

## KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

Özkan ÖZDEMİR \*

Mediha İPEK \*

Sakin ZEYTİN \*\*

\*Sakarya Üniv., Teknik Eğitim. Fak., Metal Eğitim. Böl. \*\* Sakarya Üniv., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl.

### ÖZET

Kesici takımlar, iş parçalarının şekillendirilmesinde kullanılan yüksek kaliteli, yüksek boyut hassasiyetli ve çoğu ileri teknoloji ürünü olan malzemelerden üretilirler. İşlenecek parçanın özellikleri, kullanılacak kesici takım malzemelerine sınırlandırmalar getirdiği gibi, takımın kullanım şartları da takım malzemesi seçimini büyük çapta etkiler. Kesici takım malzemelerinden istenen ortak özellikler ise sertlik ve sıcak sertlik, aşınma direnci, tokluk ve ekonomiktir. Uygun takım malzemesinin seçimi ile kesici takım-iş parçası malzemeleri arasında sürtünme sonucu oluşan yüksek sıcaklık aşınma mekanizmalarının (difüzyon, oksidasyon vb.) bertaraf edilmesi ile yüksek kesme hızlarına ulaşılır. Böylece takım ömrü ve üretim hızı artırılarak ekonomiklik sağlanır. Takım malzemeleri üç ana grupta toplanabilir: Metal esaslı, karbür esaslı ve seramik esaslı takım malzemeler. Günümüzde yaygın olarak kullanılan takım malzemeleri yüksek hız çelikleri ve sement karbürlerdir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve takım ömrünün artırılmasına yönelik çalışmalar sonucunda, kübik bor nitrür (CBN) ve elmas kaplanmış takımlar da kullanılmaya başlanmıştır.

### Anahtar Sözcükler

Kesici takımlar, sement karbürler, kübik bor nitrür, yüksek hız çeliği

### ABSTRACT

Cutting tools which are form the work pieces, are made by usally high technology materials which have high quality and high precision in dimension. The properties of work pieces and service conditions of the tools were limited. The selections of tool material to machine in a spesific material. Cutting tool materials are required common properties following. Hardness and red hardness, wear resistance, toughness and cost both in production and in cutting operation. By choosing of correct cutting tool and by eliminating of high temperature wear due to friction between tool and work piece, high cutting rate are obtained. Thus by increasing tool life and cutting rate, production costs are decreased. Tool materials are classified into thee main groups: Metal base tools, carbide base tools and ceramic base tools. Today, high speed steels and cemented carbides are commonly used tool materials.

### Key Words

Cutting tools, cemented carbide, cubic boron nitride, high speed steel

## GİRİŞ

Metalik malzemelerin önemli bir kısmı ergitme ve döküm işlemleri ile üretilirler. Ancak, metallerin nihai şekillendirilmesi başlıca döküm, plastik şekillendirme, kaynak, talaşlı imalat ve toz metalurjisi teknikleri ile yapılır. Talaşlı imalat, özellikle çeşitli makina elemanlarının üretiminde yaygın kullanılan bir tekniktir. İş parçaları, çeşitli takımlarla işlendikten sonra, çoğunlukla bir gerilme giderme ısıtma işlemi görmüş halde kullanıma arz edilirler. İşleme takımları, işlenecek parçaların özelliklerine göre, farklı malzemelerden (metal, sermet ve seramik) üretilmektedir. ABD'de yılda yaklaşık 1 milyar dolarlık kesici takım satılmakta ve bunların işleme değerlerinin ise yaklaşık 60 milyar dolar mertebesinde olduğu tahmin edilmektedir (Trent, 1977).

## KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ

### Kesici Takımların Özellikleri

Talaşlı imalat, genelde, iş parçası ile takım malzemesi arasındaki bir rekabet olarak görülebilir. Bu bakımdan, takım malzemesi ile iş parçasının özelliklerinin birbirinin tersi olması beklenir. Bir takım malzemesinde aranan özellikler şunlardır:

- Takım sadece oda sıcaklığında değil, çalışma sıcaklıklarında da iş parçasının en sert bileşeninden daha sert olmalıdır (Tablo 1). Takım geometrisinin bozulmasını önleyen yüksek kızıl sertlik, talaş oluşum süreci sırasındaki ağır şartlar altında muhafaza edilmeli ve hatta aşınma direncine yardımcı olmalıdır. Şekil 1'de yüksek hızlarda takım sertliğindeki değişim görülmektedir.
- Aralı kesmede mekanik şoklara (darbeli yükleme) dayanmak için tokluk,
- Aralı kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğumalar meydana geldiği için yüksek termal şok direnci,
- Lokalize kaynak teşekkülünü önlemek için iş parçasına karşı düşük yapışkanlık (iş parçası ile reaksiyona girmemelidir),
- Takım bileşenlerinin iş parçasına difüzyonu, hızlı aşınmaya yol açar; bu bakımdan takımın iş parçasındaki çözünürlüğü düşük olmalıdır.

Düşük sertlik ve adezyon arzu edilmez. Zira bunlar takım profilinin bozulmasına yol açar, takım burnu yuvarlaklaşır. Uygun olmayan tokluk ve termal şok direnci takım ağzının talaşlanması ve hatta tamamen hasarına sebep olur. Ne var ki, malzemenin sertlik ve ısı direnci, genellikle, ancak tokluğun azalması ile sağlanabilir; denilebilir ki, yukarıdaki niteliklerin tamamını sağlayan en iyi bir takım malzemesi yoktur (Schey, 1987). Tablo 2'de çeşitli takım malzemelerin mekanik özellikleri, Şekil 2'de ise çeşitli malzemeler için takım ömrünün kesme hızı ile değişimi gösterilmiştir.

Tablo 1. Tipik Takım Malzemeleri veya Bileşenlerinin Sertlikleri (Schey, 1987)

Takım Malzemesi veya Bileşeni	Sertlik, HV
Martenzitik çelik	500-1000
Nitrürlenmiş çelik	950
Sementit (Fe <sub>3</sub> C)	850-1100
Sert krom kaplama	1200

Alumina	2100-2400
WC (kobalt bağılı)	1800-2200
WC	2600
W2C	2200
(Fe, Cr)7C3	1200-1600
Mo2C	1500
VC	2800
TiC	3200
TiN	3000
B4C	3700
SiC	2600
CBN	6500
Polikristalin elmas/WC	5500-8000
Elmas	8000-12000

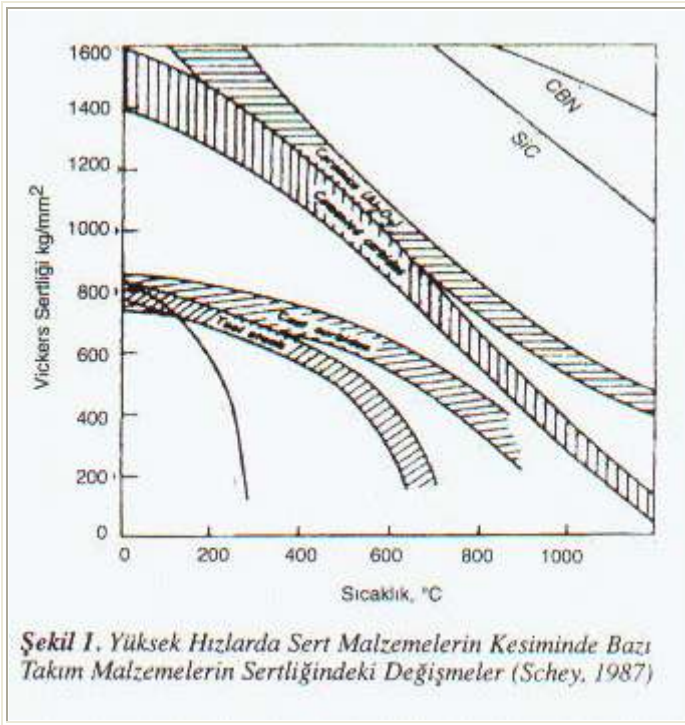
Tablo 2. Takım Malzemelerinin Mekanik Özellikleri (Uğuz, 1997)

Özellik	Yüksek Hız Çeliği	Döküm Alaşımı	WC	TiC	Al ve Si Esaslı Seramik	CBN	Elmas
Sertlik (Gpa)	8.5	8.0	14-24	18-32	20-30	40-50	70-80
Basma mukavemeti (MPa)	4100-4500	1500-2300	4100-5850	3100-3850	2750-4500	6900	6900
Darbe mukavemeti (J)	1.35-8	0.34-1.25	0.34-1.35	0.79-1.24	<0.1	-	-
Elastisite Modülü (Gpa)	200	200	520-600	310-450	310-410	850	820-1050
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	8.6	8-8.7	10-15	5.5-5.8	4-4.5	3.48	3.5
Ergime/Bozunma Sıc. (°C)	1300	-	1400	1400	2000	1300	700
Isıl iletkenlik (W/m°C)	-	-	42-125	17	17-29	13	70
Isıl Genleşme Katsayısı (x10 <sup>-6</sup> /°C)	12	-	4-6.5	7.5-9	3.2-8.5	4.8	1.2

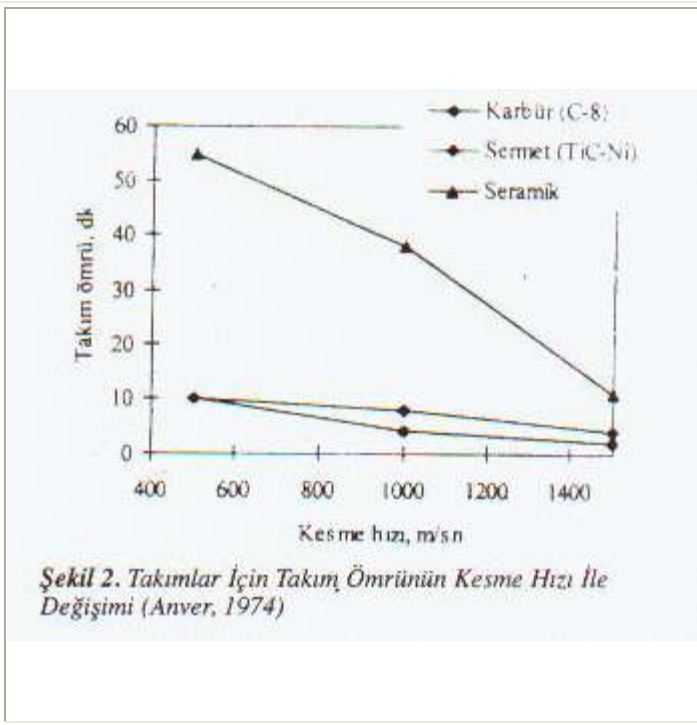
## METAL ESASLI TAKIMLAR

## Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler

Karbon çelikleri, kesici takım malzemesi olarak kullanılan en eski tip çeliklerdir. Karbon içerikleri %0.6-1.4 arasında değişmektedir. Düşük alaşımli çeliklerde, kesme özelliklerini iyileştirmek amacıyla az miktarda krom (Cr), vanadyum (V), tungsten (W), molibden (Mo), mangan (Mn) gibi alaşım elementleri bulunmaktadır. Çelikler, tavlama şartlarında kolayca şekillendirilebilir ve takiben su verme ve temperleme ile yüzeyi sertleştirilir. Takım kesitinin tamamı martenzite dönüşmez, iç kısım tok ve yüksek şok direncine sahip olur. (Trent, 1977). Karbon çeliklerinin sertliği martenzitik yapısından ileri gelir (58-64Rc). 250iC üzerindeki sıcaklıklarda temperleme sonucu martenzit yumuşar; bu nedenle, karbon çelikleri sadece ahşap gibi yumuşak malzemelerin işlenmesi için uygundur ve sadece düşük üretim hızlarında ( $^2$ 10m/dk) kullanılırlar. Karbon çeliklerinin en önemli avantajı, kolay işlenmesi ve ucuz olmasıdır. Ayrıca çalışma sıcaklıklarında (max. 200-250iC) sertliklerini ve keskinliklerini korurlar; bu bakımdan, yüksek karbonlu çelik el delik açıcıları (reamer) bazı hallerde metal işleme için kullanılırlar (Schey, 1987)



Şekil 1. Yüksek Hızlarda Sert Malzemelerin Kesiminde Bazı Takım Malzemelerinin Sertliğindeki Değişmeler (Schey, 1987)



Şekil 2. Takımlar İçin Takım Ömrünün Kesme Hızı ile Değişimi (Anver, 1974)

Düşük alaşımli çeliklerin sertliği, su verme ve temperlemeden sonra yaklaşık 700 HV'dir. Temperlenmiş çeliğin mukavemeti, ince demir karbür partiküllerinden ileri gelmektedir. 350iC'nin üzerinde demir karbür partikülleri hızla kabalaşarak çelik yumuşar ve aşınma direnci giderek azalır. Bu nedenle düşük üretim hızlarında kullanılmaktadır. Düşük alaşımli çelikler hızlı aşınır çünkü sert partiküllerin hacmi sadece %5 civarındadır. Genellikle bu sert partiküller en yumuşak karbürlerden biri olan Fe<sub>3</sub>C esaslıdır. Bütün bu dezavantajlarından dolayı metallerin işlenmesinde sınırlı kullanım alanına sahiptir. Bununla birlikte ucuz olmalarından dolayı, karbon çeliklerinde olduğu gibi ağaç işleme takımlarında kullanılırlar (Edwards, 1990).

## Yüksek Hız Çelikleri

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen bu takım malzemesi grubu olup, diğer takım malzemelerine oranla düşük maliyeti ve işlenebilir kabiliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Trent, 1977). Yüksek hız çelikleri, oda ve yüksek sıcaklıklarda yüksek sertliği ve yüksek şok direnci sayesinde iyi performansıyla kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri önemli miktarda W, Mo, V ve Cr gibi karbür yapıcı elementlerle alaşımlandırılmıştır (Edwards, 1990). Bu çelikler ihtiva ettikleri ana refrakter elemente göre iki ana gruba ayrılırlar: Molibdenli yüksek hız çelikleri (AISI M grubu: %0.8 C, %0.4 Cr, %5-8 Mo, %0-6 W ve % 1-2 V) ve tungstenli yüksek hız çelikleri (AISI T grubu: %0.7 C, %4 Cr, %18 W ve %1 V). Üretilen bütün yüksek hız çeliklerinin büyük çoğunluğunu (ABD'de %95'ini) M grubu çelikler oluşturmaktadır. M grubu çeliklerin başlangıç maliyeti benzer T grubu çelikten %40 daha düşüktür. Ayrıca M grubu yüksek hız çelikleri daha yüksek abrasif dirence sahiptir ve ısıl işlem esnasında daha az distorse olurlar (Culp, 1997).

Yüksek hız çeliklerinin matris yapısı martenzittir. Metalik alaşım elementleri ile karbon, kuvvetli bağ yapılı karbürleri oluşturur. Tungsten ve molibden, nihai mikroyapıda yüksek miktarda M<sub>6</sub>C tipi karbürleri [Fe<sub>3</sub>(W,Mo)<sub>3</sub>C] oluşturur. M<sub>6</sub>C tipi karbür ostenitleme esnasında (1190-1270 iC) çözünerek matrisin sertleşmesini sağlar. Çözünmemiş M<sub>6</sub>C karbürleri (~1600 HV) ise aşınma direncinin artmasına yardımcı olurlar. Vanadyum, kuvvetli karbür oluşturucu olarak MC tipi (V<sub>4</sub>C<sub>3</sub>) karbür oluşturur. Çok sert (2600 HV) ve kimyasal kararlılığı yüksek olan bu karbür, ostenitlemede çok az çözünür; çözünmeyen serbest karbür partikülleri abrasif aşınma direncini artırır. Krom ise hem karbür oluşturur, hem de katı eriyik sertleşmesi sağlar (Edwards, 1990 - Trent, 1977). Alaşım elementlerinin oluşturduğu karbürler, toplam hacmin %10-20'lik bir kısmını kaplar ve 550iC'e kadar yapılan ısıtma ve soğutmalarda sertlikte herhangi bir azalma olmaz (M<sub>2</sub>C ve MC tipi karbür çökmesinin sebep olduğu ikincil sertleşmeden dolayı). %5-8 Co ilavesi yüksek hız çeliğinin temperleme esnasında sertleşmesini geciktirip kızıl sertliğini artırarak daha yüksek sıcaklıklarda çalışmasına imkan verir, bu çeliklerde karbon içeriği daha yüksektir (M<sub>40</sub>-T<sub>15</sub> kaliteleri). Co ihtiva eden çelikler daha gevrek oldukları için işlenebilirlikleri, bilenmesi ve ısıl işlemleri daha zor ve maliyetleri de daha yüksektir (Schey, 1987 - M. Hand. Vol:3, 1967).

Her tür yüksek hız çeliği arzu edilen boyuta sıcak haddelenebilir veya dövülebilir. Tavlanmış halde iken geleneksel talaşlı imalat teknikleri ile kesici takımlar kolayca üretilebilir. Son bilemeden önce, takımlara ısıl işlem uygulanır. Ostenitleme (1190-1270iC) ve genelde üç kere menevişleme (~550iC) ile makul ölçüde tokluk özelliği ile birlikte yüksek mukavemet ve yüksek sertlik (<sup>3</sup>750 HV) kazanırlar. Yüksek hız çelikleri, 650iC'e kadar olan işlem sıcaklıklarında kullanılabilmekte ve takımlar tekrar tekrar bilenebilmektedir. Talaşlı işlemden eğilimin yüksek hızlara kayması nedeniyle yüksek hız çeliklerinin önemi giderek azalmaktadır. Bu takımlar metal kesme endüstrisinde (özellikle tokluk beklenen alanlarda) özellikle matkaplar, broşlar ve diğer tüm şekil verme takımları olarak önemli kullanım alanına sahiptirler.

Ergitme ve döküm tekniklerindeki gelişmeler takım kalitesini iyileştirmektedir. İnce karbürlerin daha üniform bir dağılımını sağlamak için, bazı kaliteler ön alaşımlanmış atomize tozların konsolidasyonu ile yapılmaktadır. Yönetimin pahalı olması, mikroyapısal avantajların kullanılmasını büyük ölçüde engellemiştir (piyasa payı %5). Takım yüzeylerine, refrakter metal karbür ve nitrür ince kaplama yapılarak yüksek sertlik ve aşınma dayanımı elde edilmektedir. Böylece yüksek hız çeliğinden üretilmiş takımların performansında birkaç misli artış sağlanır. Düşük sıcaklıklarda (300-550iC) PVD yöntemi ile takım malzemesinin olumsuz yönde etkilenmesi engellenir. Buharda temperleme (mavileştirme) uygulanması ile takımın

ömrünü artıran sert ve poröz mavi oksit film ( $Fe_3O_4$ ) oluşturulur. TiC, TiN, HfN ve alumina kaplama yapılarak takım ömründe 2-6 kat artış sağlanır. Yaygın olarak altın renkli TiN kaplamalar uygulanmaktadır (Schey, 1987 - Trent, 1977)

### Dökme Karbürler

Karbür miktarı yüksek oranlara ulaştığı zaman, takım malzemesi daha fazla sıcak dövülemez; bu nedenle, dökümle şekillendirilir. Kesici takımlar için dökme Co-Cr-W alaşımları tescilli malzemedir. İstenilen özelliklere bağlı olarak, alaşımların genel bileşimi; %38-46 Co, %25-35 Cr, %4-25 W ve %1-3 C şeklindedir. Stellite olarak adlandırılan Co-Cr-W alaşımının sertliği, tungsten ve karbon oranına bağlı olarak 40-60 Rc arasında değişir. Isıl işlem uygulanmasına gerek yoktur. Mikroskobik olarak alaşım, tungsten esaslı bileşikler ve toplam miktarı %45 mertebesinde karbürlerden ibarettir (Şekil 3).

Bu alaşımın özelliği; yüksek sertliği, yüksek aşınma, oksidasyon ve korozyon direnci ve mükemmel kızıl sertliğidir. Bu özelliklerin kombinasyonu, bu alaşımı kesme uygulamaları için uygun kılmaktadır. Dökme alaşımlar, kesici uçta hasar olmaksızın yüksek hız çeliklerinden daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Yumuşama yavaş bir şekilde meydana geldiği için, daha yüksek kesme hızlarında çalışmak mümkündür; fakat, bu sırada süneklik azalır. Stellite kesici takım olarak uygulanabilirliği yüksek hız çeliklerinden daha sınırlıdır. Zira döküm alaşımları daha gevrek ve takım dizaynı sınırlıdır. Ayrıca maliyeti de daha yüksektir. Stellite metal kesme takımları yaygın olarak çelik, dökme demir, dökme çelik, paslanmaz çelik, pirinç ve bazı diğer işlenebilir malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Çoğunlukla tek noktalı torna tezgahlarında, şekillendirici takımlarda ve freze bıçağında kullanılmaktadır (Dawis Ed., 1995 - Avner, 1974).

### Karbür Esaslı Takımlar

#### Semente Karbürler

Bu malzemeler çok yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetli bir kitle oluşturacak şekilde bir metal veya demir alaşım grubu ile çok ince taneli refrakter metal karbür partiküllerinden oluşurlar (Şekil 4). Semente karbürler toz metalurjisi teknikleri ile üretilmektedir. Proses esasen tungsten, titanyum veya tantalum karbür tozlarının hazırlanmasını kapsar. Bu tozlardan biri veya birkaçı bağlayıcı ile karıştırılır. Bağlayıcı metal olarak genellikle kobalt, nadiren de nikel ve demir kullanılmaktadır. Bu karışım istenilen şekilde kompakt kitle halinde soğuk preslenir ve akabinde sinterlenir (1370-1480°C) veya sıcak presleme ile şekillendirilir (Avner, 1974). Kobalt yüksek sıcaklıklarda karbürlerle ötektik oluşturur ve çok iyi ıslatma özelliği gösterir. Tungsten karbür, düşük sıcaklıkta katı kobaltda yalnızca %1 oranında çözünürken, nikelde %25 ve demirde %5 oranında çözünmektedir. Nikel ve demirde, tungsten karbürün yüksek katı çözünürlüğü, gevrekliği arttırıcı bir etki yapar. Kobalt miktarının artışıyla tokluğun artmasına karşılık sertlik, basma mukavemeti, elastik modül ve abrasif direnç azalır (M. Hand, Vol:3, 1967 - Culp, 1997)

Tablo 3. Semente Karbürlerin Sınıflandırılması (M. Hand. Vol:3, 1967)

Karbür grubu	Kompozisyon (%)	Kalan WC Sade	Sertlik (RA)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
--------------	-----------------	---------------	--------------	--------------------------------

		tungsten karbür		
1	2.5-6.5	0-3	93-91	15.2-14.7
2	6.5-15	0-2	92-85	14.8-13.9
3	15-30	0-5	88-85	13.9-12.5
<b>İlave karbür (ağırlıklı olarak TiC)</b>				
4	3-7	20-42	93.5-92.0	11.9-9.0
5	7-10	10-22	92.5-90.0	12.0-11.0
6	10-12	8-15	92.0-89.0	13.0-12.0
<b>İlave karbür (ağırlıklı olarak TaC)</b>				
7	4.5-8	16-25	93.0-91.0	12.5-12.0
8	8-10	12-20	92.0-90.0	13.0-11.5
<b>İlave karbür (sadece TaC)</b>				
9	5.5-16	18-30	91.5-84	14.8-13.5

Bu tür kesici takımlarda abrasif eleman olarak tungsten karbür (WC) ile beraber titanyum karbür (TiC), tantalum karbür (TaC) ve niobyum karbür (NbC) de mikroyapıda yer alabilir. Bu tür ilave karbürlerin, difüzyona direnç gösteren bir ara tabaka meydana getirmelerinden dolayı kesici takımlarda karşılaşılan önemli hasar türlerinden biri olan kraterleşme engellenmektedir (Schey, 1987). Bazı özel sert metallerde sert faz olarak krom karbür, molibden karbür ve bağlayıcı metal olarak nikel bulunabilir. Sade tungsten karbür kaliteler dökme demir, ostenitik çelik, demir dışı ve metal dışı malzemelerin işlenmesinde kullanılırken tungsten karbür yanında titanyum ve tantalum karbür de ihtiva eden kaliteler ise ferritik çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar (Tablo 3).

Semente karbürlerin yüksek sıcaklık mukavemeti, karışık karbür miktarının artışı ile artmasına karşılık, kobalt miktarının artışı ile azalır (tokluk için bu ilişki terstir). Sinterlenmiş karbürlerin çok iyi takım performansı, çok yüksek kızıl sertlikle birlikte yüksek sertlik ve yüksek basma mukavemetinden ileri gelir (Avner, 1987 - M. Hand. Vol: 3, 1967).

### Sermetler

Sermetler, metalik bir fazla bağlanmış seramikler olup esasen semente karbürler sermetlerin bir alt sınıfıdır. Çelik kesimi için, nikel ve molibdenle bağlanmış TiC tercih edilmektedir (Schey, 1987). Tipik bileşimi %8-25 Ni, %15-8 Mo<sub>2</sub>C ve %60-80 TiC şeklindedir. Ayrıca küçük miktarlarda WC, Co, TiN içerebilir. Sermetlerin mikroyapısı geleneksel semente karbürlerden farklıdır. Çünkü sinterleme sıcaklığında karbürün, bağlayıcı nikel içindeki çözünürlüğü kobaltinkinden daha fazladır. Bu nedenle sermetler, semente karbürlerden daha gevrek karakterdedir. Bu malzemeler yüksek krater ve oksidasyon direnci, düşük sürtünme katsayısı ve termal iletkenlik ile nispeten düşük yoğunluğa sahiptir. Bununla birlikte sertlik derinliği yüksek, abrasif direnci kobaltla bağlanmış tungsten karbürden daha düşüktür (M. Hand, Vol:3h, 1967 - Culp, 1997). Karışık TiC-TiN kaliteleri daha iyi termal iletkenlik ve daha yüksek hızları ile karakterize edilmektedir (Schey, 1987).

Kesici takım olarak sermetler %20'den daha az bağlayıcı içermektedirler. Bu malzemeler çelik ve dökme demirler için özellikle orta ve hafif yükler altında yüksek hızda yüzey

operasyonlarında kullanılmaktadır. Buna karşın, kaba ve darbeli işlemlerde, boşluklu ve porözlü yüzeylerde, sert dökümlerde, grafit ve sıcak iş takım çeliklerinde, demir dışı malzemelerde (Al, Cu vb.) ve yüksek oranda nikel içeren malzemelerde (malzemelerdeki nikel ile sermetteki nikel birleşme eğilimi göstermektedir) kullanılması halinde iyi sonuçlar vermemektedir (Dawis (Ed.), 1995).

### Seramik Esaslı Takımlar

Metal işleme teknolojisinin gelişmesi ile işleme hızlarının artması daha uzun ömürlü (yüksek hızlarda çalışan) ve iş parçası ile etkileşmesi minimize edilmiş takım malzemesi arayışlarını hızlandırmıştır. Seramik malzemeler, tokluk dezavantajlarına karşılık yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve kimyasal kararlılıkları ile, özellikle sürekli çalışan takımlar olarak kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu maksatla kullanılan seramik malzemeler alumina, sialon ve kübik bor nitrürdür (Dawis (Ed.), 1995).

### Aluminyum Oksit Esaslı Seramikler

Seramik takımlar, tane boyutu ortalaması birkaç mikron mertebesinde polikristalin, yoğun ve korundum kristal yapılı alumina ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) esaslı malzemelerdir. Seramik takım insertleri sıcak veya soğuk presleme ile üretilir. Soğuk preslemede seramik istenilen şekilde şekillendirilir ve 1600-1700iC'de sinterlenir. Sıcak preslemede, presleme ve sinterleme birlikte yapılır. Bazı tür seramiklere, sinterlemeye yardımcı olmak ve tane büyümesini geciktirmek için, az miktarda titanyum oksit ve magnezyum oksit ilave edilir. Şekillendirildikten sonra takım, elmaslı disklerle perdahlanır (Schey, 1987 - Avner, 1974). Geleneksel kesici takım malzemesi olan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 3 grupta toplanabilir:

- A-1. Grup : %10 kadar oksit ve karbür (özellikle titanyum, magnezyum, molibden, krom, nikel, kobalt) içeren alumina. Bu karışım soğuk pres+sinterleme ile üretilir.
- A-2. Grup : Saf alumina, sıcak presleme ile üretilir.
- A-3. Grup : %25-30 refrakter karbür (TiC, SiC, vb.) içeren alumina, sıcak presleme ile üretilir.

Aluminaya %10 ZrO<sub>2</sub> ilavesi ile kırılma tokluğunu önemli ölçüde (~%25) iyileştirmekte, dökme demir ve nikel esaslı alaşımların işleme kapasitesini artırmaktadır. Titanyum karbür (TiC) ilavesi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün ısı iletkenliğini, dolayısıyla ısı şok direncini artırmakta fakat ancak sıcak presleme ile üretilebildiği için şekil sınırlandırmasını da beraberinde getirmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> takımların SiC wiskerlerle takviye edilmesi kırılma tokluğu, mukavemet ve ısı şok direncini artırmaktadır. Yaklaşık 1 mm çapında ve 20 mm boyutunda olan bu wiskerler, yapının sertliğini ve aşınma direncini yükseltirler. Sıcak presleme ile üretilen bu kesici takımlar, üstün özellikleri nedeniyle sertleştirilmiş çelik, nikel esaslı alaşımlar ve dökme demirin aralı talaş kaldırma işlemlerinde kullanılabilir (Trent, 1977 - Culp, 1997).

### Sialon

Sialon (Si-Al-O-N) bir silisyum-aluminyum oksinitrür tipi seramik malzeme olup, sinterlenebilen silisyum nitrürün (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) bir türevidir. Silisyum nitrürün kırılma tokluğu alüminanın yaklaşık iki katıdır ve daha yüksek bağ mukavemetine sahiptir. Termal genleşme katsayısı düşük (3,2. 10<sup>-6</sup>/iC) olması nedeni ile iyi termal şok direnci verir. Alüminanın kırıldığı hızlı ve aralı talaş kaldırma işlemlerinde kullanılabilir. Yüksek yoğunluklarda sıcak presleme ile üretilir ve takımın şekillendirme maliyeti yüksektir.



Sialon silisyum nitrür, alüminyum nitrür ve alüminyum oksite, yitriyum oksit (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) katkısıyla 1800iC'de sinterlenmesi ile elde edilir. Yitriyum oksit sinterlemede silikat oluşturarak sıvı faz sinterlemesine ve böylece porozite oranını düşürerek yaklaşık tam yoğunlukta (%98) malzeme elde edilmesini sağlar. Sialonun kırılma tokluğu ve enine kopma mukavemeti alüminadan daha yüksek, fakat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiC wisker seramiklerden daha düşüktür. Sialon kesici takımlar özellikle dökme demir ve süper alaşımların (Ni esaslı gaz türbin diskleri) işlenmesinde kullanılır (Edwards, 1990 - Trent, 1977).

### Kübik Bor Nitrür (CBN)

Sentetik elmas yapımı için kullanılanlara benzer yüksek sıcaklık (1500iC), yüksek basınç (8GPa) teknikleri ile Öheksagonal-kübikÓ kafes dönüşümü ile elde edilen kübik bor nitrür (CBN), elmadan sonra ikinci en yüksek sertlik değerine sahiptir (Tablo 1). Küçük miktarlardaki seramik veya metal bağlayıcı ile %100 yoğunlukta bor nitrür karıştırılır. Günümüzde, General Electric firmasının BZN ve De Beers firmasının Amborite ticari adı ile piyasaya sunduğu iki ürün yaygın olarak kullanılmaktadır. Kübik bor nitrür, özellikle CBN-CBN metallerarası bağlarla bağlanmaktadır (Trent, 1977).

Kübik bor nitrürün sertliği, sıcaklık artışı ile azalmaktadır. Elmasla karşılaştırıldığında kübik bor nitrürün en önemli avantajı, demir veya diğer metaller ile temasında veya havada yüksek sıcaklıkta sahip olduğu çok yüksek kararlılığıdır. Çok kristalli kübik bor nitrür endüstriyel alanda son birkaç yıldır kullanım alanı bulmaktadır. Ferro malzemeler ile reaksiyon direnci ve mükemmel abrasif direnci ile kombine edilen kübik bor nitrür, diğer takım malzemelerden daha yüksek sıcaklıklarda ve daha yüksek hızlarda sert malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle, elmasın kullanımını engelleyen hızlı aşınma olmaksızın yüksek hızlarda sert dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin kesimi için kullanılmaktadır. Ayrıca, süperalaşımlar (nikel ve kobalt esaslı), kübik bor nitrür kompozit kesici takımlarla, semente karbürlerden çok daha yüksek hızlarda işlenebilmektedir. (Edwards, 1993 - Culp, 1997).

### Elmas

Elmas, karbonun tetrahedral formudur ve en sert ve en yüksek çizme dirençli malzeme olarak bilinir. Mohs ölçeğinde sertlik numarası 10'dur (Tablo 1). Bu özellikler elması takım malzemesi olarak çekici kılar; ne var ki, endüstriyel alanda kullanılan doğal tek kristal elmasın küçük miktarları bile oldukça pahalıdır. Ayrıca elmas çok gevrek ve belirli kristalografik düzlemler boyunca kolayca ayrılır. Elmas 650iC'de hızla okside olmaya başlar ve atmosferik basınçta 1500iC'nin üzerindeki sıcaklıklarda tekrar grafitte dönüşür. Yüksek sıcaklıkta demir için karbonun kolaylıkla çözünmesi veya demire difüze olan grafitte dönüşmesi sebebiyle ferro malzemelerin işlenmesinde elmas yeterli performansı sağlamamaktadır. Bununla birlikte, elmas takımlar yüksek silisyumlu dökme alüminyum alaşımları, bakır ve alaşımları, sinterlenmiş semente tungsten karbürler, silika cam ile doyurulmuş kauçuk, cam-fiber/plastik ve karbon/plastik kompozitler ve yüksek alüminalı seramiklerin işlenmesinde kullanılmaktadır (Culp, 1997 - Edwards, 1993).

Doğal elmasın tahmin edilemeyen erken hasara uğramasına karşılık, üretilmiş tek kristaller daha güvenilir performansı sergilemektedir. Son zamanlarda, çok kristalli takım uçlar kendiliğinden sinterlenen yuvalar içinde veya bir karbür altlık üzerine sinterlenmiş 0.5 mm kalınlıkta tabakalar olarak kullanılmaya başlamıştır. Elmas, abrasif iş parçalarının işlenmesinde diğer takım malzemelere oranla yüksek performans göstermektedir (Schey, 1987).

## SONUÇ

Metalik malzemelerin şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılan kesici takımlarda en önemli husus, işlemin mümkün olan en düşük maliyetle, gerekli kalite beklentilerine en uygun şekilde gerçekleştirilmesidir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise işlenecek metalik malzemenin özelliklerine ve kesme hızına bağlı olarak, kesici takım malzemesi doğru seçilmelidir. Kesici takım malzemeleri kısaca üç ana grupta toplanabilir: Metal esaslı, karbür esaslı ve seramik esaslı malzemeler. Aynı zamanda bu sıralama kesici takım malzemelerinin tarihsel gelişimini de göstermektedir. Metal esaslı takımlar, maliyeti düşük fakat daha düşük sıcaklıklarda ve hızlarda kullanılmaktadır. Karbür esaslı takımlar, yüksek kızıl sertlikleri ve yüksek kesme hızları ile karakterize edilmektedir. Seramik malzemeler ise tokluk dezavantajlarına ve maliyetlerine karşın yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve kimyasal kararlılıkları sayesinde iş parçası ile takım malzemesi arasındaki etkileşimi minimize etmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Trent, E.M., 1977, *Metal Cutting*, London.
2. Schey, J.A., 1987, *Introduction to Manufacturing Processes, Second Edition*, McGraw-Hill Book Comp., New York, 472-477.
3. Avner, S. H., 1974, *Introduction to Physical Metallurgy, Book Comp.*, New York, 472-477.
4. Uğuz, M., Çakır, M.C., 1997, *Seramiklerin Kesici Takım Malzemesi Olarak Kullanılması, 7. Denizli Malzeme Sempozyumu*, 170-175.
5. Edwards, L., Endean, M., 1990, *Manufacturing with Materials, Material in Action Series, England*, 250-261.
6. Culp, N.J., Huffman, D.D. ve Henry, R.J., 1997, *Tools Materials, Metals Handbook, Desk Edition, ASM, Ohio* 18-1-18.14.
7. -....., 1967, *Materials for Cutting Tools, Metals Handbook 8th Edition, Vol. 3 Machining, Ohio*, 311-324.
8. Dawis, J. R., (Ed.), 1995, *Tool Materials, ASM Specialty Handbook, Ohio*, 32-76, 85-99.
9. Edwards, R., 1993, *Cutting Materials, Cutting Tools, The Institute of Materials*, 3-26.