

MERMER KESME İŞLEMİNDE BOR YAĞI KATKILI SOĞUTMA SIVISININ DİSK PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

İsmail UCUN, İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ* ve Kubilay ASLANTAŞ

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

*Teknik Programlar, Meslek Yüksekokulu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

iucun@aku.edu.tr, sbsagis@aku.edu.tr, aslantas@aku.edu.tr

(Geliş/Received: 22.05.2008 ; Kabul/Accepted: 27.04.2009)

ÖZET

Elmas kesici diskler ile kesme işleminde genellikle soğutma sıvısı olarak su kullanılmaktadır. Su kesme esnasında ortaya çıkan mikro boyuttaki kayaç parçacıklarını ortamdaki uzaklaştırdığı gibi, elmas soket yüzeyinde oluşan sıcaklığı önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu sayede elmas soketin verimi ve ömrü artmaktadır.

Bu çalışmada, bor yağı katkılı soğutma sıvısının kesme performansı üzerindeki etkisi ilk defa incelenmiştir. Kesme işlemlerinde bilgisayar kontrollü blok kesme makinesi kullanılmıştır. Testlerde kesme kuvvetleri, güç, gürültü, spesifik enerji ve aşınmalar belirlenmiştir. Reaksiyon kuvvetleri (F_x , F_y ve F_z) makine üzerine yerleştirilen bir piezoelektrik dinamometre ile ölçülmüştür. Elmas soketin aşınması ise KEYENCE lazer cihazı ile ölçülmüştür. Literatürde, bor yağı katkılı soğutma sıvısının mermer kesme işleminde kullanılmasına yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, bor yağı katkılı soğutma sıvısının mermer kesme endüstrisinde alternatif bir soğutma olup olmadığını araştırmaktır. Yapılan deneylerde su-bor yağı kullanılması ile güç tüketimi, spesifik enerji ve elmas soket aşınmasında belirgin bir azalma görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elmas kesici disk, mermer kesme, kesme kuvvetleri, spesifik enerji, güç, aşınma, gürültü.

INVESTIGATION OF THE EFFECT ON DISC PERFORMANCE OF COOLANT CONTAINING BORON OIL IN MARBLE SAWING PROCESS

ABSTRACT

Water is generally used as coolant in cutting process with diamond saw blades. The purpose of the application of cutting fluids in marble cutting process is to reduce the cutting temperature and to remove the marble chip from the cutting zone. Therefore the efficiency and life of the diamond segment increases.

In this study, the effect of boron oil coolant on the sawing performance was investigated for the first time. The computer control block cutting machine was used in the cutting tests. Cutting forces, noise, power consumption, specific energy and the wear of the diamond segment were determined in the study. The reaction forces (F_x , F_y and F_z) were measured by using piezoelectric dynamometer attached on the marble test machine. The wear of the diamond segment was also measured using KEYENCE laser equipment. There is no study in the literature in which the role of the boron oil coolant in the marble cutting process. The objective of the present work, therefore to investigate whether the boron oil coolant could be alternative coolant in the marble cutting industry. Experimental results show that the using of the boron-oil coolant results in a decrease in power consumption, specific energy and specific wear of the diamond segment.

Keywords: Diamond cutting disc, marble cutting, cutting force, specific energy, power, wear, noise.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Elmaslı kesici diskler beton, mermer, kireçtaşı, granit, traverten gibi kayaçların kesilmesinde yaygın olarak

kullanılmaktadır. Bu diskler, gövde ve elmas soketler olmak üzere iki parçadan meydana gelmektedir. Disk gövdesi genellikle AISI 1075 çeliğinden imal edilmektedir. Elmas soketlerin üretimi ise, toz

metalürjisi tekniği ile metalik tozların (Co, Cu, Br, Fe, Sn, W, Ti, Ni, vb) ve elmas taneciklerinin karıştırılarak preslenmesi ve sinterlenme sürecini kapsamaktadır. Üretimi gerçekleştirilen elmas soketler daha sonra, disk üzerine lehim veya lazer kaynağı ile birleştirilmektedir [1-4].

Kesici diskler, mermer kesme esnasında değişik kuvvetlere maruz kalmaktadır [5]. Bu kuvvetlerin etkisinde kesici disk ve elmas soketlerde önemli hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu sebepten dolayı kesme esnasında kesme kuvvetlerinin, spesifik enerjinin ve harcanan gücün bilinmesi önemlidir. Kesici disk üzerine etki eden kuvvetler, kesme parametreleri, elmas soket yapısı ve kayacın minerolojik ve fiziko-mekanik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Ülkemizde ve uluslar arası literatür de mermer kesme konusunda çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar genellikle kesme kuvvetleri, soket aşınması ve spesifik enerji konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır [6-12]. Bu çalışmalardan farklı olarak yapılan bir çalışmada [13] elmas kesici diskler ile granit kesme işleminde çıkan talaşın yapısı incelenmiştir. Çalışmada, farklı soğutma sistemleri kullanılmış ve talaş boyutu kesilen kayacın hacmine bağlı olarak arttığı görülmüştür. Liao ve Luo [14] granit kesme işleminde, elmas soket aşınmasını deneysel olarak incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda, elmas yüzey parlaması, elmas taneciginde mikro çatlak oluşumu, elmas tanecik kırılması ve elmas dökülmesi gibi hasarların meydana geldiği görülmüştür. Kesme işleminde elmas taneciklerinin kırılması veya dökülmesi şok kuvvetlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca, kesme kuvvetleri ile aşınmalar arasında bir bağlantı kurulmuş ve aşınmanın artmasıyla kesme kuvvetlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Ersoy ve Atıcı [15] farklı kesme parametreleri, elmas soketler ve değişik kayaç türlerine bağlı olarak kesme kuvvetleri ve spesifik enerjileri deneysel olarak incelemiştir. Teğetsel ve normal kuvvetlerin kesme derinliği ve hızına bağlı olarak arttığı, çevresel hızın artmasında ise azaldığı tespit edilmiştir. Kesme derinliği ve kesme hızının artması spesifik enerjiyi azalttığı ve bu azalmanın kesme derinliğinden daha fazla etkilendiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kesme kuvvetleri ve spesifik enerjinin belirlenmesinde kayaç türlerinin dayanımı, sertliği ve aşındırıcılığı

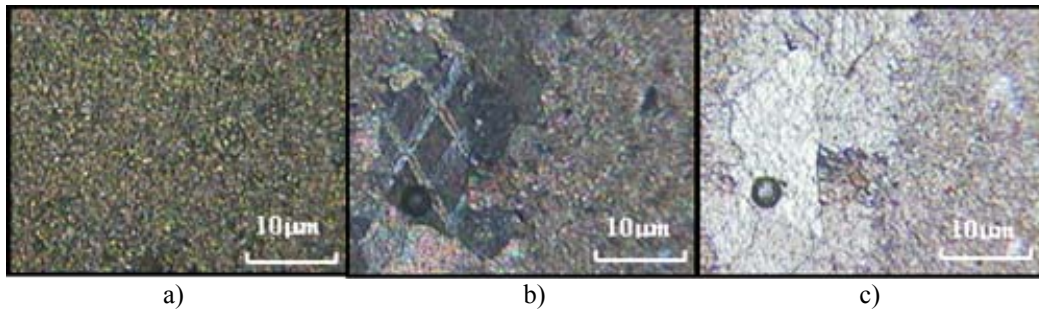
önemli faktörler olarak görülmektedir. Jennings ve Wright [16] tarafından yapılan bir çalışmada, farklı kayaç türlerinin elmas kesici diskler ile kesilmesinde aşınma ve güç tüketimi incelenmiştir. Çalışmada, farklı çaplarda kesici disk ve çevresel hızlar dikkate alınmıştır. Elmas soketin aşınmasına kayaç özelliklerinin önemli etkisi olduğu ve kayaç sertliğinin artması ile kesme işleminin zorlaştığı elde edilen önemli sonuçlardır. Maksimum aşınmalar sertliği yüksek kayaçlarda görülürken, güç tüketimi kayacın sertliği ile doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Mermer kesme işleminde ortaya çıkan sıcaklığın azaltılması için genellikle su kullanılır. Kullanılan su aynı zamanda oluşan talaşın uzaklaştırılmasında da etkin rol oynar. Bilimsel amaçlı yapılan çalışmalarda da genellikle su kullanılmış [17-18], farklı alternatifler göz önüne alınmamıştır. Talaşlı imalatta soğutma sıvısı olarak da su kullanılabilir gibi bor yağı katkılu su da yaygın olarak tercih edilmektedir. Bor yağı suda çözülebilen özel bir kimyasal olup, yağlayıcılık özelliği ile kesmeyi kolaylaştırır. Bu çalışmada da bor yağı katkılu soğutma sıvısının elmas kesici disklerin kesme performansını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışmada, su ve farklı oranlarda su-bor yağı karışımı ile yapılan deneylerde kesme kuvvetleri, gürültü, güç, spesifik aşınma ve spesifik enerji değerlerindeki değişim araştırılmıştır. Bu çalışmada kullanılan su-bor yağı karışımı soğutma sıvısı olarak mermer kesme işleminde ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır. Kesme işleminde elmas soketin kesme performansları su ve su-bor yağı karışımı kullanılarak ayrı ayrı incelenmiş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada, Çankırı bölgesinden çıkartılan kahverengi renkte bir mermer türü kullanılmıştır.

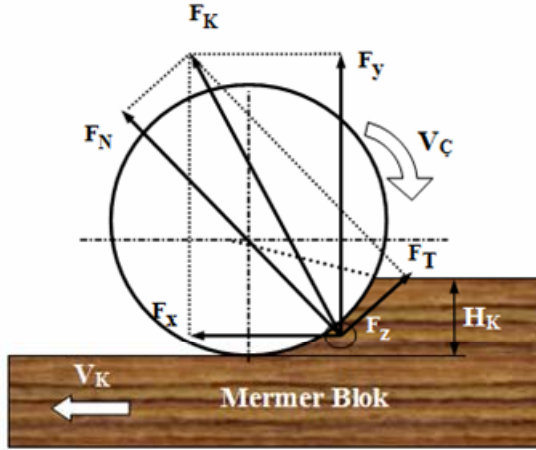
2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Mermerin Minerolojik ve Fiziko-Mekanik Özellikleri (Mineralogical and physical-mechanic properties of the marble)

Kayacın kesit incelemesine göre, kayaç 1.2 µm boyutlardaki kalsit kristallerden oluşmaktadır (Şekil 1 a). Ayrıca kayacın büyük bir bölümünde değişik doğrularda bir birini kesen 5-40µm kalınlığında çatlaklar gözlemlenmiştir. Söz konusu çatlaklar bazı bölgelerde



Şekil 1. a) Mikrokrystalin kalsit mineralleri b) Sekonder kalsit minerallerinde ikizlenmeler, c) Hematit ve mangan mineralleri (a) Microcrystal calcite minerals, b) Mirrors in secondary calcite minerals, c) Hematite and manganese minerals.



Şekil 2. Mermer kesme esnasında diske etkiyen kuvvet bileşenleri (Force components acting on disc in the marble sawing process)

belirgin ikizlenme sunan sekonder kalsit dolgulardır (Şekil 1 b). Sekonder kalsit kristallerinin boyutu 20-40µm arasında değişmektedir. Bazı bölgelerde ise, demir ve manganlı eriyikler, çatlaklar boyunca kayaca yerleşerek, hematit ve mangan minerallerini meydana getirmiştir (Şekil 1 c). Kayacın kahverengimsi renk tonu, söz konusu minerallerden kaynaklanmaktadır. Kalsit minerallerinin kristal boyutunun çok küçük olmasıyla, hematit ve mangan minerallerinin varlığı kayacın kesilebilirliğini olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan Çankırı kahverengi mermer için yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Ayrıca, mermere ait fiziko-mekanik özellikler de Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 1. Çankırı kahverengi mermerin kimyasal analiz sonuçları (Chemical analysis results of Çankırı brown marble)

CaO (%)	52.205
SiO ₂ (%)	1.73
Al ₂ O ₃ (%)	1.005
MgO (%)	1.19
Kızdırma kaybı (%)	43.16

Tablo 2. Çankırı kahverengi mermerin fiziko-mekanik özellikleri (Mineralogical and physical-mechanic properties of the marble)

Sertlik (Mohs)	3-4
Birim hacim ağırlık (g/cm ³)	2.71
Atm. Basıncında Su Emme(%)	0.1
Tek Eksenli Basınç Direnci(MPa)	79.13
Tek Eksenli Basma Direnci (MPa)	64.36
Ort. Aşınma Direnci(cm ³ /50 cm ²)	21.8
Schmidth Hardness (ISRM)	68.7

2.2. Analitik Metot (Analytical Method)

Mermer kesme işleminde kayacın özelliği diskin performansı açısından belirleyici bir faktördür. Doğal olarak çıkartılan mermerin sertlik indeksleri farklılık gösterdiği için diski farklı şekillerde zorlayabilmekte-

dir. Kesilen mermerin özelliği yanında kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme ve soğutma sıvısının etkisi önemli kesme parametreleridir. Şekil 2’de mermer kesme esnasında diske etkiyen kesme kuvvetleri ve doğrultuları verilmiştir. Mermer kesme işleminde diske etkiyen F_x ve F_y tepki kuvvetleri kesme kuvveti olarak adlandırılan F_T , F_N ve F_K kuvvetleriyle doğrudan ilişkilidir.

Diske etkiyen üç yönlü tepki kuvvetleri deneysel olarak dinamometre ile ölçülebilmektedir. Bu kuvvetler göz önüne alınarak normal (F_N), kesme (F_K) ve teğetsel (F_T) kuvvetler hesaplanabilir. Elde edilen bileşke kuvvetlerine bağlı olarak kesme kuvveti,

$$F_K^2 = F_x^2 + F_y^2 \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada, F_x ve F_y kuvvetleri x ve y yönündeki bileşke kuvvetlerdir. Kesici disk üzerine gelen teğetsel kuvvet, güç ve çevresel hıza bağlı olarak [19],

$$F_T = \frac{P}{V_C} \quad (2)$$

hesaplanmaktadır. Burada, P (W) güç tüketimi ve V_C (m/sn) diskin çevresel hızıdır. Normal kuvvetler ise, kesme ve teğetsel kuvvetlere bağlı olarak,

$$F_N^2 = F_K^2 - F_T^2 \quad (3)$$

denklemleriyle hesaplanmaktadır. Doğal taş endüstrisinde kesme verimliliğinin en önemli kriterlerinden bir tanesi de Spesifik Enerji (SE) kavramıdır. Spesifik enerji, kayacın birim zamanda birim hacmini kesmek için gerekli enerji miktarını ifade etmektedir. Özellikle bu sektörde, birim zamanda yüksek üretim miktarlarının düşük enerji tüketimiyle gerçekleştirilmek istenmesi spesifik enerjiyi önemli kılmaktadır. SE enerjinin hesaplanmasında değişik metotlar kullanılsa da, genellikle birim zamanda kesilen kayaç hacmine, güç tüketimine veya teğetsel kuvvete bağlı olarak hesaplanmaktadır. Buna göre spesifik enerji,

$$SE = \frac{P * t}{Q_w} \quad (4)$$

ile ifade edilir. t (sn) kesme zamanı ve Q_w (cm³/dk) ise kesilen kayacın hacmini ifade etmektedir.

2.3. Deneysel Yöntem (Experimental Method)

Su ve su-bor yağı karışımı ile yapılan deneylerde, W-Co-Cu/Sn-Fe matrisli elmas soket kullanılmış olup, matris içerisinde kullanılan elmasların tane boyutu

40-50 US Mesh ve elmas konsantrasyonu 20 (100 konsantrasyon = 4.4 cts/cm³) dir.

Deneylerde, kesme parametresi olarak çevresel hız (V_C) 30m/sn, kesme hızı (V_K) 0,5m/dk ve kesme derinliği (H_K) 40mm olarak alınmış ve elde edilen sonuçların doğruluğunu ortaya koymak için her bir deney 10 kez tekrarlanmıştır. Su ve su-bor yağı karışımı kullanılarak yapılan deneylerde, birim zamanda kesilen kayaç alanı $Q_w = 200cm^2 / dk$ olarak alınmıştır. Su-bor yağı karışımında bor yağı oranı 1/100 (100lt suya 1lt bor yağı) ve 5/100 (100lt suya 5lt bor yağı) olarak seçilmiştir. Kesme işleminin ekonomik olması ve kesme esnasında çıkan talaşın elmas soket yüzeyine çok fazla sıvanmaması için bor oranı yüksek tercih edilmemiştir. Kesme esnasında soğutma sıvının debisi sabit olarak 15lt/dk alınmıştır.

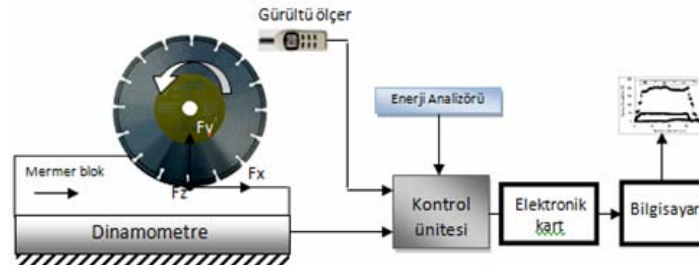
Kesme işlemlerinde kullanılan deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 3'te verilmektedir. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde ESIT marka üç yönlü bir dinamometre kullanılmıştır. Dinamometreden elde edilen sonuçlara örnek teşkil etmesi bakımından F_x , F_y ve F_z kuvvetlerinin kesme zamanına bağlı değişimi Şekil 4 (a) da verilmiştir. Testlerdeki güç ölçümleri, mermer kesme cihazının kontrol ünitesinde yer alan enerji analizörü kullanılarak yapılmıştır. Enerji analizörü, dairesel testereyi döndüren ana motora bağlı olup, değerlerin okunmasında bir yazılım kullanılmış ve elde edilen dotalar RS-232 kablo bağlantısıyla bilgisayara aktarılmıştır. Enerji analizörü

ile elde edilen gücün kesme zamanına bağlı değişimine bir örnek grafikte yine Şekil 4 (b) de verilmiştir. Deney cihazında 5.5 kW güce ve 36.7 Nm lik bir momente sahip motor kullanılmıştır. Kesme deneylerinde gürültü ölçümleri makine üzerine yerleştirilen gürültü ölçer ile sağlanmıştır.

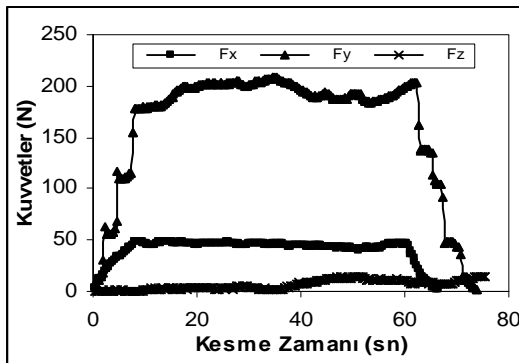
Kesme sonrasında kesici diskteki aşınmaları hassas bir şekilde ölçmek için yeni tasarlanan lazerli bir deney düzeneğinden yararlanılmıştır. Aşınma ölçümlerini gerçekleştirmek için tasarlanan deney düzeneğinin şematik görünümü ise Şekil 5'te verilmektedir. Testere düzeneğe yerleştirildikten sonra sabit bir hızla döndürülmekte ve çapta meydana gelen azalma ölçülmektedir. Ölçümlerde LK-Navigator KEYENCE lazer cihazı kullanılmıştır. Bu sayede testere çapındaki azalma 0.2µm hassasiyetle ölçülebilmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

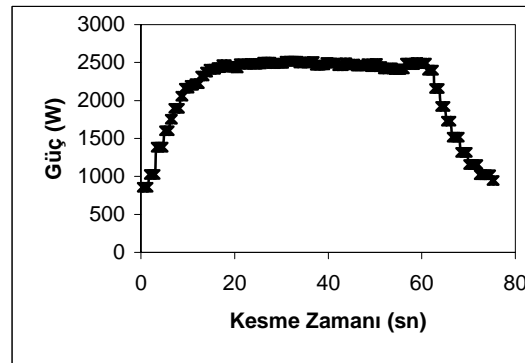
Kesme sıvısı oranlarının değişimine bağlı olarak teğetsel (F_T), kesme (F_K) ve normal (F_N) kuvvetlerin değişimi Şekil 6'da verilmektedir. Bor yağının kullanılması ile kesme kuvvetleri belirli bir ölçüde azalmaktadır. Bor yağının artışı ile azalan kuvvetler bir miktar daha devam etmiştir. Kayaç kesme işleminde, kayaç ile elmas soket arasında meydana gelen sürtünmeden dolayı önemli kuvvetler oluşmaktadır. Bu kuvvetlerin etkisiyle elmas sokette sıcaklık ve aşınmalar meydana gelmektedir. Bor yağının kullanılması, kesme esnasında soket ile kayaç arasındaki



Şekil 3. Bilgisayar kontrollü blok kesme makinesinin şematik görünümü (Schematic illustration of the computer control block cutting machine)

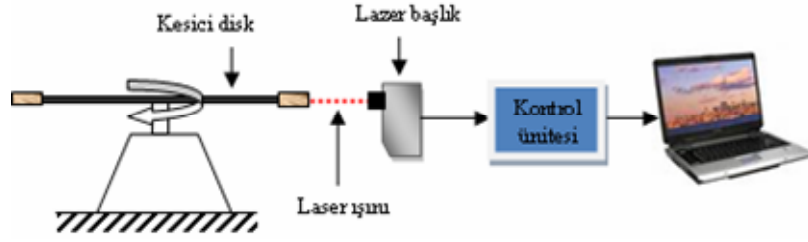


a)

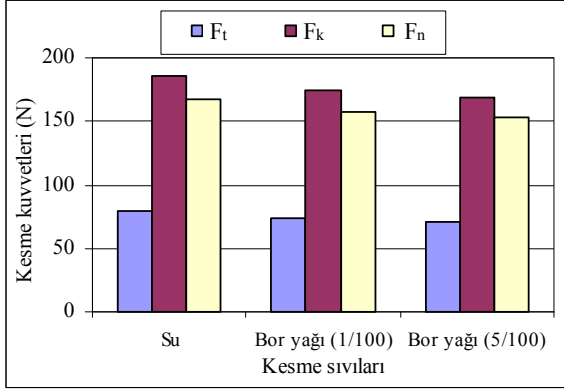


b)

Şekil 4.a) F_x , F_y ve F_z kuvvetlerin değişimi b) Tüketilen gücün zamanla değişimi (a) Variation of F_x , F_y and F_z forces b) Variation of power consumption with time)



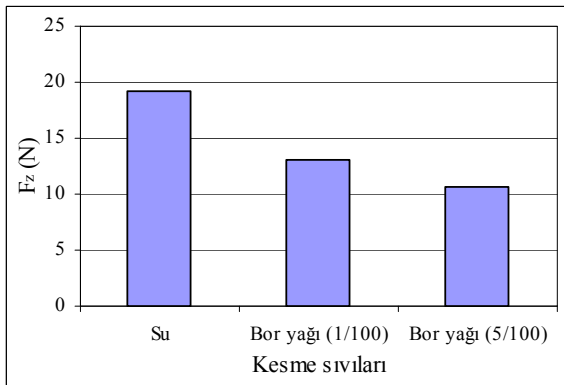
Şekil 5. Diskteki radyal aşınmayı ölçmek için tasarlanan düzeneğin şematik görünümü (Schematic illustration of designed experimental set-up in order to measure of radial wear in the disc)



Şekil 6. Kesme sıvısına bağlı olarak kesme kuvvetlerinin değişimi (Variation of cutting forces depending on coolant type)

sürtünme kuvvetlerinin bir miktar azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Buna neden teşkil eden temel unsur ise bor yağının sahip olduğu yağlayıcılık özelliğidir. Bunun sonucu olarak ta kesme kuvvetleri bir miktar azalmıştır.

Şekil 7'de kesme sıvılarına bağlı olarak F_z kuvvetlerinin değişimi verilmiştir. F_z kuvvetleri kesme esnasında kesici disk üzerine gelen yanal kuvvetleri göstermektedir. Yanal kuvvetler, kesici diskin kesme doğrultusundan sapmasına neden olmaktadır. En fazla F_z kuvveti kesme işleminde su kullanılması durumunda elde edilmiştir. Su-bor yağı karışımının kullanılması ile F_z kuvvetleri bir miktar düşmüştür. Dolayısıyla testere kesme yönünde daha rahat ilerleyebildiğinden, daha az yanal kuvvetlere maruz kaldığı söylenebilir.

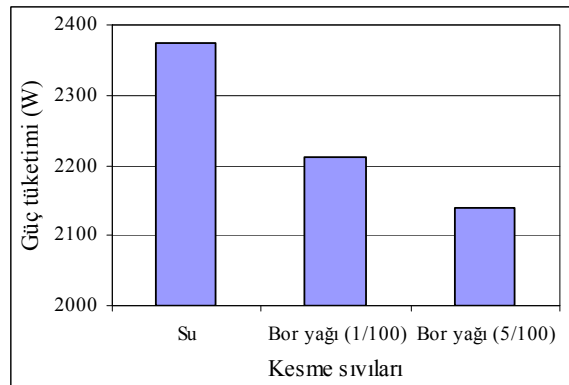


Şekil 7. Kesme sıvısına bağlı olarak F_z kuvvetinin değişimi (Variation of F_z force depending on coolant type)

Bor yağı oranının artmasıyla, F_z kuvvetleri azalma eğilimini sürdürmekte, fakat bu azalma çok düşük düzeyde kalmaktadır. Genellikle F_z kuvvetlerinin çok büyük olmaması kararlı ve sabit olması istenir. Çünkü daha büyük F_z kuvveti F_y ve F_x ve bunun sonucu olarak ta kesme kuvvetlerini (F_N , F_T , F_K) doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, F_z kuvvetleri testere gövdesinin etkin kullanım ömrünü olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Özellikle flanş bölgesinde dairesel çatlakların oluşmasına neden olabilmektedir.

Bor yağı için elde edilen diğer bir önemli sonuç ise; kesme esnasındaki harcanan gücün azalmasıdır (Şekil 8). 1/100 oranındaki su-bor yağı karışımı kesme için harcanan gücün yaklaşık %7.5 oranında azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, soğutma sıvısı içerisindeki bor yağı miktarının 5 kat artması bu düşüşe katkı sağlamıştır. Kesim sonucunda ise su-bor yağı karışımının mermer yüzeyine yayıldığı ve mermer tanelerinin içine absorbe olmasından dolayı, görünümünün kısmen bozulduğu saptanmıştır. Dolayısıyla bor yağının mermer yüzey kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu söylemek mümkündür. Fakat güç tüketimindeki %7.5'lik bir azalma, elektrik enerjisi tüketimini de azaltmaktadır. Küçük bir mermer fabrikası düşünüldüğünde S/T blok kesme, köprü kesme ve baş kesme olmak üzere üç makineden meydana gelmekte ve fabrikanın kapasitesi artırıldığında makine sayısı artmaktadır. Bu üç makinenin her birisindeki güç tüketiminin %7.5 azalması, fabrikanın aylık elektrik enerji tüketiminin yaklaşık %22.5 azalması anlamına gelmektedir.

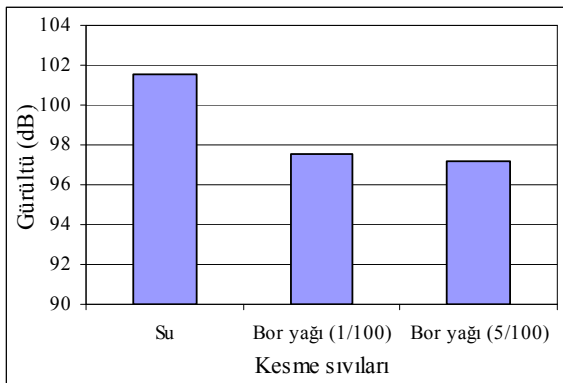
Mermer endüstrisindeki gürültü düzeyi işçi sağlığını



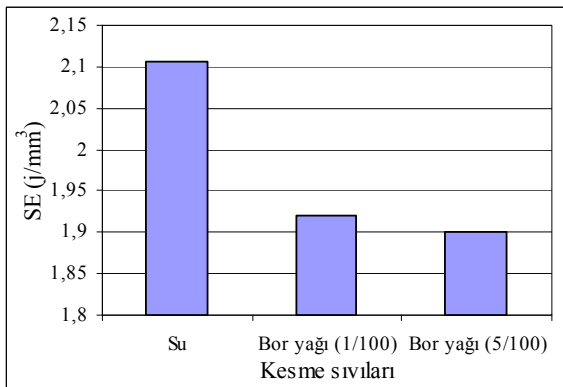
Şekil 8. Kesme sıvısına bağlı olarak güç tüketiminin değişimi (Variation of power consumption depending on coolant type)

ciddi düzeyde etkilemektedir. Bu nedenle bu sektörde çalışan işçiler genellikle koruyucu kulaklıklar kullanır. Mermer kesme işleminde ortaya çıkan gürültünün azaltılmasına yönelik disk geometrisinin de bazı değişiklikler yapılmaktadır [20]. Bu çalışmada bor yağı katkılı soğutma sıvısının gürültü değişimi üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Kesme sıvılarına bağlı olarak gürültünün değişimi Şekil 9'da verilmektedir. Bor yağının kullanılması ile gürültü seviyesinin yaklaşık %4 oranında azaldığı saptanmıştır. Bu oransal fark çok anlamlı olmasa da, bor yağının kesme esnasında meydana gelen gürültü seviyesini düşürmede etkili olduğu bu çalışmayla ilk defa ortaya konulmuş oldu. Bu durum kayaç ile soket arasında meydana gelen sürtünme katsayısının azalmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bor yağı ilavesinin 5/100 olması durumunda gürültü seviyesindeki azalma çok düşük düzeyde gerçekleşmiştir.

Spesifik enerji değerleri deneysel yöntem ile elde edilen güç, zaman ve kesilen kayacın hacmine bağlı olarak hesaplanmıştır. Denklem 4'den de görüldüğü üzere spesifik enerji kesilen kayacın hacmi ile ters orantılıdır. Şekil 10'da kesme sıvılarına bağlı olarak spesifik enerjideki (SE) değişim verilmiştir. Soğutma suyuna %1 oranında katılan bor yağı, spesifik enerjinin yaklaşık %11 oranında düşmesine neden olduğu söylenebilir. Artan bor yağı katkısının SE



Şekil 9. Kesme sıvısına bağlı olarak gürültünün değişimi (Variation of noise depending on coolant type)



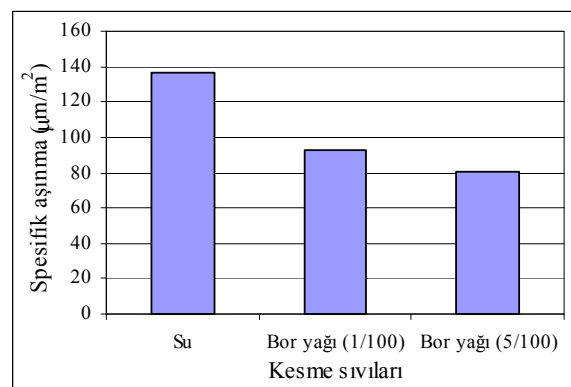
Şekil 10. Kesme sıvısına bağlı olarak spesifik enerjinin değişimi (Variation of specific energy depending on coolant type)

üzerinde çok ciddi bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür. Bor yağı katkılı soğutma sıvısı ile kesici disk daha verimli ve etkin bir kesme işlemi gerçekleştirmektedir.

Çankırı kahverengi mermer kullanılarak yapılan aşınma testlerinde farklı kesme sıvıları kullanarak 10 tekrar yapılmıştır. Yapılan bu 10 deney sonucunda kesilen toplam mermer kesiti 2000 cm^2 ve aşınma miktarları bu 10 deney sonrasında ölçülmüştür. Spesifik aşınma miktarı, kesilen 1 m^2 kayaçtaki aşınma miktarını ifade etmektedir. Farklı kesme sıvılarına bağlı olarak, elmas soketteki spesifik aşınma miktarları Şekil 11'de verilmiştir. Aşınmanın doğru olarak ölçülebilmesi için testerenin soket yüzeyleri her kesim sonrasında alkolle temizlenmiştir. Aynı kesme koşullarında, en büyük aşınma miktarı su kullanılması durumunda elde edilmiştir. Bor yağının kullanılması ile sokette meydana gelen aşınma miktarında azalmalar gözlemlenmiştir. Fakat bor yağı kullanılarak yapılan kesme işlemlerinde çıkan talaşın elmas yüzeyine doğrudan yapışmakta ve bir tabaka oluşturmaktadır. Kesme esnasında oluşan bu tabakanın elmas soket ile kayaç arasındaki temasın azalmasına neden olduğu ve bunun sonucunda aşınmanın azaldığı düşünülmektedir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, kesme esnasında su ve su-bor yağı karışımının soğutma sıvısı olarak kullanılması ile kesici disk performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Su-bor yağı karışımının kullanılması ile teğetsel, kesme ve normal kuvvetlerin azaldığı görülmüştür. Kuvvetlerdeki azalmaya paralel olarak güç tüketiminde de azalma meydana gelmektedir. Kuvvet ve güç tüketimindeki değişimler birbiri ile aynı oranlardadır. Elde edilen güç, bor yağı katkısıyla %10.7 oranında ve teğetsel kuvvet ise, %11 oranında azalmaktadır. Bir anlamda bu çalışmayla bor yağının etkisi hem analizör ile ölçülen güce, hem de teğetsel kuvvete bağlı olarak ortaya konulmuştur. Lazer deplasman ölçüm cihazı ile ölçülen spesifik aşınma oranları da su-bor yağı karışımının kullanılması ile azalmaktadır.



Şekil 11. Kesme sıvısına bağlı spesifik aşınma miktarlarının değişimi (Variation of specific wear depending on coolant type)

Bor yağının kullanılması ile soket ile kayaç arasındaki sürtünme kuvvetleri düşmekte ve dolayısıyla aşınma miktarı azalmaktadır. Kesme esnasında ortamdan uzaklaşmayan mikro boyuttaki kayaç parçacıkları elmas soket yüzeyine sıvandı ve aşınmanın belirlenmesinde önemli rol oynadığı görülmüştür. Gürültü bor yağının etkisiyle 4 dB civarında azalmıştır. Tüketilen güce bağlı olarak hesaplanan spesifik enerjinin de azaldığı elde edilen diğer bir sonuçtur. Spesifik enerjinin azalması ile kayaç için verimli bir kesme ortamının oluştuğu söylenebilir. En verimli kesme koşulu bor yağı oranının 5/100 de elde edilmiştir. Fakat bor yağının fazla kullanılması talaş sıvanmasını artırmakta ve mermer yüzey görünümünü nispeten bozmaktadır. Elde edilen tüm sonuçlar için 1/100 ile 5/100 arasındaki farkın çok fazla olmadığı düşünülecek olursa, suya 1/100 oranında bir bor yağı katkısı yeterli olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, 104M189 no'lu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Tönshoff, H.K., Hillmann-Apmann, H., Asche, J., "Diamond Tools in Stone and Civil Engineering Industry: Cutting Principles, Wear and Applications", **Diamond and Related Materials**, 11, 736-741, 2002.
2. Büyüksağış, İ.S., Atıcı, Ü. Ersoy, A. "Travertenlerde Tabaka Yönünün Kesme Verimi Üzerine Etkileri", **Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı**, 189-199, 18-19 Aralık 2003.
3. Konstanty, J., "Theoretical Analysis of Stone Sawing with Diamonds", **J. of Materials processing Tech.**, Vol 123, 146-154, 2002.
4. Konstanty, J., "Powder Metallurgy Diamond Tools – A Review of Manufacturing Routes", **Materials Science Forum**, Vol 534-536, 1121-1124, 2007.
5. Uçun, İ., Çolakoğlu, M., Taşgetiren, S., "Stress Analysis of Marble Sawing Disc in Cutting Process", **Journal of Applied Sciences**, Vol 8, No 5, 876-880, 2008.
6. Tönshoff, H.K., Wobker, H.G., Przywara, R., "Das Arbeitsverhalten von Werkzeugen zum Trennschleifen von Gestein", **Industrial Diamond Related**, Vol 3, 12-19, 1993.
7. Büyüksağış, İ.S., Göktan, R.M., "Investigation of Marble Machining Performance Using an Instrumented Block-Cutter", **J. of Materials Processing Technology**, Vol 169, 258-262, 2005.
8. Xu, X., Li, Y., Yu, Y., "Force Ratio in the Circular Sawing of Granites with a Diamond Segmented Blade", **Journal of Materials Processing Tech.**, Vol 139, 281-285, 2003.
9. Xu, X., "Friction Studies on the Process in Circular Sawing of Granites", **Tribology Letters**, Vol 7, 221-227, 1999.
10. Luo, S.Y., Liao Y.S., "Effects of Diamond Grain Characteristics on Saw Blade Wear", **Int. J. Mach. Tools Manufact.**, Vol 33, No 2, 257-266, 1993.
11. Zhan, Y.J., Li, Y., Huang, H., Xu X.P., "Effects of the Wear Characteristics of Brazed Diamond Grits on Grinding Forces", **Advanced Materials Research**, Vol 24-25, 233-238, 2007.
12. Yu, Y.Q., Li, Y., Xu, X.P., "An Experimental Study of Specific Energy in Grinding Granite", **Materials Science Forum**, Vol 471-472, 625-629, 2004.
13. Xu, X.P., Li, Y., "The Effects of Swarf in the Diamond Sawing of Granite", **Key Engineering Materials**, Vol 250, 187-193, 2003.
14. Luo, S.Y., Liao, Y.S., "Study of the Behaviour of Diamond Saw-Blades in Stone Processing", **J. of Materials Processing Tech.**, Vol 51, 296-308, 1995.
15. Ersoy, A., Atıcı, U., "Performance Characteristics of Circular Diamond Saws in Cutting Different Types of Rocks", **Diamond and Related Materials**, Vol 13, 22-37, 2004.
16. Jennings, M., Wright, D., "Guidelines for Sawing Stone", **Industrial Diamond Review**, Vol 2, 70-75, 1989.
17. Tönshoff, H.K., Denkena, B., Asche, J., Apmann, H.H., "Development of a System for the Deep Sawing of Granite", **Key Engineering Materials**, Vol 250, 239-246, 2003.
18. Luo, S.Y. "Characteristics of Diamond Sawblade Wear in Sawing", **Int. J. Machine Tools Manufacturing**, Vol 36, No 6, 661-672, 1996.
19. Xu, X.P., Li, Y., Zeng, W.Y., Li, L.B., "Quantitative Analysis of the Loads Acting on the Abrasive Grits in the Diamond Sawing of Granites", **Journal of Materials Processing Tech.**, 129, 50-55, 2002.
20. Wang, C.Y., Hu, Y.N., Wang, Z.W., Ding, H.N., "Noise and Vibration of Diamond Sawblade for Concrete Dry Cutting", **Key Engineering Materials**, Vol 291-292, 103-108, 2005.