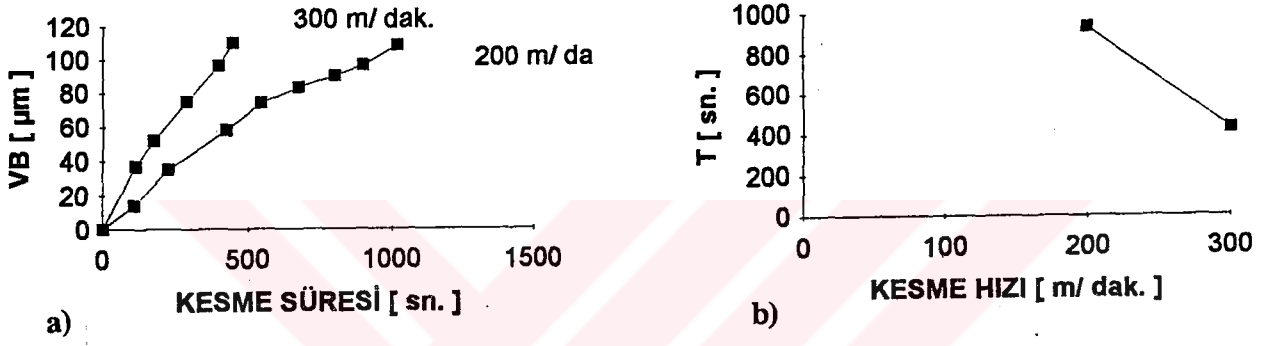
Şekil 7.31. Kesme Deneyi Sonuçları

a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi

İş Parçası: 9SMn36Pb (0,11 % C)

Takım: PVD-TiN Yüksek Hız Çeliği.



Şekil 7.32. Kesme Deneyi Sonuçları.

a) Serbest Yüzey Aşınmasının Kesme Süresine Göre Değişimi.

b) Takım Ömrünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

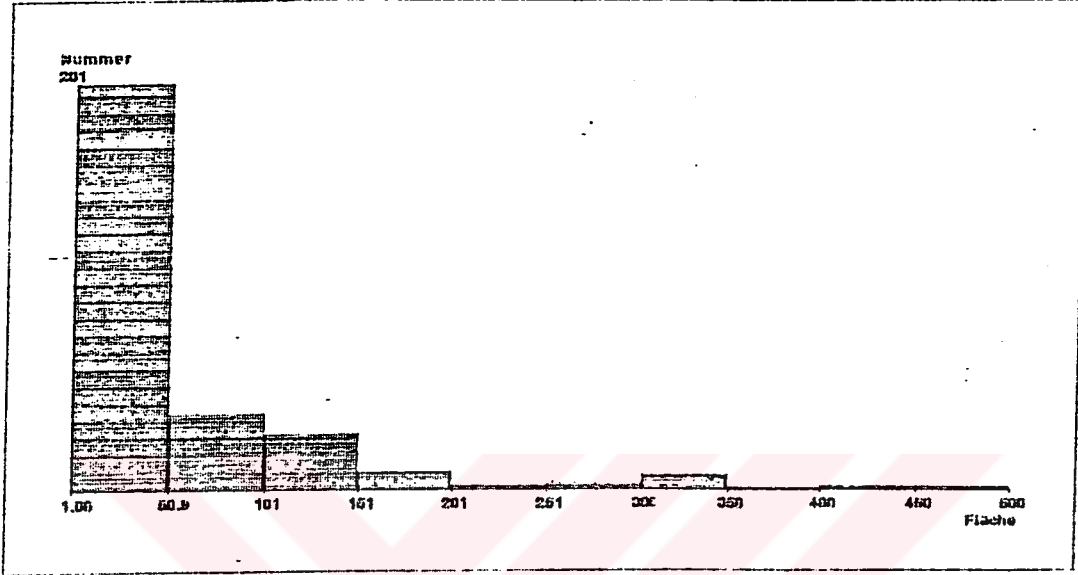
Takım: PVD-TiN Yüksek Hız Çeliği

İş Parçası: 9SMn36 (0,11 % C)

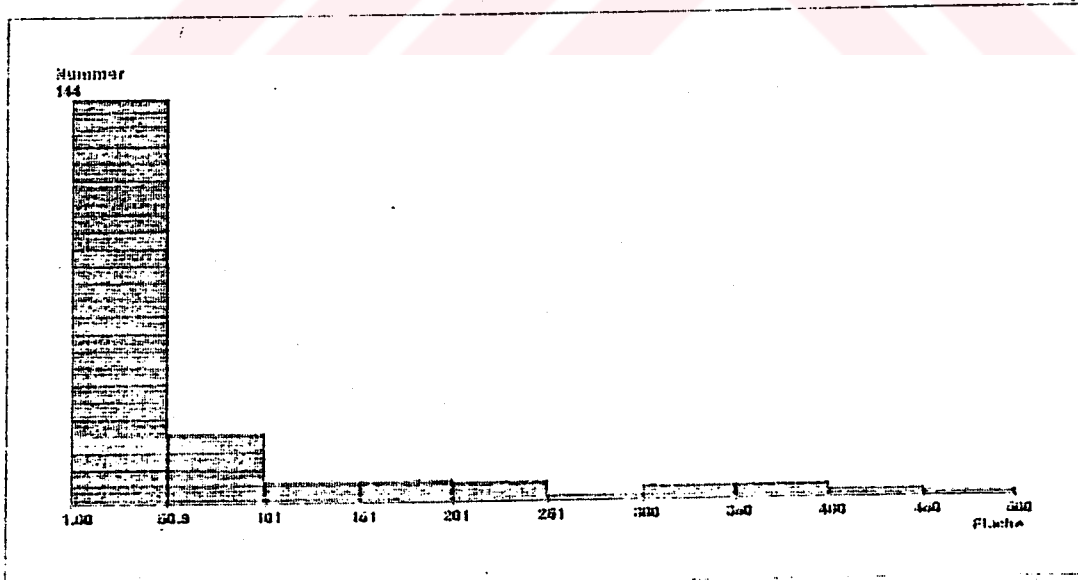
7.2. GÖRÜNTÜ ANALİZİ:

7.2.1. MnS BOYUT DAĞILIMI:

MnS kalıntılarının boyut dağılımları, saf otomat çelikleri için Şekil 7.33'te, kurşun katkılı otomat çelikleri için Şekil 7.34'te verilmiştir.



Şekil 7.33. Saf Otomat Çeliğinde MnS Boyut Dağılımı.

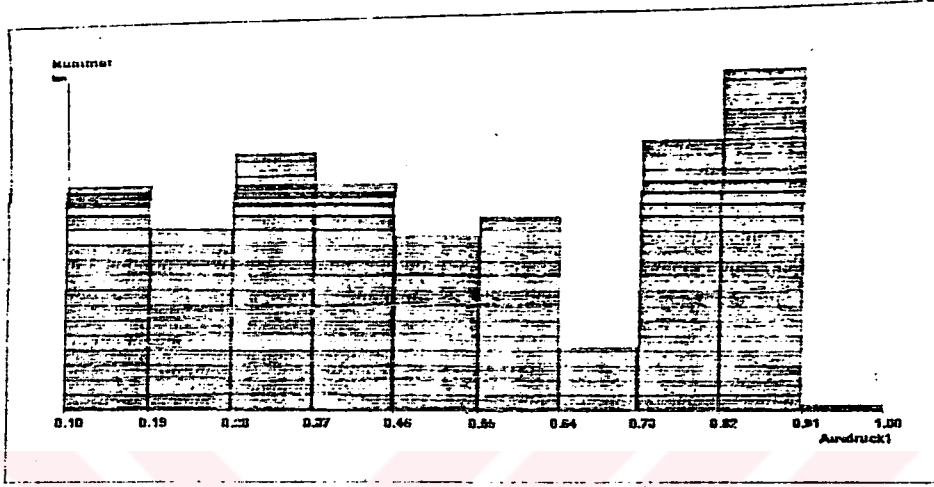


Şekil 7.34. Kurşun Katkılı Otomat Çeliğinde MnS Boyut Dağılımı.

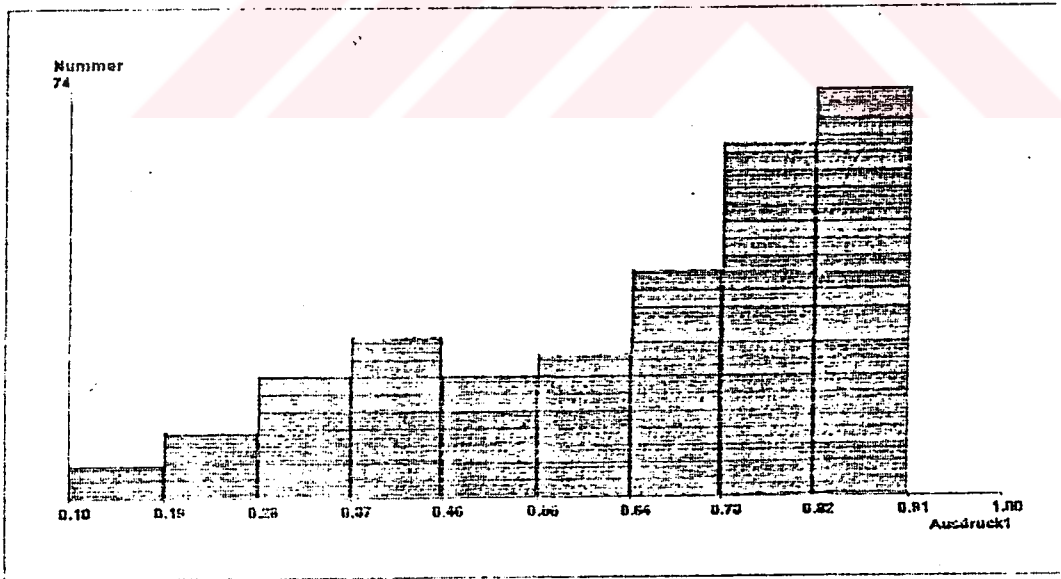
MnS Boyut Dağılımının saf otomat çeliğinde, kurşun katkılı otomat çeliğine oranla küçük boyutlarda daha yoğun olduğu anlaşılmaktadır.

7.2.2. MnS ŞEKİL FAKTÖRÜ:

Saf otomat çelikleri için MnS şekil faktör dağılımı Şekil 7.35'de kurşun katkılı otomat çelikleri için Şekil 7.36'da görülmektedir.



Şekil 7.35. Saf Otomat Çeliğinde MnS Şekil Faktör Dağılımı.



Şekil 7.36. Kurşun Katkılı Otomat Çeliğinde MnS Şekil Faktör Dağılımı.

Mangansülfürün enine ve boyuna boyutlarının oranı olan şekil faktörünün, kurşun katkılı otomat çeliklerinde, kalıntı şeklinin küresel olduğu anlamına gelen 1 değerine yakın değerlere ağırlıklı bir dağılım göstermektedir. Saf otomat çeliğinde ise MnS şekil faktör dağılımı belirgin bir karakter göstermektedir.

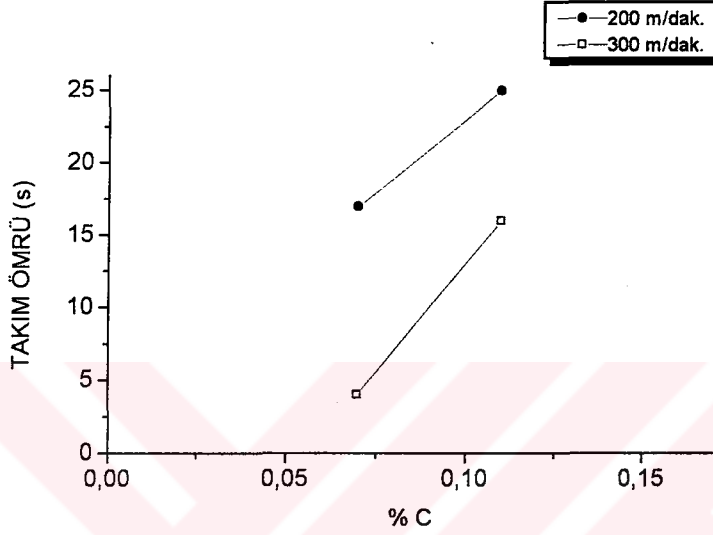


8. TARTIŞMA:

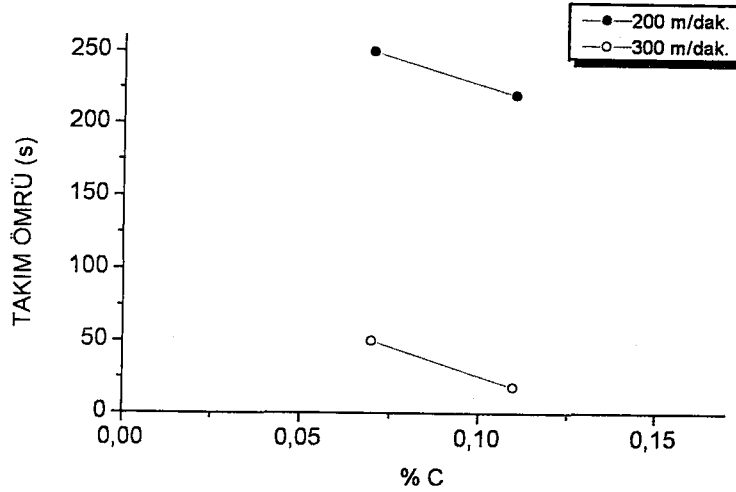
8.1. İŞ PARÇASI MALZEMESİNİN MİKROYAPISAL ETKİSİ:

8.1.1. KARBON MİKTARININ ETKİSİ.

Kurşun katkılı (9SMn36Pb) otomat çeliğinin karbon miktarına bağlı olarak kaplamasız sert metal takımların takım ömürlerinin değişimi Şekil 8.1.'de CVD-TiN kaplı sert metal takımların takım ömürlerinin değişimi Şekil 8.2.'de verilmiştir.



Şekil 8.1. Kaplamasız Sert Metal Takımların Takım Ömürlerinin Kurşun Katkılı Otomat Çeliğinin Karbon Miktarına Göre Değişimi.



Şekil 8.2. CVD-TiN Kaplı Sert Metal Takım Ömürlerinin Kurşun Katkılı Otomat Çeliğinin Karbon Miktarına Göre Değişimi.

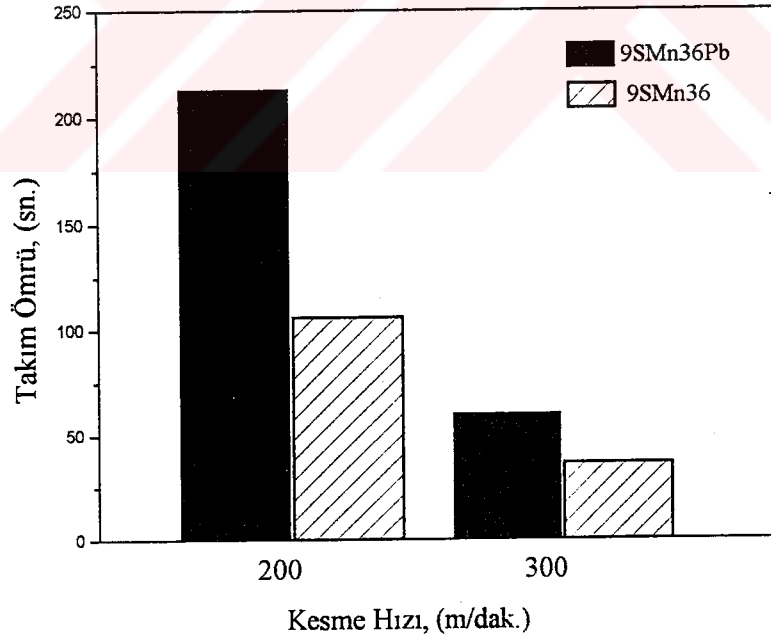
Şekil 8.1. ve 8.2. incelendiğinde artan karbon miktarına bağlı olarak kaplamasız sert metal takımlarda takım ömürleri artarken CVD-TiN kaplı sert metal takımlarda azalma gözlenmiştir.

Bu iki karşıt sonuç; kaplamasız ve CVD-TiN kaplı sert metal takımların deneyler sonrası Türama Elektron Mikroskopik incelemelerinde bulunan -deneysel çalışmalarda verilen- takım ömrünü belirleyen ağırlıklı aşınma mekanizmasına bağlı olarak açıklanabilir.

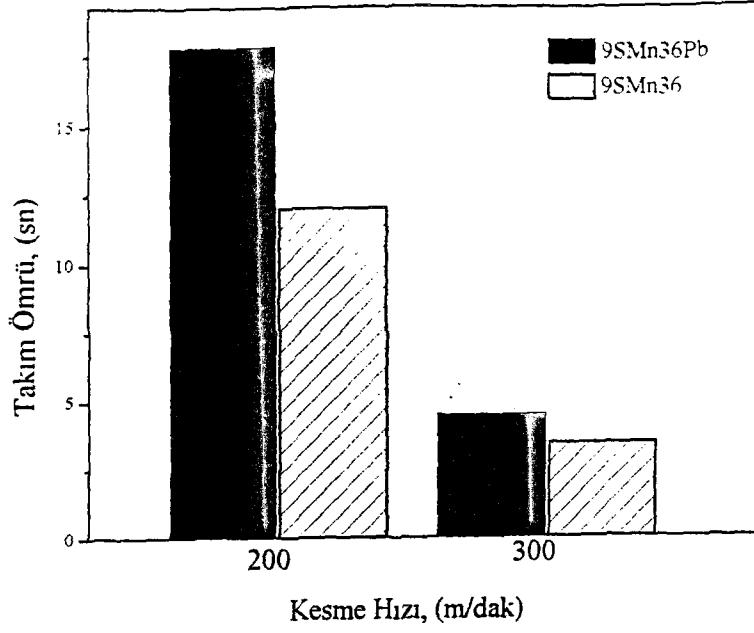
Bu bakış açısıyla, abrazyv aşınmanın baskın olduğu CVD-TiN kaplı sert metal takımlarda artan karbon miktarı ile iş parçası malzemesinin abrazyv etkisinin artmasıyla takım ömrü azalmıştır. Kaplamasız sert metal takımlarda ise düşük karbon içeren iş parçasının yoğun adhesiv etkisinin karbon miktarının artmasıyla tersinir olarak azalması nedeniyle takım ömürleri artmıştır.

8.1.2. KURŞUN KATKISININ ETKİSİ:

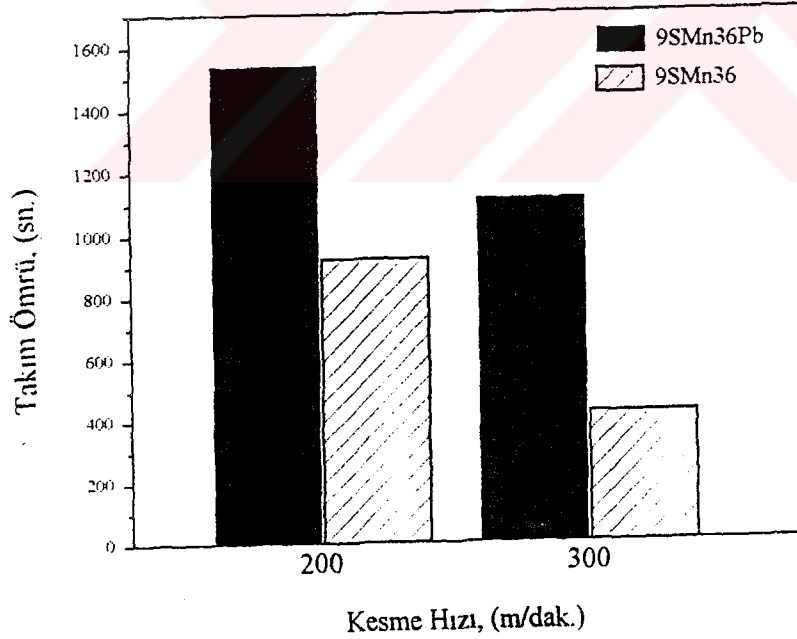
Görüntü analizi çalışmalarıyla otomat çeliğindeki mangan sülfür kalıntılarının boyut ve şekillerini katkısız duruma göre daha kaba ve küresel oluşturduğu belirlenen kurşun katkısının; kesme deneylerinde değişik takım malzemelerinin takım ömürleri üzerindeki etkisi katkısız durum ile karşılaştırmalı olarak Şekil 8.3, 8.4 ve 8.5’de verilmiştir.



Şekil 8.3. Kurşunsuz ve Saf Otomat Çeliklerinin İşlenmesindeki Takım Ömürlerinin Karşılaştırılması.
Takım: CVD-TiN Kaplı Sert Metal (% C 0,07)



Şekil 8.4. Kurşun Katkılı ve Saf Otomat Çeliklerinin İşlenmesindeki Takım Ömürlerinin Karşılaştırılması (% C 0,07)
Takım: Kaplamasız Sert Metal.



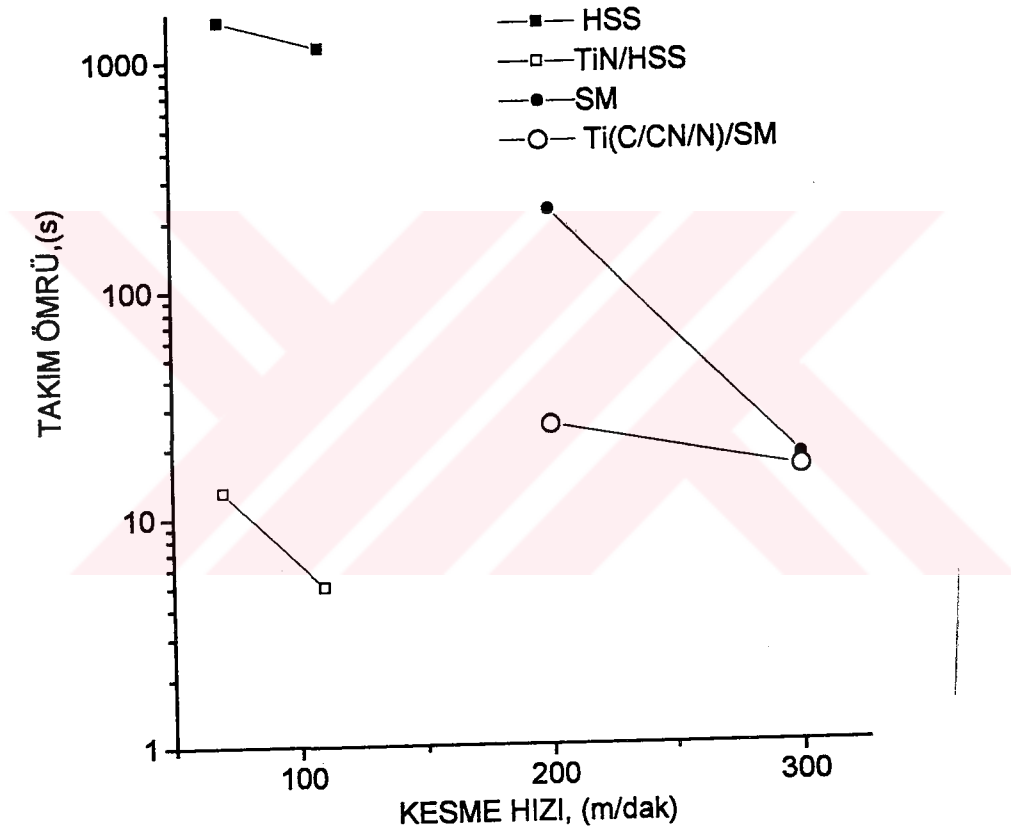
Şekil 8.5. Kurşun Katkılı ve Saf Otomat Çeliklerinin İşlenmesindeki Takım Ömürlerinin Karşılaştırılması (% C 0,11)
Takım: PVD-TiN Kaplı Yüksek Hız Çeliği.

Şekil 8.3, 8.4 ve 8.5'de görüldüğü gibi kurşun katkısı ile kesme deneylerinde kullanılan tüm takım malzemelerinde artış gözlenmiştir. Bu artış, görüntü analizi sonuçlarıyla belirlenen kurşun katkısının mangansülfür morfolojisine etkisi yanında, takım-talaş arayüzeyinde oluşturduğu viskoz katmanlar yardımıyla açıklanabilir.

8.2. TAKIM MALZEMESİ ETKİSİ:

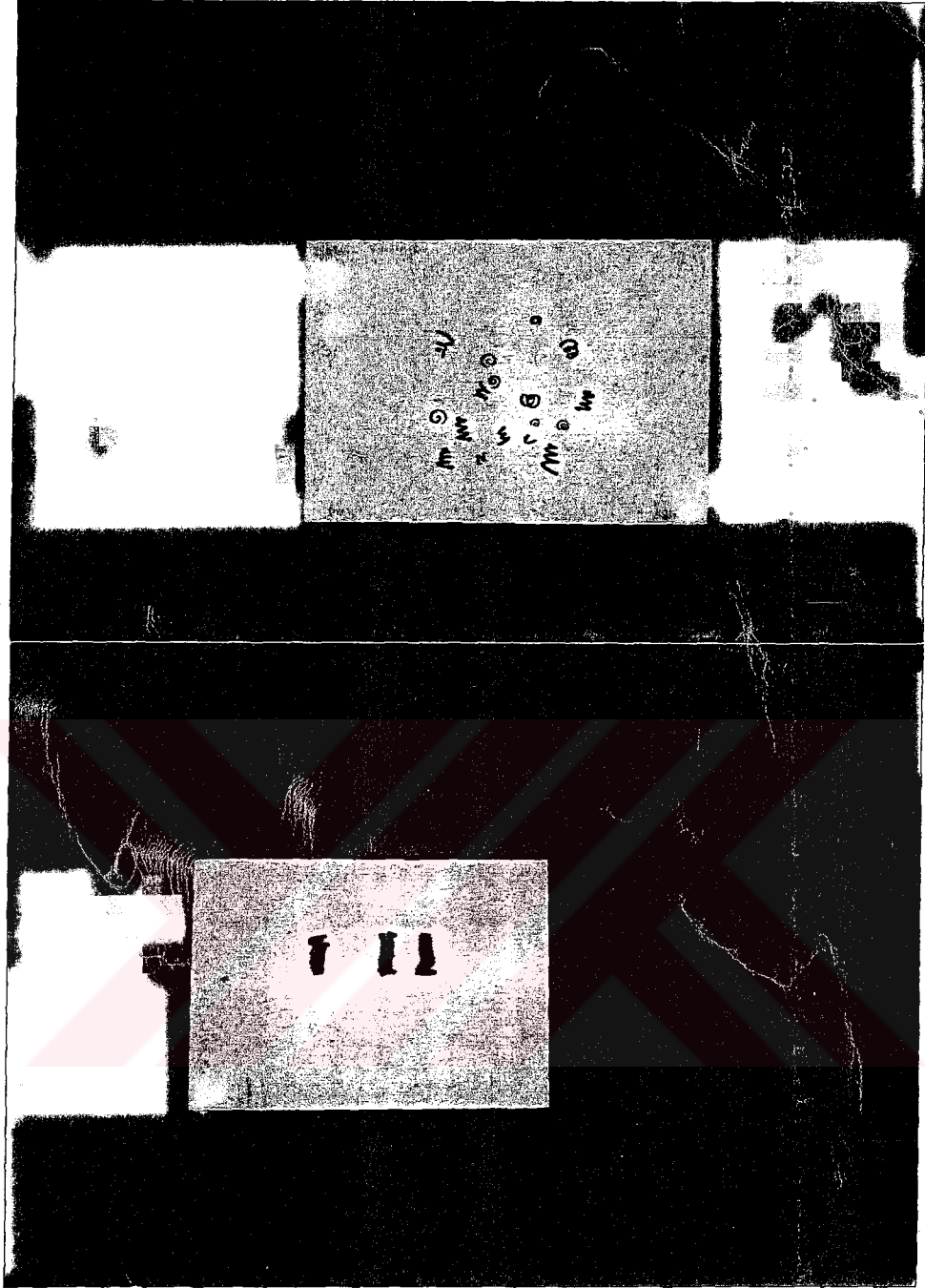
Takım malzemesi, talaşlı işlem parametrelerinden özellikle kesme hızının seçiminde en önemli kriterdir. Takım malzemesinin termal dayanıklılığına bağlı olarak uygun hızlar seçilmelidir.

Şekil 8.6.'da kurşun katkılı otomat çeliğinin işlenmesinde kullanılan takım malzemelerinin takım ömürleri görülmektedir.



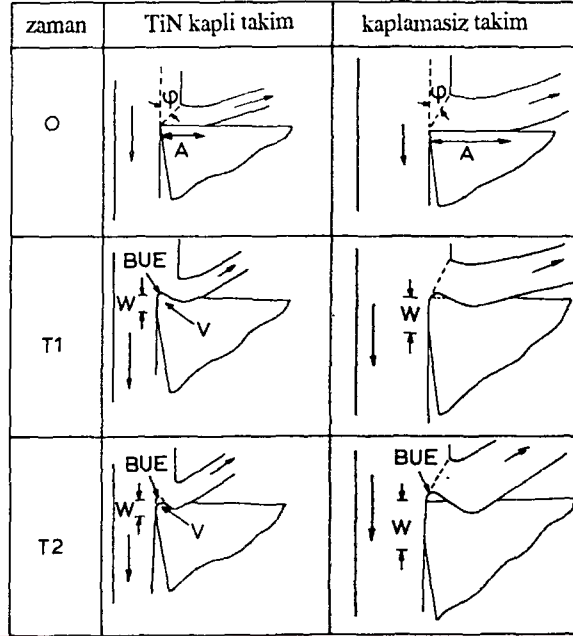
Şekil 8.6. 9SMn36Pb (0,11 C %) Otomat Çeliğinde Takım Ömürleri.

Kaplamalı sert metal ve yüksek hız çeliği ile ölçülen takım ömürleri kaplamasız durumdaki ömürlere oranla daha uzundur. Bu sonuç; seramik katmanların düşük sürtünme katsayısı nedeniyle talaşlı işlem kuvvetlerini ve düşük ısı iletkenlikleri nedeniyle takımın ısısal yüklenmesini düşürmesinin yanısıra Şekil 8.7'de görülen kaplamalı ve kaplamasız takımlardaki talaş şekillerine bağlı olarak açıkladığımız kaplamalı takımlarda çok daha küçük takım-işparçası arayüzeyi ile de açıklanabilir./22/



Şekil 8.7. Kurşun katkılı Otomat Çeliklerinin İşlenmesinde Oluşan Talaş Şekilleri.
Takım: a) Kaplamasız, b) PVD-TiN Kaplı Yüksek Hız Çeliği.

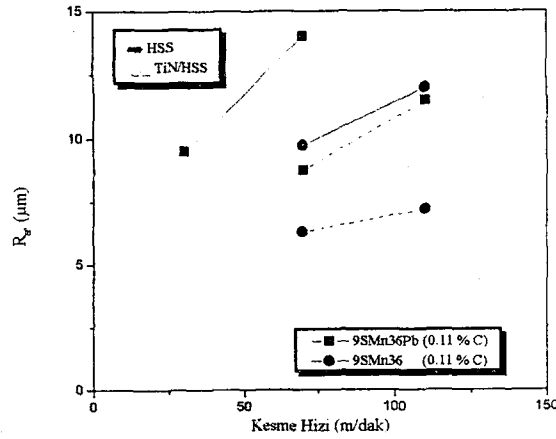
Kaplamalı takımlarda takım-işparçası arayüzeyinin azalmasına paralel olarak krater formunda takımın talaş yüzeyindeki aşınma, kesici köşeye kaplamasız takımlara oranla daha yakında olacaktır. Kraterin kesici köşeye yaklaşmasıyla oluşan yığıntı köşesine oranla daha küçük fakat daha büyük açılı olacak ve takımın serbest (flank) yüzeyini daha fazla koruyacaktır. Bu durum El-Bialy ve arkadaşları /23/ tarafından Şekil 8.8.'de görüldüğü gibi şematik olarak verilmiştir.



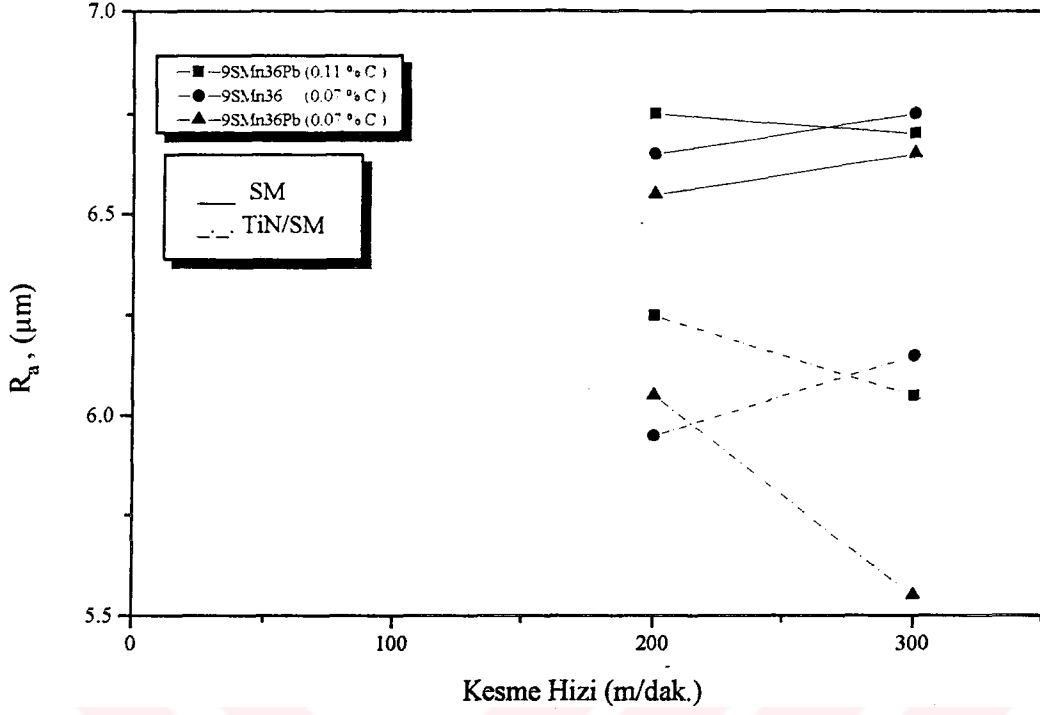
Şekil 8.8. Kaplamalı ve Kaplamasız Takımlarda Serbest Yüzey Aşınmasının Gelişiminin Şematik Karşılaştırılması.

8.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ:

Kesme deneyleri sonrası yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları kaplamasız ve PVD-TiN kaplı yüksek hız çelikleri için Şekil 8.9'den; kaplamasız ve CVD-TiN kaplı sert metal takımlar için Şekil 8.10'da verilmiştir.



Şekil 8.9 Kesme Hızına Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğünün Değişimi.



Şekil 8.10. Kesme Hızına Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlüğünün Değişimi.

Şekil 8.9 ve 8.10 incelendiğinde kesme hızına bağlı olarak kararlı bir eğilim elde edilememiş ancak kaplamasız takımlara göre kaplamalı takımlarla işlenen yüzeylerin daha yüksek kaliteye (düşük yüzey pürüzlülüğü) sahip olduğu görülmüştür. Bu olay kaplamalı takımlarda oluşan yıgıntı köşesinin kaplamasız takımlara oranla küçük boyutlu olmasının bir sonucudur.

9. SONUÇLAR:

PVD ve CVD Tipi Modern Seramik Katmanlar düşük sürtünme katsayıları ile talaşlı işlem kuvvetlerini, düşük termal iletkenlikleriyle takımın termal yüklenmesini düşürürler. Bu etkileri yanında kaplamasız takımlara göre çok daha küçük takım-iş parçası arayüzeyi oluştururlar. Takım-iş parçası arayüzeyinin küçülmesiyle oluşan yığıntı köşesi, kesici köşeye daha yakınlaşır. Bu yakınlaşma yanısıra boyutsal olarak küçülen yığıntı köşesi: daha uzun takım ömrü anlamına gelen kesici köşeyi koruması yanında, daha düşük yüzey pürüzlülüğü nedeniyle işlenebilirlik açısından arzulan sonuçların eldesine neden olur.

Yüksek işlenebilirlik doğrultusunda geliştirilen otomat çeliklerinin işlenmesinde takım yüzeyinde hem saf hem de kurşun katkılı durumda koruyucu katmanlar oluşmuştur. Kurşun katkılı otomat çeliklerinde takım ömürlerindeki artış, işlenebilirlik açısından daha avantajlı mangansülfür morfolojisi yanında kurşun takım-iş parçası arayüzeyinde oluşturduğu viskoz katmanlardan dolayıdır.

Otomat çeliğinin karbon miktarının takım ömrüne etkisi, karbon miktarının ağırlıklı aşınma mekanizmasına etkisi ile bağlıdır. Aşınma mekanizmasının adheziv olduğu durumda artan karbon miktarı ile takım ömürleri azalırken, adhezyonun etkili olduğu durumda, artan karbon miktarı ile iş parçasının adheziv etkisinin azalmasıyla takım ömürleri artar.

Kesme hızının tek değişken kesme parametresi olarak seçildiği kesme deneylerinde artan kesme hızı ile takım ömürleri ısının iletilmesi için gerekli sürenin azalması nedeniyle takım sıcaklıklarının yükselmesi ve aşınma mekanizmalarının daha düşük kesme sürelerinde devreye girmesi ile düşer.

KAYNAKLAR:

- 1- İşlenebilirlik ve Kalsiyum Uygulaması, 1994, Asil Çelik Teknik Yayınları 12 s.3-29.
- 2- Trent, E.M., Metal Cutting, 1977 Butterwort Co.Ltd. London s.5-69,81-93,96-107
- 3- Metals Handbook 16A, Machining, 1989, ASM International s.7-18,37-48,51-67.
- 4- Apple, C.A. The Relationship Between Inclusions and The Machinability of Steel, 1989, Mechanical Working and Steel Processing Proceedings s.415-425.
- 5- ASM Handbook, Volume 18, Friction, Lubrication and Wear Technology, ASM International s.609.618.
- 6- Metals Handbook, 16B, Machining, 1989, Machining of Carbon and Alloy Steels s.666-679.
- 7- Karagöz Ş., Yüksek Hız Çeliklerinin Isıl İşlem ve Vakum Uygulaması, 1992, 1. Ulusal Endüstri Fırınları Konferansı Bildiriler Kitabı s. 249-259.
- 8- Karagöz Ş., Yüksek Hız Çeliklerinde Karbürler, 1992, TMMOB, Metalurji Mühendisleri Odası, Takım Çeliklerinin Isıl İşlemleri Semineri.
- 9- Karagöz Ş., Andren H.A., Secondary Hardening in High Speed Steels, Zeitschrift für Metalkunde Band 83, 1992, Carl Hanser Verlag, München s.386-394.
- 10- Karagöz Ş., Yüksek Hız Çeliklerinde Tokluk ve Kırılma İlişkileri, 1991, 3. Ulusal Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı s.217-235.
- 11- Karagöz Ş., Fishmeister H., Quantitative Metalography of High Speed Steels by SEM, 1987, Steel Research Verlag Stoheisen, Düsseldorf s. 46-51.
- 12- Redford A.H., Mills P. Machinability of Engineering Materials, 1983, Elsevier Publiter s. 59-91.
- 13- Karagöz Ş., Yüksek Hız Çeliklerinin Toz Metalurjisi; Mikroyapı Oluşumu ve Özellikler ile Güç Etkisi, 1994, Met. Dünyası s. 40-49.
- 14- ASP for Powder Compacting Tools, Uddeholm Tooling Firma Kataloğu.
- 15- Skogsma J. Mikrostructure of CVD Coated Cemented Carbides, 1989, Chalmers University of Technology, Göteborg s.4-17, 23-30.
- 16- Ebberink, Developments in The Sector of PVD Coatings for High Speed Steels, 1989, 2. International High Speed Steels Conferences s.269-274.
- 17- Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit TiN - Beschichteter HSS Fräswerkzeuge, 1986, VDI-Z Band 128 s.761-766.

- 18- Çakır A. F., Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi ile Yüzey Kaplama, 1993, TMMOB, Metalurji Müh. Odası Metalurji Dergisi, 86(1993) s.14-30.
- 19- Kübel E., New Developments in Chemically Vapour Deposited Coatings from an Industrial Point of View, 1991, Surface And Coatings Technology 49 s.298-274.
- 20- Otomat Çelikleri, Asil Çelik Teknik Yayınları 3 s.5-17.
- 21- Tekin E., Mühendisler için Çelik Seçimi, 1992, TMMOB Makina Mühendisleri Odası. Yayın No: 119 2. Baskı s.390-398.
- 22- Karagöz Ş. Prof. Dr, Avuncan G., Saatçi Y., Standart ve Kalsiyum Katkılı SAE 4140 ve 8620 Tipi Çeliklerin İşlenebilirliği 7. Metalurji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı.
- 23- El-Bialy, Redford A.H. and Mills B., Proposed Wear Mechanism for Titanium Nitride Coated High Speed Steel, 1986, Surface Engineering Vol.2 No: 1 S.29-34

ÖZGEÇMİŞ:

1970 yılında Edremit'te doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Edremit'te tamamladı. 1987 yılında girdiği Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Metalurji Mühendisliği Bölümünden 1991 yılında Metalurji Mühendisi olarak mezun oldu. Aralık 1992-Kasım 1994 yılları arasında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Kasım 1994'den itibaren Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

