

1. GİRİŞ

Malzeme türleri her gün daha da artmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda geniş kullanım alanı bulan bir malzeme türü de Küresel grafitli dökme demirlerdir. Küresel grafitli dökme demirler (KGDD) diğer dökme demir türlerine oranla daha yüksek dayanım, süneklik, tokluk özelliklerine sahiptir. KGDD dökme demirlerin göstermiş oldukları bu özellikleri, bu malzemeye uygulanan östemperleme ısı işlemi ile daha da artırmak mümkün. KGDD'lerde östemperleme işleminin amacı; aynı işlemle çelik malzemelerde oluşan beynitik yapıdan farklı olarak ösferritik (östenit+ferrit) matris yapı oluşturmaktır. Bu yapı dayanım ve tokluk özelliklerini daha da iyileştirmektedir (Aşkun 2001). Östemperleme ısı işlemi uygulanmış KGDD malzemeler Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demir (ÖKGDD) olarak isimlendirilir. ÖKGDD'ler çelik döküme en yakın özellikleri gösteren dökme demirdir. Bu özelliklerinden dolayı, makine ve imalat sanayinde dişli çarklar, krank milleri, kam milleri, dişliler gibi daha birçok makine parçası imalatında kullanılmaktadırlar.

Bu üstün özelliklerin yanı sıra bu malzemelerin talaşlı imalat yöntemine uygunluğu, kısa süreli ısı işlemleri, çeliklere göre % 10 daha hafif olmaları, döküm yoluyla son şekle getirilebilme yetenekleri, montaj kolaylıkları bu malzemeleri cazip hale getirmiştir. Bu üstün özelliklerin bir sonucu olarak da bir çok alanda kullanılmaya başlanmış ve çok detaylı araştırmalara konu olmuştur (Aşkun 2001).

İşlenebilirlik, standardize edilmiş bazı özelliklere göre genel anlamda tanımlanamaz. Genellikle, iş parçası malzemesinin ne kadar kolay işlenebileceği veya bir kesici takımla iş parçasının istenilen biçime getirilmesinde ki ihtiyaçlar anlamında, işlenebilme yeteneği, olarak tanımlanmaktadır (Aşkun 2001). Orta karbonlu çelik, ısı direnci yüksek (HSTR) bir alaşım ile karşılaştırıldığında daha kolay işlenir. Yine aynı şekilde gri dökme demir, çil (hızlı soğutulmuş) dökme demirden daha kolay

işlenir (Aşkun 2001). Talaşlı işlenebilirlik proses ve malzemeyi birlikte ihtiva eden bir sistem özelliği olarak düşünölmelidir. Malzemeleri işlenebilirlik açısından genel bir sıralamaya koymak mümkün değildir. Bununla beraber geleneksel olarak işlenebilirliğin bir malzeme özelliği olduğu söylenebilir. Malzemelerin talaşlı işleme kabiliyetini belirlemede kantitatif değerlendirme kriterlerinin kullanılması gerekir. Bu kriterler aşağıda detaylı olarak izah edilmiştir (İnt.K.1).

1- Sık sık adından söz edilen talaşlı işlenebilirlik indeksi, referans bir malzemeye göre malzemelerin ortalama işlenebilme hızı sıralamasını ifade etmektedir.

2- Dakika ve saniye cinsinden verilen bir takım ömrü için kesme hızı değeri veya verilen bir takım ömrü kriteri için işlenen metalin hacmi malzemelerin talaşlı işlenebilirlik kabiliyetinin tespitinde kullanılabilecek daha kantitatif ölçülerdir.

3- Diğer bir kriter takım aşınmasıdır. Bu değeri verilen kesme hızı kesme şartları altında kesici takımın yanak yüzeyinde meydana gelen standart bir aşınma değerini aşılması ile takım ömrü elde edilir.

4- İşlenen yüzeyin yüzey kalitesidir.

Talaşlı işlenebilirlik çok yönlü bir özelliktir ve malzemelerin mekanik özellikleri işlenebilirliğin belirlenmesinde önemli bir etkindir. İyi işlenebilirlik terimi; minimum takım aşınması ve iyi yüzey bitirme gibi iki temel kriteri içine almalıdır. Genellikle iyi bir işlenebilirlik için aşağıdaki özellikler aranır (İnt.K.1);

Talaşın kolaylıkla kırılabilmesi ve küçük oranlardaki kaymadan sonra talaşın ayrılabilmesi için sünekliliğin düşük olması gerekir. Bu karakteristikler plastik deformasyonda istenenlerin tam tersidir. İşlenebilirlik açısından belirtilen bu kriterler yanında, işleme esnasında takım üzerine

etkili olan kuvvetlerde çok önemlidir ve kesme kuvveti-kesme hızı arasındaki ilişki mutlaka incelenmelidir.

Dökme demir çeşitlerinin işlenebilirlik karakteristikleri değerlendirilmek istendiğinde, genellikle döküm türünün ve kompozisyonunun göz önüne alınması gerekmektedir(Aşkun 2001); Dökme demirler içerisinde var olan çeşitli elementlerin işlenebilirlik üzerindeki etkileri yapılan literatür taraması sonucunda ortaya konulmuştur. Örneğin;

1- Düşük karbon muhtevası, daha düşük kırılma eğilimi gösteren grafit formunun oluşabilmesi sebebi ile daha düşük işlenebilirliğe sebep olur.

2- Yüksek silisyum muhtevalı ferritik dökme demirler daha sert olup süneklikleri düşüktür ve bu sebeple daha az BUE eğilimi sergiler.

3- Matristeki yüksek perlit muhtevası daha yüksek dayanım, daha yüksek sertlik ve daha düşük işlenebilirliğe sebep olur.

4- Daha ince lamelli ince taneli perlit, daha düşük işlenebilirliğe neden olur.

5- Matriste % 5 civarında serbest karbür olması, işlenebilirliği önemli ölçüde düşürür.

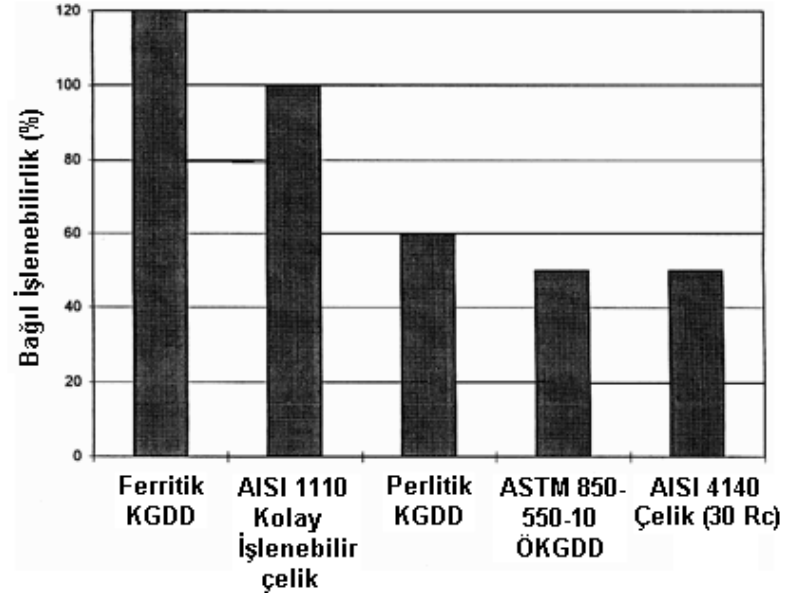
6- Yüzey alanında yoğunlaşmış ve toplanmış cüruf, döküm kumu ve benzeri düzensizlikler sebebiyle, dökümlerin üst yüzeyi nispeten düşük işlenebilirlik sergiler.

Genel olarak, daha yüksek sertlik ve dayanma sahip bir dökme demir tipinin, daha düşük işlenebilirlik özellikleri ile kesici uç ve takımlar için beklenenden daha kısa takım ömrüne sebep olduğu söylenebilir (Aşkun 2001). Lamel grafitli dökme demirler ve temper dökme demirler mükemmel sayılabilecek işleme özelliklerine sahipken küresel grafitli dökme demirlerde işleme özellikleri o kadar iyi değildir (Aşkun 2001).

Bunun da nedeni KGDD' ler diğer dökme demirlere göre daha iyi mekanik özelliklere sahip olmasıdır.

İşlenebilirlik mikro yapı ve sertlikle doğrudan ilişkilidir. Gri, temper ve KGDD lerdeki grafit partikülleri, bu malzemelerin kolay işlenebilir olmasına imkan sağlamaktadır. Grafit partikülleri kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünü olumlu yönde etkilerken, matris ise takım ömrünü belirleyen temel faktördür (İnt.K.2).

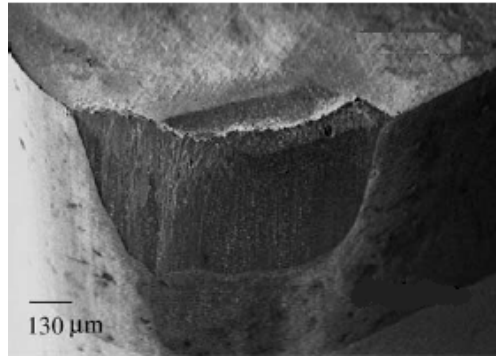
KGDD malzemelere uygulanan östemperleme işlemi hem malzemenin mikro yapısını hem de mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri ve işlenebilirliği arasında sürpriz kombinasyon iki aşamada sorgulanabilir. Birincisi; ÖKGDD' lerin daha yumuşak sınıflarının işlenebilirliği eşdeğer dayanıma sahip çeliklerin işlenebilirliğine eşit veya daha iyidir. İkincisi, östemperleme ısıl işlemi süresince ÖKGDD' nin tahmin edilebilir geliştirilen özellikleri, bu malzemenin ısıl işlem den önceki yumuşak döküm halinde veya ön bir ısıl işlemle tamamen işlenebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durumda, daha yüksek hız ve ilerlemelerin kullanılması ve takım ömrünün iyileştirilmesi mümkündür. KGDD malzemesinin işlenebilirliğinin diğer demir esaslı bazı mühendislik malzemeleri ile karşılaştırılması Şekil 1.1 deki bağıl işlenebilirlik grafiğinde verilmiştir (İnt.K.2).



Şekil 1.1 Demir esaslı bazı malzemelerin bağıl islenebilirliği (İnt.K.2).

1.1 Problemin Tanımı ve Çalışmanın Amacı

Kullanılan kesici ucun cinsinin de işlenebilirlik üzerine çok etkisi bulunmaktadır. Orta sertlikteki bir malzemedan talaş kaldırma yapmak için çok pahalı bir uç seçilmesi akıl işi değildir. Kesme deneylerinde takımın aşınma cinsinin ve miktarının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu takım ömrü açısından çok önemli bir kriterdir. Takım ömrü açısından flank wear ismi verilen yanak aşınması çok önemlidir. Şekil 1.2 de bir kesici takımında meydana gelen yan yüzey yanak aşınması gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Bir kesici takımında meydana gelen yan yüzey yanak aşınması (Ding et al. 2005).

Optimum kesme parametrelerini belirlemek için kesme esnasında meydana gelen kuvvetleri, takım ömrünü ve elde edilen yüzey kalitesinin göz önüne alınması gerekmektedir. Bu parametrelerden bir veya bir kaçının istenilen düzeyde olmaması ya işleme maliyetini artırır ya da imalatta istenilen kalitenin kalite'nin elde edilmemesine neden olacaktır.

Bu çalışmada imalat sanayinde oldukça geniş kullanım alanına sahip KGDD malzemelere uygulanan östemperleme işleminin kesme parametreleri ve takım ömrü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla KGDD malzemeler iki farklı sıcaklıkta (250, 325°C) östemperleme işlemine tabi tutulmuştur. Kesme işlemi için sementit karbür ve CBN olmak üzere iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Sementit karbür takımlar daha önce yapılan bazı çalışmalarda olmakla beraber CBN kesici takımlar ÖKGDD malzemelerin işlenmesinde ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır. Her bir kesici takım için kesme kuvvetleri analizi ve aşınma testleri yapılmıştır.

En uygun kesme hızı aralığını tespit etmek için her iki kesici takıma dört farklı kesme hızı kullanılmıştır. Aşınma testleri için ise her iki takıma üç farklı kesme hızı seçilmiştir. Hem kesme hızı analizinde hem de aşınma testlerinde ilerleme ve talaş derinlikleri sabit alınmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bir malzemeyi tanımak için o malzemenin mekanik özellikleri, mikro yapısı ve işlenebilirliği hakkında bilgi sahibi olmak son derece önemlidir. Bir dökme demir ile kalıp çeliğinin işlenebilirliği karşılaştırıldığında dökme demirin daha rahat işlendiği görülecektir. Malzemelerin işlenebilirliği konusunda daha önce yapılan çalışmalara dayalı birçok bilgiyi literatür yada kataloglardan bulmak mümkün. Yeni bir malzemenin işlenebilirlik özellikleri araştırılmak istendiğinde, o malzemenin mekanik özelliklerine yakın malzemeler ve bu malzemeler için önerilen kesici takımlar referans olarak alınabilir.

ÖKGDD'lerin mekanik özellikleri, mikro yapısı, işlenebilirliği ve takım ömrü üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Buna karşın ÖGDD malzemelerin işlenebilirlik özellikleri ile ilgili olarak çok detaylı çalışmaların yapıldığı söylenemez.

Çakır ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada, üç farklı östemperleme sıcaklığı (300, 350 ve 400°C) için kesme parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada kaplanmış karbür uçlardaki aşınma, kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri araştırılmıştır. Östemperleme sıcaklığının azalması ile birlikte takımların aşınmasında artma gözlenmiştir (Çakır vd. 2005)

Şeker ve Hasırcı, ÖKGDD' in mikro yapı ve mekanik özelliklerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Numuneler farklı östemperleme zamanlarının altında değişken içerikte Ni ve Cu katkısı ile hazırlanmıştır. Altı farklı numune gurubu 900°C' de 90 dak. östenitlenmiş ve daha sonra 60, 90, 180 ve 200 dak. süreyle 370°C tuz banyosunda östemperleme işlemine maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda östemperleme işleminin kesme kuvvetlerini artırdığı, yüzey pürüzlülüğünü ise iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yapılan

Çalışma sonrasında, östemperleme süresinin işlenebilirliği çok fazla etkilemediği de ortaya konulmuştur (şeker vd. 2005).

Hasırcı, bu çalışmada küresel grafitli dökme demirlerde (KGDD) alaşım elementleri (Cu ve Ni) ilavesi ve östemperleme süresinin mikroyapı ve çekme özelliklerine etkileri incelenmiştir. Numuneler daha sonra östenitleme sıcaklığı olan 900°C'de 90 dakika bekletildikten sonra 370°C'de değişik srelerde (60, 90, 120, 150, 180 ve 200 dakika) stemperlenmiş ve çekme deneyine tabi tutulmuştur. Östemperlenmiş numunelerin çekme dayanımlarının östemperleme süresi ile alaşım elementlerinin tür ve miktarlarına bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmüştür. Genel olarak bütün numunelerde uzun östemperleme sürelerinde karbür oluşumu sonucu akma ve çekme dayanımı artarken yüzde uzama azalmıştır (Hasırcı 2000).

Ucun ve diğerleri, tarafından küresel grafitli dökme demirin sementit karbür kesici takımlar ile yüzey frezeme işleminde takım aşınması incelenmiştir. Yüzey frezeleme işleminde freze başlığına tek kesici takım bağlanmış, soğutma sıvısı ise kullanılmamıştır. Talaş kaldırma işleminde kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği gibi kesme parametreleri ele alınmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak sementit karbür kesici takımda oluşan aşınma davranışları incelenmiş ve takım ömrü değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, meydana gelen aşınmalar metalografik analiz ile elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir. Kesme zamanı ve uzunluğuna bağlı olarak elde edilen aşınma değerlerinde en hızlı aşınma değerleri talaş derinliğinin ve kesme hızının maksimum olduğu durumda elde edilmiştir. Aşınmaya en büyük etkiyi kesme hızı yapmaktadır. Aynı talaş derinliklerinde kesme hızının azalmasıyla daha fazla kesme uzunluğu ve zamanı elde edilmiştir. Yüksek kesme hızlarında aşınma kısa sürede ve düzgün bir şekilde gerçekleşmektedir. Bunun yanında, daha düşük hızlarda belirli düzeydeki aşınmaya uzun bir zamanda gelmektedir (Ucun vd. 2005).

Şeker ve diğerleri KGDD' ye değişik miktarlarda eklenen Ni ve Cu' nun kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırılmışlardır. Altı farklı grup KGDD' ye farklı miktarda Ni ve Cu ilavesi yapılmıştır. Ni ve Cu ilavesinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve en iyi sonuçların %0.7 Ni ve %0.7 Cu ilavesi ile elde edilmiştir (Şeker vd. 2002).

Moncada ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada KGDD numuneler 3 farklı östemperleme sıcaklığında (360, 320 ve 280 °C) östemperleme işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmada 80m/dk' dan 210m/dk' ya değişen kesme hızları uygulanarak, 15 dakikalık takım ömrü için işlenebilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. En iyi şartların pozitif talaş açılı ve soğutma sıvı ile sinterlenmiş karbür takım kullanarak elde edilmiştir (Moncada et al. 1998).

Pashby ve diğerleri ısıtılmış KGDD' yi 150m/dk ile 450m/dk arasında kesme hızlarında tornalamak için 4 farklı ticari amaçlı seramik takımlar (Al_2O_3 , $Al_2O_3:TiC$, $Al_2O_3:SiC_w$ ve Sialon) kullanılmıştır. ÖKGDD' yi yüksek hızda işleme esnasında takımda kırılma meydana gelmesine rağmen, bunun en büyük ortak sebebi takımların yanak üzerinden aşınması olduğu belirtilmiştir. Sialon takımlar çok çabuk aşınır ve $Al_2O_3 : SiC_w$ ' in önemli bir şekilde performansı düşüktür, diğer alumina esaslı takımlar çoğu şartların altındadır. Takımların kesici kenarı üzerinde kırılma hasarı, takım ve iş parçası arasında kimyasal etkileşim, malzemenin ömrünü kontrol etmede önemli bir aşınma mekanizması olarak belirlenmiştir (Pashby et al. 1993).

Liu ve diğerleri, tarafından, perlitik dökme demirin hassas yüzey bitirme verimliliğini artırmak için, CBN kesici takımlar ile yüzey frezleme işlemi yapılmıştır. Çalışmanın odak noktası; perlitik dökme demirin CBN kesici takımlar ile işlenebilirliğinin araştırılmasıdır. İlerleme, kesme hızı CBN kesici takım tipi, takım aşınması, iş parçası yüzey kalitesi, kesme

kuvvetleri ve kesme sıcaklığı gibi işleme şartları arasında ilişkiler çalışılmıştır (Liu et al. 2002).

3. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

3.1 Giriş

Küresel grafitli dökme demirin bileşimi ile gri dökme demirin bileşimi arasında belirli farklar mevcuttur. Fakat; özellikleri, kullanma amaçları ve alanları bakımında büyük farkları vardır. Gri dökme demirin yapısında grafitler lamel halindedir. Bu grafitler yapı içinde boş hacim meydana getirerek dayanımı düşürürler. Gri dökme demirin sayısız fayda ve kullanma alanları olmasına rağmen, içerisine bazı alaşım elementleri ilave edilerek küresel grafitli dökme demirin yapımı gerçekleştirilmektedir. Küresel grafitli dökme demirin yapısındaki grafitler küreler halindedir. Grafitlerin küresel hale dönüşümünü sağlamak için sıvı dökme demire magnezyum (Mg) veya seryum (Ce) saf veya alaşım halinde katılır (İnt.K.3).

Küresel grafitli dökme demirin mekanik özellikleri oldukça iyi ve talaşlı imalat işçiliği kolaydır. Korozyona karşı dayanıklıdır. Dökülecek parçaların konstrüksüyon (kesit dağılımı) bakımından sınırlanmasına gerek yoktur. Küresel Grafitli Dökme Demirler, bünyesindeki küre yapısından dolayı diğer dökme demirlere nazaran yüksek dayanım, süneklik ve darbe direnci göstermektedir. Ayrıca küre özelliğinden dolayı bünyesinde yüksek karbon ihtiva etmektedir. KGDD' in katılma esnasında magnezyum ilavesi kürenin büyümesini sağlar. Küresel grafitli dökme demirler; "nodular cast iron, ductile iron, fonte spheroidale graphit, kufelgrapfit gusseisen, spheragus" isimleri ile bir çok ülkede tanınır. Türk standartlarındaki adı ise KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR' dir.

3.2. Kullanım Alanları ve Mikro Yapı Özellikleri

Küresel grafitli dökme demirlerin endüstride de bir çok kullanım alanlarını bulunmaktadır. Bunları maddeler halinde sıralayacak olursak;

MADENCİLİK VE METALURJİ: Kırıcı Gövdeler, Alüminyum ve Kurşun Ergitme Potaları, Sıcak Hadde Merdaneleri.

MAKİNA: Hidrolik Presler, Silindirler, Dişliler.

TARIM: Traktör Parçaları, Pedallar, Transmisyon Kutuları.

İNŞAAT: Yağmur Suyu Izgaraları ve Bakım Rogarı Kapama Elemanları, Vinç Parçaları, Karıştırıcılar, Yol ve İnşaat makineleri.

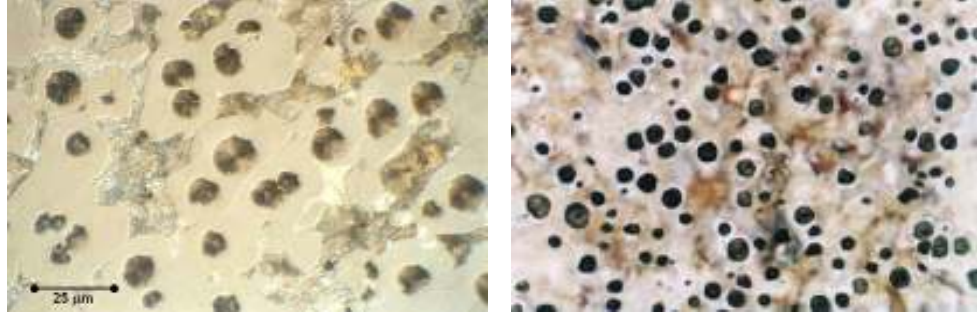
KİMYA: Valfler, Pompalar, Plastik Karıştırıcılar.

OTOMOTİV: Diferansiyel Dişli Kutusu.

GÜÇ: Kompresör Gövde Ve Kafaları, Brülör Gövdeleri, Isıya Dayanıklı Fırın Parçaları (İnt.K.3).

Yüksek sıcaklıklarda östenit yapıya sahip olan küresel grafitli dökme demir, 735 °C 'nin altındaki sıcaklıklarda değişik yapıya sahiptir. Östenit içinde çözülebilen karbon (C) miktarı yaklaşık olarak %1dir. Karbon ferrit içinde yok denecek kadar az çözülür. Bundan dolayı östenitin ferrite dönüşümü sırasında %1 karbon östenitten ayrışır. Ayrışan karbon karbür olarak oluşur ve mevcut küresel grafitler üzerinde katılaşır.

Östenit içinde çözülen karbonun tamamı, küresel grafitte dönüşmeye zaman bulursa yapı ferritik ve bu yapı içinde gelişi güzel dağılmış küresel grafitlerden oluşur. Birçok hallerde östenitten ayrılan karbon grafitlerin bulunduğu bölgelere kadar hareket edemez. Ve orada katılaşmaya zaman bulamaz. Bu durumda grafitler ince karbür tabakaları şeklinde oluşur. Bu karbürü tabakalar ferrit yapının devamlılığını bozar. Ferrit ve karbür tabakaları devamlı olarak birbirine bitişik şekilde oluşur. Böyle yapıya perlit adı verilir (İnt.K.3). Şekil 3.1 de iki farklı yapıya sahip KGDD malzemenin mikro yapıları verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.1 KGDD' nin mikro yapıları, (a) Ferritik küresel grafitli dökme demir, (b) Perlitik küresel grafitli dökme demir.

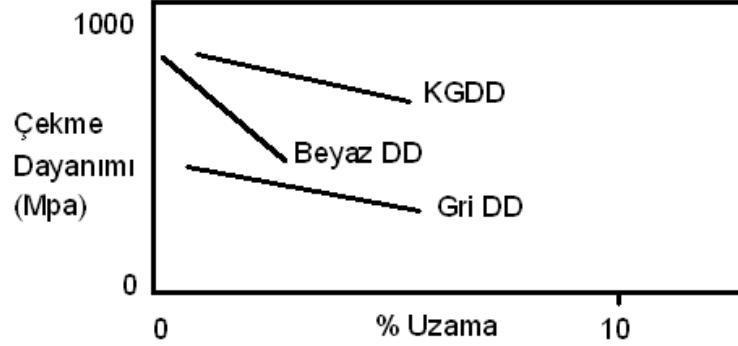
Ferritik yapıya sahip dökme demir elde etmek için üç yöntem uygulanır. 1) Sıvı dökme demire, ağırlığına göre uygun miktarda magnezyum alaşımı katmak. 2) Perlitik küresel grafitli dökme demire ısıl işlem uygulamak. 3) Sıvı küresel grafitli dökme demirin katılaşmasını çok yavaş bir şekilde yapmak. Ferritik küresel grafitli dökme demirler yüksek yüzde uzama özelliğine sahiptir.

Perlitik küresel grafitli dökme demirlerin kesit kalınlıkları 50mm' ye kadar olan döküm parçalarında görülen bir yapıdır. Alaşım serttir ve mekanik özellikleri iyidir. Birçok hallerde östenitten ayrılan karbon grafitlerin bulunduğu bölgelere kadar hareket edemez. Ve orada katılaşmaya zaman bulamaz. Bu durumda grafitler ince karbür tabakaları şeklinde oluşur. Bu karbürlü tabakalar ferrit yapının devamlılığını bozar. Ferrit ve karbür tabakaları devamlı olarak birbirine bitişik şekilde oluşur. Böyle yapıya perlit adı verilir.

3.3. KGDD' in Mekanik özellikleri

KGDD' ler mekanik özellikler bakımından karşılaştırıldığında diğer dökme demir malzemelere göre daha üstün özellik gösterirler (Şekil 3.2). Bu

üstünlük KGDD' e katılan alaşım elementlerine ve miktarlarına, matris yapıya ve grafit şekline de bağlıdır.



Şekil 3.2 KGDD' in diğer dökme demirler ile karşılaştırılması (Hasırcı 2000).

KGDD' lerde daha iyi mekanik özelliklerin elde edilmesi için küre sayısının mümkün olduğu kadar yüksek sayıda ($150-250$ küre/ mm^2) olması gerekir. Bu sayı ortalama $150-250$ küre/ mm^2 'dir. Bu nedenle uygun sıcaklıkta, yeterli miktarda küreleştirici (Mg, Ce) ve küreleşmeyi destekleyecek malzeme (Na, Ca) kullanımı gerekmektedir. Sıvı metalin kükürt oranı, karbon eşdeğeri, diğer malzeme ve proses değişkenleri küreleşme oranına etki etmektedir (Karsay 1976).

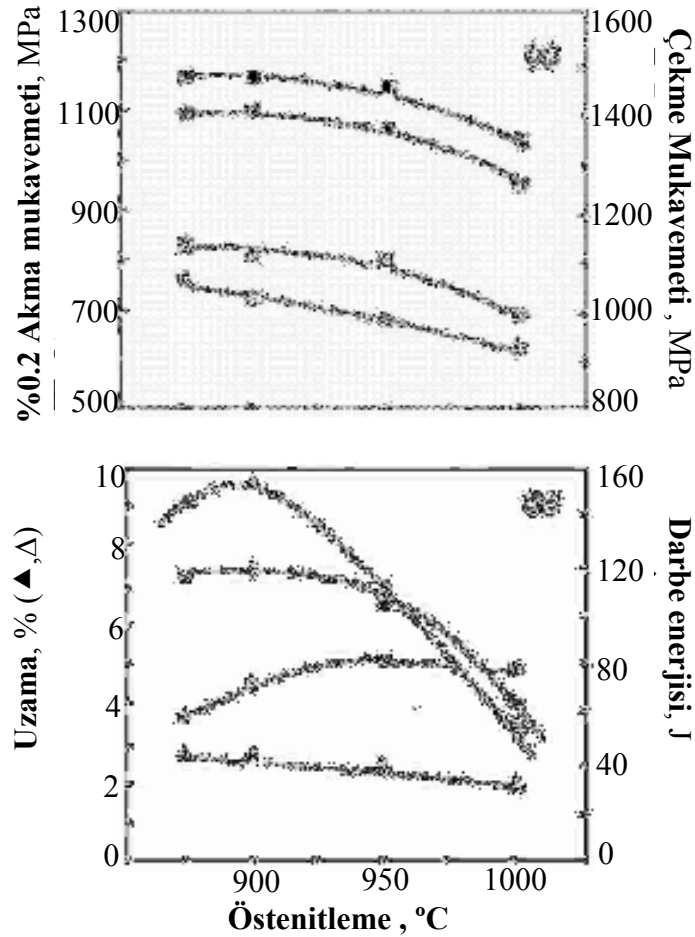
KGDD' nin basma mukavemeti çekme mukavemetinden daha yüksektir. Basmada % 0.2 akma gerilmesi ise çekmedeki % 0.2 akma gerilmesinin yaklaşık 1.05 katıdır. Bu değer 1.2 katına kadar çıkabilir. Kayma mukavemeti, çekme mukavemetinin yaklaşık 0.9 katıdır. Elastisite modülü çekmede ve basmada 162-176 GPa arasında değişir. Bu aralıktaki değerler, grafitlerin küreselliği ve miktarıyla orantılı olarak değişmektedir. Poisson oranı ise çoğu KGDD için 0.275'dir. (Baydoğan 1996)

3.4 Östenitleme ve Östemperleme İşlemi

ÖKGDD üretim sürecinin ilk adımı olan östenitleme safhasında malzeme $850-950^{\circ}C$ aralığında bir sıcaklıkta belirli bir süre tuz banyosunda

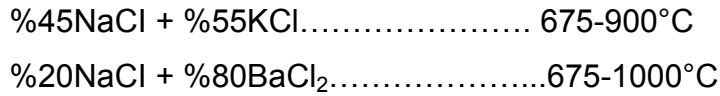
bekletilir. Östenitleme sıcaklığındaki herhangi bir değişiklik, östemperleme esnasında, özellikle dönüşümün itici gücü üzerine etki ederek, mekanik özelliklerin belirlenmesinde etkili bir rol oynar.

Yüksek östenitleme sıcaklığı östenit içerisindeki karbon miktarının artmasına neden olur. Bununla birlikte malzemenin sertleştirilebilirliğinin de artmasında önemli rol oynar. Fakat östenitleme sıcaklığının artması, östemperleme işlemi sırasında yapının ausferrite dönüşüm süresini arttırdığından ve mekanik özellikleri olumsuz etkilediğinden istenmez (Şekil 3.3).



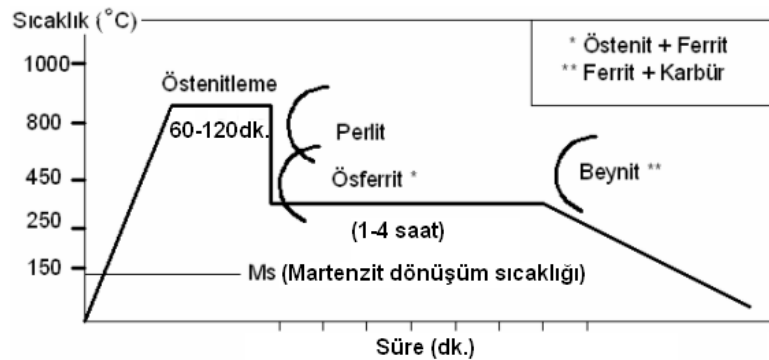
Şekil 3.3 Östenitleme sıcaklığının mekanik özelliklere etkisi.(■ ● ▲ ◆ 300°C de östemperlenmiş, □ ○ Δ ◇ 375°C de östemperlenmiş) (Darwish and Elliott 1993).

Ayrıca östenitleme sıcaklığı, tüm parçanın ısınmasını ve östenitin karbona doymasını sağlayacak gerekli östenit sıcaklığının elde edildiği östenitleme süresi, minimum tutulmalıdır. Parça yüzeyinde dekarbürizasyonu ve pullanmayı engellemek için koruyucu bir atmosfer oluşturmak gerekmektedir. Östenitleme işleminde koruyucu atmosferli bir fırın yerine tuz banyosu kullanmak da mümkündür. Bu çalışmada kullanılan tuz banyosuna ait kimyasal bileşim aşağıda verilmiştir (Yalçın 1997).



Östemperlenmiş KGDD' lere uygulanan ısıl işlem çevrimi üç ana adımdan meydana gelmektedir. Bunlar;

- 1) Genellikle 850-950 °C sıcaklık aralığında 1-2 saat süreyle östenitleme,
- 2) Perlitik yapı oluşumunu önleyecek hızda 250-400 °C sıcaklıklar arasına soğutma,
- 3) Ösferritik dönüşüm için 250-400 °C sıcaklık aralığında 1-4 saat (hatta 8 saate kadar) Östemperleme (izotermal dönüşüm) ve oda sıcaklığına soğutmadır (Bevan and Scholz 1998). Tipik bir ısıl işlem çevrimi ve bu çevrim sırasında oluşabilecek muhtemel yapılar Şekil 3.4' de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Tipik bir östemperleme ısıl işleminin sıcaklık ve süreye bağlı olarak gerçekleştiği çevrimi ve oluşabilecek muhtemel yapılar (Hasırcı 2000).

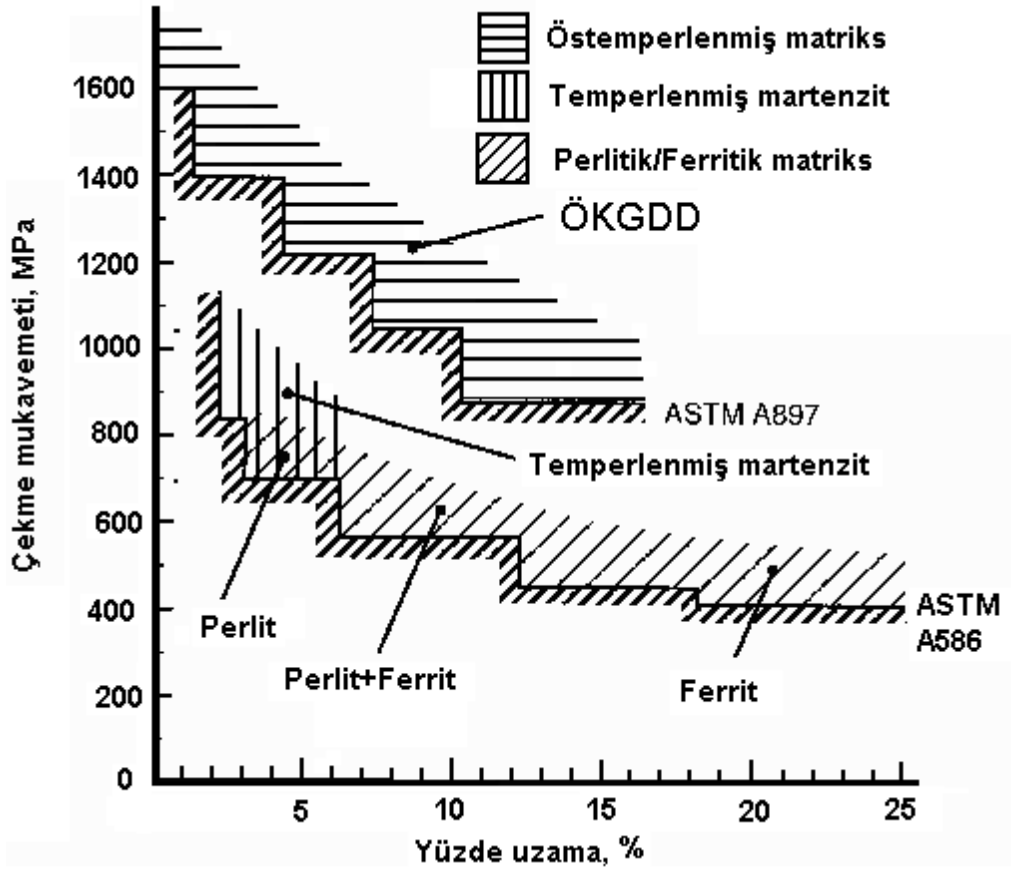
Östempereleme sıcaklığı, beynit morfolojisini, yüksek karbonlu östenit oranını ve martenzit oluşumunu etkiler. İşlem aralığının, daralmış yada kapalı olduğu durumlarda, östempereleme süresi önem kazanır. Martenzit oluşumu düşük östempereleme sıcaklıklarında ve kısa izotermal işlem sürelerinde daha fazladır (Elliott 1988).

3.5 Östempereleme İşleminin Mekanik Özelliklere Etkisi

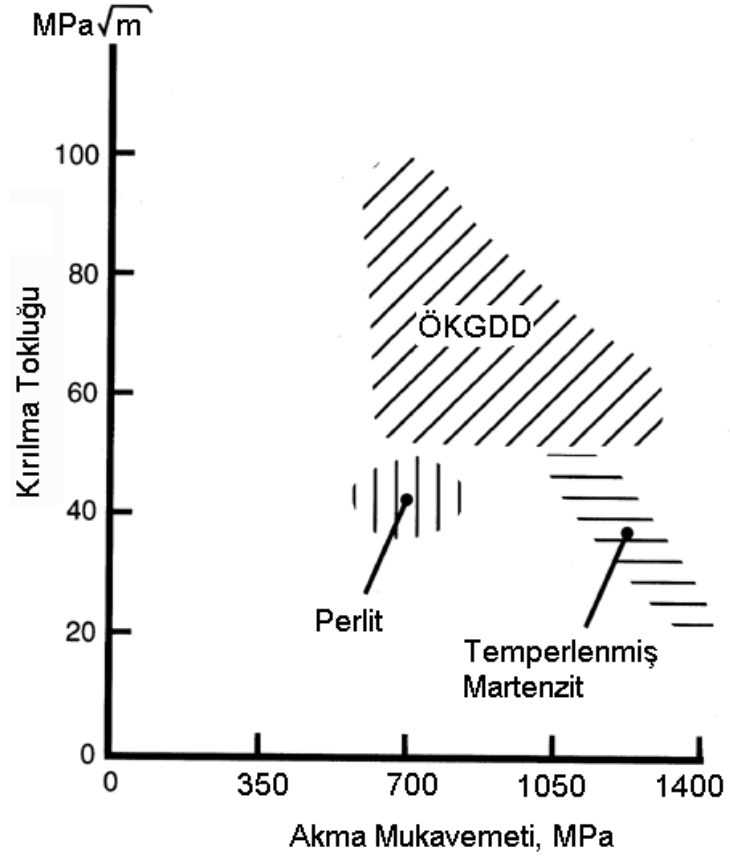
Diğer dökme demir malzemelerine göre üstünlük sergileyen KGDD malzemelere ısıtım işlem sonucu elde edilen ÖKGDD'lerin mekanik özelliklerinde çok daha iyi gelişmeler görülmektedir. Bu durum mikro yapıdaki değişim ile ilgilidir. KGDD' deki perlit yapıyı ferrit+yüksek karbonlu östenite dönüştürerek sağlarız. Bu yapıya ösferritik yapı denilir. Böylece malzemenin dayanım ve tokluk özellikleri daha fazla artmıştır.

Şekil 3.5 da geleneksel dökme demir ile ÖKGDD arasındaki çekme mukavemeti yüzde uzama ilişkisi verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere uygulanan ısıtım işlem neticesinde malzeme mukavemeti iki hatta üç kat artırılabilir. Kırılma tokluğu açısından ÖKGDD malzemeler diğer dökme demir malzemelerle karşılaştırıldığında karşılaştırıldığında oldukça iyi oldukları görülmektedir.

Şekil 3.6 da geleneksel dökme demirler ile ÖKGDD lere ait kırılma tokluğu-akma mukavemeti ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere ÖKGDD malzemesi diğer geleneksel dökme demirler ile aynı akma mukavemetine sahip olmakla beraber daha büyük bir kırılma tokluğuna sahiptir.



Sekil 3.5 Dökme demir ve çeliklere uygulanan ısıl işlem neticesinde çekme mukavemeti ile yüzde uzama arasındaki ilişki (İnt.K.2).



Şekil 3.6 Çeşitli malzemelerle ÖKGDD lerin kırılma tokluğu-akma mukavemeti ilişkisinin karşılaştırılması (İnt.K.2).

4. TALAŞ OLUŞUMU VE KESME KUVVETLERİ

4.1 Giriş

Talaş kaldırma işlemi istenilen boyut ve şekildeki parçaları üretmek için iş parçasından talaş veya ufak küçük parçacıkların ayrılması olarak tanımlanabilir. İşlenecek malzemedan takım talaş yüzeyi aracılığıyla, talaş oluşturmak için malzemenin bir kısmı kaldırılacaktır. Talaş kaldırmada gerekli olan esas mekanizma; takımın kesme kenarının hemen önünde iş malzemesi üzerinde bölgesel kayma deformasyonunun oluşmasıdır. Kesme sırasında, iş parçası ve takım arasındaki bağıl hareket takım yakınındaki iş parçasını bastırarak ilk deformasyon olarak adlandırılan kayma deformasyonuna sebep olarak talaşı oluşturur (Şahin 2003).

Kesme esnasında iş parçası tarafından takım üzerinde bir takım kuvvetler meydana gelmektedir. Performanslı bir kesme için meydana gelen bu kuvvetlerin takım tarafından absorbe edilmesi gerekir ki bundan dolayı en uygun kesici takımın seçilmelidir. Aksi taktirde takımın çok çabuk aşındığı ve takım ömrünün azaldığı görülecektir.

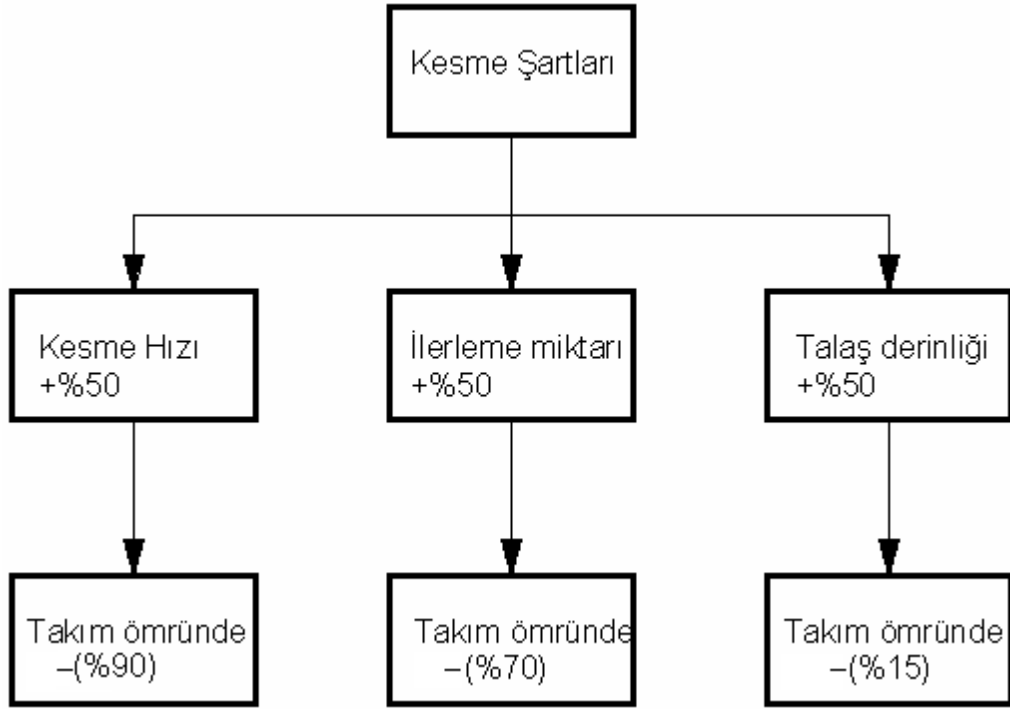
4.2 Talaş Oluşumuna Etki Eden Faktörler

Bir malzemedan talaş kaldırmak için kesici takımın iş parçası malzemesinden daha sert olması, belirli bir kesme geometrisine sahip olması, uygun kesme parametreleri ve iş parçasının üzerine belirli bir yük uygulaması gerekmektedir. İş parçası üzerinde uygulanan yük ilerleme doğrultusunda malzemeyi deforme etmeye çalışacaktır. İş parçası belirli bir bölgeye kadar deforme olduktan sonra bünyesinden malzeme kaybedecektir. İşte bünyeden kaybedilen bu malzemeye talaş denilmektedir. Talaş kaldırma sırasında kullanılan kesme parametreleri talaş oluşumunudoğrudan etkilemektedir. Bu faktörleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkün (Şahin 2003).

Kesici takım ömrü, T (dak),
Kesme hızı, V (m/dak)
Talaş derinliği, t (mm),
İlerleme miktarı, f (mm/dev),
Takım geometrisi,
Titreşim durumu,
Soğutma sıvısı,
Takım/iş parçası malzeme çifti,
Takım burun yarıçapı, r (mm),

Kesici takım performansı ve maliyet bakımından en önemlisi takım ömrüdür. Kesme işlemine etki eden faktörlerin etkisi Şekil 4.1 de özetlenmiştir. Verilen bu grafiğe göre;

- Talaş derinliğinin % 50 oranında arttırılması halinde takım ömrünü %15 oranında azaltmaktadır.
- İlerleme miktarının % 50 oranında arttırılması halinde takım ömrünü % 70 oranında azaltmaktadır.
- Kesme hızının % 50 oranında arttırılması da takım ömrünü % 90 kadar azaltmaktadır.



Şekil 4.1. Kesme işlemine etki eden faktörler (Şahin 2003)

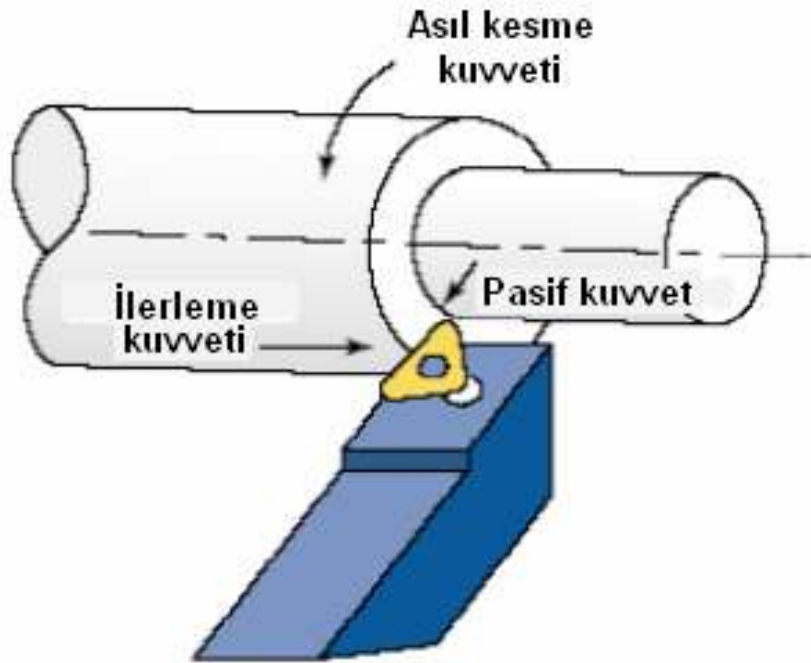
4.3. Kesici Takıma Gelen Kuvvetler

Titreşimsiz, yeterli rijitlikteki tezgâhlar da oluşan kuvvetlerin ve gerekli güç kapasitesinin hesaplanması tezgâhların tasarımında önemlidir. Takım kuvvetlerinin yeterli hassaslıkta ölçülmesi için pek çok dinamometre geliştirilmiştir. Kullanılan tüm metotlar yük altında takımın elastik yer değiştirmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Şahin 2003).

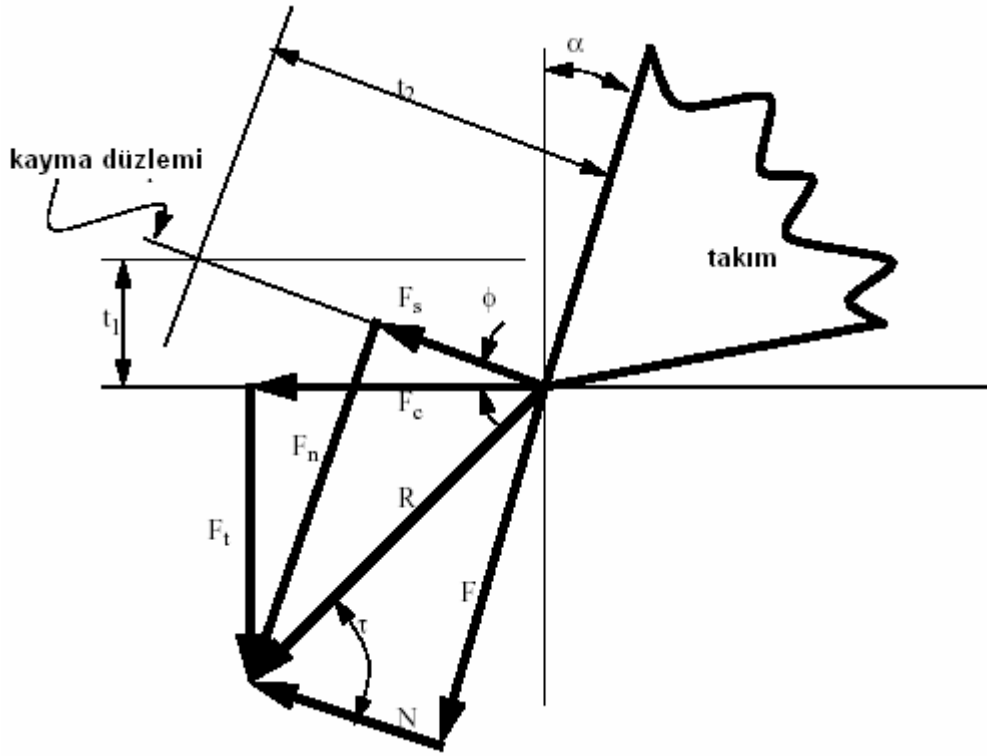
Kesme kuvvetleri, işleme esnasında oluşan herhangi bir değişken tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; ilerleme hızı, talaş derinliği (radyal ve aksenal) kesme hızı, takım ve talaş geometrisi, iş malzemesi, takım-tezgâh çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri takım durumu hakkında

önemli bilgi kaynağıdır. Bu bilgi işlenebilirliği, takım kırılmasını ve takım aşınmasını ve anlamada kullanılabilir (Akkurt 1992).

Kesme kuvvetlerin büyüklüğü talaş/takım arasında temas uzunluğuyla ilgilidir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğundan dolayı çok düşük kuvvetler meydana gelir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlarla takım/talaş arasındaki temas uzunluğu sınırlandırılarak kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisine de bağlıdır. Örneğin talaş açısı değerinde artış hem ilerleme hem de kesme kuvvetini düşürür. Ayrıca talaş açısında daha fazla artış takımın dayanımını zayıflattığından aşınmayı artırır (Şahin 2003). Takım aşınması, kesme performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Kesme işlemi sırasında meydana gelen kuvvet ve kuvvet bileşenleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de verilmiştir.



Şekil 4.2 Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler (İnt.K.4).



Şekil 4.3 Takım üzerine etki eden kuvvetlerin iki boyutlu olarak görünümü (İnt.K.5).

Teğetsel (Asıl Kesme) Kuvvet: Dönmekte olan iş parçasına teğet bir yönde iş parçasının dönmesine karşı direnç gösterirler.

İlerleme Kuvvet: Boylamasına kuvvet hareketleri, işin eksenine paralel bir yönde ve takımın ilerlemesine direnç gösterirler.

Radyal (Pasif) Kuvvet: Radyal kuvvet hareketleri, iş parçasının merkez çizgisinden radyal bir yöndedir.

Fc: Kesme Kuvveti

Ft: İlerleme Kuvveti

Fs: Kayma düzlemi üzerindeki kayma kuvveti

Fn: Kayma düzlemi üzerindeki normal kuvvet

F: Takım yüzeyi üzerindeki sürtünme kuvveti

N: Takım yüzeyi üzerindeki normal kuvvet

R: Takım kuvveti sonucu oluşan kuvvet (Bileşke kuvvet)

t₁: Deforme olmamış talaş derinliği

t₁: Deforme olmuş talaş derinliği

α: talaş açısı

ø: Kayma açısı

τ : Sürtünme açısı

μ: Sürtünme katsayısı

Kesme kuvvetleri Şekil 4.3 de görünen vektörler esas alınarak hesaplanabilir. Takım yüzeyi ve talaş arasındaki sürtünme katsayısı teorik olarak bulunur;

$$\frac{F}{N} = \tan \tau = \mu \quad (4.1)$$

ve trigonometri ile;

$$F = Ft \cos \alpha + Fc \sin \alpha \quad (4.2)$$

$$N = Fc \cos \alpha - Ft \sin \alpha \quad (4.3)$$

$$Fs = Fc \cos \phi - Ft \sin \phi \quad (4.4)$$

$$Fn = Fc \sin \phi + Ft \cos \phi \quad (4.5)$$

4.4. Takım Ömrü ve Taylor Teoremi

Takım ömrü, geleneksel olarak iki bileme arasında yada iki uç değiştirme arasında geçen zaman olarak tanımlanabilir. Takım ömrünü etkileyen bazı faktörler vardır. Bu faktörlerin en uygun değerde seçilmesi gerekmektedir. Bunlar; kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme, iş parçası malzemesi, takım malzemesi, soğutma sıvısı, devir sayısı gibi faktörlerdir. Bunlar arasından takım ömrü üzerinde en önemli etkiye sahip olan kesme hızıdır. Daha fazla takım ömrü ve daha fazla talaş hacmi sağlamak için kesme hızı

değeriyle oynama imkanımız vardır. Kesme mekaniği üzerinde en etkili çalışmalardan biri de Taylor tarafından gerçekleştirilmiştir. 1900 lü yıllarda ortaya koyduğu çalışmalar la kesme parametrelerinin ve takım malzemesinin takım ömrü üzerindeki etkisini araştırmış takım ömrünü tespate yönelik uygulanabilir ampirik ifadeler ortaya koymuştur. Bunlar içerisinde en önemlisi ve günümüzde en çok kullanılanı ise Taylor takım ömrü teoremidir. Bu teoreme göre kesme hızı ile Takım ömrü arasındaki ifade aşağıda ki gibi verilmektedir.

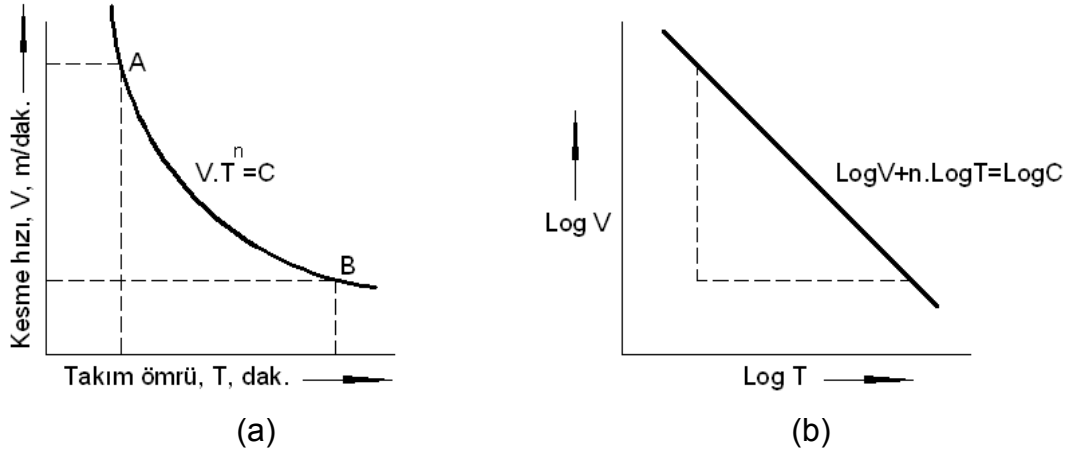
$$V.T^n = C = \text{Sabit} \quad (4.6)$$

Bu eşitlikte; n: Takım üssünü göstermekte olup verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. Yine burada V: Kesme hızı, T: Takım ömrü ve C ise sabittir. Yapılan deneysel çalışmalarla bazı kesici takımlar için elde edilen 'n' değerleri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Bazı kesici kenar malzemelerinin seçilen özellikleri				
Takım malzemesi	Taylor üssü, n	Yoğunluk (kg/m ³) ρ	Isıl iletkenlik , (W/m °K) k	Özel ısı kapasitesi , (J/kg °K) c
Yüksek hız çeliği	0.08 – 0.2	7800	38.9 – 62.8	343 - 574
Dökme kobalt yada yapay	0.10 – 0.15	9130	113	385
Semented karbide	0.20 – 0.50	9030 - 15250	58.6 - 121	1190 - 1400
Seramikler	0.50 – 0.70	3800 - 3970	6.74 - 46	765
Kubik boron nitrürler	0.50 – 0.70	3450	20 - 130	810

Çizelge 4.1 Kesici takım malzemelerine göre (n) takım üssü değerleri (İnt.K.6).

Kesme hızının artması, takım talaş ara yüzünde sürtünmenin dolayısıyla sıcaklığın artmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda takım aşınması üzerinde aşınması daha çabuk gerçekleşecek ve takım ömrü azalacaktır. Şekil 4.4' de takım ömrü-kesme hızı ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) lineer ilişki, (b) logaritmik ilişki.

Bu grafikten (n) değerini hesaplamak mümkündür. A (V₁, T₁), B (V₂, T₂) koordinatları için değerler yerine konulduğunda n eğimi şöyle hesaplanabilir:

$$n = \tan \alpha = \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log T_2 - \log T_1} \quad (4.7)$$

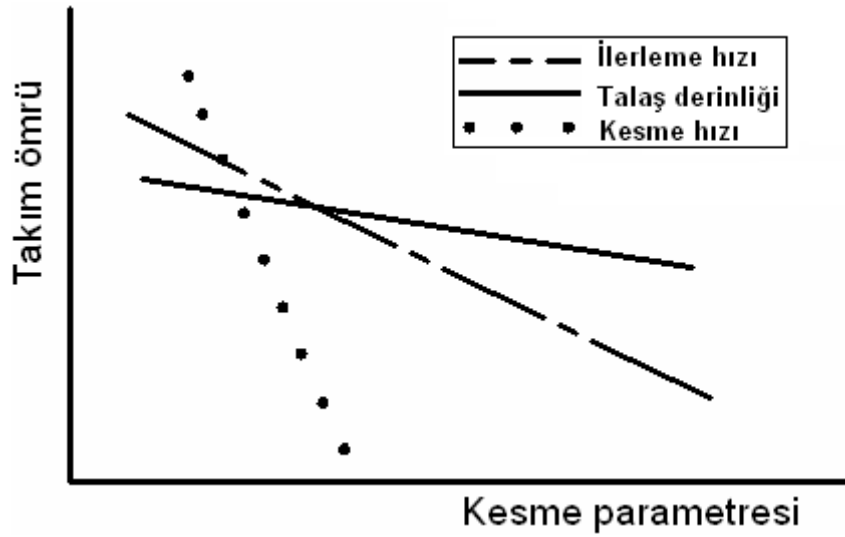
Logaritmik işlem uygulandığı takdirde aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\log C = \log V + n \cdot \log T \quad (4.8)$$

Büyük talaş, yüksek ilerleme hızı ve orta kesme hızı kullanarak verim optimize edilebilir. Eğer güç sınırlayıcı bir faktör ise, kesme hızı, operasyonu tezgah işleme kabiliyet sınırlarına sokacak şekilde, düşürülmelidir. Şekil 4.5 de kesme parametrelerinin takım ömrüne olan etkileri görülmektedir.

Grafikte kesme parametreleri arttıkça takım ömründe bir azalma meydana gelmektedir. Kesme parametrelerinin artması takım talaş ara yüzünde meydana gelen ısının artmasına sebep olacaktır. Bu durumda takım ömründe azalma meydana gelmektedir.

Talaş derinliği - kesme hızını azaltmak için a_p - takım ömrüne az etkisi var. Yüksek ilerleme - daha kısa kesme zamanları için f_n - takım ömrüne V_c 'den daha az etkilidir. Kesme hızları - en uzun takım ömrü için V_c - takım ömrüne etkisi büyük.

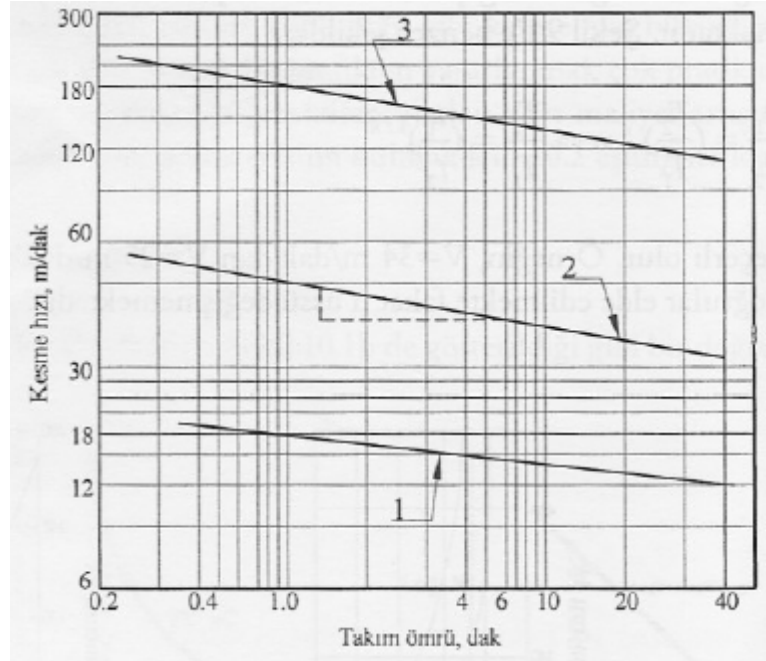


Şekil 4.5 Takım ömrü – Kesme parametreleri ilişkisi

a = Talaş derinliği mm, başlangıç değeri (aralığı) (Diş çekmede toplam radyal pasaj, f_n = ilerleme (mm/dev), V_c = Kesme hızı (m/dak)

Aynı iş parçası fakat farklı takım malzemelerinin etkilerini göstermek için takım ömrü kesme hızı diyagramı olarak Şekil 4.6 da gösterilmiştir. Bu kesme deneyinde Ç3140 malzemesi $a=2.5$ mm talaş derinliği ve $f=0.22$ mm/dev ilerleme miktarıyla Takım çeliği, YHÇ ve karbürü takımlarla işlenmiştir. $V.T^n = C$ eşitliği logaritmik ölçekle çizildiğinde, deney noktaları boyunca düz bir doğru ile gösterilebilir. C ve n değerleri bu grafikten kolaylıkla belirlenebilir. Grafikten anlaşıldığı gibi sinterlenmiş karbür

takımın yüksek hız çeliği ve karbonlu yakım çeliğine göre yüksek kesme hızlarında daha fazla takım ömrüne sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6 Kesme hızına karşılık takım ömrü eğrisi. (Aşkun 2001) Karbonlu takım çeliği, (İnt.K.1) Yüksek hız çeliği, (İnt.K.2) Sinterlenmiş karbürlü takım (Şahin 2003).

4.5. Takım Aşınması

Talaş kaldırma esnasında kesici takım ile iş parçası malzemesi sürekli olarak temas halindedir. İki cismin sürekli temas halinde olması sonucu cisimler arasında sürtünme meydana gelmektedir. Bu sürtünme sonucu takım üzerinde bir takım aşınmalar meydana gelir.

Aşınma kesme hızıyla doğrudan ilişkilidir. İşleme esnasında bir ucun kesici kenarı aşınır. Bu durum iş parçasının yüzey kalitesini etkiler. Bu duruma aşınma ismi verilmektedir. Uygun seçilmemiş kesme parametreleri, takım geometrisi, takım malzemesi ve çalışma şartları takım aşınmasına davetiye çıkaracaktır.

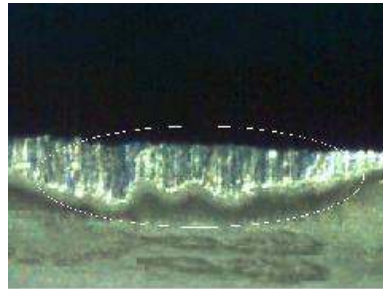
Takım aşınması, hassasiyet, yüzey kalitesi, verimlilik ve maliyete olan etkisinden dolayı; talaşlı imalatta göz önünde bulundurulması gereken en önemli kriterlerden birisidir. Takım ömrü analizlerinde en sık kullanılan modelleme Taylor tarafından önerilmiştir. Takım üzerinde meydana gelen aşınma türlerinde biri olan yanak aşınması ile Taylor' ın takım ömrü denklemi kullanılmaktadır.

4.5.1 Takım Aşınma Tiplerinin Sınıflandırılması

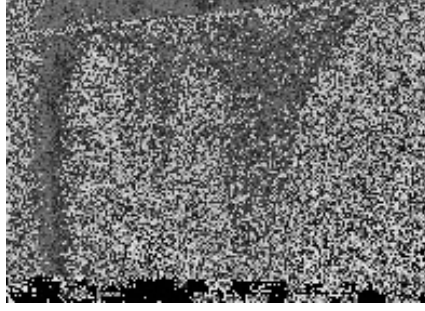
Yanak ve çentik aşınması

Takım talaş yüzeyinde sürekli bir kesmeden dolayı takım-talaş ara yüzündeki sürtünme artacaktır. Sürtünmenin artması ile takımda yan serbest yüzeyinde aşınmalar görülecektir. Şekil 4.7 Yan yüzey yanak aşınması 4.8 de ise çentik aşınması görülmektedir.

- a- Hızlı serbest yüzey aşınması kötü yüzey kalitesi veya tolerans dışı üretime neden olur.
- b- Çentik aşınması kötü yüzey kalitesi ve kenar kırılma riskini ortaya çıkarır.



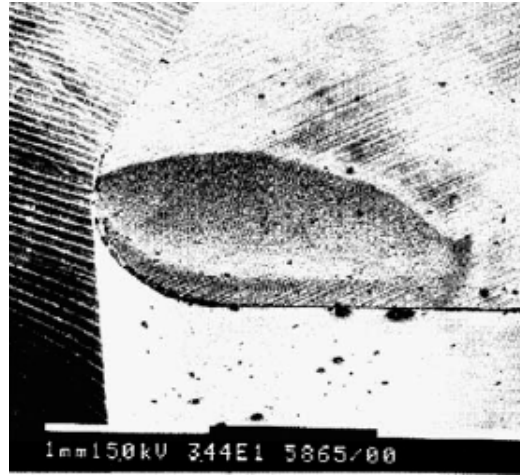
Şekil 4.7 Yan yüzey yanak aşınması.



Şekil 4.8 Çentik aşınması (Kumar et al. 2006).

Krater aşınması

Yüksek sıcaklık artışlarında ve kesme gerilmeleri talaş yüzeyinde bir süre sonra krater oluşmasına sebep olmaktadır. Aşınma, kesme kenarına dik olarak kraterin kesit alanının ölçümü ile değerlendirilebilir. Krater aşınması aşınma, difüzyon veya ısı yumuşama ve plastik deformasyonun etkisi altında sürekli bir şekilde artarak devam ederek zayıflamış kenara yol açar. Şekil 4.9 da bir krater aşınması görülmektedir.

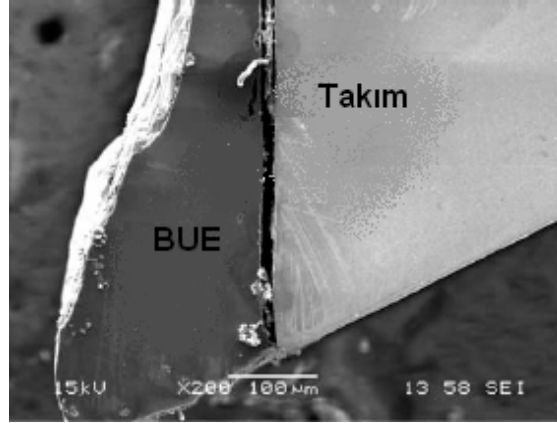


Şekil 4.9 Krater aşınması (Nouari and Molinari 2005).

Yığılma kenar (BUE) Talaş yığılması

Takım ile talaş arasındaki sürtünmenin yüksek değerlerde olması ve oluşan sıcaklığın da etkisiyle talaş takıma yapışır. Fakat bu esnada talaş kaldırma işlemi devam eder ve oluşan talaş, sürekli talaş şeklindedir. BUE

koptuğu zaman kötü yüzey kalitesi ve kesme kenar kırılmasına yol açar. Takım talaş ara yüzeyindeki sürtünme katsayısının artması ile sürtünme kuvvetlerinin artmasına neden olacaktır. Yapışan talaş malzemesi bir müddet sonra kırılacağından, bu kırılma esnasında kesici takıma da zarar verebilir. Şekil 4.10 da bir BUE talaş sıvanması görülmektedir.



Şekil 4.10 BUE (List et al. 2005).

Küçük tanecik kopması

Küçük kesme kenarı çatlakları kötü yüzey kalitesi ve aşırı serbest yüzey aşınmasına yol açar. Takım ömrü çok çabuk azalmaktadır. Uç geometrisinin uygun seçilmemesi durumlarında ortaya çıkmaktadır.

Termal çatlaklar

Isıl yorulma kırılğan takımlarda kesici kenara paralel ve dik yönlerde çatlak teşekkülüne sebep olabilir. Kesme kenarına dik küçük çatlaklar küçük tanecik kopmasına ve kötü yüzey kalitesine sebep olur.

Ucun kırılması

Kırılğan malzemelerden imal edilen takımlar ani kırılma riski taşırlar.Bu olaya özellikle seramik ve sinter karbür gibi kırılğan malzemelerden imal

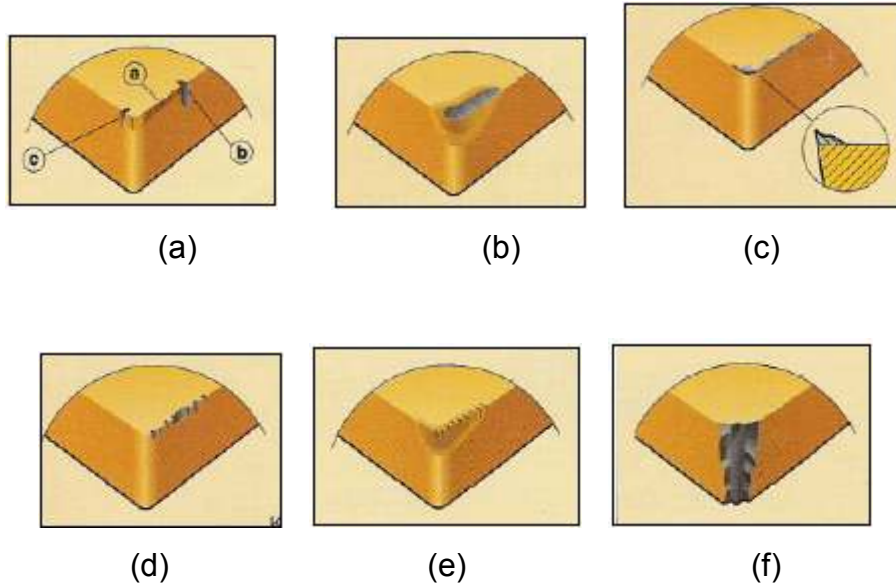
edilen kesici takımlarla gerçekleştirilen süreksiz kesme tipi operasyonlarda sıkça rastlanır. Yalnızca kesici uca değil aynı zamanda altlık ve is parçasına da zarar verir.

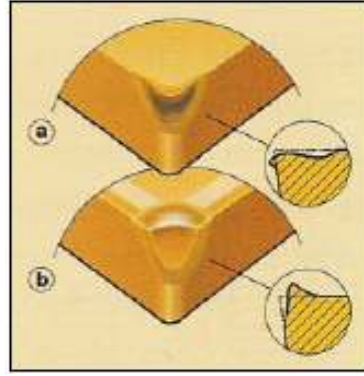
Plastik deformasyon

Aşınma sonucu kesici kenar yuvarlak hale gelir ve kesme giderek artan negatif bir talaş açısı ile kesmenin köküne kadar devam eder. Deformasyona uğramayan talaş kalınlığı azaldığı zaman enerjinin tümü plastik ve elastik deformasyona harcanır

- a. - kenar çökmesi
- b. - serbest yüzey baskısı

Bu durumlar, kötü talaş kontrolüne ve kötü yüzey kalitesine yol açar. Asin serbest yüzey aşınma riski kesici uç kırılmasına yol açar. Şekil 4.11 de bu aşınmalar görülmektedir.

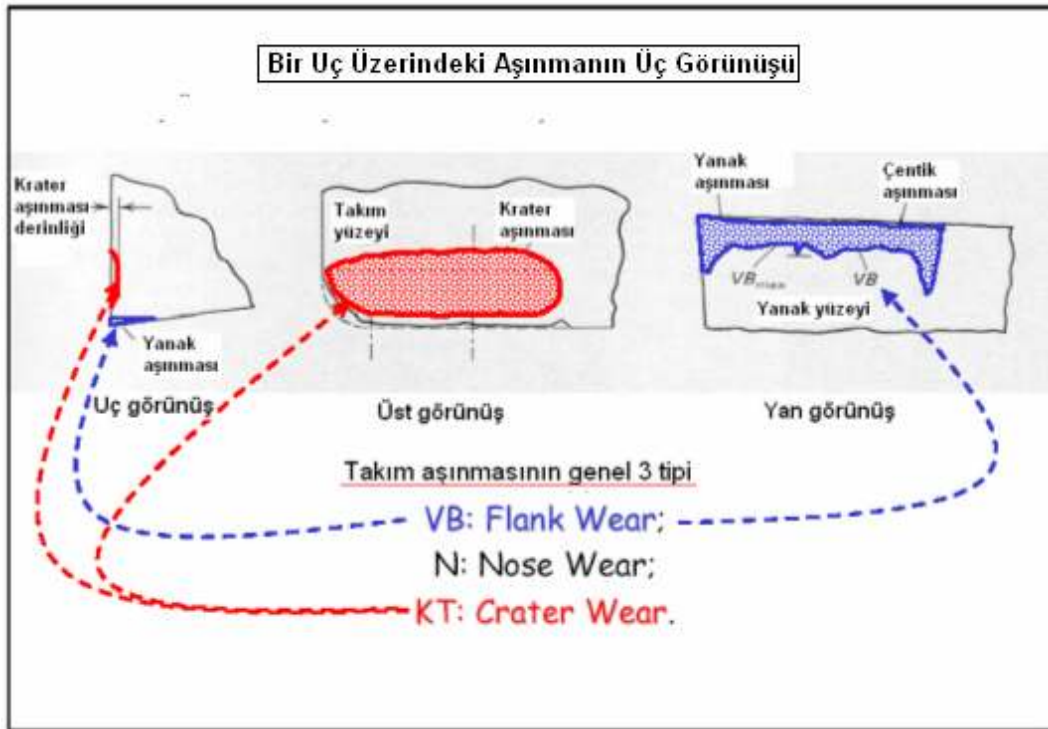




(g)

Şekil 4.11 Kesici takım üzerindeki aşınmaların şematik gösterimi, (a) Yanak ve çentik aşınması, (b) Krater aşınması, (c) Yığıma kenar (BUE) Talaş yığılması, (d) Küçük tanecik kopması, (e) Termal çatlaklar, (f) Ucun kırılması, (g) Plastik deformasyon.

Genel olarak takımın en önemli üç tip aşınma Şekil 4.12 de gösterilmiştir. Takım ömrünü tayin etmede kullanılan aşınma türü ise için yanak aşınması ve krater aşınmasıdır.



Şekil 4.12 Bir uç üzerindeki aşınmanın üç görünüşü (İnt.K.6).

Eskiden takım ömrü denildiği zaman iki bileme arasındaki geçen zaman olarak bilinirdi. Fakat günümüz şartlarında, plaket uçlar yani sökölüp takılan kesici uçlar kullanılmaktadır. Bu uçların ömürleri, kesici ucun talaş ve yan serbest yüzeyine meydana gelen aşınmalarla tespit edilmektedir. Bunlardan biri olan yanak aşınması üzerinden talaş kaldırılan iş parçasının ölçü tamlığına ve yüzey kalitesine etki etmektedir. Bu yüzeyde meydana gelen aşınma derinliği "VB" simgesi ile gösterilmektedir. Bu değer takım üzerinde mikroskop ile ölçülür. Ölçüm sırasında aşınmada doğrusal bir artış varsa bu değer $VB = 0.3 \text{ mm}$, eğer doğrusal olmayan bir artış söz konusu ise $VB = 0.6 \text{ mm}$ olarak alınır.

5. MATERYAL VE METOT

5.1 Giriş

Bu çalışmada hem KGDD malzemeler hem de ÖKGDD malzemeler için işlenebilirlik testleri yapılmıştır. Bu testler için gerekli olan iş parçası malzemesi TS526' ya göre dökümü yapılan Y bloktan çıkarılmıştır.

Testler için iki farklı kesici seçilmiştir. Seçilen kesici uçlar, üretici firmanın tavsiye ettiği kesme parametreleri aralığında teste tabi tutulmuştur. Takımlara ait takım ömrü değerleri ISO 3685 standardına göre belirlenmiştir. Bununla birlikte her bir malzeme ve kesme parametreleri için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ölçülmüştür.

5.2 İş Parçası Malzemelerinin Hazırlanması

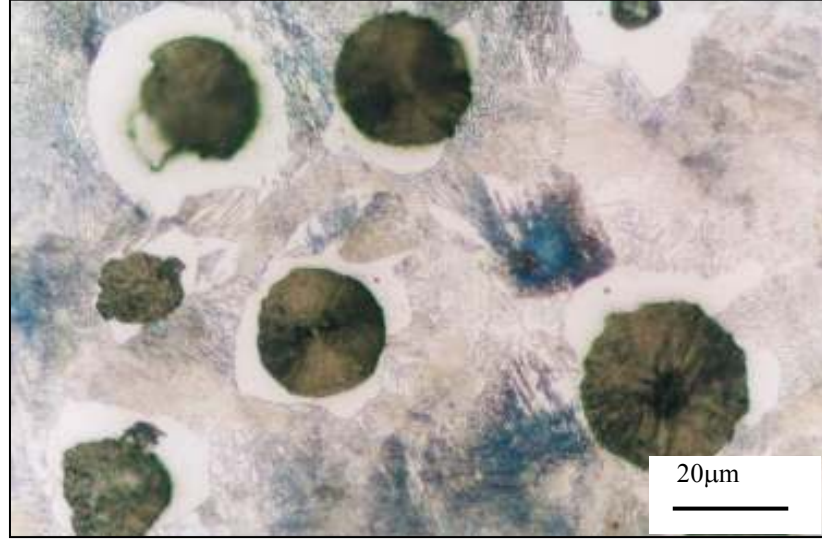
Bu çalışmada kullanılan malzemeler Ni, Cu ve Mo alaşımlı küresel grafitli dökme demirler 900°C de 60 dakika sürede östenitlendikten sonra 250°C ve 325°C de 60 dakika östemperleme yapılmıştır. Çizelge 5.1' de dökümü yapılan KGDD malzemesine ait kimyasal bileşim oranları verilmiştir. Küreselleştirme işlemi Mg ilavesi tekniği ile yapıldığından, gerekli olan minimum Mg yüzde oranı en az 0,03 olması gerekmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere %Mg oranı bu değer üzerinde.

Çizelge 5.1. KGDD malzemesine ait kimyasal bileşim oranları.(ağırlıkça).

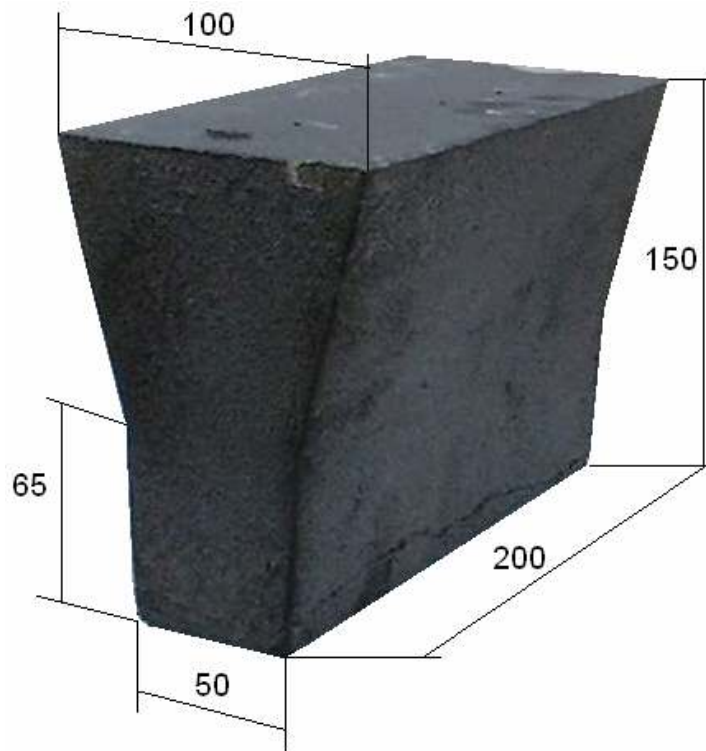
C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Ti	Sn
3.40	2.69	0.19	0.02	0.01	0.044	0.04	0.73	0.23	0.87	0.015	0.004	0.007

KGDD %80 perlitik yapıya sahiptir. Numuneler standart parlatılmış ve bir optik mikroskop ile her milimetre başına düşen küre sayısı belirlenmiştir. Yapılan mikroskobik analizler KGDD malzemenin %95 lik bir küreselliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yaklaşık küre sayısı ise 200mm

küre/mm² dir. KGDD malzemesinin mikro yapısı Şekil 5.1 de verilmiştir. KGDD malzemeleri 50mm kalınlığında 'Y' bloklardan hazırlanmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Küresel grafitli dökme demir malzemesinin mikro yapısı.



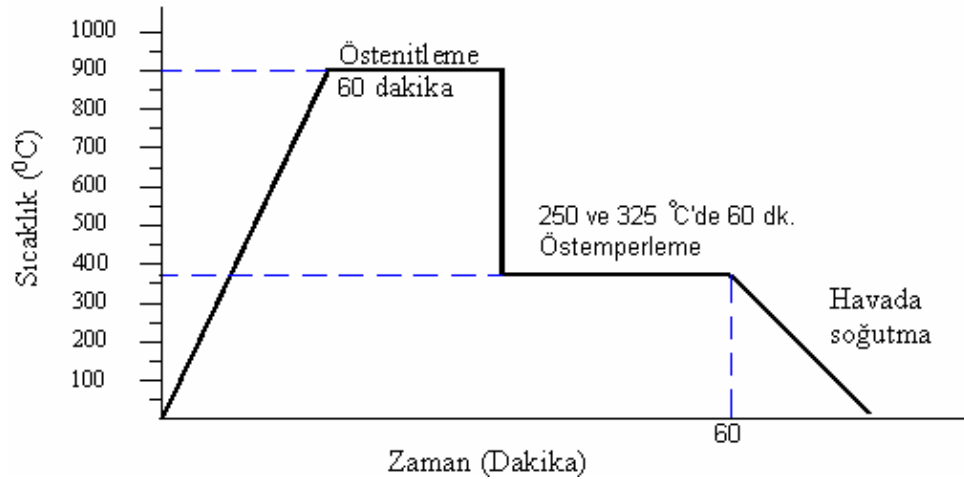
Şekil 5.2 TS 526 ya göre dökümü yapılan KGDD Y bloğu (Birimler mm dir).

5.3 Östenitleme ve Östemperleme İşlemleri

Uygulanan ısıt işlemin özeti Şekil 5.3 de verilmiştir. Numunelerin ısıt işlemleri İstanbul İSTAŞ'ın ısıt işlem laboratuarlarında yaptırılmıştır.

Numuneler ilk olarak 900 °C sıcaklıkta 60 dakika östenitlenmiş ve daha sonra 250 °C ve 325 °C'de 60 dakika östemperleme işlemine tabi tutulmuştur. Parça yüzeyinde dekarbürizasyonu ve pullanmayı engellemek için koruyucu bir atmosfer oluşturmak gerekmektedir. Östenitleme işleminde koruyucu atmosferli bir fırın yerine, tuz banyosu kullanamak da mümkündür.

900°C sıcaklıktaki östenitleme banyosunda Petrofer firmasının HS 550 tuzu kullanılmıştır. Bu tuz BaCl₂ içerikli nötr bir tuzdur. 250 °C ve 325 °C sıcaklıktaki östemperleme banyosunda Petrofer firmasının AS 135 tuzu kullanılmıştır. Bu tuz %50 oranında sodyum nitrat ve %50 oranında potasyum nitrat tuzlarının karışımlarından oluşmaktadır. Bu banyonun içerisinde %5 oranında su bulunmaktadır.



Şekil 5.3 Uygulanan ısıt işlemin şematik özeti.

5.4 İş Parçası Malzemesinin Mekanik ve Mikro yapı Özellikleri

KGDD malzemeler yapılarındaki küresellikten dolayı diğer dökme demir malzemelerden ve eşdeğer çelik dökümlere göre dayanım, tokluk ve aşınma açısından daha iyi mekanik özelliklere sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı bir çok alanda kullanım sahası bulunmaktadır.

KGDD malzemesine herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmadan önceki mekanik özellikleri de Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. KGDD malzemesine ait mekanik özellikler.

Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama %	Elastisite Modülü (MPa)	Sertlik (HRc)
493	780	7,1	169000	25,5

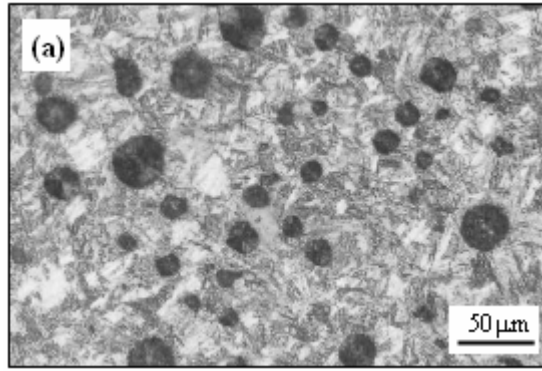
Farklı östempereleme sıcaklıklarına tabi tutulmuş KGDD' lerin östempereleme sonrası sertlik değerlerindeki değişim HRc cinsinden ölçülmüştür. Sertlik ölçümlerinde numuneler 10 farklı yerinden ölçülerek ortalama değeri alınmıştır. Sertlik değerleri MEVAG Tip 100 nokta uçlu sertlik ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Sertlik değerleri Çizelge 5.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Östemperelenmiş KGDD malzemelerine ait sertlik değerleri.

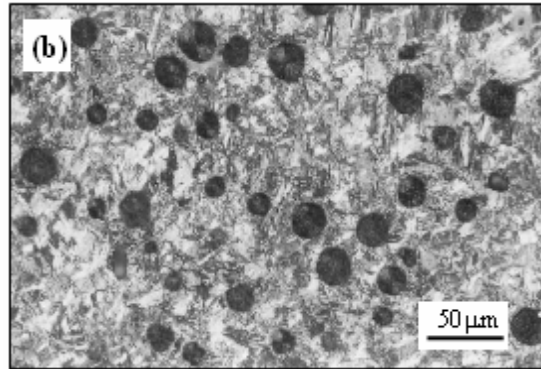
Östempereleme Sıcaklığı	Sertlik
250 °C	56 HRc
325 °C	42 HRc

Östemperelenmiş KGDD' lerin optik mikroskop (Olympus BX60) cihazı ile mikro yapı fotoğrafları Şekil 5.4 de gösterilmiştir.

250 ve 325°C' lerde östemperlenmiş numuneler martenzit yapı ve östenit yapı sergilemektedirler. Martenzit oluşumunun sebebi yapının ösferritik geçiş için yeterli östemperleme süresinin kullanılmamasıdır (Şekil 5.5). 1. aşamada reaksiyon tamamlanamamıştır. Bu yüzden östenit beynitik ferrit ve yüksek karbon östenite dönüşmemiştir. Ösferritik yapıyı elde etmek için her iki sıcaklığa ait numunenin kesitlerini azaltılmalı yada östemperleme süresi artırılmalıdır.

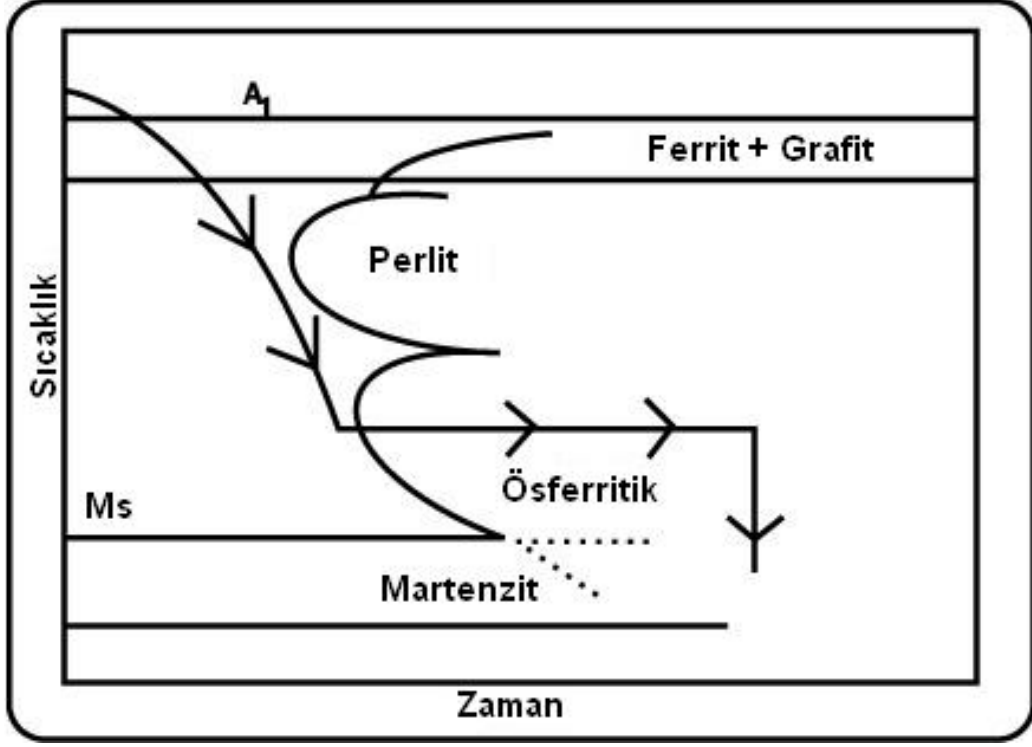


(a)



(b)

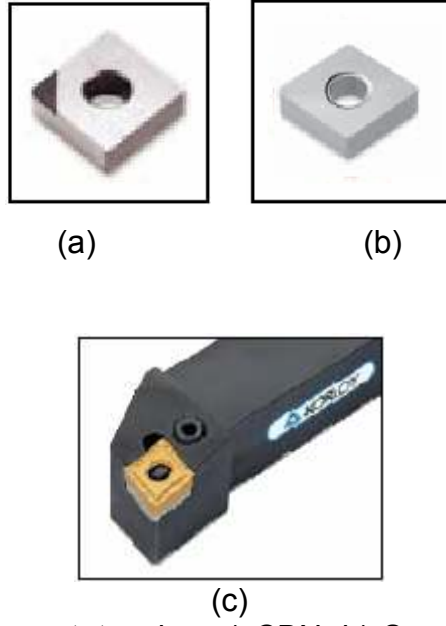
Şekil 5.4 ÖKGDD' lerin mikro yapıları, a) 250°C'de 60 dakika östemperlenmiş, b) 325°C'de 60 dakika östemperlenmiş.



Şekil 5.5 Östempereleme işlemi sonrasında oluşan yapılar için sıcaklık-zaman grafiği.

5.5 Kullanılan Kesici Takımlar ve Kesme Parametreleri

Numunelerin işlenmesinde CBN ve Sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Bu kesici takımlar Iscar firmasından tedarik edilmiştir. Takım geometrisi olarak CBN için CNMA 120404T IB55 K ve H serisi, Cemente Carbide için CNMA 120404 IC28 K05-K20 serisi kullanılmıştır. Takım tutucu olarak ise PCLNR 2525M 12 kodlu tutucu kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan uçlar yüksek aşınma dayanımına sahip ve 45-65 HRC sertliğinde KGDD malzemeleri işlemesine uygun olarak tasarlanılmışlardır. CBN ve Sementit karbür uçlar 80° rhombic biçimlidir. Takım tutucu olarak Kesici geometrisi 0° talaş açısı, 0° boşluk açısı ve 0.4 mm uç yarıçapına sahiptir. Kesici takımlar ve tutucu Şekil 5.6 de görülmektedir.



Şekil 5.6 Kesici takım ve tutucuları a) CBN, b) Sementit karbür, c) Takım tutucu.

İşlenebilirlik testleri silindirik biçimli KGDD ve ÖKGDD numunelerden talaş kaldırılarak tek noktalı uçlarla gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvvetleri analizleri için seçilen işleme parametreleri Çizelge 5.4, 5.5 de verilmiştir. Çalışmada seçilen kesme parametreleri ISO 3685 ve literatürde bu malzemelere yakın olan malzemelerin işlenebilirliğinde kullanılmış kesme parametreleri seçilmiştir.

Sementit karbür takımların CBN takımlara nazaran daha düşük kesme hızlarında kullanılmakta olduğu daha önceki çalışmalarca ortaya konmuştur. Bu nedenle bu çalışma da da sementit karbür ile CBN için seçilen kesme hızları birbirinden farklıdır. Sementit karbür için seçilen kesme hızı değerleri, literatürde bu takım kullanılarak seçilen tüm kesme hızı değerlerini kapsamaktadır. Örneğin literatürde sementit karbür için seçilen minimum kesme hızı 96m/dak (Çakır vd. 2005) iken maksimum kesme hızı 113m/dk (Şeker vd. 2005) dir.

CBN için seçilen kesme hızı değerleri sementit karbür için seçilen değerlerden oldukça büyüktür. Çünkü CBN takımlar yüksek kesme hızları

için tasarlanmıştır. Eğer CBN takım çok düşük kesme hızlarında kullanılırsa normalden daha çabuk aşınacaktır (Şeker 1997).

Her iki takım içinde üretici firmanın tavsiye ettiği aralık dikkate alınarak kesme hızları seçilmiştir.

Çizelge 5.4 CBN takım için kesme kuvvetleri analizlerinde kullanılan işleme parametreleri.

Kesme Kuvvetleri Analizi						
CBN	V1	V2	V3	V4	f (mm/dev.)	a (mm)
Döküm	100	200	300	400	0.05	1
250°C	100	200	300	400		
325°C	100	200	300	400		

Her 15mm'de bir kesme kuvveti ölçülmüştür. Kuvvet ölçmek için kullanılan dinamometrenin işleme boyutu 15mm olduğun dolayı bu değer seçilmiştir. Kesme esnasında kesme kuvvetleri bilgisayar ortamında zamana bağlı olarak verileceğinden kesme uzunluğunun çok büyük seçilmesi çokta önemli değildir.

Çizelge 5.5 Sementit karbür takım için kesme kuvvetleri analizlerinde kullanılan işleme parametreleri.

Kesme Kuvvetleri Analizi						
Sementit karbür	V1	V2	V3	V4	f (mm/dev.)	a (mm)
Döküm	75	100	150	250	0.05	1
250°C	75	100	150	250		
325°C	75	100	150	250		

CBN ve sementit karbür takımlar için aşınma testlerinde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 5.6 ve 5.7 de verilmiştir.

Aşınma testleri için seçilen kesme hızları kesme testlerinde kullanılan değerlerden farklıdır. Bunu sebebi çalışma için elde bulunan CBN ve sementit karbür takımların yeterli olmayışıdır. Fakat buna rağmen gerek

KGDD, gerekse ÖKGDD malzemelerin işlenebilirliğini araştıran çalışmalardan daha fazla parametre kullanılmıştır.

Tüm aşınma testleri ISO 3685' e göre yapılmıştır ve VB=0.3 kriteri baz alınmıştır.

Her 40mm de takımlarda meydana gelen yan yüzey yanak aşınması ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan ilerleme ve talaş derinliği değiştirilmemiştir. Bu nedenle ilerleme ve talaş derinliğinin kesme kuvvetleri ve takım üzerindeki etkisini gözlemek için ilave çalışmaların yapılması gereklidir.

Çizelge 5.6 CBN takım için aşınma deneylerinde kullanılan kesme parametreleri.

Aşınma Deneyi					
CBN	V2	V3	V4	f (mm/dev.)	a (mm)
Döküm	200	300	400	0.1	0.5
250°C	200	300	400		
325°C	200	300	400		

Çizelge 5.7 Sementit karbür takım için aşınma deneylerinde kullanılan kesme parametreleri

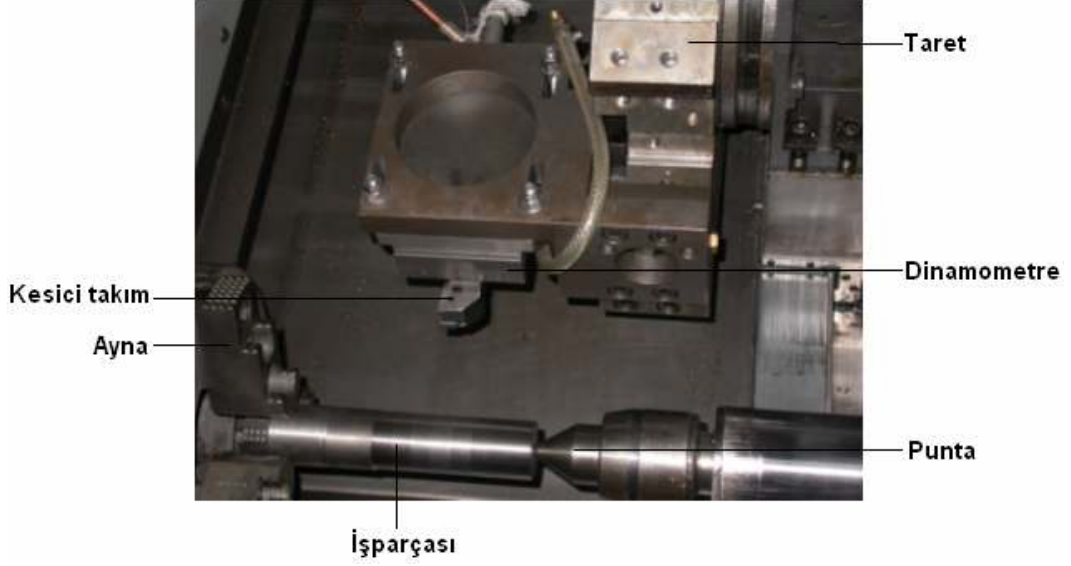
Aşınma Deneyi					
Sementit Karbür	V2	V3	V4	f (mm/dev.)	a (mm)
Döküm	75	125	175	0.1	0.5
250°C	75	125	175		
325°C	75	125	175		

Her 40mm'de bir aşınma değeri ölçülmüştür.

5.6 Kesme Kuvvetlerinin Ölçümü

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde, Kistler 9257B tip üç kuvvet bileşenini de ölçebilen bir piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin

tezgaha bağlanmış kısmı Şekil 5.7 de, bilgisayara bağlantısı ise Şekil 5.8 de verilmiştir.



Şekil 5.7 Dinamometrenin tezgaha bağlanmış şekli.



Şekil 5.8 Dinamometrenin bilgisayara bağlantısı.

5.7 Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçümü

Kesme kuvvetleri ölçmede Johnford TC-35 CNC torna tezgâhında kullanılmıştır. Tezgah gücü 10 kW'tır.

CNC torna tezgahında talaş kaldırılmak suretiyle işlenen numunelerin yüzey pürüzlülükleri, Perthometer M1 (Mahr) marka, pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan cihazın teknik özellikleri Çizelge 5.8 de, fotoğrafı ise Şekil 5.9 da verilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerleri, her kesme sonunda yüzey pürüzlülük cihazı ile malzemenin işlenen yüzeyinin 3 farklı noktasından (Ra) ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek alınmıştır. Ölülen bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

Çizelge 5.8 Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri

MODEL	Perthometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 μ m/sn
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	5,6 mm

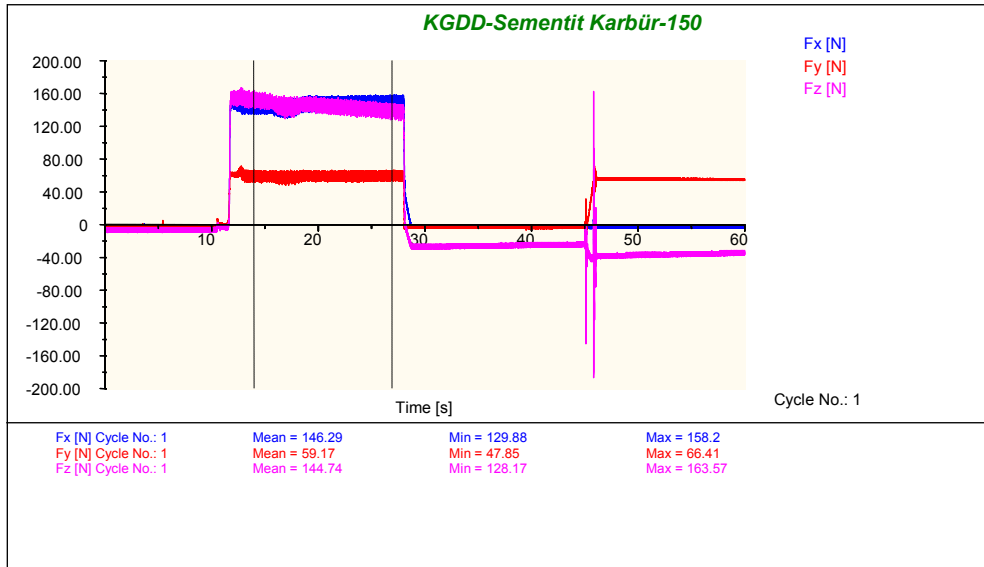


Şekil 5.9 Yüzey pürüzlülük cihazının fotoğrafı

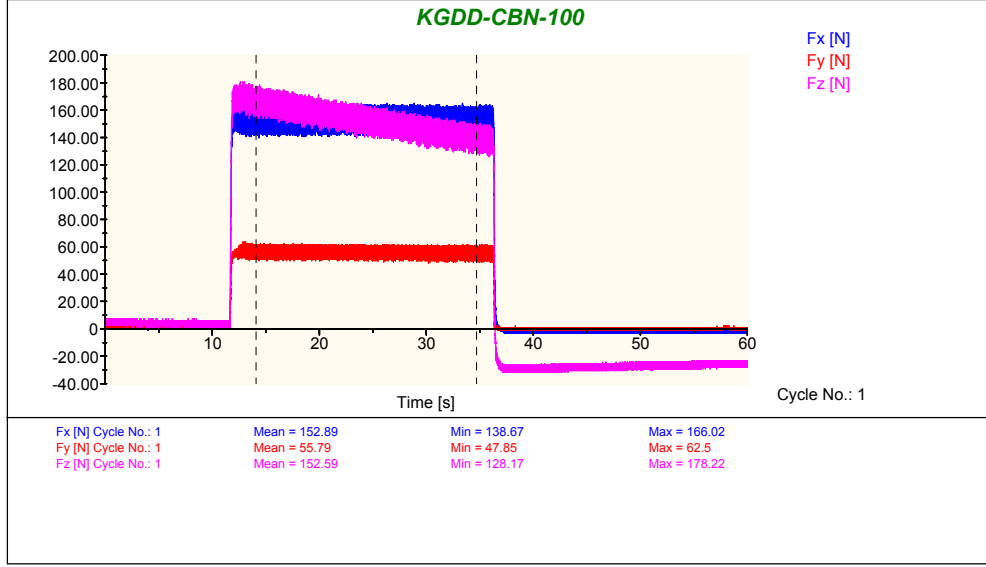
6. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

6.1 Kesme Kuvvetlerinin Analizi

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılan dinamometre, tornalamada oluşan üç kuvveti (asıl kesme kuvveti (FZ), ilerleme kuvveti (FX) ve pasif/radyal kuvvet (FY) ölçebilecek nitelikte olup, dinamometreden alınan veriler dinamometre için tasarlanmış bir yazılım vasıtasıyla, Şekil 6.1 ve 6.2 de gösterildiği gibi, bilgisayar ortamında, zamana bağlı olarak grafiğe dönüştürmek.



Şekil 6.1 KGDD numunesi için Sementit karbür takım ile talaş kaldırma esnasında zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetlerinin değişimi $V=150\text{m/dk}$.



Şekil 6.2 KGDD numunesi için CBN takım ile talaş kaldırma esnasında zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetlerinin değişimi $V=100\text{m/dk}$.

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 den görüldüğü üzere kesme esnasında elde edilen asıl kesme kuvveti ile ilerleme kuvveti birbirine çok yakındır. Bu da ilerleme değerinin gereğinden büyük seçilmiş olabileceğini göstermektedir. Ayrıca ekler de verilen diğer grafikler incelenirse, asıl kesme kuvvetinin az da olsa zamanla azaldığı görülmektedir. Bu da kesme deneyleri sırasında takımın aşınması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Fakat daha detaylı ve doğru sonuca ulaşmak için bu konu odaklı ilave çalışmalar yapılmalıdır.

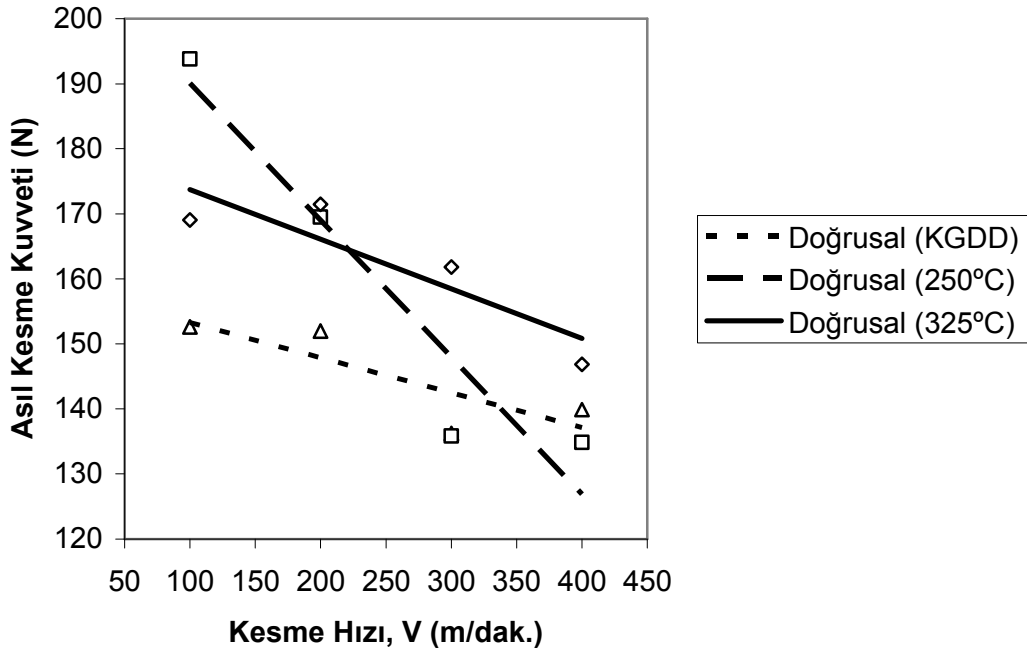
6.1.1 CBN Kesici Takımlar için Kesme Kuvvetlerinin Analizi

CBN takımlar ile talaş kaldırma esnasında zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetleri grafiklerinden yararlanılarak KGDD ve ÖKGDD numunelerin işlenmesinde elde edilen asıl kesme kuvvetlerine ait grafikleri Şekil 6.3 de görülmektedir.

Kesme işleminin temelinde kesme kuvvetleri üç bileşene ayrılmaktadır. Genellikle esas kesme kuvveti üç bileşenin en büyüğüdür. Östemperlenmiş malzemelerin işlenmesi sırasında düşük kesme hızlarında

kesme kuvvetlerinin arttığı görülmektedir. Maximum kesme kuvvetleri 250 °C' de östemperlenmiş ÖKGDD' den elde edilmiştir.

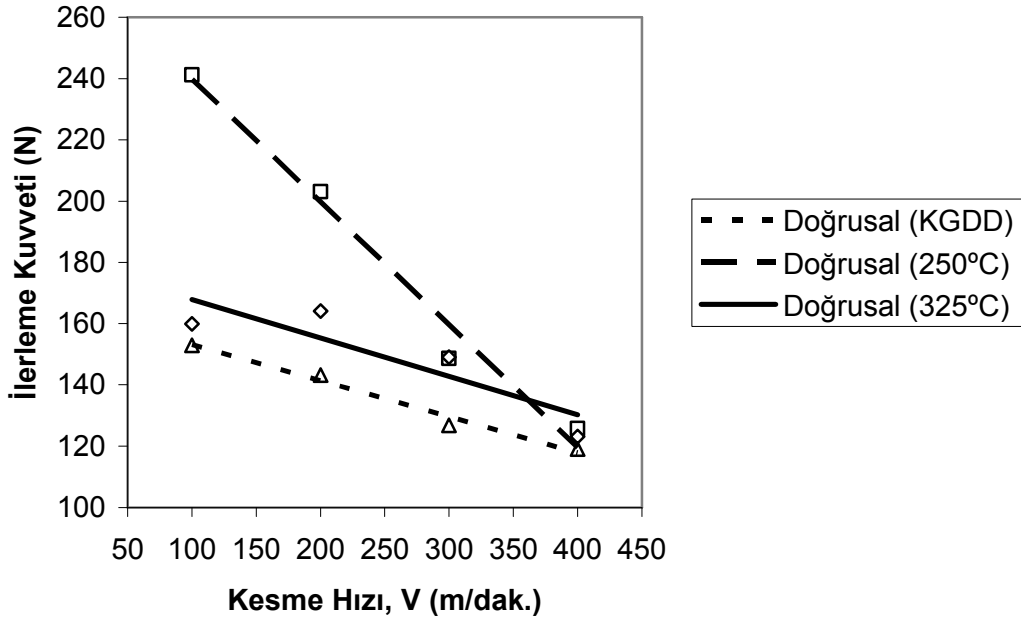
Kesme hızının artmasıyla birlikte kesme kuvvetlerinin de azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni ise kesme hızının artması ile kesme sıcaklığının artması ve takım talaş uzunluğunun kısalmaya başlamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum bir çok metalin kesilmesinde aynıdır. Kesme kuvvetindeki bu düşüş kesme hızındaki artış ile 250 °C östemperlenmiş malzeme için daha çok göze çarpmaktadır.



Şekil 6.3 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin CBN takım ile işlenmesinde meydana gelen asıl kesme kuvveti – kesme hızı grafiği.

CBN takımlar ile talaş kaldırma esnasında zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetleri grafiklerinden yararlanılarak KGDD ve ÖKGDD numunelerin işlenmesinde elde edilen ilerleme kuvvetlerine ait grafikleri Şekil 6.4 de verilmiştir.

250 °C' de östemperlenmiş iş parçası için ($V < 300$ m/dk) düşük kesme hızlarında ilerleme kuvveti asıl kesme kuvvetinden daha büyük olduğu görülmüştür. Benzer olay lamel grafitli dökme demirlerde görülmüştür (Trent and Wright 2000) ve özellikle 100 m/dk kadar düşük seçilen kesme hızlarında Radyal kuvvet esas kesme kuvvetinden çok yüksektir (Zhou et al. 2004).

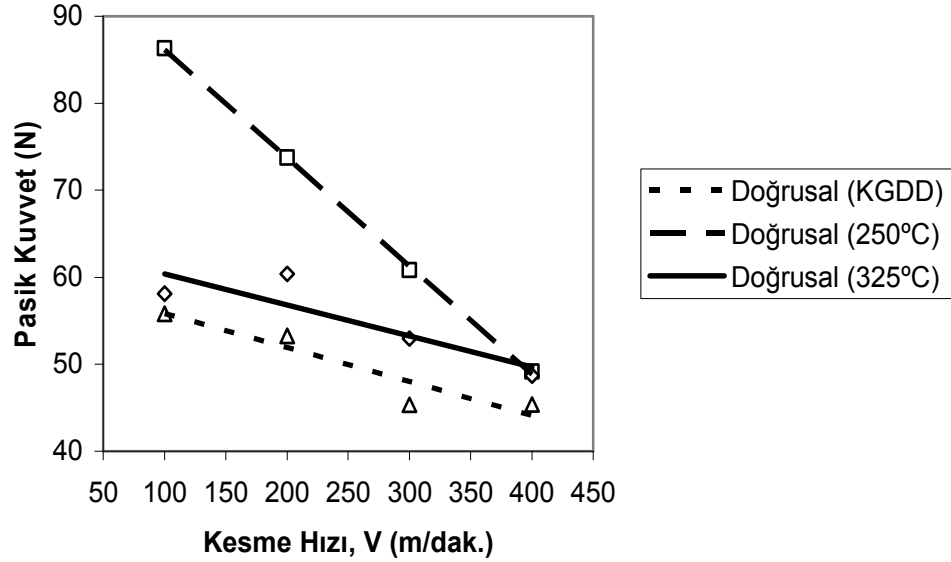


Şekil 6.4 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin CBN takım ile işlenmesinde meydana gelen ilerleme kuvveti – kesme hızı grafiği.

CBN takımlar ile talaş kaldırma esnasında zamana bağlı ölçülen kesme kuvvetleri grafiklerinden yararlanılarak KGDD ve ÖKGDD numunelerin işlenmesinde elde edilen pasif kesme kuvvetlerine ait grafikleri Şekil 6.5 de verilmiştir.

Kesme hızının artmasıyla birlikte Pasif kesme kuvveti de azalmakta ve elde edilen pasif kesme kuvvetleri asıl kesme kuvvetinden yaklaşık 100N daha düşüktür. Asıl kesme ve ilerleme kuvvetlerinde olduğu gibi maksimum kesme kuvveti 250°C de östemperlenmiş iş malzemesinde elde edilmiştir.

V=400m/dak için ilerleme ve pasif kesme kuvvetleri kesme hızından bağımsızlar diyebiliriz.



Şekil 6.5 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin CBN takım ile işlenmesinde meydana gelen pasif kuvvet – kesme hızı grafiği.

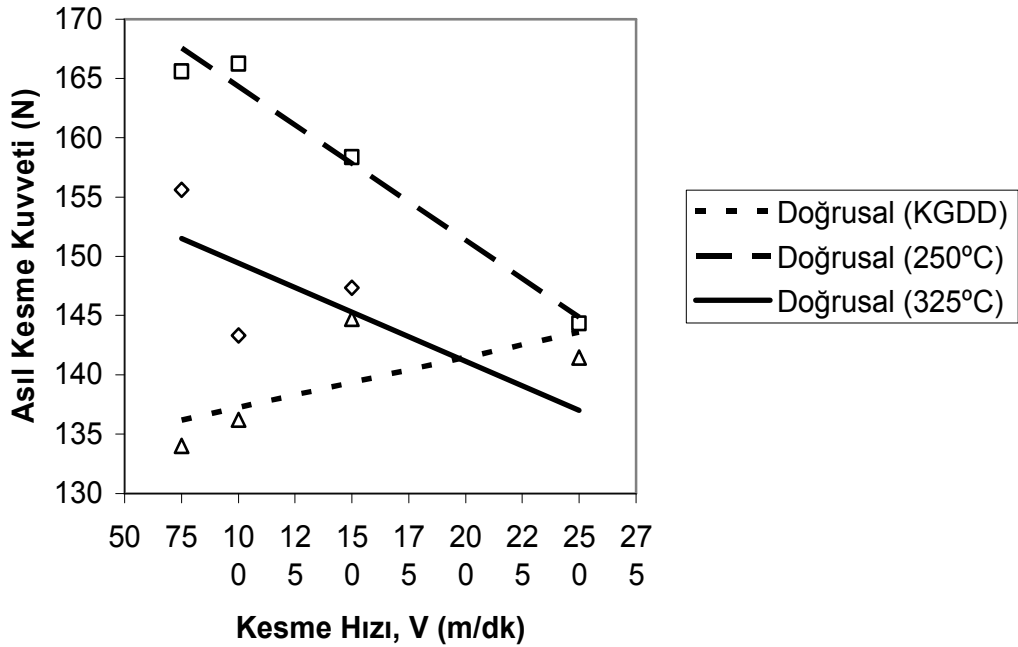
6.1.2 Sementit Karbür Kesici Takımlar için Kesme Kuvvetlerinin Analizi

Sementit karbür takımlar ile östemperlenmiş ve östemperlenmemiş malzemeleri kesme sırasında kesme işlemi sırasında takım üzerinde meydana gelen asıl kesme kuvvetlerine ait grafikleri Şekil 6.6 de görülmektedir.

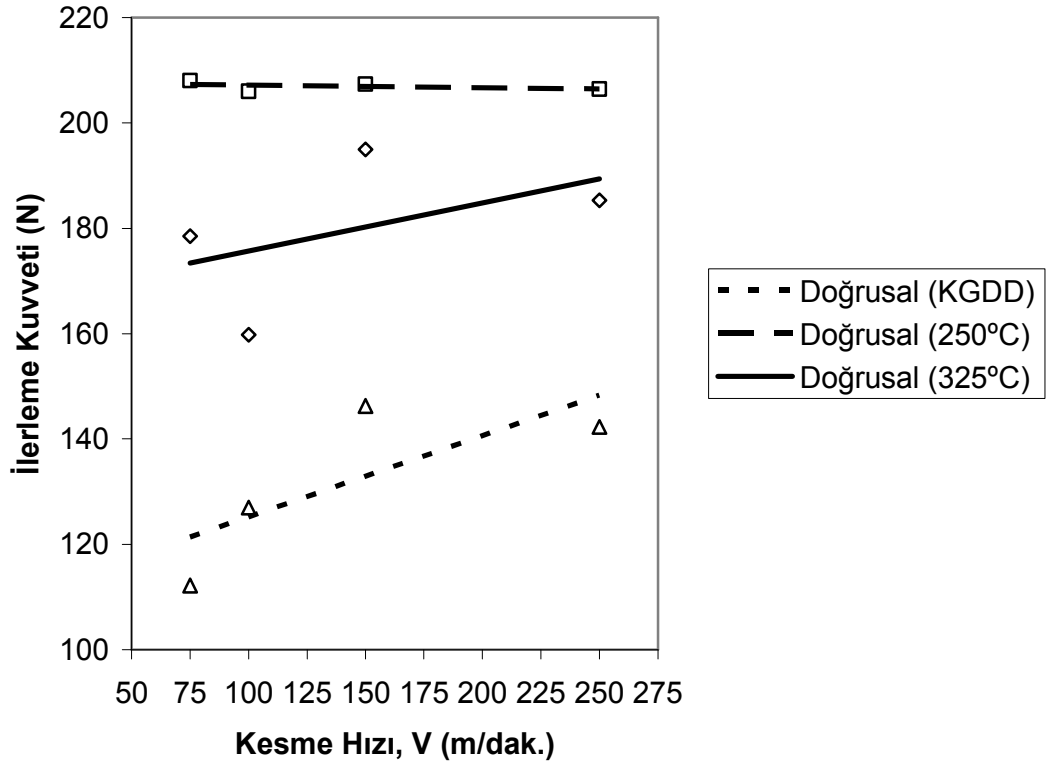
Sementit karbür takım ile talaş kaldırma esnasında kesme hızı arttıkça asıl kesme kuvvetlerinin değişkenlik gösterdiği grafiklerden anlaşılmaktadır. Grafikte en düşük kesme kuvvetine sahip malzemenin KGDD olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi KGDD' nin östemperlenmiş numunelere göre daha düşük mekanik özelliklere ve daha farklı mikro yapıya sahip olmasıdır. 250°C' de östemperlenmiş numuneye ait kesme kuvvetlerinde kesme hızı arttıkça bir azalma meydana gelmektedir. Bu

durum CBN takımlarla talaş kaldırırken meydana gelen kesme kuvvetlerinde de görülmüştü.

Sementit karbür ile yapılan kesme deneylerinde 250°C de östemperlenmiş malzeme ile KGDD artan kesme hızıyla lineer bir değişim gösterirken, 325°C de östemperlenmiş iş malzemesi kararsız bir yapı sergilemiştir. Bunun en iyi örneği Şekil 6.6 ve 6.7 de verilmiştir. Bunun da nedeni; bu östemperleme sıcaklığının alt beynit ile üst beynit arasındaki geçiş sıcaklığına ço yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

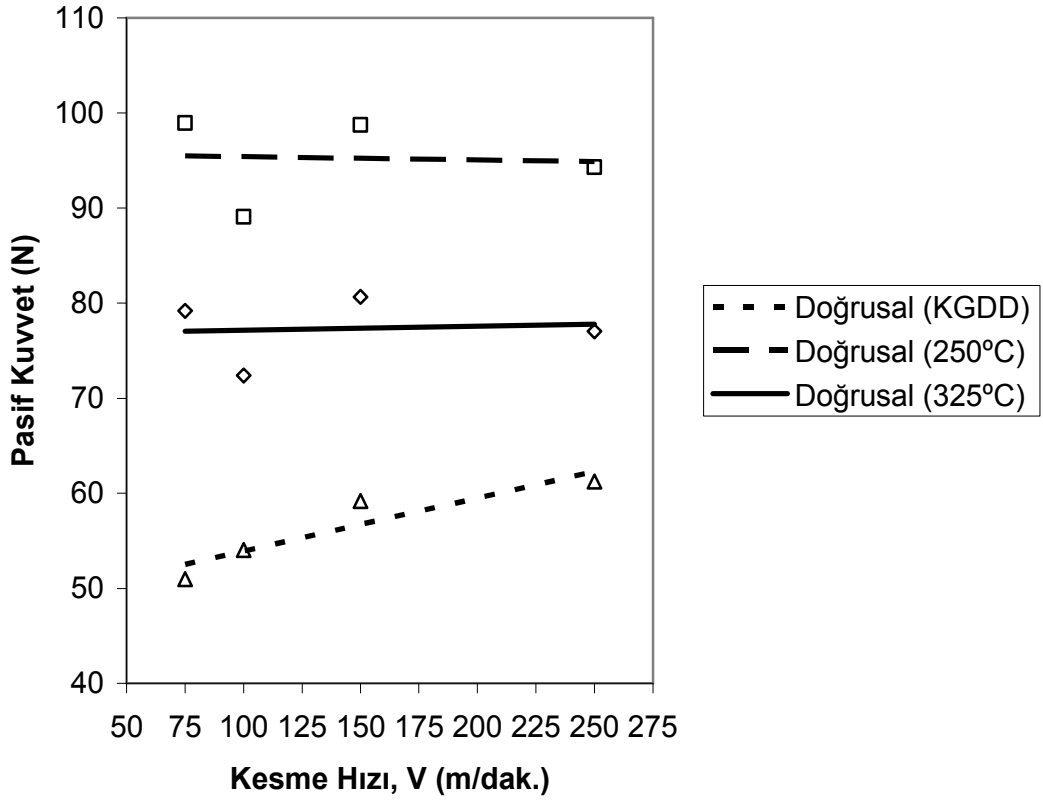


Şekil 6.6 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin Sementit karbür takım ile işlenmesinde meydana gelen asıl kesme kuvveti – kesme hızı grafiği.



Şekil 6.7 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin Sementit karbür takım ile işlenmesinde meydana gelen ilerleme kuvveti – kesme hızı grafiği.

Sementit karbür ile yapılan kesme işlemlerinde özellikle 250°C de östemperlenen iş malzemesinin ait ilerleme ve pasif kuvvet değerleri kesme hızının artmasına karşın önemli bir değişim göstermektedir. Bununla birlikte KGDD malzeme için elde edilen her üç kesme kuvveti değeri artan kesme hızıyla birlikte azda olsa bir artma eğilimi göstermektedir. Literatürde aynı takım için farklı kesme hızlarında yapılmış başka bir çalışmaya rastlanmadığı için, karşılaştırma imkanı bulunamamıştır. Farklı kesme hızları için yapılacak ilave deneylerle bunun nedeni daha da iyi anlaşılacaktır.



Şekil 6.8 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin Sementit karbür takım ile işlenmesinde meydana gelen pasif kesme kuvveti – kesme hızı grafiği.

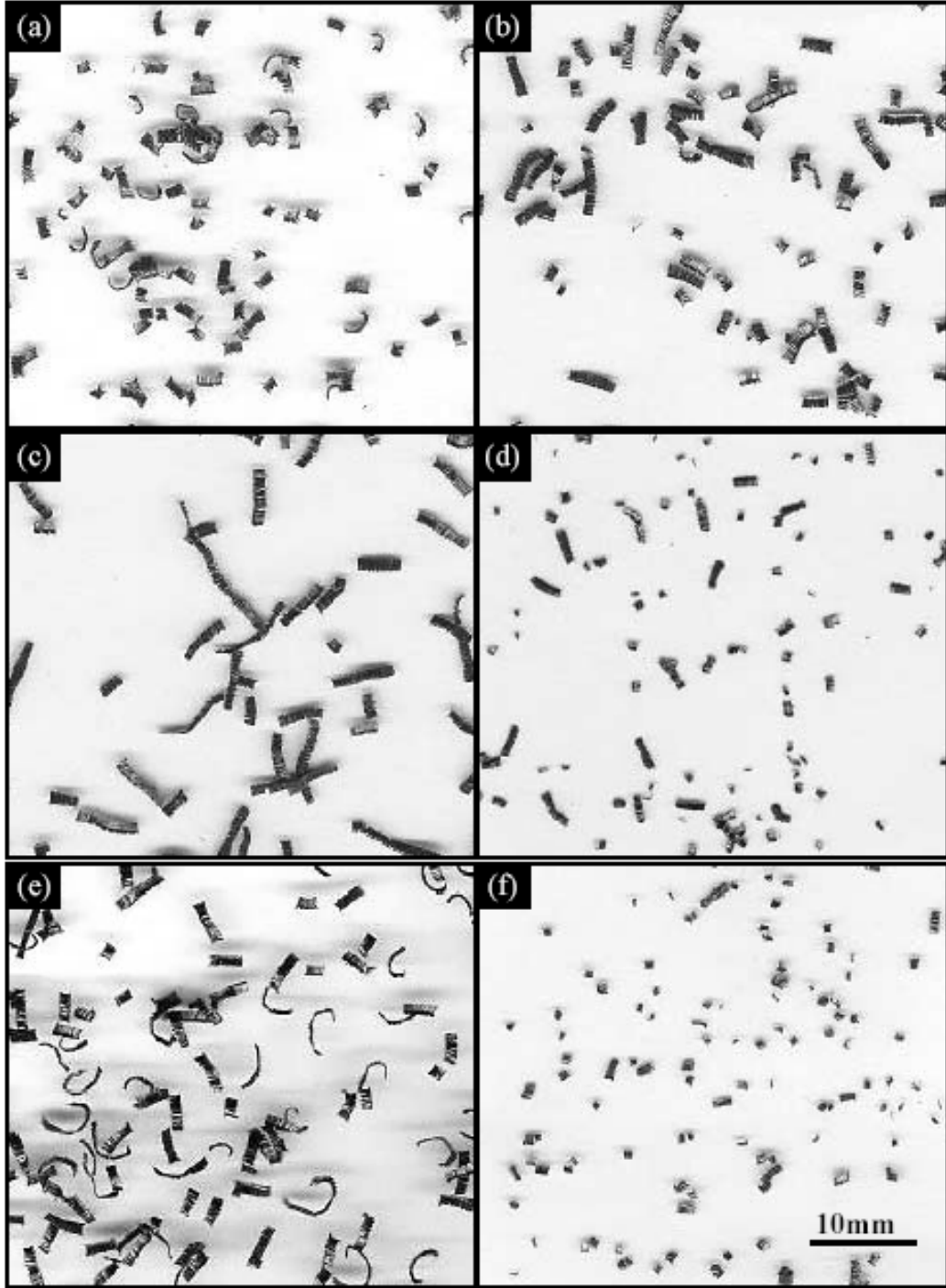
6.2 Kesme Hızının Talaş Oluşumu Üzerindeki Etkisi

Talaş kaldırma esnasında meydana gelen talaş şekli işleme parametreleri ve malzemenin mekanik özellikleriyle doğrudan etkilenmektedir. Talaşın şekli, seçilen kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme değeriyle değiştiği yapılan bir çok çalışmada ortaya konmuştur. Talaş kaldırma sırasında ne çok uzun nede toz şeklinde talaş arzu edilen talaş biçimi değildir. Bu nedenle işlenen malzeme türüne bağlı olarak uygun talaş biçimini elde etmek için optimum kesme parametreleri belirlenmelidir. Çünkü aşırı uzun talaşlar kesme esnasında iş parçasına ve aynaya dolanmak suretiyle hem tezgah açısından hem de işlenen yüzey kalitesi açısından zararlı olabilir.

Bu çalışmada CBN ve sementit karbür takım için her kesme hızında elde edilen talaş şekilleri toplanarak, östeperlemenin ve kesme hızının talaş

oluşum biçimleri üzerindeki etkisi anlaşılmaya çalışılmıştır. Şekil 6.9 da CBN için 6.10 da ise sementit karbür için elde edilen talaş biçimleri verilmiştir. Her iki şekilden de görüldüğü üzere genellikle kopuk talaş şekli elde edilmiştir. Şekil 6.9 da ösemperleme sıcaklığının talaş şekli üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Çünkü KGDD malzeme için yarı kopuk ve kıvrımlı talaş elde edilirken, 250°C de östemperlenmiş iş malzemesinde kısa ve yaklaşık 1mm genişliğe sahip şerit talaşlar elde edilmiştir. Kesme hızının dört kat artmasıyla birlikte, talaş şekli daha da küçülmekte ve toz talaş şeklini almaktadır.

- 1-Birbiriyle kabaca bağlı olan sıkı kıvrımlı yarı-sürekli talaş Şekil 6.9(a) ve (e)
- 2-1mm genişliğe sahip kısa şeritli talaş Şekil 6.9(b) ve (c)
- 3- Kırık talaş Şekil 6.9(d) ve (f)

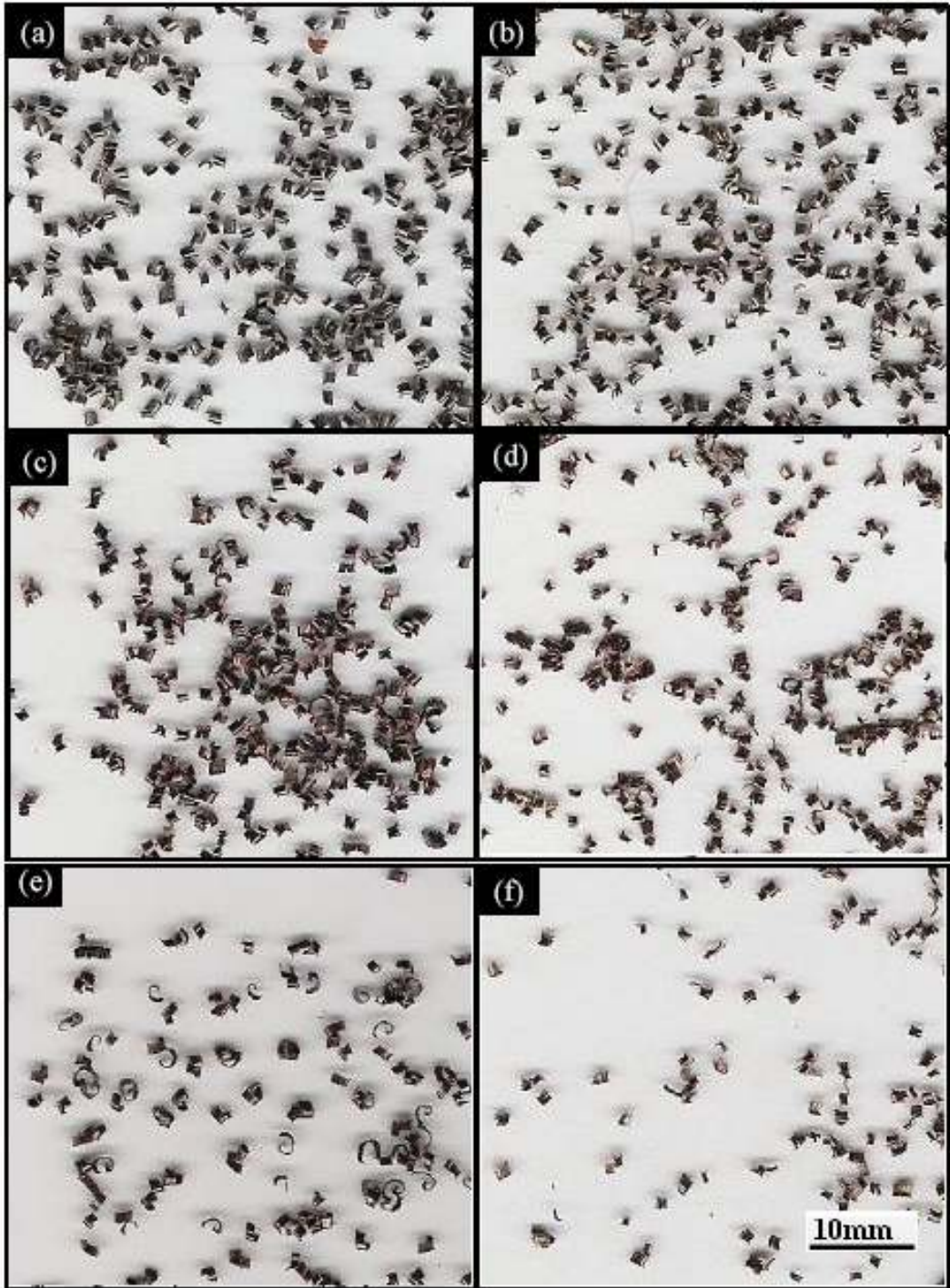


Şekil 6.9 CBN takım için östemperleme sıcaklığı ve kesme hızının talaş oluşumu üzerindeki etkisi, a) KGDD, $V_c = 100\text{m/min}$, b) KGDD, $V_c = 400\text{m/dk}$, c) 250°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 100\text{m/dk}$, d) 250°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 400\text{m/min}$, e) 325°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 100\text{m/min}$, f) 325°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 400\text{m/dk}$

Deneylerde kesme esnasında elde edilen talaş biçimleri genel olarak kopuklu talaş biçimidir. Genelde kopuklu talaş döküm ve pirinç gibi gevrek yapıya sahip malzemelerde görülmektedir. Malzeme gevrek olduğunda şekillendirilmesi zor olacaktır. Yani talaş daha birinci deformasyon bölgesinde kırılacaktır. Böylelikle takım talaş temas boyu azalacak, takım üzerine gelen yük hafifleyecektir. Aynı zamanda kesme hızının artması da takım talaş ara yüzündeki sıcaklığı artıracak böylece talaş çabuk kopacaktır.

Sementit Karbür takımlar ile talaş kaldırma esnasında CBN takımlar kadar kesme hızının talaş oluşum biçimleri üzerinde çok belirgin etkisi olmamıştır. Sementit Karbür takımlarla talaş kaldırma esnasında üç farklı talaş biçimi gözlemlenmiştir:

- 1- Kapak kavisli talaş Şekil 6.10(a), (b), (c) ve (d)
- 2- Kırık talaş Şekil 6.10 (f)
- 3- Birbiriyle kabaca bağlı olan sıkı kıvrımlı yarı-sürekli talaş Şekil 6.10 (e)

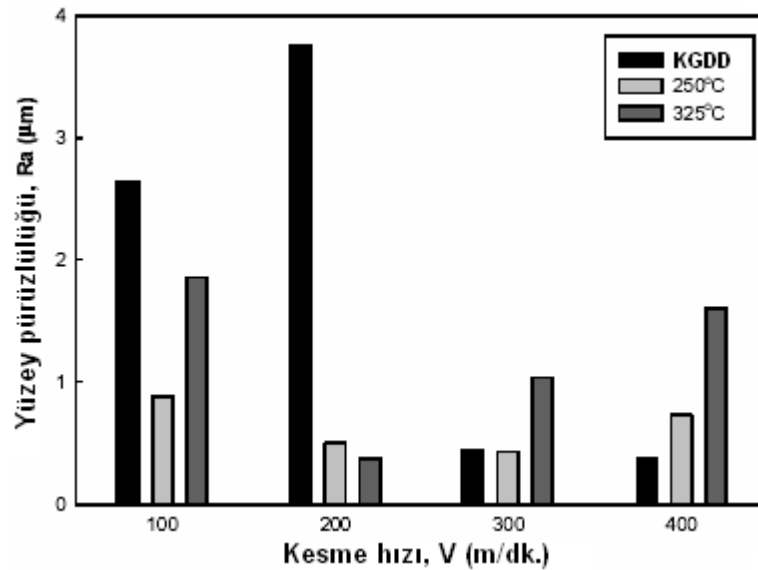


Şekil 6.10 Semente karbür takım için östemperleme sıcaklığı ve kesme hızının talaş oluşumu üzerindeki etkisi, a) KGDD, $V_c = 75\text{m/dk}$, b) KGDD, $V_c = 250\text{m/dk}$, c) 250°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 75\text{m/dk}$, d) 250°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 250\text{m/min}$, e) 325°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 75\text{m/dk}$, f) 325°C ' de östemperlenmiş, $V_c = 250\text{m/dk}$.

CBN takımlarla kesme esnasında Sementit karbüre göre değişken talaş biçimleri elde edilmiştir. CBN ile kesme esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin kesme hızı arttıkça bir azalma eğilimi sergiledikleri görülmektedir. Bu durum takım talaş temas boyunu azaltıp, talaşın kopuklu olarak çıkmasını sağlamaktadır. Şekil 6.9 da görüldüğü gibi $V_c=100\text{m/dk.}$ kesme hızında meydana gelen talaşlar, $V_c=400\text{m/dk.}$ da meydana gelen talaşlardan daha uzun ve kıvrımlı bir biçime sahiptir. Bunun yanı sıra Sementit karbür takım ile kesme esnasında kesme esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinde kesme hızının artması ile çok fazla bir değişme gözlenmemiştir. Kesme boyunca takım talaş temas boyu aynı kaldığı söylenebilir. Bu durumda oluşacak talaş biçimlerinde kesme boyunca benzerlik gösterdiği düşünülmektedir.

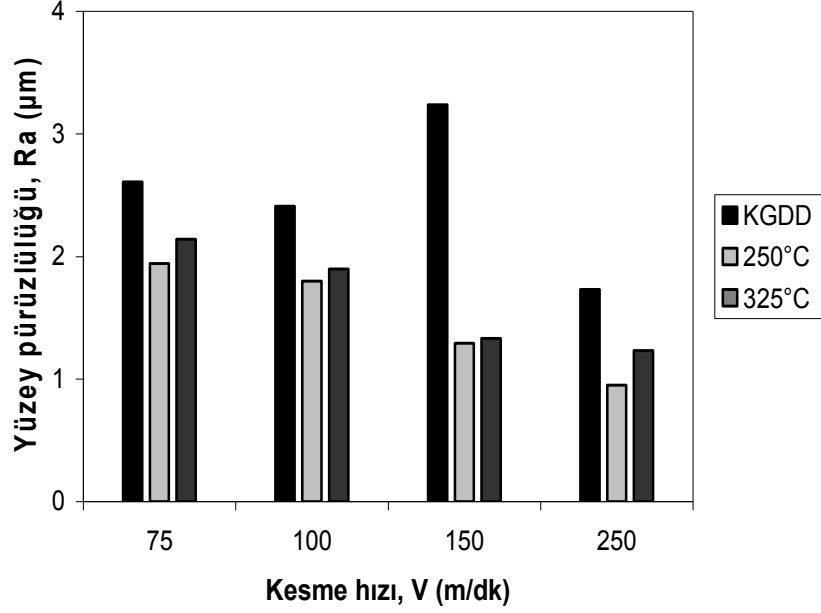
6.3 Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

KGDD ve ÖKGDD numunelerin CBN takım ile işlenmesi neticesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri Şekil 6.11 de görülmektedir



Şekil 6.11 KGDD, 250°C ve 350°C numunelerin, CBN takım ile işlenmesi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

KGDD ve ÖKGDD numunelerin Sementit karbür takım ile işlenmesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiğe dökülmüş hali Şekil 6.12 de görülmektedir



Şekil 6.12 KGDD, 250°C ve 325°C numunelerin, Sementit karbür takım ile işlenmesi sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

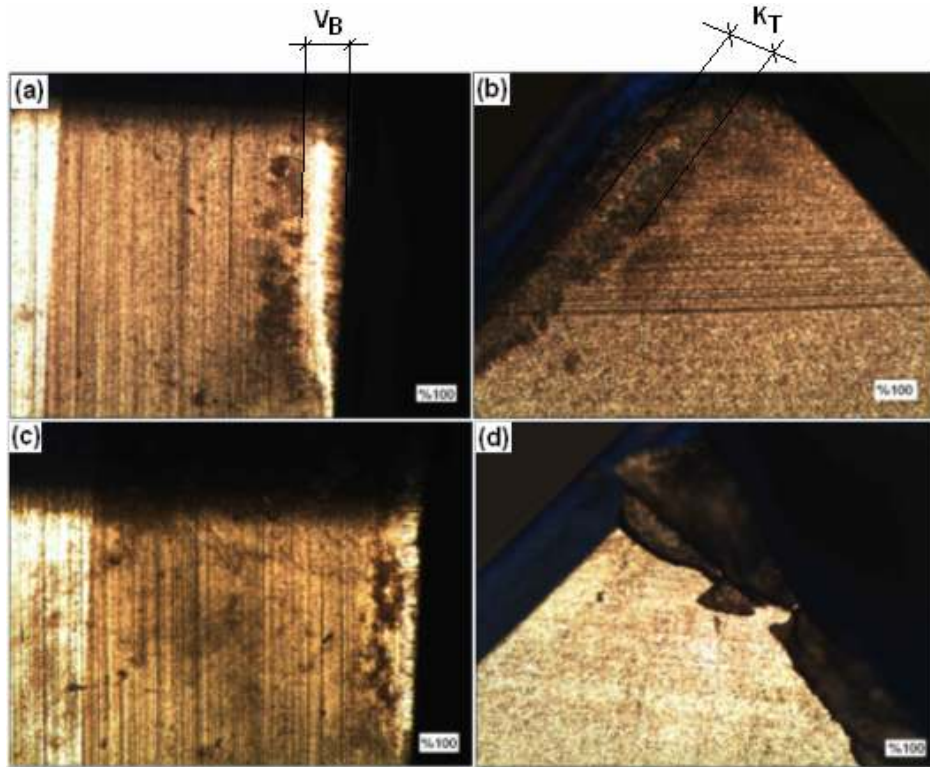
250°C östemperleme sıcaklığına ait numunelerin işleme sonrası, yüzey pürüzlülük değerlerinin daha küçük çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum yüzey kalitesinin daha iyi olduğuna işaret etmektedir. Yüzey kalitesinin en düşük olduğu malzeme ise KGDD malzemelerdir. Bu durum malzemelerinin mekanik özellikleri ile ilişkilidir. Azalan östemperleme sıcaklığı, malzemelerin mekanik özelliklerini arttırmakta dolayısıyla malzemenin sertliği artmaktadır. Sertliği artan malzemelerin işlenmesi esnasında daha hassas yüzeyler elde edildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca yüksek kesme hızlarında daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. CBN takımlar, yüzey pürüzlülüğü bakımından düşük kesme hızlarında ($V < 300$ m/dk), KGDD malzemelerin işlenmesi için uygun değildir. Östemperlenmiş malzemelerin işlenmesinde elde edilen yüzey kalitesi, KGDD malzemelerin işlenmesindeki yüzey kalitesinden çok daha iyidir. Östemperleme işlemi, daha iyi yüzey kalitesinin elde edilmesine neden

olmaktadır. Daha önce yapılan bir çalışmada (Şeker vd. 2005) östemperleme işleminin işlenen yüzey kalitesinin artmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Bununla birlikte östemperlenmiş numuneler CBN takımlar ile işlendiğinde Sementit Karbür takımlara göre daha iyi yüzey kalitesi elde edilir.

6.4 Kesici Takımda Meydana Gelen Aşınma Tipleri

Kesme deneyleri sırasında kesici takımlarda farklı kesme hızlarında yanak aşınması, krater aşınması ve BUE talaş sıvanması ve ucun kırılması gibi takım hasarları meydana gelmiştir. CBN kesici takımda gözlenen takım hasarları Şekil 6.13 de verilmiştir. 6.13 de verilen hasar tipleri $V=400\text{m/dak}$ kesme hızında işleme sırasında gözlemlenmiştir.



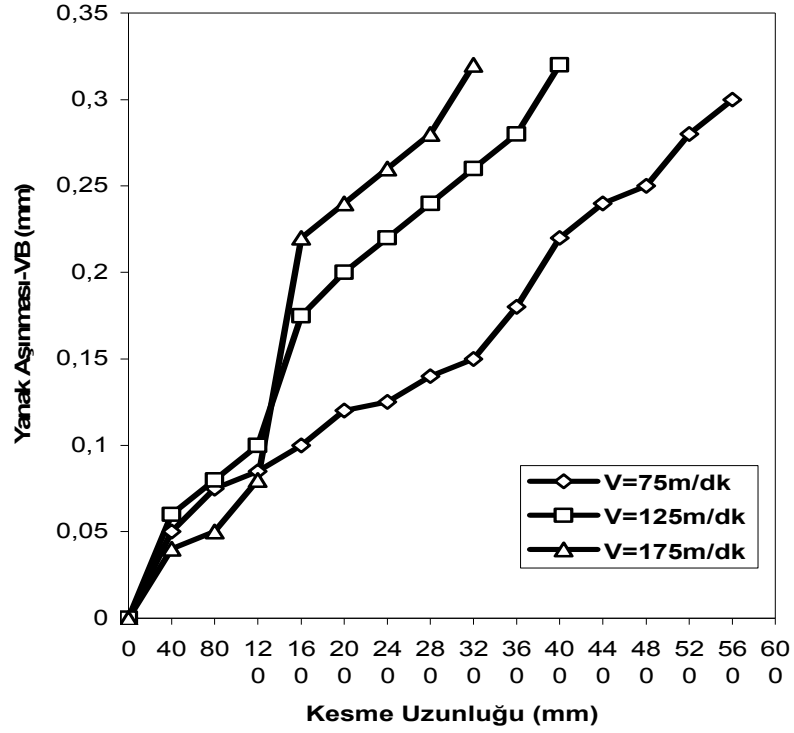
Şekil 6.13 CBN takımlarla kesme kuvvetleri ölçümü esnasında meydana gelen aşınma tipleri, (a)yanak aşınması, (b) krater aşınması, (c) BUE, (d) ucun kırılması.

Kesme esnasında takım belirli bir süre sonra mutlaka aşınacaktır. Takım talaş yüzeyinde sürekli bir kesmeden dolayı takım-talaş ara yüzündeki sürtünme takım aşınmasında önemli bir faktördür. Artan sürtünme katsayısı takımda yan yüzey yanak aşınmasına neden olur. Şekil 6.13 (a) da bir yanak aşınması görülmektedir. Maksimum takım ömrü için önemli olan, optimum kesme şartlarını sağlamaktır. Şekil 6.13 (c) de görülen takımda BUE talaş sıvanması görülmektedir. Düşük süneklik değeri genellikle olumludur. Talaş oluşumu bir avantajdır ve enerji verimli bir talaş kaldırma yöntemi söz konusudur. Düşük süneklik yüksek sertlikle oluşur ve bunun tersi yüksek süneklik, düşük sertlik demektir. İyi işlenebilirlik, genellikle sertlik ve süneklik arasındaki bir uzlaşma noktasındadır (Aşkun 2001). BUE genellikle sünek malzemeleri işleme esnasında ve düşük kesme hızlarında meydana gelmektedir. Bu kesici takım da KGDD malzemesinin işlenmesinde kullanılmıştır. KGDD malzemenin sertliği diğerlerinden daha düşük olduğuna göre sünekliği fazladır. BUE oluşma ihtimali diğer takımlara nazaran daha fazladır.

Yüksek sıcaklık ve yüksek kesme gerilmeleri altında talaş yüzeyinde bir süre sonra çukurlaşma şeklinde hasarlar oluşur. Bu hasarlar krater aşınması olarak adlandırılır. Krater aşınması, kesme kenarına dik olarak kraterin kesit alanının ölçümü ile değerlendirilebilir. Krater aşınması, difüzyon ve plastik deformasyonun etkisi altında sürekli bir şekilde artarak devam ederse kesici kenarın zayıflamasına neden olur. Şekil 6.13 (b) de KGDD malzemenin 400m/dak kesme hızıyla işlenmesi sürecinde meydana gelen krater aşınması verilmiştir. Bazı durumlarda Şekil 6.13 (d) de görüldüğü gibi kesici takıma etkiyen aşırı kesme kuvvetleri sonunda kırılmaya maruz kalır. Bu durum genelde kesintili ve titreşimli kesme durumlarında ortaya çıkmaktadır.

6.5 Sementit Karbür Takımlarda Takım Ömrü Analizi

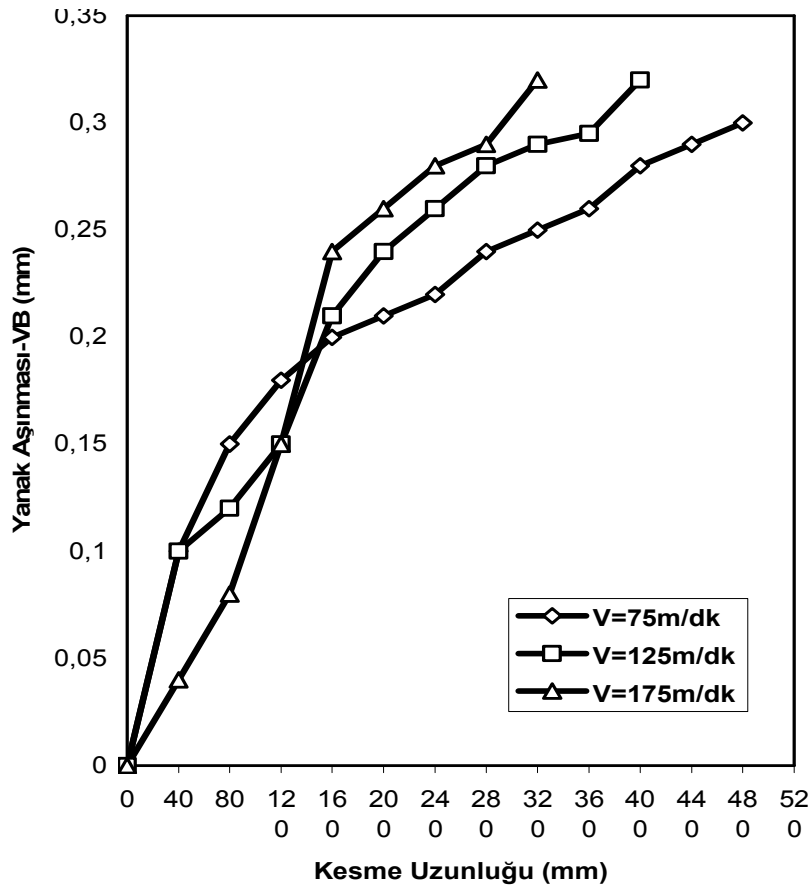
Şekil 6.14 de KGDD malzeme için kesme uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen yanak aşınması değerleri verilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, ilk 120mm lik kesme mesafesinde her üç kesme hızı için elde edilen aşınma değerlerinde büyük bir fark yoktur. Fakat 120mm den sonra kesme hızlarına karşılık gelen aşınma değerleri oldukça farklılık kazanmaktadır. $V=75\text{m/dk}$ için elde edilen kesme mesafesi 560mm iken kesme hızı yaklaşık %233 arttırıldığında, kesme mesafesi yaklaşık %57 azalmaktadır. Bununla birlikte $V=175\text{m/dk}$ için 120mm den sonra aşınma daha hızlı bir seyir izlemektedir.



Şekil 6.14 Sementit karbür takım ile KGDD malzemesinden üç farklı kesme hızında talaş kaldırma esnasında kesme uzunluğu-yanak aşınması grafiği.

Şekil 6.15 de 325°C de östemperlenmiş malzeme için kesme uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen yanak aşınması değerleri verilmiştir.

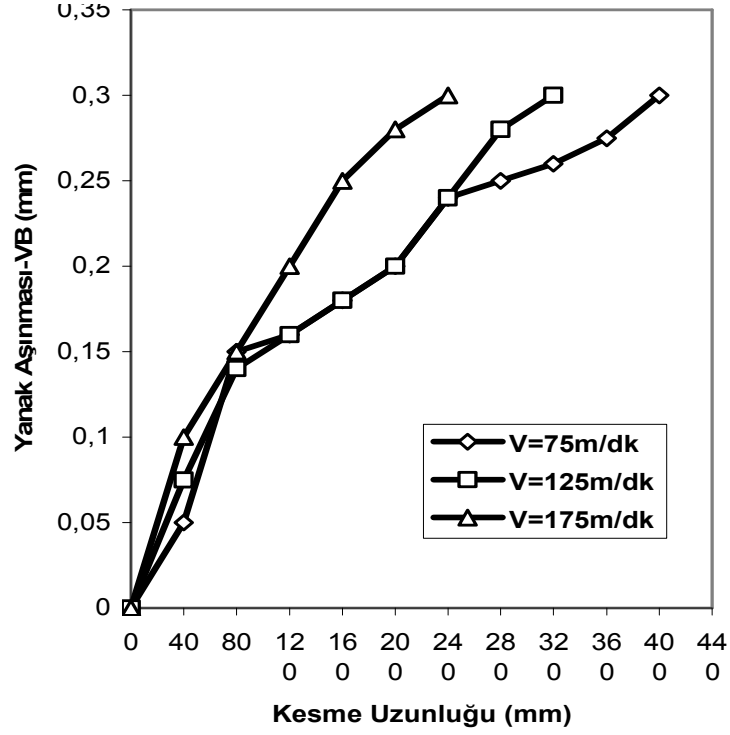
V=175m/dak kesme hızı ile işleme sırasında takım yüzeyinde meydana gelen aşınma daha hızlı bir seyir izlemektedir. Buna karşın, V=75m/dak ve V=125m/dak için elde edilen VB değerleri ilk 160mm lik kesme mesafesinde benzer bir seyir izlemekte. KGDD malzemesinde 120mm den sonra kesme hızları arasında büyük farklılıklar meydana gelirken, 325°C de östemperlenmiş iş malzemesinde bu değer 160mm ve kesme hızları arasındaki fark çokta belirgin değil.



Şekil 6.15 Sementit karbür takım ile 325°C de östemperlenmiş malzemenin işlenmesi sonucunda elde edilen üç farklı kesme uzunluğu-yanak aşınması grafiği.

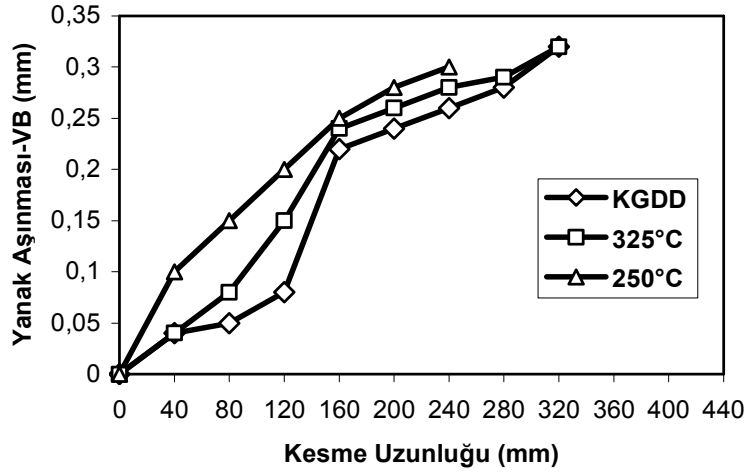
Şekil 6.16 de 250°C de östemperlenmiş malzeme için kesme uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen yanak aşınması değerleri verilmiştir. Şekilde görüleceği üzere, ilk 80mm lik kesme mesafesinde her üç kesme hızı için elde edilen aşınma değerlerinde büyük bir fark yoktur. Fakat 80mm den

sonra kesme hızlarına karşılık gelen aşınma değerleri oldukça farklılık kazanmaktadır. $V=75\text{m/dak}$ ile 125m/dak kesme hızlarına sahip aşınma değerlerinde 240mm ye kadar aynı değişim görülmektedir.



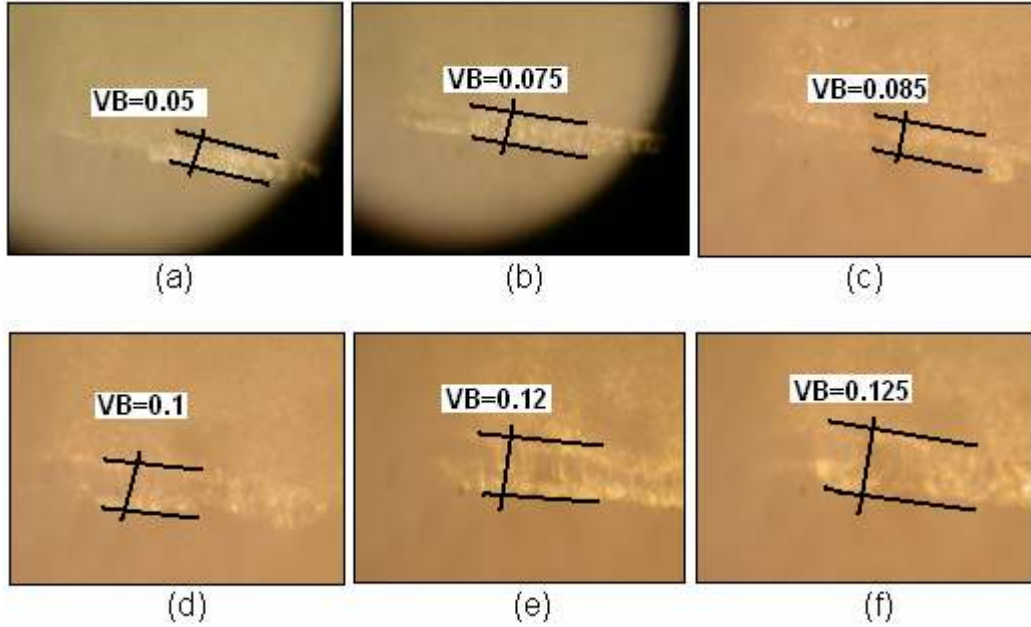
Şekil 6.16 Sementit karbür takım ile 250°C de östemperlenmiş malzemenin işlenmesi sonucunda elde edilen üç farklı kesme uzunluğu-yanak aşınması grafiği.

Şekil 6.17 de farklı malzemelerin aynı kesme hızı kullanarak smentit karbür takımıyla kesilmesi sonucunda elde edilen yanak aşınma değerleri verilmiştir. 250°C de östemperlenmiş iş malzemesi daha iyi mekanik özelliklerine sahip olması nedeniyle takımda daha çabuk bir aşınmaya neden olmaktadır. Örneğin 120 mm lik kesme mesafesinde 250°C de östemperlenen malzemeyi işlerken yanak aşınma değeri $VB=0.21\text{mm}$ iken KGDD malzeme bu değer 0.075mm dir. Bununla birlikte ilk 160mm lik kesme sırasında her bir iş malzemesi için elde edilen aşınma değerleri arasındaki fark, 160mm den sonra elde edilen farktan oldukça büyüktür.



Şekil 6.17 Sementit karbür takım ile üç farklı sıcaklıkta östemperlenmiş malzemenin işlenmesi sonucunda $V=175\text{m/dk}$ kesme hızı için elde edilen kesme uzunluğu-yanak aşınması grafiği.

Ayrıca KGDD' in sementit karbür takım ile sabit kesme hızında ($V=75\text{m/dk}$) işlenmesinde her 40mm' de bir takımda medya gelen yanak aşınmalarına ait fotoğraflar Şekil 6.18 de görülmektedir.



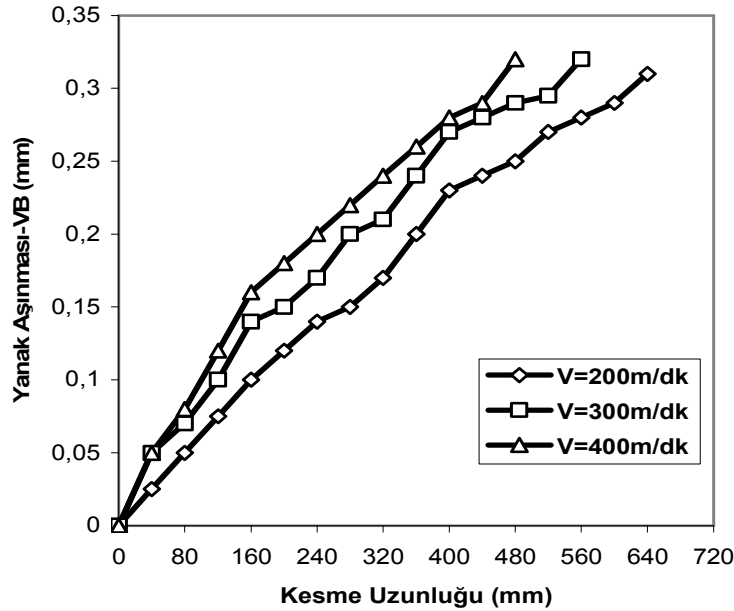
Şekil 6.18 KGDD' nin Sementit Karbür ile işlenmesinde her 40mm' de meydana gelen aşınmaların resimleri, (a) $L=40\text{mm}$, (b) $L=80\text{mm}$, (c) $L=120\text{mm}$, (d) $L=160\text{mm}$, (e) $L=180\text{mm}$, (f) $L=240\text{mm}$

6.6 CBN Takımlarda Takım Ömrü Analizi

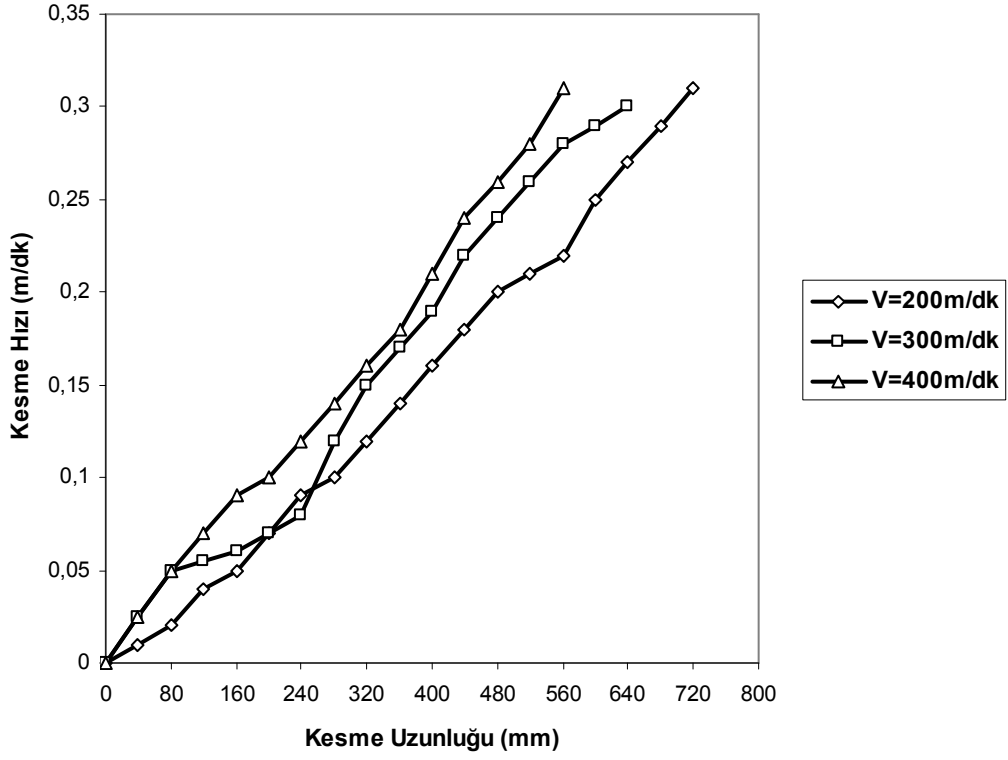
Her iş parçası malzemesi için üç farklı kesme hızında CBN kesici takımlar kullanarak aşınma testleri yapılmıştır.

Şekil 6.19 da KGDD malzemesinin $V=200, 300, 400\text{m/dak}$ kesme hızlarında elde edilen yan yüzey yanak aşınma değerleri verilmiştir. Benzer şekilde 250°C de ve 325°C de östemperlenen iş parçası malzemeleri için elde edilen kesme uzunluğu – yanak aşınma grafikleri Şekil 6.20 ve 6.21 de verilmiştir.

KGDD için elde edilen kesme uzunluğu – yanak aşınması grafiği Şekil 6.20 ve 6.21 ile kıyaslandığında, aşınma parabolik şekilde meydana gelmektedir. Oysa 250°C ve 325°C de östemperlenen malzemeler için elde edilen aşınma lineer bir seyir izlemekte ve aşınma daha hızlı meydana gelmektedir.

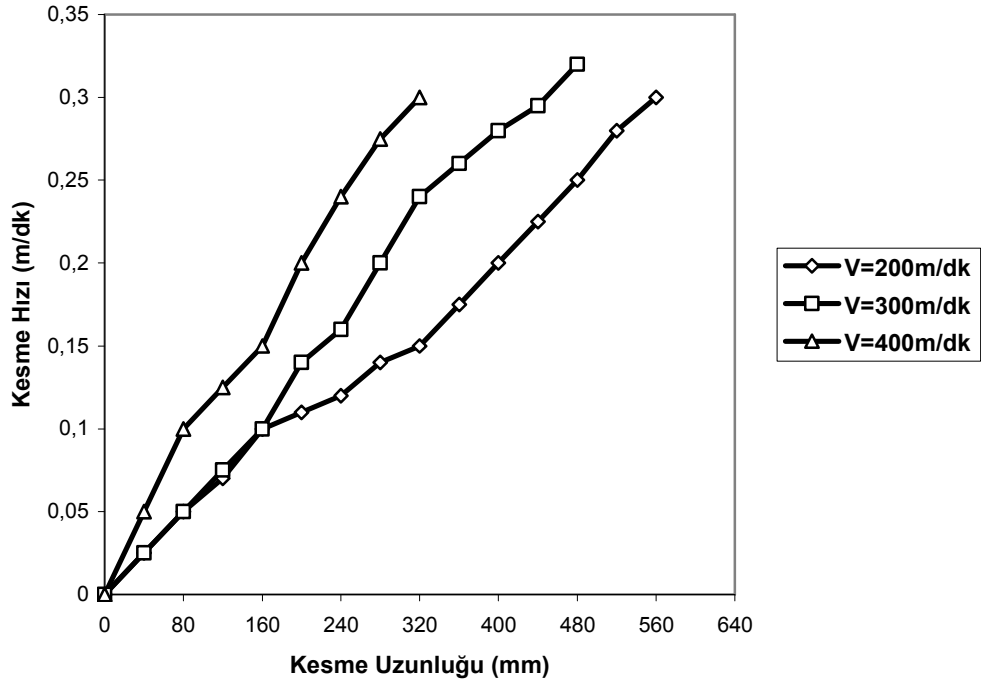


Şekil 6.19 KGDD malzemesinin üç farklı kesme hızında işlenmesiyle CBN takımında meydana gelen yanak aşınmasının kesme uzaklığıyla değişimi.



Şekil 6.20 325°C de östemperlenmiş malzemenin üç farklı kesme hızında işlenmesiyle CBN takımında meydana gelen yanak aşınmasının kesme uzaklığıyla değişimi

Şekil 6.21 de 250°C de östemperlenen iş parçası malzemesinde kesme hızları arasındaki fark daha da belirgin olarak görülmektedir. Özellikle V=400m/dak lık kesme hızında yanak aşınması diğer kesme hızlarında elde edilen yanak aşınmasından çok daha hızlı olarak gerçekleşmektedir.



Şekil 6.21 250°C de östemperlenmiş malzemenin üç farklı kesme hızında işlenmesiyle CBN takımında meydana gelen yanak aşınmasının kesme uzaklığıyla değişimi

6.7 Taylor Teoremine göre Takım Ömür Analizi

Taylor tarafından 1900 lü yıllarda ortaya konulan çalışmalardan birisi de kesme parametrelerinin ve takım malzemesinin takım ömrü üzerindeki etkisi ve takım ömrünü tespitiye yönelik uygulanabilir ampirik ifadeler ortaya konulan bir çalışmadır. Bunlar içerisinde en önemlisi ve günümüzde en çok kullanılanı ise Taylor takım ömrü teoremidir. Bu teoreme göre kesme hızı ile Takım ömrü arasındaki ifade aşağıda ki gibi verildiği 4. bölümde de verilmiştir.

$$V \cdot T^n = C = \text{Sabit} \quad (6.1)$$

$$V_1 T_1^n = V_2 T_2^n \quad (6.2)$$

Bu eşitlikte; n: Takım üssünü göstermekte olup verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. Yine burada V: Kesme hızı, T: Takım ömrü ve C ise sabittir.

Takım ile kesme işlemi süresi ise aşağıdaki işleme zamanı formülü ile elde edilmektedir.

$$T = L \cdot i / n \cdot s \quad (6.3)$$

T= Takım ömrü (dk)

L= İşleme boyu (mm)

n= Devir sayısı (dev/dak)

i= Paso sayısı

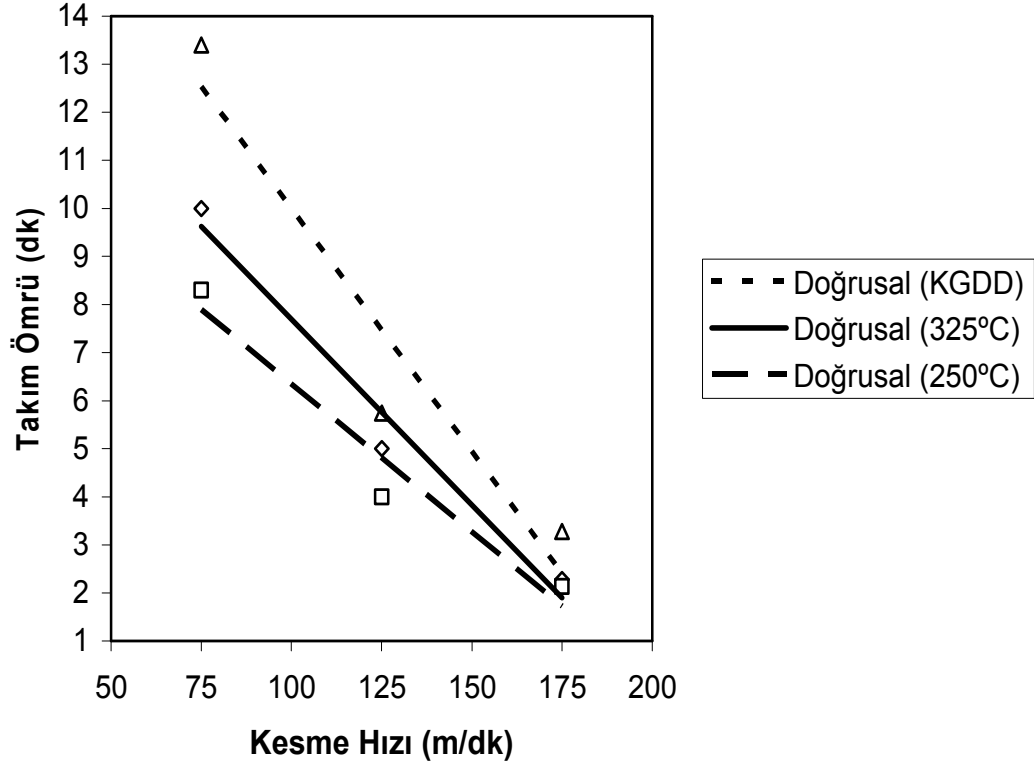
f= İlerleme (mm/dev)

Takım ömürlerini hesaplamak için ilk olarak kesme uzunluğu-yanak aşınması grafiklerinden her farklı kesme hızı için, $V_B=0.3$ yanak aşınması değerinde takımın körlendiği kabul edilmektedir. Bu değere tekabül eden kesme uzunluğu hesaba katılarak 6.3 deki formül ile işleme zamanı hesaplanmaktadır. Daha sonra 3 farklı kesme hızı ve 3 farklı takım ömrü için 6.3 bağıntısından n(takım üssü) değeri hesaplanmaktadır. Son olarak 6.1 bağıntısı ile C sabiti ve Taylor denklemi elde edilmektedir. KGDD iş malzemesini kesme sonrası 3 farklı kesme hızı ve 3 farklı takım ömrü $V \cdot T^n = C$ bağıntısından elde edilen Taylor denklemi 6.4 de görünmektedir.

$$75 \cdot 13.4^{0.6} = 356 \quad (6.4)$$

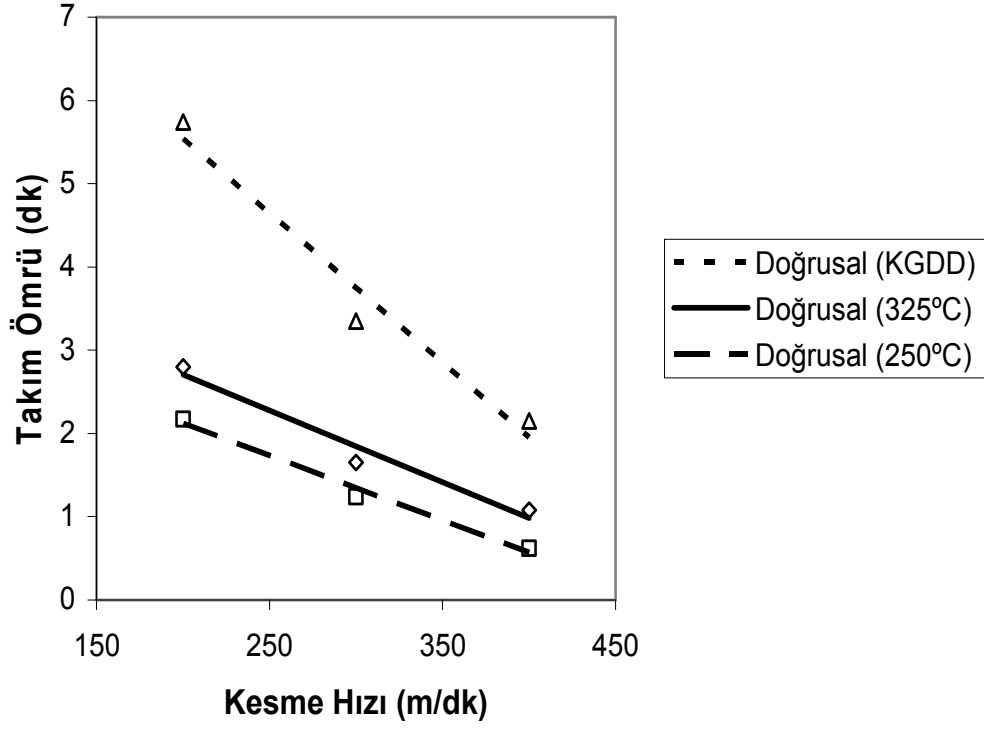
Şekil 6.22 de sementit karbür takım için kesme hızı-takım ömrü grafikleri görülmektedir. Sementit karbür takımlar ile kesme işleminde en iyi takım ömrünün 13.4dk ile $V=75\text{m/dk}$ kesme hızında KGDD malzemesini işlerken elde edildiği görülmüştür. Düşük kesme hızlarında takım-talaş ara

yüzünde daha az ısı meydana gelecektir. Düşük ısı takımı daha az aşındıracaktır.



Şekil 6.22 Sementit karbür takım için kesme işleminde Kesme hızı-Takım ömrü grafiği.

Şekil 6.23 de CBN takım için kesme hızı-takım ömrü grafikleri görülmektedir. CBN takımlar ile kesme işleminde en iyi takım ömrünün 5.74dk ile $V=200\text{m/dk}$ kesme hızında KGDD malzemesini işlerken elde edildiği görülmüştür.



Şekil 6.23 CBN takım için kesme işleminde Kesme hızı-Takım ömrü grafiği

Kesme hız arttıkça takım talaş ara yüzündeki sıcaklık ile sürtünme artacaktır. Sürtünen yüzeyler arasında ister istemez bir aşınma meydana gelecektir. Aşınan takımın kesme performansında muhakkak bir azalma görülmektedir. Bu durumda takım ömrünün azaldığını göstermektedir. Ayrıca grafikte 250°C de östemperlenmiş iş parçası için oluşan takım ömrü diğerlerine göre daha azdır. Bunun nedeni de 250°C de östemperlenmiş iş parçasının diğerlerinden daha sert olmasıdır. Sertliği fazla olan malzemeleri kesme işlemi daha zordur.

7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, perlitik yapıya sahip KGDD malzeme için iki farklı sıcaklıkta östemperleme işlemi yapılmıştır. Küresel Grafitli Dökme Demirler önce 900°C de 60 dakika sürede östenitlendikten sonra, 250°C ve 325°C de 60 dakika östemperleme yapılmıştır. İşlenebilirlik testleri için CBN (Cubic Boron Nitride) ve Sementit karbür kesici takım uçları kullanılmıştır. Belirlenen kesme şartlarında takım üzerine etkiyen kesme kuvvetleri ölçülmüş ve her bir kesme parametresi için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kaydedilmiştir. Ayrıca kesici takımların yanak aşınmaları tespit edilmiş ve Taylor teoremine göre takım ömürleri çıkartılmıştır.

- Yapılan östemperleme ısıl işlemi KGDD malzemenin mekanik özelliklerinde bir artmaya neden olduğu için genel olarak kesme kuvvetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle düşük östemperleme sıcaklıkları kesme kuvvetlerinin artmasında daha etkili olduğu söylenebilir. 325°C de östemperlenen KGDD malzeme hem kesme kuvvetlerinde hem de aşınma testlerinde çok ta kararlı bir seyir izlemediği sonucuna varılmıştır. Bunun da nedeninin bu sıcaklığın alt beynit ile üst beynit arasında geçiş sıcaklığına çok yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Artan kesme hızıyla birlikte kesme kuvvetlerinin azalması beklenir. CBN takımlarda artan kesme hızıyla birlikte hem asıl kesme kuvvetinde hem de ilerleme kuvvetinde lineer bir azalma vardır. Buna karşın, sementit karbür takımlarda artan kesme hızıyla asıl kesme kuvvetleri azalırken, ilerleme ve pasif kesme kuvvetlerinde benzer bir durumla karşılaşılmamıştır. Bunun nedeninin seçilen ilerleme değerinin fazla büyük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu ifadenin doğrulanabilmesi için farklı ilerleme değerleri baz alınarak ilave çalışmaların yapılması gerekmektedir.

- Deneyleerde 250°C östemperleme sıcaklığına ait numunelerin işlenme sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinin daha küçük çıktığı görülmektedir. Bu durum yüzey kalitesinin daha iyi olduğuna işaret etmektedir. Yüzey kalitesinin en düşük olduğu malzeme ise KGDD malzemelerdir. Bu durum malzemelerinin mekanik özellikleri ile ilişkilidir. Östemperleme sıcaklığı azaldıkça malzemelerin mekanik özellikleri dolayısı ile sertliği artmaktadır. Sertliği artan malzemelerin işlenmesi esnasında daha hassas yüzeyler elde edildiği görülmektedir. Ayrıca kesme hızının artması ile yüzey kalitesi de iyileşecektir. CBN takımlar, yüzey pürüzlülüğü bakımından düşük kesme hızlarında ($V < 300 \text{ m/dk}$), KGDD malzemelerin işlenmesi için uygun değildir. Sementit Karbür takımlar ise yüzey kalitesi bakımından östemperlenmiş malzemelerin işlenmesinde elde edilen yüzey kalitesi, KGDD malzemelerin işlenmesindeki yüzey kalitesinden çok daha yüksek kalite elde edilmiştir. Östemperleme işlemi, daha iyi yüzey kalitesine ve daha fazla kesme hızına neden olur. Östemperlenmiş numuneler CBN takımlar ile işlendiğinde Sementit Karbür takımlara göre daha iyi yüzey kalitesi elde edilmektedir.
- Deneylelerden elde ettiğimiz sonuçlara göre kesme hızının artması ile birlikte yanak aşınmasının daha fazla arttığı görülmektedir. Kesme hızının artması ile iş parçası-takım ara yüzeyinde daha fazla ısı açığa çıkaracaktır ki buda takım aşınma oranını artıracaktır. Sementit karbür takımla yapılan aşınma deneylelerinde KGDD malzeme ile ÖKGDD malzemeler arasında çokta ciddi farkların olmadığı gözlemlenmiştir. Östemperleme ile artan sertliğe rağmen, artan kesme uzunluğu ile birlikte yanak aşınma değerleri benzer bir seyir izlediği söylenebilir. Bu da östemperleme süresinin yeterli olmaması sebebiyle yapıda meydana gelen martenzitten kaynaklanıyor olabilir. Çünkü benzer bir durum daha önce yapılan bir çalışmada da (Şeker vd. 2005) gözlemlenmiştir. CBN kesici takımlarda kesme hızına bağlı olarak meydana gelen yan yüzey yanak aşınma sementit karbür takıma nazaran daha farklı bir davranış sergilemektedir. CBN takımların sementit karbüre göre daha düzenli bir aşınma izlediği görülmektedir.

Ayrıca sementit karbüre göre daha az takım ömrü sergilemektedirler. Bunun nedeni de CBN ler için daha yüksek kesme hızlarının seçilmesi düşünülebilir.

Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda hem KGDD malzemelerin hem de ÖKGDD malzemelerin işlenmesinde CBN takımlarının daha uygun olduğu söylenebilir. Bu çalışmada sementit karbür takım ile CBN takım farklı kesme parametreleri için tavsiye edildiğinden performans karşılaştırması yapılmamıştır. Her iki takım malzemesi de aynı şartlarda kesme işlemine tabi tutulmuş olsa CBN takımlarının daha fazla bir takım ömrüne sahip olacağı açıktır. Her iki malzeme türünün de işlenmesinde kaba işlemlerde Sementit karbür takım, yüzey bitirme işlemlerinde ise küçük talaş derinlikleri, düşük ilerleme değerlerinde ve yüksek kesme hızlarında CBN kesici takımlar kullanılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkurt, M., 1992, "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", Birsen Yayınevi, İstanbul
- Aşkun, Y., 2001, "Östemperlemiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi", Master Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baydoğan, M., 1996, "GGG-60 Sınıfı Küresel Grafitli Dökme Demirde Östemperleme Isıl İşleminin Çekme, Yorulma ve Aşınma Özelliklerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bevan, J.E. and Scholz, W.G., 1998, "Effects of Mo on Transformation Characteristics and Properties of High-Strength Ductile Irons", AFS Transactions, 77-70, pp.271-276.
- Çakır, M., Bayram, A., Yahya, I., Salar, B., 2005, " The effects of austempering temperature and time onto the machinability of austempered ductile iron ", Materials Science and Engineering A 407, pp.147-153
- Darwish, N. and Elliott, R., 1993, "Austempering of Low Manganese Ductile Irons Part 3: Variation of Mechanical Properties with Heat Treatment Conditions", Materials and Science Technology, Vol.9, pp.882-889
- Ding, X., Liew, W.Y.H., Liu , X.D., 2005, "Evaluation of machining performance of MMC with PCBN and PCD tools", Wear, Vol. 259, pp. 1225–1234

Elliot, R., 1988, "Cast Iron Technology ", Butterworth & Co. Ltd,
London, England.

Hasırcı, H., 2000, "Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerde
Alaşım Elementleri (Cu ve Ni) Ve Östemperleme Süresinin Mikroyapı
ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Gazi
Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karsay, S.I., 1976, "Ductile Iron" Production, Quebec Iron and
Titanium Corp., Karsay, S.I., 1976, "Ducrile Iron" Production

Kumar , A. S., Durai, A. R., 2006, Sornakumar, T., "The effect of tool wear
on tool life of alumina-based ceramic cutting tools while machining
hardened martensitic stainless steel", Journal of Materials Processing
Technology, Vol. 173, pp. 151–156

List, G., Nouari, M., Géhin, D., 2005, Gomez, S., Manaud, J.P., Le
Petitcorps, Y., Giroto, F., "Wear behaviour of cemented carbide tools
in dry machining of aluminium alloy" Wear, Vol. 259, pp. 1177–1189

Liu, J., Yamazaki, K., Ueda, H., Narutaki, N., Yamane, Y., 2002,
Machinability of Pearlitic Cast Iron With Cubic Boron Nitride (CBN)
Cutting Tools, Journal of Manufacturing Science and Engineering,
Vol. 124, pp. 820-832

Moncada, O., R. Spicacci., J. Sikora., 1998, Machinability of Austempered
Ductile Iron, AFS Transactions, Vol. 106, pp. 39-45

Nouari, M. and Molinari A.,2005, "Experimental verification of a diffusion
tool wear model using a 42CrMo4 steel with an uncoated cemented

tungsten carbide at various cutting speeds", Wear, Vol. 259 , pp. 1151–1159

Pashby, I. R., Wallbank, J., Boud, F., 1993, Ceramic Tool Wear when Machining Austempered Ductile Iron, Wear, Vol. 162, pp 22-33

Şahin, Y., 2003, "Talaş Kaldırma Prenspleri 1. Cilt", Gazi Kitabevi, Ankara.

Şeker, U., Hasırcı, H., 2005, "Evaluation of Machinability of Austempered Ductile Irons in terms of Cutting Forces and Surface Quality", Journal of Materials Processing Technology, Vol.173, pp.260-268

Şeker, U., Çiftçi, İ., Hasırcı, İ., 2002, "The effect of alloying elements on surface roughness and cutting forces during machining of ductile iron", Materials and Design, Vol. 24, pp. 47-51.

Şeker, U., 1997, "Takım Tasarımı Ders Notları", Gazi Üniversitesi, Ankara

Trent, E.M. and Wright, P.K., 2000, "Metal Cutting", fourth ed, Butterworth-Heinemann, USA

Ucun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., 2005, "Küresel Grafitli Dökme Demirin Sementit Karpid Kesici Takımlar İle Yüzey Frezeleme İşleminde Takım Aşınması", III. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, 16-17 Eylül, Konya

Yalçın, Y., 1997, "ÖKGDD Dişli Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

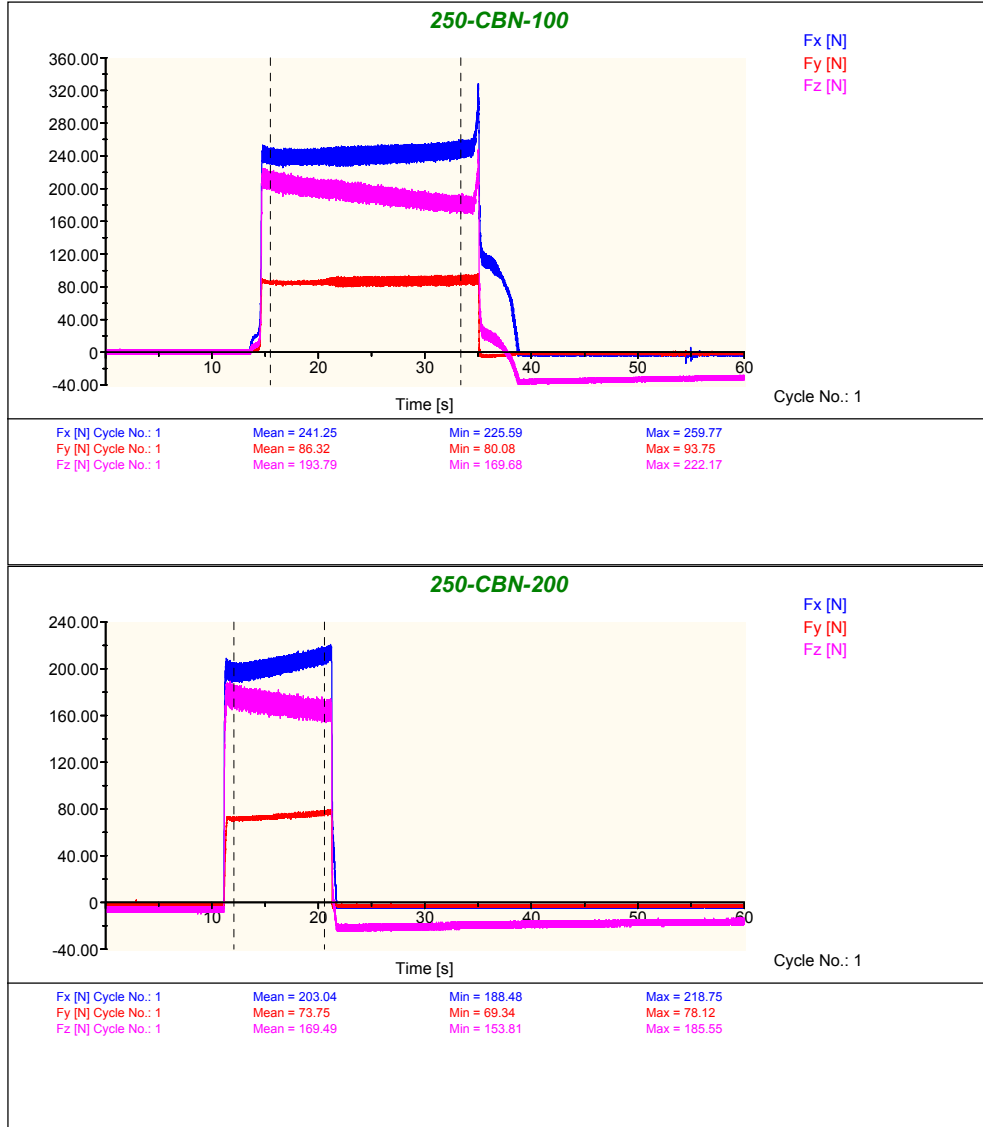
Zhou, J.M., Nilsson, A., Andersson, M., Ståhl, J.E., 2004, "Machining characteristics of novelabrasion resistant iron", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 153– 154, pp. 751–757

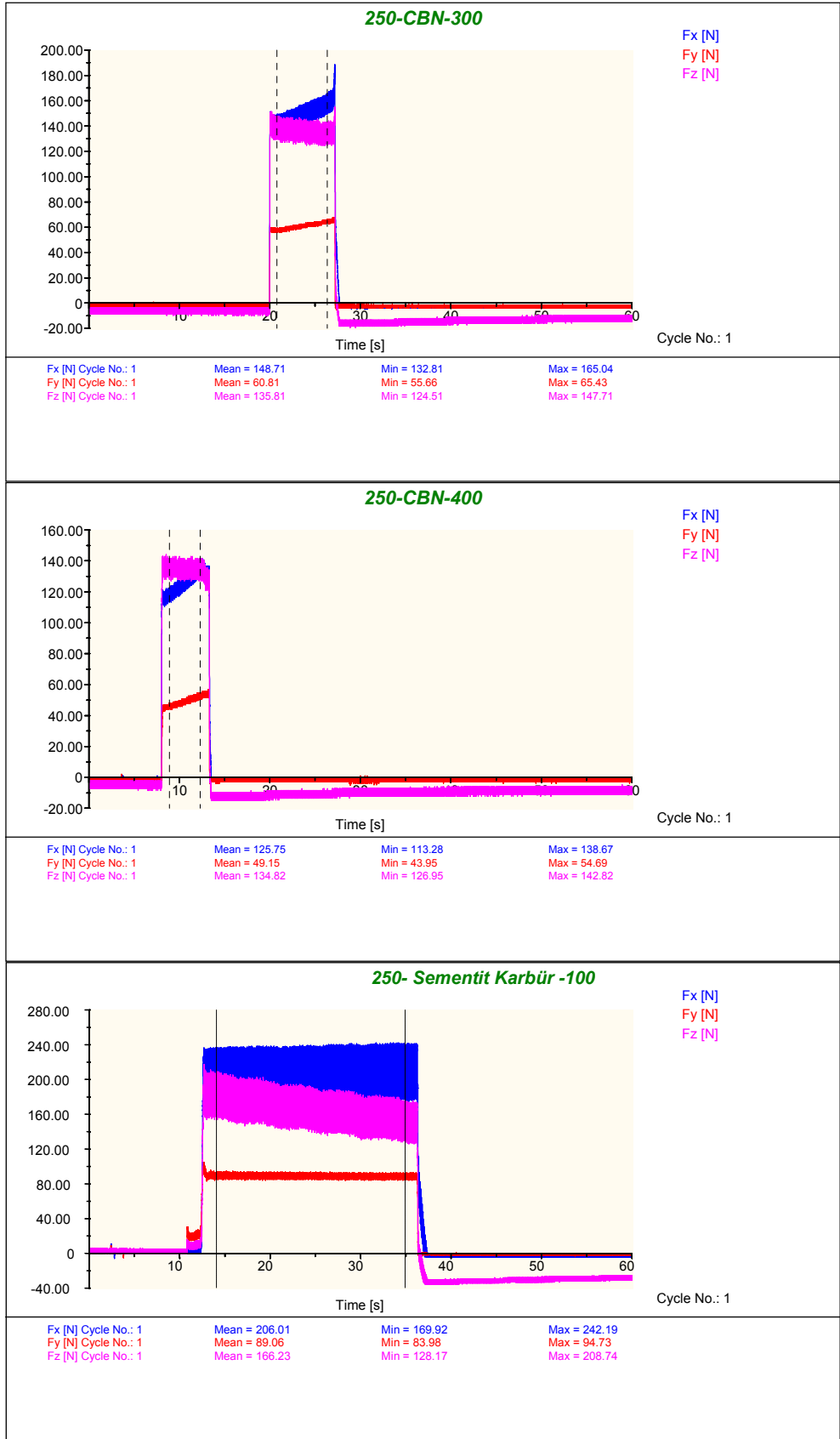
İNTERNET KAYNAKLARI

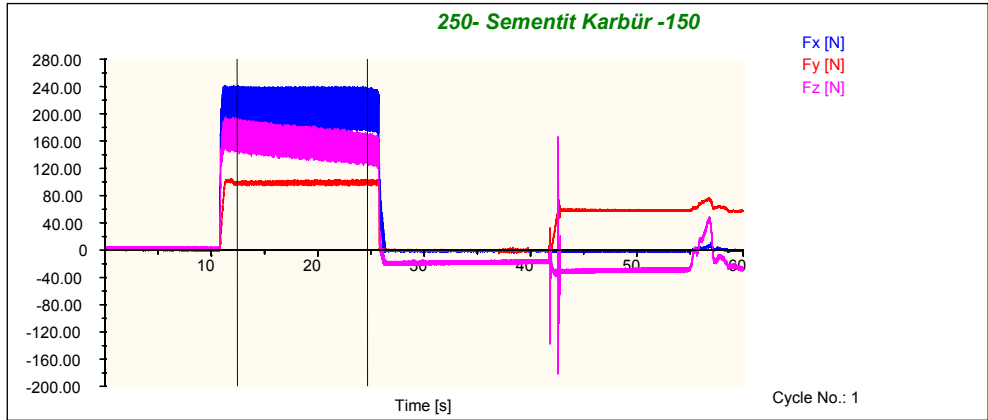
- 1- <http://www.makinamuhendisi.com/idx/8/120/article/TALALI>,
02.07.2006
- 2- <http://www.ductile.org/didata/Section6/6intro.htm#Machinability>,
02.07.2006
- 3- <http://www.istikamet.com.tr/tr/teknikbilgiler.asp>, 01.07.2006
- 4- <http://www.me.metu.edu.tr/me535/>, 05.05.2006
- 5- <http://me.queensu.ca/courses/MECH213>, 08.05.2006
- 6- <http://claymore.engineer.gvsu.edu/eod/pdf/manufact.pdf>

EKLER

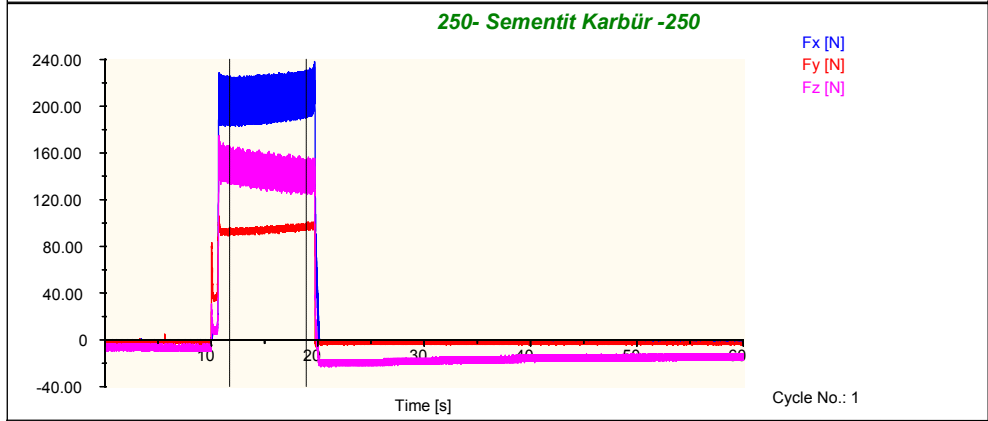
Ek 1: Zamana bağılı ölçülen kesme kuvvetleri.



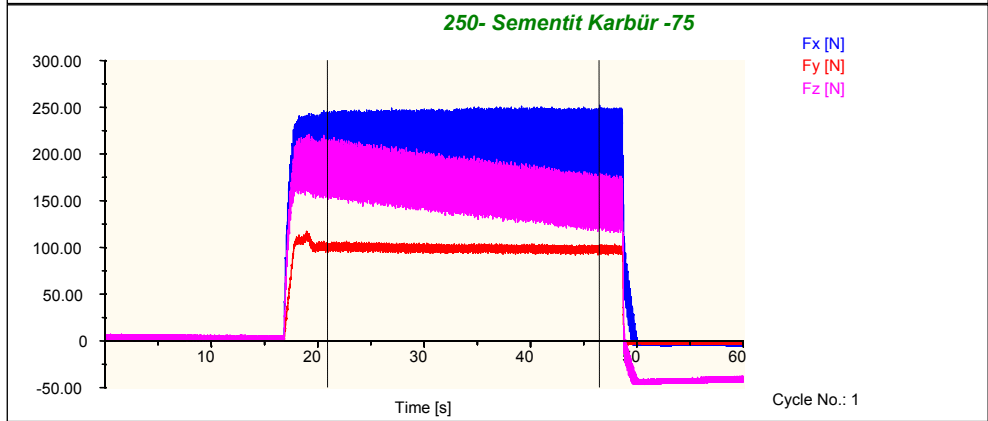




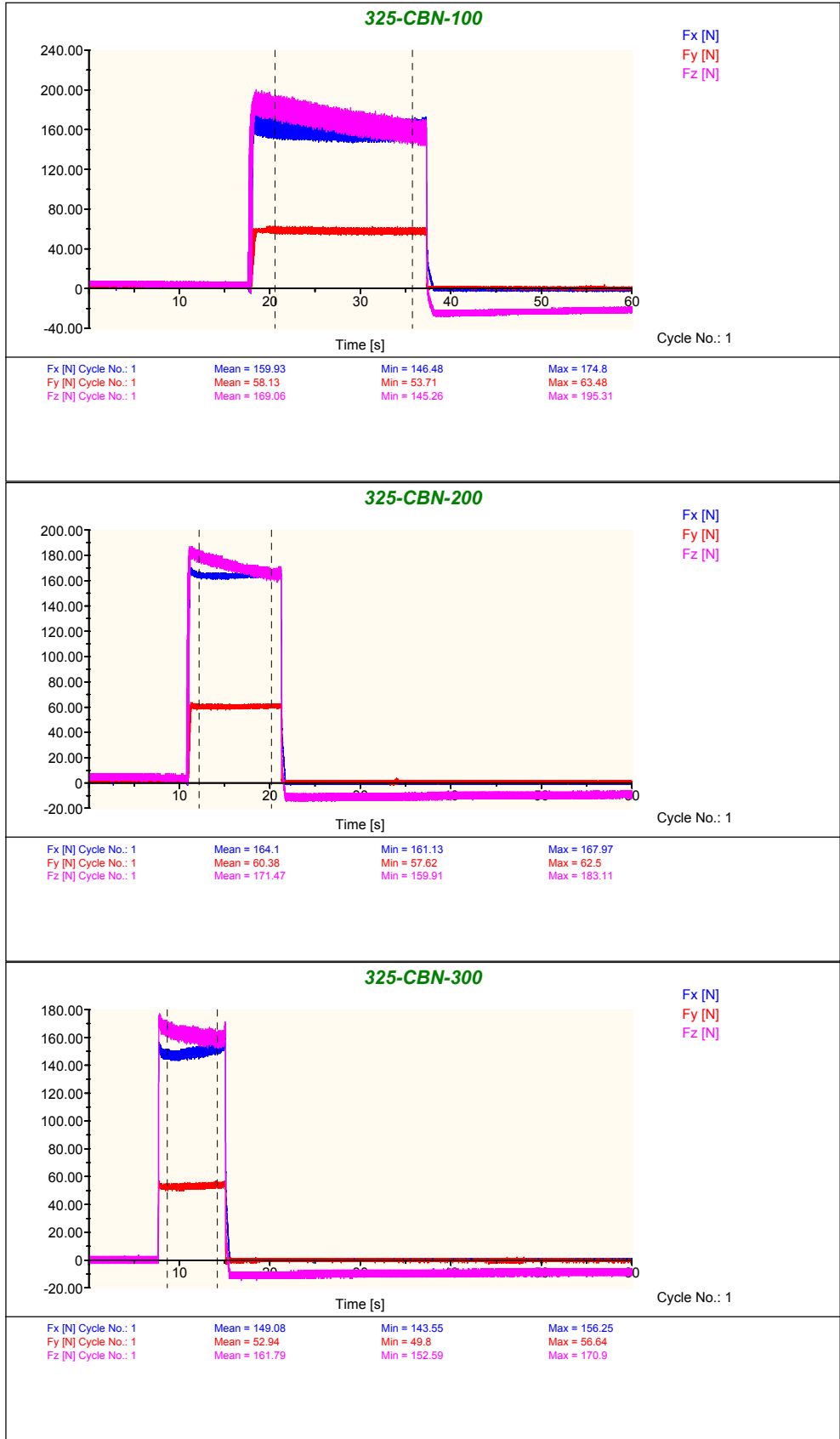
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 207.34	Min = 172.85	Max = 241.21
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 98.74	Min = 94.73	Max = 103.52
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 158.37	Min = 124.51	Max = 192.87

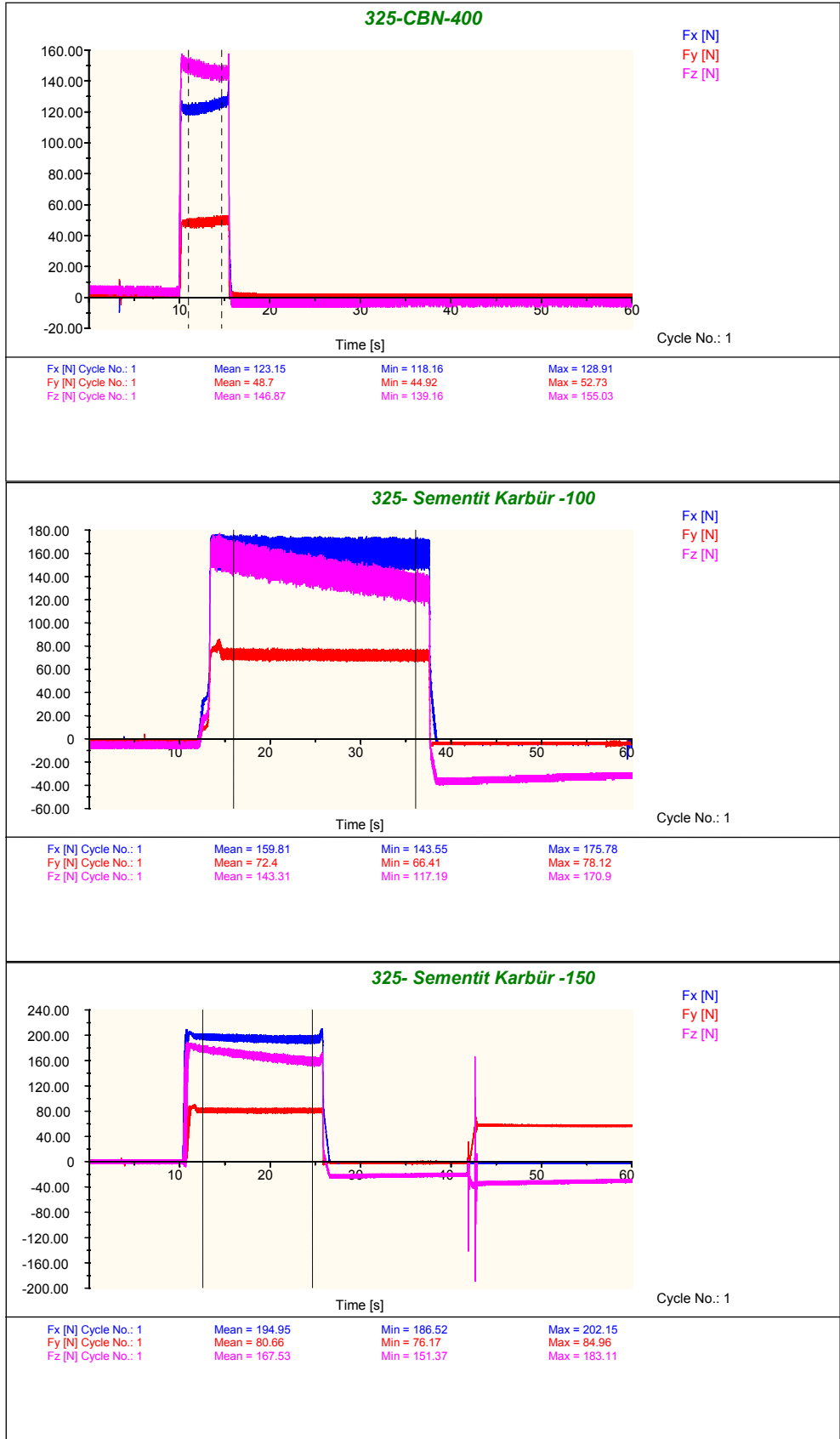


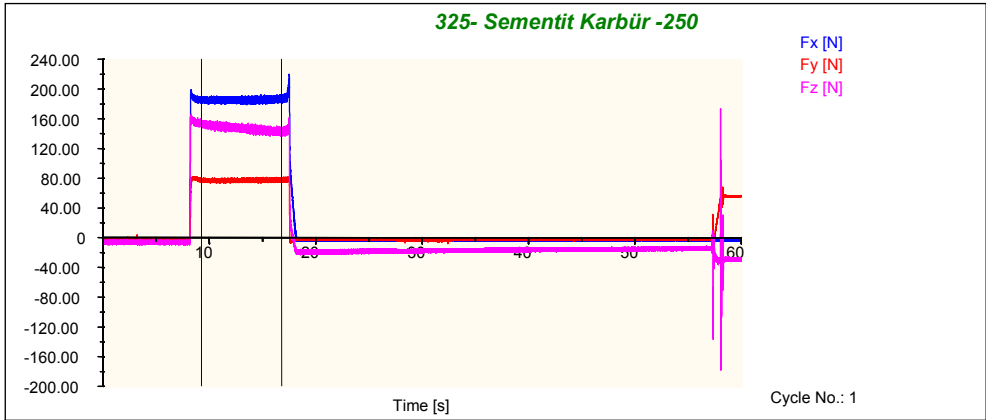
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 206.39	Min = 182.62	Max = 230.47
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 94.3	Min = 89.84	Max = 99.61
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 144.34	Min = 124.51	Max = 164.79



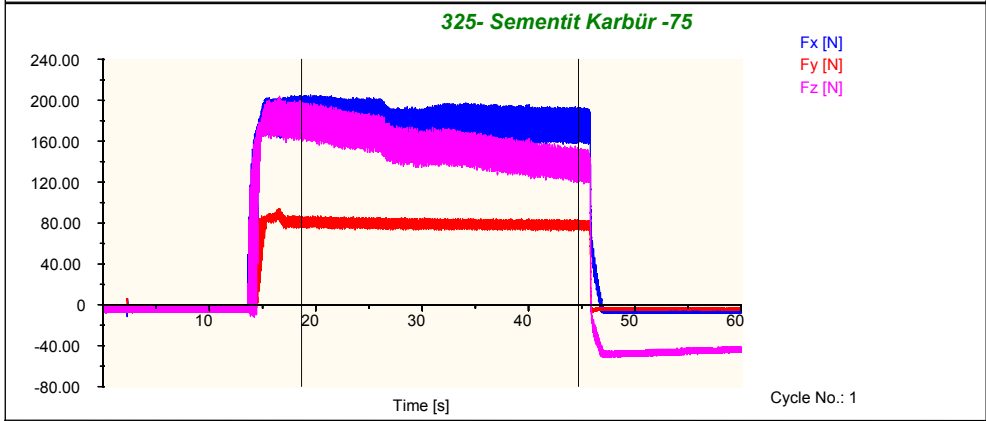
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 208.02	Min = 167.97	Max = 250.98
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 98.95	Min = 91.8	Max = 106.45
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 165.6	Min = 117.19	Max = 217.29



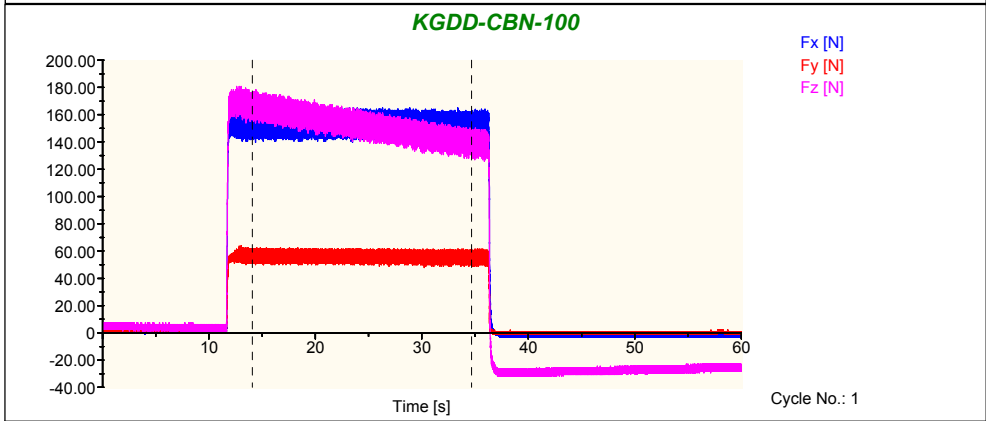




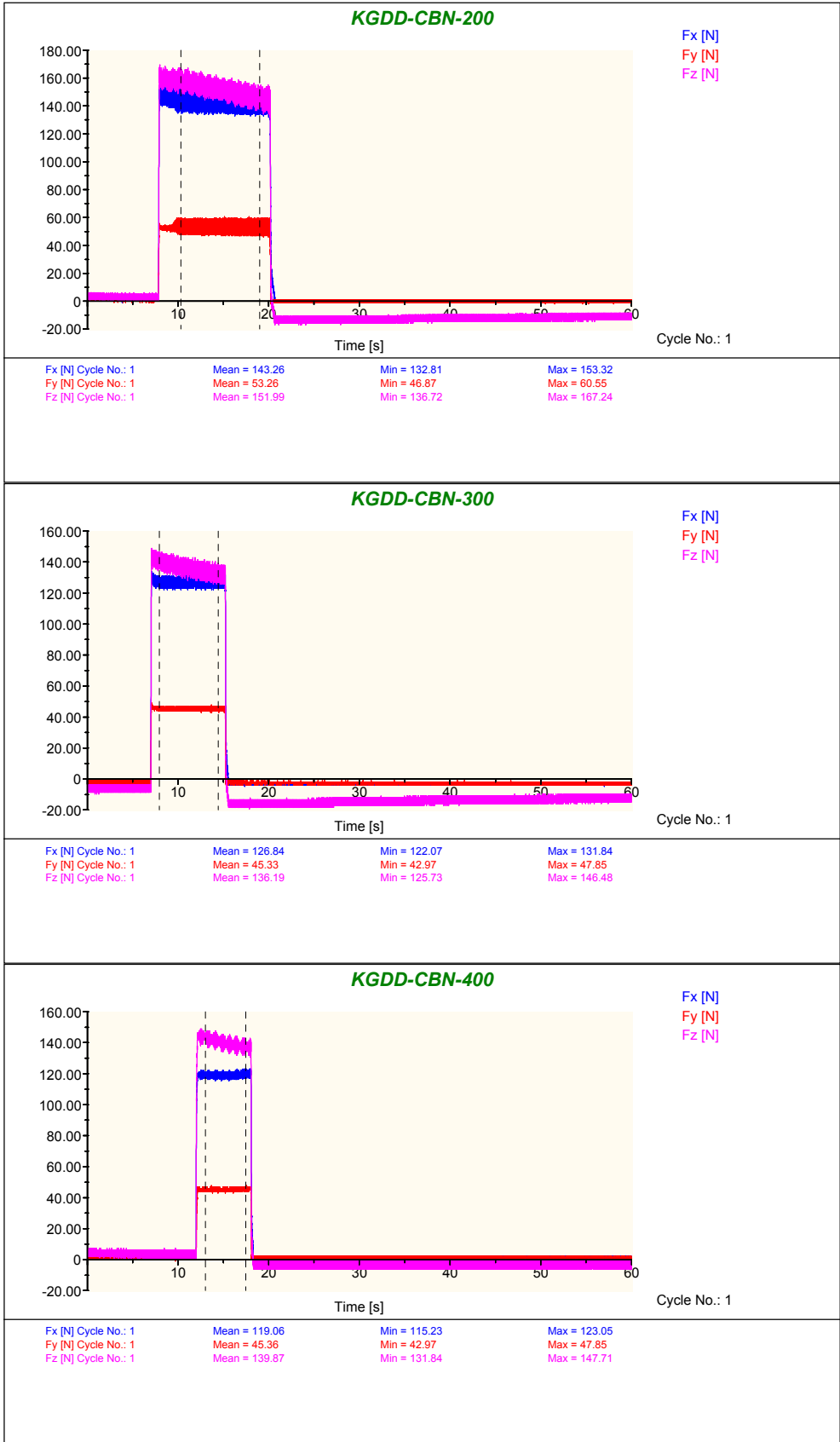
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 185.29	Min = 178.71	Max = 191.41
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 77.04	Min = 73.24	Max = 81.05
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 147.34	Min = 136.72	Max = 157.47

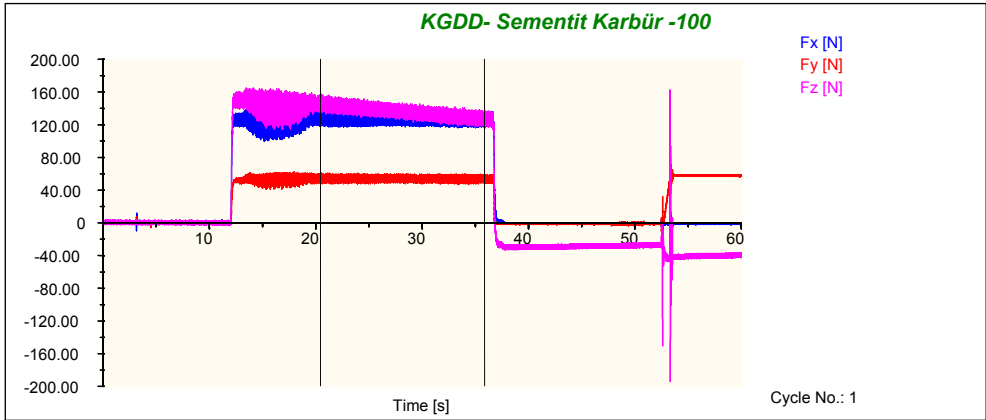


Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 178.51	Min = 153.32	Max = 205.08
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 79.19	Min = 72.27	Max = 86.91
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 155.6	Min = 119.63	Max = 197.75

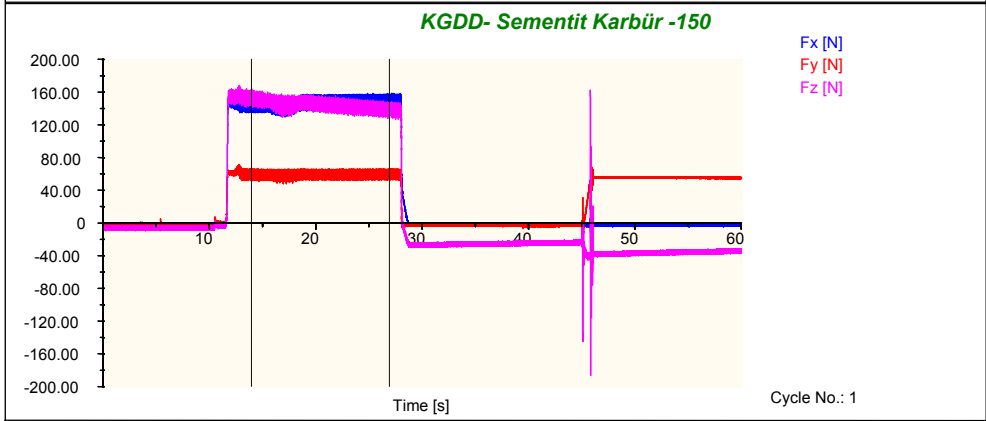


Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 152.89	Min = 138.67	Max = 166.02
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 55.79	Min = 47.85	Max = 62.5
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 152.59	Min = 128.17	Max = 178.22

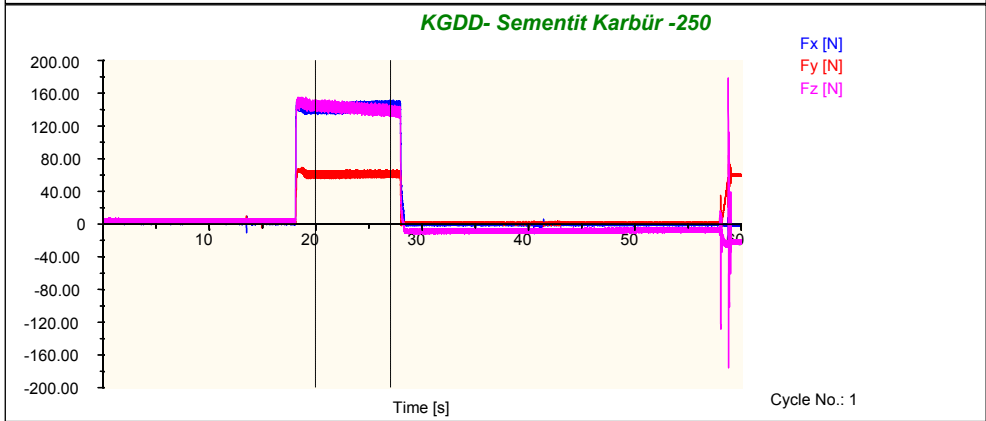




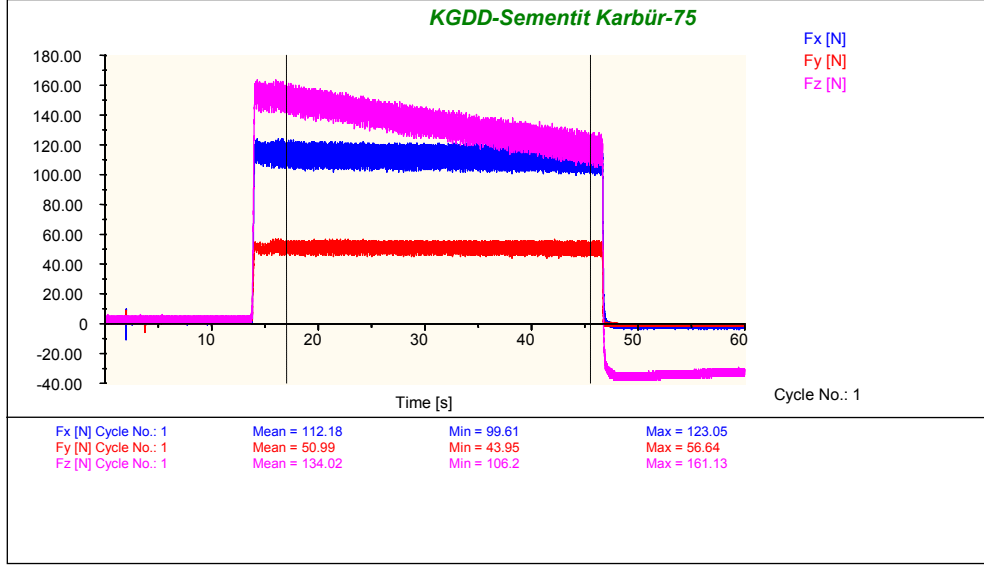
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 126.98	Min = 116.21	Max = 138.67
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 54.03	Min = 46.87	Max = 60.55
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 136.2	Min = 117.19	Max = 157.47



Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 146.29	Min = 129.88	Max = 158.2
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 59.17	Min = 47.85	Max = 66.41
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 144.74	Min = 128.17	Max = 163.57



Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = 142.26	Min = 133.79	Max = 151.37
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = 61.24	Min = 55.66	Max = 66.41
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 141.46	Min = 131.84	Max = 151.37



FX:İLERLEME KUVVETİ
 FY:PASİF KUVVET
 FZ:ASIL KESME KUVVETİ