

Araştırma Makalesi / Research Article

Elmas Soketli Dairesel Testerenin Pomza Karışımli Beton Ürünlerindeki Kesim Performansının Araştırılması**Ali Sarıışık¹, Onur Karpat²**¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Bölümü, Afyonkarahisar.² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta:sariisik@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:13.11.2014 ; Kabul Tarihi:18.01.2015

Özet

Bu çalışmada, elmas soketli dairesel testere ile pomza karışımli hafif betonun kesim performansları araştırılmıştır. Hafif betonun kesilmesinde varyasyon deneylerinde, güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere analitik bir yaklaşım uygulanarak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Bulunan optimum kesme parametreleri ile performans deneyleri yapılmıştır. Varyasyon ve performans deneylerinde, kesim süresi, teğetsel, normal ve kesme kuvvetleri, güç tüketimi, spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen verilere göre 4 çeşit hafif beton blok numunesi ve endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonu için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. En iyi kesme verimi çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm seçildiği kesme parametrelerinde elde edilmiştir. Endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonu ile hafif beton blok numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda en verimli kesme işleminin B3 hafif beton blok numunesinin kesiminde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler

Kesilebilirlik, Elmas soketli dairesel testere, Hafif beton, Varyans ve performans analizleri, Kesme parametreleri, Kesme verimi

Investigation of Diamond Circular Saw Cutting Performance in Blended Pumice Lightweight Concrete**Abstract**

In this study, diamond-socket blended pumice lightweight concrete with circular saw cutting performance were investigated. Variations in light concrete cutting experiments, power consumption, cutting forces and specific energy values were obtained. Optimal cutting parameters are determined by applying an analytical approach to the data obtained. Found optimum cutting parameters and performance tests were carried out. And variations in the performance test, cutting time, tangential normal and shear forces, power consumption, specific energy values were obtained. By using the data obtained in these experiments, optimum cutting parameters are determined for diamond sockets used in industry and light concrete blocks in the four different sample composition. most efficient cutting parameters were defined as the peripheral speed 60 m/s, the surface speed of 2 m/min in cutting depth of 110 mm. From the result of experiments conducted in the connector blocks of lightweight concrete compositions by using diamond circular saw used in industry, the most efficient cutting process is performed in the B3 lightweight concrete block sample.

Keywords

Cut ability, Diamond socket circular saw, Lightweight concrete, Variation and performance experiments, Cutting parameters, Efficient cutting

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Hafif yapı elemanlarının imalatında (izolasyon bloğu veya izolasyon tuğlası) normal beton içerisinde kullanılan ve betonun %60-80'nini oluşturan kırma taş ve kum/çakıl gibi normal agregalar yerine yoğunluğu düşük, porozitesi yüksek pomza kullanılması ile mümkün olmaktadır(Gündüz vd. 2007; Demirdag ve Gündüz,

2008; Sari ve Paşamehmetoğlu, 2001). Üretim aşamasında pomzanın uygun boyutlarda sınıflandırılması, uygun oranda çimento ve su ile karıştırılıp kalıplara dökülmesi, vibrasyonlu presleme işlemiyle şekillendirilmesi, kütleme, paketleme ve mamül ürün eldesi şeklinde gerçekleşmektedir (Gündüz, 2005). İzolasyon bloklarının ebatlanmasında ilk defa blok kesme makinesi kullanılmış ve tek sıra boşluklu duvar hafif

blok elemanı üretilmiştir. Klasik üretim prosesinde iki değışiklik yapılmış olup bunlar; (i) küçük boyutlu kalıplar yerine çok daha büyük boyutlu kalıpların kullanılması ve (ii) bimsblok robotik üretim prosesi (vibrasyon ve presleme) yerine büyük blok halinde üretilmiş ürünler, doğal taş bloklarını kesmede kullanılan dairesel testereli blok kesme makinası kullanılarak ebatlı izolasyon blokları elde edilmiştir (Sarıışık vd. 2010; 2012).

Dairesel testereli blok kesme makinelerinde farklı boyutlarda testereler seçilmektedir. Bu kesici disklerin uç kısımlarında farklı şekil ve kompozisyonlarda elmas soketler kullanılmaktadır. Bu elmas soketlerin kesilecek numuneye uygun seçilmesi kesme işlemini önemli ölçüde etkilemektedir. Kesme işlemini etkileyen diğer faktörler ise çevresel hız, kesme derinliği, su debisi, kesme modu ve ilerleme hızı gibi etkenlerdir (Büyüksağış,1998). Kesilecek numuneye uygun soketin ve kesme parametrelerinin seçimi, kesme verimi, elektrik tüketimi ve kesme maliyeti gibi unsurları etkilemektedir. Bu nedenle, kesilecek numuneye uygun elmas soketlerin ve kesme parametrelerinin seçimi çok önemlidir (Karpaz, 2013). Elmas soketli dairesel testerelerle doğal taş kesiminde, ilgili literatürde bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle, kayaç ve beton kesim işleminde elmas soketlerin aşınması, elmas soketlerdeki kesim performansı, kesme kuvvetleri, spesifik enerji, güç tüketimi, elmas soketlerde oluşan hasarlar, kesilen numuneye uygun elmas soket kompozisyonunun araştırılması üzerine yoğunlaşan çalışmalardır. Elmas soketlerin takıldığı dairesel testereler üzerine de çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Dairesel testerelerin dinamik davranışları ve kesme yöntemlerinin üzerine literatürde bilgilere rastlanmaktadır. Ayrıca analitik yaklaşım ve modellemelerle elmas soket tasarımı, kesme kuvvetlerinin saptanması gibi çalışmalar da mevcuttur (Nishimatsu (1972), Ünver, 1992; Tönshoff vd. 1993; Luo ve Liao 1995; Tönshoff vd. (2002), Bayram vd. 2003; Ersoy ve Atıcı 2004; Xu ve Li 2003;Wei vd. 2003; Wang ve Clausen (2003), Büyüksağış vd. (2003), Büyüksağış ve Gökten

(2005), Wang vd. 2004, Hu 2006, Han vd. 2007; Rosa vd. 2004, Yalçın vd. 2007; Büyüksağış 2007, Güneş ve Gökten, 2008; Caner ve Akarlan 2009; Ucuu vd. 2008;2009, Dursun ve Çimen (2010), Yurdakul vd. 2014a;2014b).

Bu çalışmada, kesme deneyleri tam otomatik bilgisayar kontrollü dairesel testereli bir kesim makinesi ile yapılmıştır. Çalışmada tek çeşit beton blok numunesi ile tek çeşit elmas soket seçilerek farklı kesme parametrelerinde varyasyon deneyleri yapılmıştır. Varyasyon deneyleri ile güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji verileri elde edilmiştir. Bu elde edilen veriler kullanılarak performans deneylerinde kullanılacak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Pomza agregalı hafif beton kullanarak oluşturulan izolasyon bloklarının kesim verimliliğinin arttırılmasında önemli bir bilgi sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

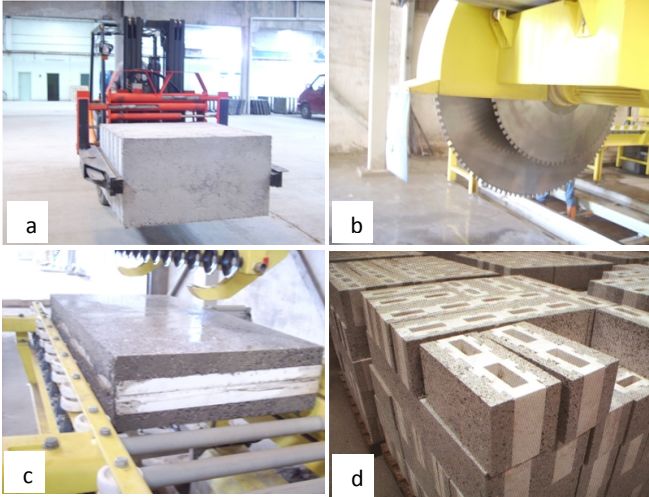
Bu çalışmada kesim özellikleri geliştirilecek hafif beton karışımlarında kullanılan pomza, Nevşehir yöresine ait asidik pomza özelliğinde, Hilal Bims Ltd. Şti tarafından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan pomza agregasının, çimento özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pomza ve çimento teknik özellikleri (Sarıışık ve Sarıışık; 2010)

Pomza Özelliği	Birim	Değer
Renk	-	Beyaz
Mohs Sertliği	-	6
pH	-	5,5-6,0
Özgöl Kütle	kg/m ³	2320,0
Birim Hacim Ağırlık	kg/m ³	423,0
Su Emme	%	34,0
Doluluk Oranı	%	18,5
Gerçek Porozite	%	69,0
Görünür Porozite	%	81,5
Pomza Yalıtım Özelliği		
Isı İletkenliği	W/mK	0,132
Siva Tutma	-	Çok iyi
Özgöl Isı Kapasitesi	kcal/kg°C	0,255
Ses Geçiş Katsayısı		0,20
Çimento Özelliği		
Özgöl Ağırlığı	kg/m ³	3100,0
28 Günlük Basınç Dayanımı	MPa	43,00

2.2. İzolasyon bloğun endüstriyel üretim yöntemi

İzolasyon blokları, doğaltaş sektöründen uyarlanmış, modern hassas otomatik blok kesme makinesinin de ölçülere uygun olarak kesilmektedir (Şekil 1a). Dairesel testerele kesim makinesinde doğaltaş sektöründen farklı olarak, dikey ve yatay testere yerine 2 adet dikey testere kullanılarak kademeli kesim yapılmaktadır. Küçük çaplı dikey testere, 650 mm yüksekliğindeki bloğun önce yarı kademesini kesmekte daha sonra büyük çaplı testere ise diğer yarısını kesmektedir (Şekil 1b). Dairesel testerele blok kesme makinesi ile kesilerek elde edilen 1250x650x200 mm boyutlarında büyük blok dilimleri vakumlu robot makinesi ile üretim bandı üzerine alınmaktadır (Şekil 1c). Önce büyük blok dilimleri boy ebatlama makinesi ile 1250x200x200 mm boyutuna, daha sonra enine ebatlama makinesi ile 200x400x200 mm boyutuna kesilerek, büyük bloktan toplamda 54 adet izolasyon bloğu üretilmektedir (Şekil 1d) (Sarıışık ve Sarıışık 2010;2012).



Şekil 1. İzolasyon bloğu üretim süreci (Sarıışık ve Sarıışık; 2010)

2.3. Deneylerde kullanılan hafif beton blok numuneleri

Deneylerde kullanılan hafif beton blok numuneleri İZODUO firmasından alınmıştır. Hafif beton blok numuneleri İZODUO firmasının özel karışımları olduğu için bu hafif beton blok numunelerinin genel karışım oranları verilmiştir. Dairesel testerele

kesme makinesinde hafif beton blok numunesi görünümü Şekil 2’de verilmiştir. Deneyde kullanılan hafif beton blok numune özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan hafif beton blok numuneleri

Kullanılan Malzemeler- Hafif beton blok			
Cinsi	R1 Kompozisyonu		
	R2 Kompozisyonu		
	R3 Kompozisyonu		
	R4 Kompozisyonu		
Karışım Malzeme	Pomza	Çimento	Su
	Agrega		
Oranı (%)	70-75	8-15	15-20
Adeti	6		
Boyutları (mm)	200*600*150		



Şekil 2. Dairesel testerele kesme makinesinde beton blok numunesini genel görünümü.

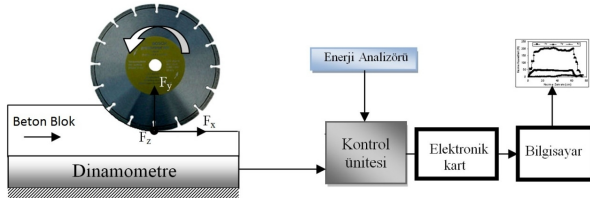
2.4. Kesme deney düzeneği

Deneyler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Kesme işleminde kullanılan deney düzeneği laboratuvar ölçekli, bilgisayar kontrollü yan kesme makinesidir. Makinenin tasarımı, üretimi ve modernizasyonu çeşitli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir (Büyüksağış 1998, Büyüksağış ve Göktaş 2001, Aslantaş vd 2009). Şekil 3’de dairesele testerele kesim makinesinin genel görünümü verilmiştir.



Şekil 3. Dairesel testereli kesme makinesinin genel görünümü.

Makina üzerine en fazla 400 mm çapında dairesel testere bağlanabilmektedir. Testerenin dönme hareketini 5,5 kW ve 3000 dev/dk alternatif akımlı elektrik motoru sağlamaktadır. Makinadaki X, Y ve Z yönlerdeki hareketler, soğutma suyunun debisi, kesme hızı, çevresel hız gibi bütün kontroller bilgisayar üzerinden yapılmaktadır. Tablanın ileri-geri hareketi, testere başlığının öne-arkaya ve aşağı-yukarı hareketlerini 0,75 kW AC motorlar ile bilgisayar üzerinde yapılmaktadır. Çalışanın güvenliğini sağlamak, makinenin düzgün çalışması için hareketleri belirlemek ve bu hareketleri sınırlamak için makinada sınır anahtarları (endüktif sensör) bulunmaktadır. Şekil 4’de test düzeneğinin şematik görünümü verilmektedir.

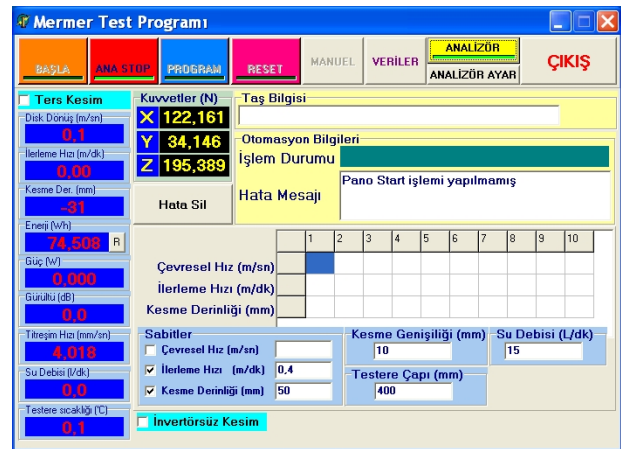


Şekil 4. Test düzeneğinin şematik görünümü (Ucun 2009).

Kesme esnasında oluşan güç tüketimleri ise SHARK 100 marka enerji analizörü ile belirlenmiştir. Makinada kesme esnasında oluşan X,Y ve Z yönlerindeki kuvvetlerin ölçümleri ESİT marka bir dinamometre ile yapılmıştır. Bu dinamometre F_x , F_y ve F_z kuvvetlerini aynı anda ölçebilmektedir (Ucun 2009).

Dairesel testereli kesme makinesinden verilerin alınması için kullanılan üç yönlü dinamometre ve

enerji analizörü bir kontrol ünitesine bağlıdır. Kontrol ünitesi de, bir bilgisayara bağlanarak bütün kontrol bilgisayardan yapılmaktadır. Makinenin otomasyon işlemi güç kontrol ünitesi, elektronik kartlar ve özel bir yazılım yardımı ile yapılmaktadır. Kesme işleminde çevresel hız, ilerleme hızı, kesme derinliği, soğutma sıvısının debisi ve kesme genişliği gibi parametreler bilgisayar ortamında, bu özel yazılıma girilerek yapılmaktadır (Çınar 2007). Dinamometreden ve enerji analizöründen elde edilen verilerin alındığı bir program ara yüzü vardır. Bu ara yüzden hem veriler alınabilmekte, hem de makinenin hareketleri kontrol edilebilmektedir. Şekil 5’de program ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 5. Bilgisayarda kullanılan mermer test programı ara yüzü.

Program ara yüzü kullanılarak dairesel testereli kesme makinesi hem manuel hem de otomatik olarak kullanılabilir. Program ara yüzünden dairesel testereli kesme makinesinin beton blok numunesini kesme işlemi için kullanılacak su debisi, kesme genişliği, çevresel hız, ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi parametreler girilebilmektedir. Ayrıca istenildiğinde 10 farklı kesme hızı, çevresel hız ve kesme derinliği girilerek otomatik olarak beton blok numunesinin kesme işlemi yapılabilir.

2.6. Elmas soketli dairesel testere özellikleri

Yapılan kesme deneylerinde endüstride beton kesiminde tercih edilen dairesel testere kullanılmıştır. Varyasyon ve performans deneylerinde kullanılan kesici soketlerin geometrik

normal kuvvet (F_n), kesme kuvveti (F_k) ve teğetsel kuvvet (F_t) hesaplanmıştır. Kesme kuvveti deneylerden elde edilen F_x ve F_y kuvvetlerinden,

$$F_k = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (1)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır. Teğetsel kuvvet, makinanın güç tüketimi (P) ve dairesel testerenin çevresel hızı (V_c) kullanılarak,

$$F_t = \frac{P}{V_c} \quad (2)$$

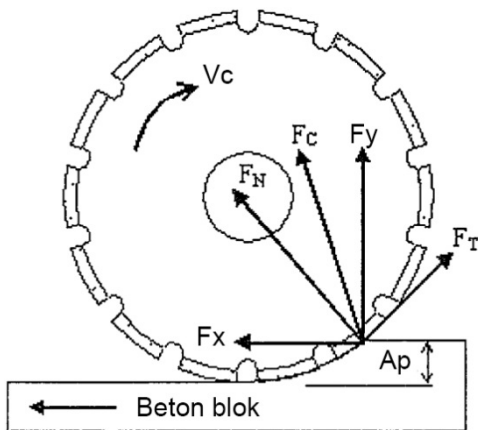
denklemlerden hesaplanmıştır. Normal kuvvet, hesaplanan kesme kuvveti ve teğetsel kuvvet kullanılarak,

$$F_k = \sqrt{F_n^2 + F_t^2} \quad (3)$$

denklemlerden hesaplanmıştır (Aslantaş vd. 2009). Spesifik enerji miktarı, makinanın güç tüketimi (P), kesim süresi (t) ve beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacmi (Q_w) kullanılarak,

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

Denklemlerden hesaplanmıştır (Ucun ve Büyüksağış 2009). Beton blok numunesinin kesimi esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Kesim esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi (Ucun 2004).

Performans deneylerinde, varyasyon deneylerinin sonucunda bulunan optimum kesme parametreleri kullanılarak 4 farklı beton blok numunesinde deneyler yapılmıştır. Deneylerde $Q_w = 600 \cdot 110 \cdot 7 = 462000 \text{ mm}^3$ olup, buna bağlı olarak çevresel hız 60 m/s, ilerleme hızı 2 m/dk ve kesme derinliği ise 110 mm olarak kabul edilmiştir. Deneylerde doğru sonuca ulaşabilmek için her beton blokta deneyler en az 20 kez tekrar edilmiştir.

3. Bulgular ve Değerlendirme

3.1 Varyasyon deneyleri

Kesme işlemlerinde kullanılacak olan optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi için farklı kesme parametrelerinde varyasyon deneyleri yapılmıştır. Bu varyasyon deneylerinde tam faktöriyel deney yöntemi uygulanmıştır. Her beton blok numunesinin kesim işlemi aynı veriler elde edileceği için 4 çeşit beton blok numunesinin her birine ayrı ayrı varyasyon deneyleri uygulanması yerine 1 çeşit (B1) beton blok numunesi ve endüstride beton kesiminde kullanılan S1 elmas soket kompozisyonu seçilerek varyasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan varyasyon deneylerinde, güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji değerleri hesaplanmıştır. Bu deneyler sonucunda elde edilen verilere göre 4 çeşit beton blok numunesi ve endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonları için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir.

3.1.1 Güç tüketiminin belirlenmesi

Varyasyon deneylerinde oluşan güç tüketim değerleri sisteme entegre olan enerji analizörü sayesinde elde edilmiştir. Güç tüketim değerleri B1 beton blok numunesinin (600 mm) kesimi boyunca testerenin bağlı olduğu gücü 5,5 kW olan elektrik motorundan alınmıştır. Bu değerler elmas soketlerin beton blok numunesinin kesimi esnasındaki güç tüketim miktarını göstermektedir. Bu durum özellikle elektrik enerjisi sarfiyatını doğrudan etkilemektedir. Şekil 9'da makinanın

kesme işlemi esnasında, farklı çevresel hız ve kesme derinliklerinde kesme hızına bağlı güç tüketim miktarlarının değişimleri gösterilmiştir. Bu verilere göre çevresel hız ve kesme derinliği sabit tutulduğunda kesme hızında görülen artış güç tüketim miktarında da artışa neden olmaktadır. Parametreler sabit bir kesme hızında incelendiğinde ise yüksek çevresel hızlarda daha fazla güç tüketimi olduğu görülmektedir. Bu durum makinanın kesme esnasında daha çok zorlandığını ve enerji sarfiyatının daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca kesme esnasında zorlanan makinada testereye daha fazla kuvvet etki edeceğinden testeredeki elmas soket aşınma miktarını etkileyecektir. Güç tüketim miktarlarını etkileyen diğer bir konu da kesme derinlikleridir. Bu verilere göre çevresel hız ve kesme hızı sabit

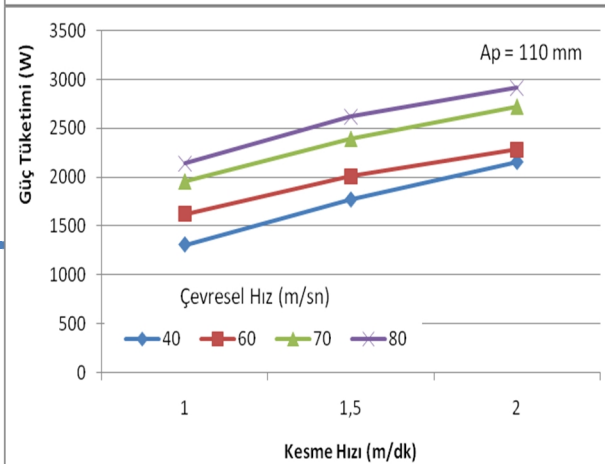
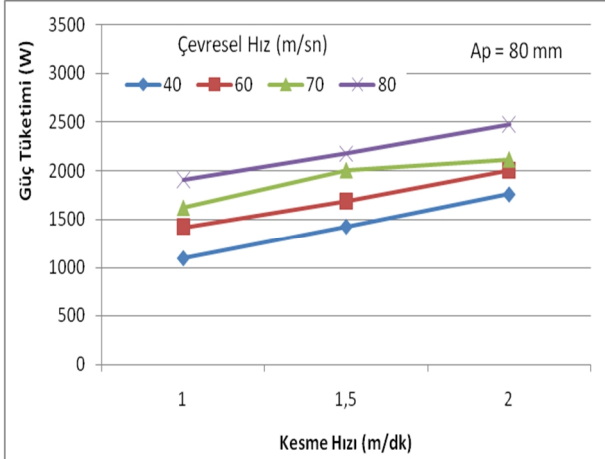
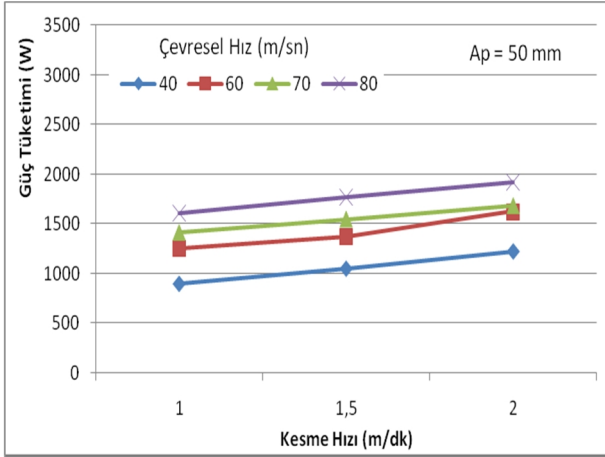
tutulduğunda kesme derinliğinde görülen artış güç tüketim miktarında da artışa neden olmaktadır. Çevresel hız 80 m/sn, kesme hızı 2 m/dk, sabit tutularak incelendiğinde 50 mm derinlikte makinanın güç tüketim miktarı 1950 W civarlarında iken 80 mm'de 2500 W, 110mm' de ise 2950 W civarlarına çıktığı görülmektedir.

Şekil 9. Güç tüketiminin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

Kesme derinlikleri dikkate alınarak makinenin güç tüketim miktarları incelendiğinde, parametrelerin tümünde 900 ~ 1922 W aralığında 1022 W'lık fark ile en düşük güç tüketim miktarı farkı 50 mm derinlikte görülmektedir. Diğer kesme derinliklerinde ise, 80 mm derinlikte 1089 ~ 2476 W aralığında 1387 W güç tüketim farkı ve 110 mm derinlikte 1309 ~ 2913 W aralığında 1604 W güç tüketim farkı olduğu görülmüştür. En düşük güç tüketim değeri çevresel hız 40 m/sn, kesme hızı 1 m/dk ve kesme derinliği 50 mm derinlikte ki kesme parametrelerinde 900 W civarında ölçülmüştür. En yüksek güç tüketimi ise, çevresel hızı 80 m/sn, kesme hızı 2 m/dk ve kesme derinliği 110 mm'de ki kesme parametrelerinde 2913 W civarında ölçülmüştür. Kesme hızının etkisi ile çevresel hızın güç tüketimindeki etki oranlarının yaklaşık olarak aynı olduğu gözlenmiştir. Kesme derinliklerinin artması ile birim zamanda kesilen beton blok miktarı da artmaktadır. Bu durum güç tüketimini de etkilemektedir.

3.1.2. Kesme kuvvetleri

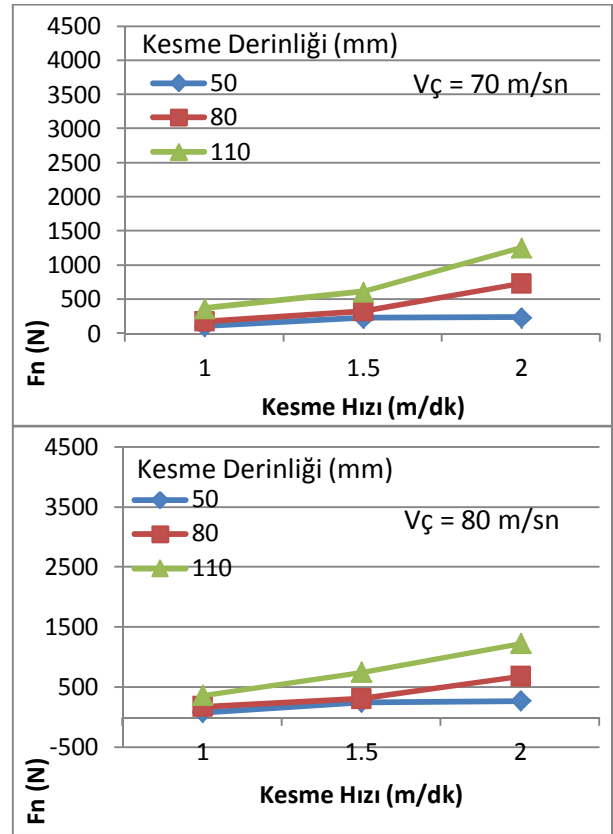
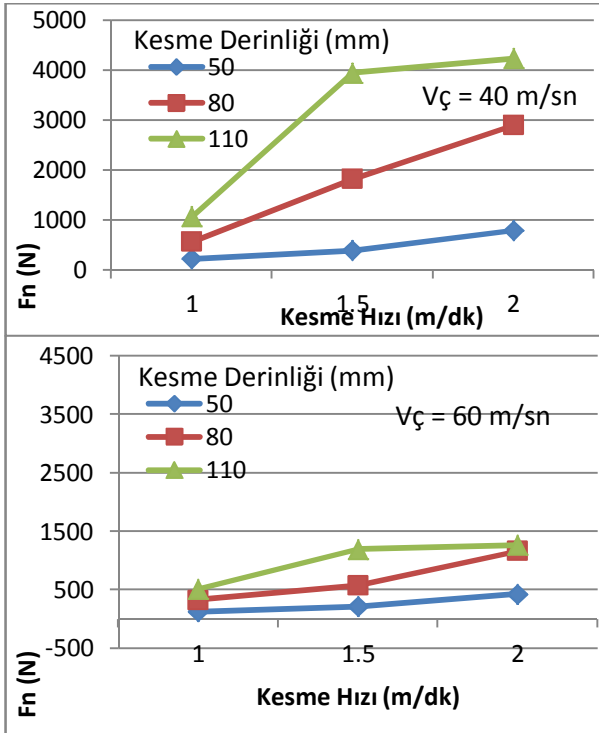
Dairesel testere ile beton blok numunesinin kesilmesi esnasında testere bazı kuvvetlere maruz kalmaktadır. Beton blok numunesinin kesimi esnasında çevresel hız, kesme derinliği, malzemenin özellikleri, kesici elmas soketin özellikleri ve kesme hızı gibi parametreler testereye gelen kuvvetleri önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca beton blok numunesinin kesme işlemlerinde iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki aşağı kesim yöntemi diğeri ise yukarı kesim yöntemidir. Yapılan kesme işlemlerinde aşağı kesim



yöntemleri kullanılmıştır.

Şekil 10'da testerenin çevresel hızı, kesme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak normal kuvvetlerin grafikleri verilmiştir. Şekil 11 ve 12'de testerenin çevresel hızı, kesme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak teğetsel kuvvetlerin grafikleri verilmiştir. Kesme işlemlerindeki teğetsel kuvvet değerleri güç tüketimine ve çevresel hıza bağlı olarak denklem ile hesaplanmıştır. Normal kuvvet ise, kesme esnasında testere üzerinde oluşan kesme kuvvetine ve teğetsel kuvvete bağlı olarak denklem ile hesaplanmıştır.

Teğetsel kuvvet ve normal kuvvet grafiklerine bakıldığında bütün kesim koşullarında testerede oluşan normal (F_n) kuvvetler, buna dik oluşan teğetsel (F_t) kuvvetlerinden daha büyük değerlerde olduğu görülmektedir. Kesme hızı ve kesme derinliklerinin artması ile normal (F_n) ve teğetsel (F_t) kuvvetlerde artış görülmüştür.



Şekil 10. Normal kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

Teğetsel kuvvet grafiğinde kesme hızının artması ile kuvvetlerde lineer bir artış gözlemlenmiştir. Yalnızca 110 mm kesme derinliği, 60m/sn çevresel hız ve 2 m/dk kesme hızında beklenen kuvvet değerinin altında bir değer elde edildiği görülmüştür. Kesme parametreleri ile beklenmeyen bu kuvvet düşüşü normal kuvvet ve güç tüketim grafiklerinde de aynı durumu göstermiştir. Bu durum beklenen kesme işlemi zorluğundan daha kolay kesme işlemi yapıldığını göstermektedir.

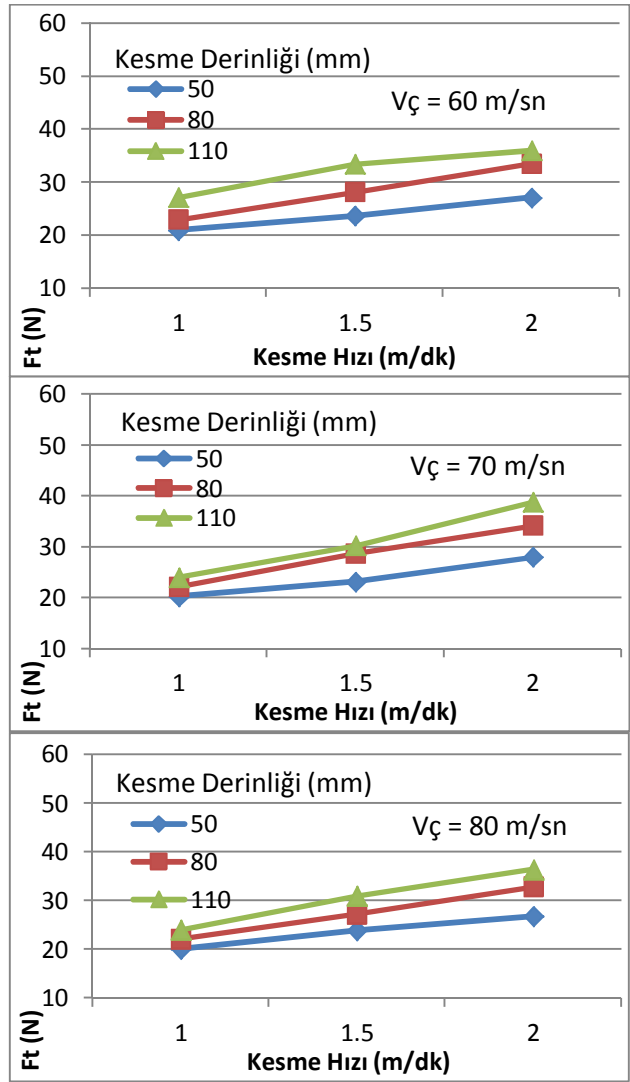
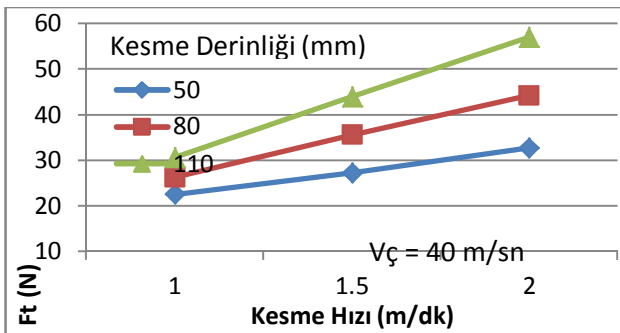
Çevresel hızlara göre normal kuvvet incelendiğinde 40 ile 60 m/sn çevresel hızda kesme derinliğine ve kesme hızına bağlı olarak aynı grafiği sergilemektedirler ve bu verilerin kesme esnasında oluşan normal kuvvetlerine bakıldığında aralarında önemli bir fark görülmektedir.

Diğer çevresel hızlar da, normal kuvvete göre incelendiğinde 70 m/sn'de oluşan grafik 80 m/sn'de oluşan grafiğin kesme derinliklerine ve kesme hızlarına bağlı oluşturduğu grafik yapılarının aynı olduğu gözlenmiştir. Dairesel testerenin beton

blok numunesini kestiği esnada normal kuvvetin 40 m/sn çevresel hızda testereye etki eden F_n kuvveti 4250 N civarında iken çevresel hız 60,70 ve 80 m/sn 'lerde ise ortalama 1450 N civarındadır. Çevresel hızı 40 m/sn olup testereye etkileyen kuvvetin, büyük olmasının sebebi testerenin çevresel hızına bağlı olarak beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin artmasıdır. Dairesel testerenin çevresel hızı 60 m/sn den 40 m/sn değerine indirildiğinde, 40 m/sn olan normal kuvvet değerlerinin 60 m/sn olan normal kuvvet değerlerinden daha fazla olduğu görülmüştür.

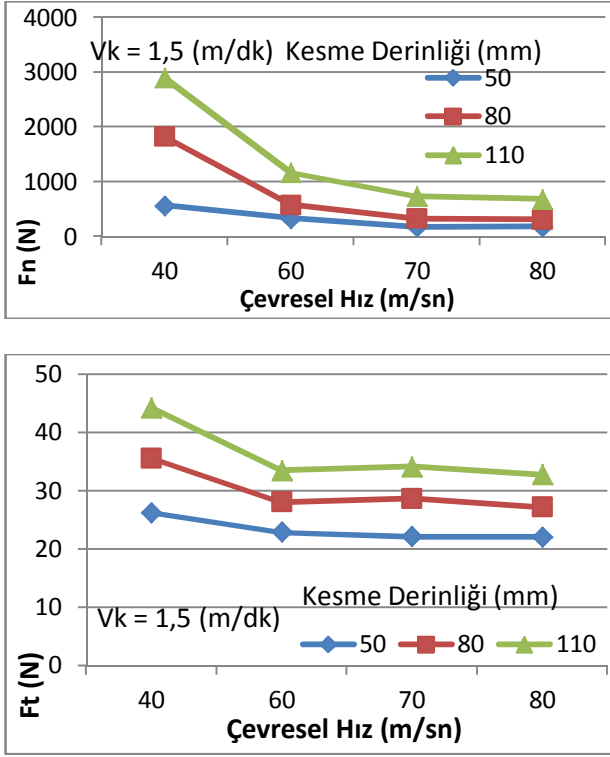
Şekil 12'de dairesel testereyle beton blok numunesinin kesimi esnasında, kesme hızı (V_k) sabit tutularak farklı çevresel hız (V_c) ve kesme derinliklerinde (A_p) oluşan teğetsel (F_t) ve normal (F_n) kuvvetlerinin değişim grafiği verilmiştir. Bütün koşullarda kesme derinliğinin artması ile normal ve teğetsel kuvvetlerde artış görülmüştür. Çevresel hızdaki değişim göz önüne alınarak incelendiğinde çevresel hızın artması ile teğetsel ve normal kuvvetlerde azalma görülmüştür.

En düşük çevresel hız olan 40 m/sn'de beton blok numunesi kesilirken diğer çevresel hızlara göre en yüksek teğetsel ve normal kuvvet değerleri ölçülmüştür. Bu durum dairesel testere için 60 m/sn altında bir çevresel hız seçilmemesi gerektiğini göstermektedir. Seçilmesi durumunda dairesel testere beton blok numunesini kesmesi esnasında normal ve teğetsel kuvvetler en yüksek değerlere çıkacak ve dairesel testerenin hasara uğramasına, düzgün bir kesme işleminin gerçekleşmemesine neden olacaktır.



Şekil 11. Teğetsel kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

40 m/sn çevresel hızda en düşük güç tüketimi değerleri görülmesine rağmen testereye gelen normal ve teğetsel kuvvetlerin değeri maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Çevresel hızı 40 m/sn olup testereye etkileyen kuvvetin büyük olmasının sebebi, testerenin çevresel hızına bağlı olarak beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin artmasıdır. Ayrıca teğetsel ve normal kuvvetlerin yüksek olması dairesel testeredeki soket aşınmasını önemli ölçüde etkileyecektir.

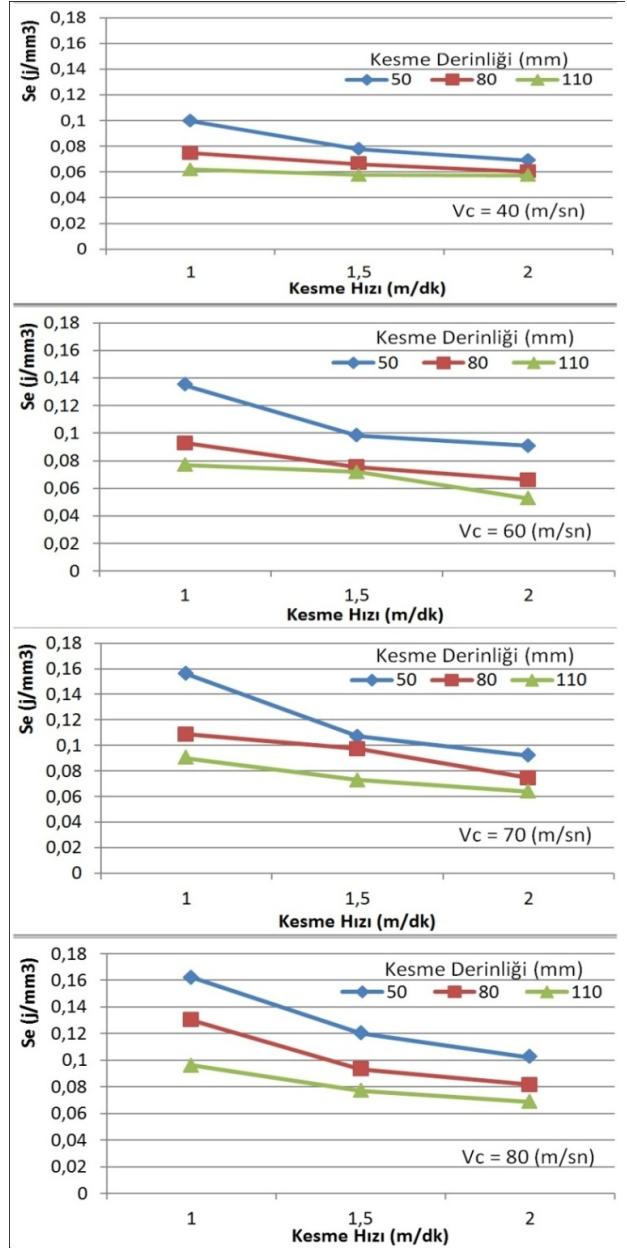


Şekil 12. Teğetsel ve normal kuvvetlerin çevresel hıza bağlı değişim grafikleri.

3.1.3 Spesifik enerjinin hesaplanması

Dairesel testerele makina ile beton blok numunelerinin kesim işlemlerinde kesme veriminin tespiti açısından en önemli kriterlerden biri spesifik enerjidir (SE). Spesifik enerji; kesim için kullanılan malzemenin birim zamanda birim hacimini kesmek için gerekli enerji miktarını ifade etmektedir. Spesifik enerji değerleri, makinenin güç tüketimi, kesim işleminin süresi ve beton blok numunesinden kaldırılan talaşın hacmi kullanılarak denklem ile hesaplanmaktadır. Spesifik enerji miktarının en düşük elde edildiği kesme parametreleri, makinenin kesme işlemini en verimli şekilde yaptığını göstermektedir.

Şekil 13'de spesifik enerjinin kesme hızının artması ile tüm çevresel hızda ve kesme derinliklerinde azaldığı görülmektedir. Kesme hızı ve kesme derinliği sabit tutulduğunda ise çevresel hızın artması ile spesifik enerji miktarının arttığı gözlemlenmektedir. Bütün koşullarda kesme hızının azalması ile spesifik enerji miktarı artmaktadır.



Şekil 13. Spesifik enerji miktarının kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

Kesme derinliklerinde sığ kesme işlemi olan 50 mm derinliğinde devamlı yüksek spesifik enerji miktarı elde edilmiştir. Bu sonuçta sığ kesme işlemlerinde makinenin tüketim gücüne karşılık beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum sığ kesme işlemlerinin beton blok numunelerinde verimsiz bir kesme işlemine neden olduğunu göstermektedir. Yüksek kesme hızlarında ve yüksek kesme derinliklerinde en düşük spesifik enerji miktarı elde edilmiştir. Bu durumda makine en verimli kesme işlemlerini gerçekleştirdiğini

göstermektedir.

Minimum spesifik enerji miktarı en düşük üretim maliyeti ve maksimum verimi yakalayabilmek için optimum kesme parametrelerinin belirlenmesinde önem arz etmektedir. Spesifik enerji miktarının en düşük değerde olduğu konuma bakıldığında çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm 'de elde edildiği görülmektedir. Bu parametrelerle elde edilen değer beton blok numunelerinin kesilmesinde optimum kesme parametrelerini vermektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, endüstride betonların kesiminde kullanılan 5 çeşit elmas soket ile 4 farklı beton blok numunesinde değişik kesme parametreleri göz önüne alınarak deneysel ve teorik incelemeler yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda ilk olarak S1 elmas soketli dairesel testere ile B1 beton blok numunesi kullanılarak varyasyon deneyleri yapılmıştır. Varyasyon deneylerinde, kesim işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri ve güç tüketim değerleri elde edilmiştir. Spesifik enerji değerleri ise güç tüketim değerlerinden ve beton blok numunesinden kesilen talaş hacminden yararlanarak teorik olarak hesaplanmıştır. Kesme parametrelerinde en büyük etkiyi kesme derinliğinin yaptığı görülmüştür. Kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetleri ve güç tüketim değeri artmıştır. Güç tüketiminde en düşük etki çevresel hızda görülmüştür. Kesme kuvvetlerinde ise en büyük etki çevresel hızda görülmüştür. Dairesel testere ile beton blok numunelerin kesiminde teğetsel ve normal kuvvetlere göre çevresel hız değerinin 60 m/sn'nin altında bir değer seçilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Spesifik enerji, kesme işleminde verimi gösterdiği için performans deneylerinde kullanılacak optimum kesme parametreleri spesifik enerji baz alınarak seçilmiştir. Spesifik enerji miktarının elde edildiği en düşük kesme parametreleri en iyi kesme verimini göstermektedir. En iyi kesme verimi çevresel hızın 60 m/sn, kesme hızının 2 m/dk ve

kesme derinliğinin 110 mm seçildiği kesme parametrelerinde elde edilmiştir. Performans deneylerinde bu kesme parametreleri kullanılmıştır.

Teşekkür

TÜBİTAK-1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Programı Projesi ve AKÜ BAP 11MUH02 projesi tarafından desteklenen çalışmada, Beton blok numuneleri AND BLOK San. ve Tic. A.Ş. tesislerinde hazırlanmıştır. Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a, AND BLOK'a ve AKÜ BAPK teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aslantaş, K., Özbek, O., Uçun, İ., Büyüksağış, İ.S. (2009). Investigation of the Effect of Axial Cutting Force on Circular Diamond Saw blade Used in Marble Cutting Process. *Materials and Manufacturing Processes*, 24: 1-9.
- Bayram, F., Kulaksız, S., Özçelik, Y. (2003). Katraklarda Mermerlerin Fiziki-Mekanik Özelliklerinin Ve Kesim Hızının Elmas Soketlerdeki Aşınmalara Etkisi. *Türkiye 4. Mermer Sempozyumu, Afyonkarahisar*, 18 – 19 Aralık.
- Büyüksağış, İ.S. (1998). Dairesel testere ile blok kesme makinelerinde mermerlerin kesilebilirlik analizleri, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi FBE, 173 syf. Eskişehir.
- Büyüksağış, İ.S., Göktan, M., (2001). Bilgisayar kontrollü mermer kesme deney düzeniğinin tanıtılması. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, 189-199 syf. Afyonkarahisar, 3 – 5 Mayıs.
- Büyüksağış, İ.S. (2003). Doğaltaş kesmede kullanılan elmaslı dairesel testere ile blok kesme mekanizması. *Fen Bilimleri Dergisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi*, 4: 17-30.
- Büyüksağış, İ.S., Göktan, R.M. (2005). Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter. *Journal of Materials Processing Technology*, 169: 258-262.
- Büyüksağış, İ.S. (2007). Effect of cutting mode on the sawability of granites using segmented circular diamond saw blade, *Journal of Materials Processing Technology*, 183: 399-406.
- Caner, M., Akarslan, E. (2009). Mermer Kesme İşleminde Spesifik Enerji Faktörünün ANFIS ve YSA Yöntemleri ile Tahmini. *Mühendislik Bilimleri Dergisi, Pamukkale Üniversitesi*, 15-2: 221-226.
- Çınar, S.M. (2007). Mermer Kesme Makinelerinde

- Elektrik Enerjisi Tüketim Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Demirdağ, S. and Gündüz, L. (2008) "Strength properties of volcanic slag aggregate lightweight concrete for high performance masonry units," *Construction and Building Materials*, Vol. 22: pp.135–142.
- Dursun, M., Çimen, H. (2010). Eviricili ve Eviricisiz Mermer Kesme İşleminin Elektrik Enerjisi üzerine Etkisi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, 25-2: 381-388.
- Ersoy, A., Atıcı, U. (2004). Performance characteristics of circular diamond saws in cutting different types of rocks. *Diamond and Related Materials*,13: 22-37.
- Güneş Yılmaz, N., Gökten, R. M. (2008). Effect of Sawing Rate on Force and Energy Requirements in the Circular Sawing of Granites. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 21-2: 59-74.
- Gündüz, L. (2005) "İnsaat Sektöründe Bimsblok," Süleyman Demirel Üniversitesi. Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, pp. 928.
- Gündüz L, Bekar M, Şapçı N (2007) Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites. *Cem Concr Compos* 29:594–602
- Hu, S., Wang, C., Chen, B., Hu, Y. (2006). Dry-cutting concrete study of diamond saw blade with different segment width. *Materials Science Forum*, 532-533: 321-324.
- Han, Q. L., Li, Y., Xu, X. P. (2007). A comparative study of stone sawing with thin and normal blades. *Key Engineering Materials*, 329: 687-692.
- Jennings, M., Wright, D. (1989). Guide lines for sawing stone. *Industrial Diamond Review*, 2:70-75.
- Karpat, O., (2013) Pomza Takıyeli Beton Blokların Kesilmesi İçin Yeni Soket Kompozisyonlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, MAKİNE Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Luo, S.Y., Liao, Y.S. (1995). Study of the behaviour of diamond saw-blades in stone processing. *Journal of Material Processing Technology*, 51: 296-308.
- Nishimatsu, Y. (1972). The mechanics of rock cutting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 9: 261-270.
- Rosa, L.G., P.M. Amaral, Anjinho C.A., Fernandes, J.C. (2004). Evaluation of diamond tool behavior for cutting Stone materials. *Industrial Diamond Review*, 1: 45-50.
- Sarı D. and Paşamehmetoğlu, A.G. (2005) "The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp. 936–942
- Sarıışık, A., Sarıışık, G. (2010). Yeni Üretim Prosesi İle Pomza Agregalı Hafif Beton Ve Eps Köpüklü İzolasyon Blok Üretimi, Standartlara Uygunluğu, Diğer Duvar Yapı Elemanları İle Karşılaştırılması. *Madencilik Dergisi*, 49-2: 27-39.
- Sarıışık, A., Sarıışık, G. (2012). New production process for insulation blocks composed of EPS and lightweight concrete containing pumice aggregate, *Materials and Structures* (2012) 45:1345–1357
- Tönshoff, H. K., Wobker, H.G., Przywara, R. (1993). Das Arbeitsverhalten von Werkzeugen zum Trennschleifen von Gestein. *Industrial Diamond Review*, 3: 198-205.
- Tönshoff, H. K., Hillmann-Apmann, H., Asche, J. (2002). Diamond tools in stone and civil engineering industry: cutting principles, wear and applications. *Diamond and Related Materials*, 11: 736-741.
- Ucun, İ. (2004). Mermer Kesme Disklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Gerilme ve Titreşim Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Büyüksağış, İ. S. (2008). Kayaç Kesme İşleminde Kullanılan Elmas Soketli Kesici Diskin Kesme Performansının İncelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Teknolojik Araştırmalar, 3: 33-40.
- Ucun, İ., Büyüksağış, İ. S. (2009). Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesinde Lazer Ölçüm Sisteminin Kullanılması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13 – 15 Mayıs.
- Ucun, İ., Büyüksağış, İ.S., Aslantaş, K. (2009). Mermer Kesme İşleminde Bor Yağı Katkılı Soğutma Sıvısının Disk Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, 24-3: 435-441.
- Ucun, İ. (2009). Doğal Taş Sanayinde Kullanılan Elmas Soketlerin Kesme Performansı ve Hasar Analizi Çerçevesinde İncelenmesi. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Ünver, B. (1992). Kayaların Testerelele Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin İstatistiksel bir yaklaşım. *Madencilik Dergisi*, 31: 3.
- Wang, C. Y., Clausen, R. (2003). Computer simulation of

- stone frame sawing process using diamond blades. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43: 559-572.
- Wang, C. Y., Hu, Y. N., Ding, H. N. (2004). Cutting forces in sawing process of rein forced concrete. Materials Science Forum, 471-472: 292-297.
- Wei, C., Du, H. W., Wang, C. Y., Frag, Y. L. (2003). Investigation on cutting forces in concrete sawing process. Key Engineering Materials, 250: 181-186.
- Xu, X. P., Li, Y. (2003). The effects of swarf in the diamond sawing of granite. Key Engineering Materials, 250: 187-193.
- Yalçın, B., Uçun, İ., Koru, M. (2007). Mermer Kesme Testelerinde Oluşan Kesme Kuvvetinin Bulanık Mantık (Bm) Yöntemiyle Modellenmesi. Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi, Gazi Üniversitesi, 22-2: 329-336.
- Yurdakul, M., Akdaş, H. (2014a) Analysis of the Industrial Cutting Process of Natural Building Stones: Evaluation of Electric Power Consumption. Journal of Testing and Evaluation. Volume 42, Issue 4.
- Yurdakul, M., Gopalakrishnan, K., Akdaş, H. (2014b). Prediction of specific cutting energy in natural stone cutting processes using the neuro-fuzzy methodology. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Volume 67, Pages 127–135.