

**POMZA TAKVİYELİ BETON BLOKLARIN
KESİLMESİ İÇİN YENİ SOKET
KOMPOZİSYONLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur KARPAT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ali SARIŞIK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2013

Bu tez çalışması 11.MUH.02 numaralı proje ile AKÜ BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

POMZA TAKVİYELİ BETON BLOKLARIN KESİLMESİ İÇİN YENİ SOKET
KOMPOZİSYONLARININ ARAŞTIRILMASI

Onur KARPAT

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ali SARIŞIK

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2013

TEZ ONAY SAYFASI

Onur KARPAT tarafından hazırlanan “Pomza Takviyeli Beton Blokların Kesilmesi İçin Yeni Soket Kompozisyonlarının Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca **25/01/2013** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ali SARIŞIK

Başkan : Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi – Teknoloji Fakültesi,

Üye : Doç. Dr. Ali SARIŞIK İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi,

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail UCUN İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi – Teknik Eğitim Fakültesi.

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26/01/2013

İmza

Onur KARPAT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

POMZA TAKVİYELİ BETON BLOKLARIN KESİLMESİ İÇİN YENİ SOKET KOMPOZİSYONLARININ ARAŞTIRILMASI

Onur KARPAT

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman :Doç. Dr. Ali SARIŞIK

Kesme işleminde uygun elmas soketin ve kesme parametrelerinin seçimi kesme kuvvetlerini, üretim maliyetini, soket aşınmasını ve kesme verimliliğini etkileyen önemli bir unsurdur. Bu çalışmada, doğal taş kesme işleminde kullanılan makine ve tertibatları, hafif beton üretimine uyarlanarak kesme işleminde kullanılan elmas kesici diskin kesme performansları deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Deneysel olarak, dört farklı hafif beton blok numunesi ve beş farklı elmas soket kompozisyonu kullanılmıştır. İlk olarak, dairesel testere ile bir beton blok numunesi kullanılarak farklı kesme parametreleri ile varyasyon deneyleri yapılmıştır. 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. Ayrıca, elmas soketlerin aşınması bir lazer ölçüm sistemi ile ölçülmüştür. Elmas soketlerin yüzeyindeki matriks aşınma tipleri SEM ile belirlenmiştir. Elmas soketlerin matriks içerikleri EDX analizi ile sertliği ise mikro sertlik ölçümleriyle belirlenmiştir. Beton blok karışımlarına Schmidt sertlik deneyi yapılmıştır. Beton blok karışımlarının içeriği XRF yöntemi ile belirlenmiştir.

2013, xi + 66 sayfa

Anahtar Kelimeler : Pomza takviyeli beton, Elmas kesici disk, Kesme kuvvetleri, Güç tüketimi, Soket aşınması.

ABSTRACT

M.ScThesis

INVESTIGATE THE COMPOSITION OF THE NEW SEGMENT FOR CUTTING PUMICE REINFORCED CONCRETE BLOCKS

Onur KARPAT

Afyon Kocatepe University

Institute for the Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Prof. Assoc. Ali SARIŞIK

Production cost, cutting efficiency, segment wear and cutting forces are all affected by the sechoices. In this study, apparatus and machines used for cutting natural stones, performances of diamond cutting disc which is used forcutting on basis of light concrete production are theoreticallyandempirically analyzed. For the experiments, four different light concrete samples and five diamond segment compositions which are used in the industry were used. First, optimum cutting parameters are acquired through varioustrials and analytical approach foreach concrete. In the variation and performance experiments; cutting times, tangential and normal cutting forces, power consumption and specificenergy levels are acquired. Besidesthatwearrates of diamond segments are measured by laser measuring system. Types of matrix wear are identified by SEM. Matrix contents of the diamond segments are identified by EDX analyzes and hardness is gauged by micro hardness tests. Schmidt hardness test is applied to the concrete blocks. Contents of the concrete blocks are identified by XRF method.

2013, xi + 66 pages

Keywords : Pumicere in forced concrete, Diamond circular saw, Cutting forces, Power consumption, Segment wear.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların ynlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ali SARIŞIK'a, deneysel çalışmaların yapılmasında 11MUH02 kodlu proje ile maddi destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğüne (BAPK), araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Kubilay ASLANTAŞ'a, Sayın Prof. Dr. Ahmet ŐENTÜRK'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail UCUN'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Gencay SARIŞIK'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma teşekkür ederim.

Benim bugünlere gelmemde emeği çok olan annem Yıldız KARPAT'a ve her zaman bana yardımcı olan kardeşim Aslı KARPAT'a teşekkür ederim.

Onur KARPAT

AFYONKARAHİSAR, 2013

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | viii |
| RESİMLER DİZİNİ | x |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI | 3 |
| 2.1. Kesme Kuvvetleri, Spesifik Enerji ve Güç Tüketimi..... | 3 |
| 2.2. Elmas Soket Aşınması..... | 8 |
| 2.3. Hafif Beton ve Pomza..... | 13 |
| 3. MATERYAL VE METOT | 16 |
| 3.1. Kesme Deney Düzeneği | 16 |
| 3.2. Aşınma Deney Düzeneği | 20 |
| 3.3. Elmas Kesici Diskin Özellikleri | 22 |
| 3.4. Beton Blok Numunelerinin Özellikleri | 25 |
| 3.5. Deney Parametreleri ve Hesaplamalar | 28 |
| 4. BULGULAR VE DEĞELENDİRME | 30 |
| 4.1. Beton Blok Numunelerinde Schmidt Çekici ile Yüzey Sertlik Tayini | 30 |
| 4.2. Elmas Soket Matriksinin Özelliklerinin Araştırılması | 31 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3. Varyasyon Deneyleri | 35 |
| 4.3.1. Güç Tüketiminin Belirlenmesi..... | 36 |
| 4.3.2. Kesme Kuvvetleri..... | 39 |
| 4.3.3. Spesifik Enerjinin Belirlenmesi..... | 44 |
| 4.4. Performans Deneyleri | 47 |
| 4.4.1. Güç Tüketiminin Belirlenmesi | 47 |
| 4.4.2. Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi | 48 |
| 4.4.3. Spesifik Enerjinin Belirlenmesi | 50 |
| 4.4.4. Elmas Soketlerin Aşınmalarının Belirlenmesi | 51 |
| 4.4.4.1. Beton Blok Numunelerine Göre Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesi | 53 |
| 4.4.4.2. Farklı Elmas Soket Kompozisyonlarına Göre Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesi | 54 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 56 |
| 6. KAYNAKLAR | 59 |
| ÖZGEÇMİŞ | 66 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

| | |
|-----------------|----------------------------------------|
| F _x | X yönde etkiyen kuvvet |
| F _y | Y yönde etkiyen kuvvet |
| F _z | Z yönde etkiyen kuvvet |
| F _n | Normal kuvvet |
| F _t | Teğetsel kuvvet |
| F _k | Kesme kuvveti |
| SE | Spesifik enerji |
| P | Güç tüketimi |
| V _c | Çevresel hız |
| V _k | Kesme hızı |
| t | Kesim süresi |
| Q _w | Beton numuneden kaldırılan talaş hacmi |
| A _p | Kesme derinliği |
| D | Dairesel testere çapı |
| T | Dairesel testere genişliği |
| L | Elmas soket uzunluğu |
| b | Elmas soket genişliği |
| h | Elmas soket yüksekliği |
| S _a | Elmas soket adedi. |
| N | Newton |
| dev | Devir sayısı |
| db | Su debi |
| dk | Dakika |
| sn | Saniye |
| m | Metre |
| mm | Milimetre |
| µm | Mikronmetre |
| mm ³ | Milimetre küp |
| AC | Alternatif Akım |
| kW | KiloWatt |
| W | Watt |
| °C | Santigrat derece |

Kısaltmalar

| | |
|------|------------------------------------------|
| ACME | Acme Analytical Laboratories Ltd. Canada |
| EDX | Enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi |
| SEM | Taramalı elektron mikroskobu |
| XRF | X-Ray Floresans |
| ISRM | Uluslararası kaya mekaniği derneği |

| | |
|-------|-------------------------------|
| SEdef | Spesifik deformasyon enerjisi |
| SEkes | Spesifik kesme enerjisi |
| EPS | Geliştirilmiş polistren köpük |
| B1 | 1. Beton blok karışımı |
| B2 | 2. Beton blok karışımı |
| B3 | 3. Beton blok karışımı |
| B4 | 4. Beton blok karışımı |
| S1 | 1. Soket |
| S2 | 2. Soket |
| S3 | 3. Soket |
| S4 | 4. Soket |
| S5 | 5. Soket |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 3.1. Dairesel testereli kesme makinasının şematik görünümü | 17 |
| Şekil 3.2. Bilgisayarda kullanılan programın ara yüzü | 19 |
| Şekil 3.3. Kesme işlemi sonrası elde edilen veriler | 20 |
| Şekil 3.4. Lazer cihazında kullanılan program ara yüzü | 22 |
| Şekil 3.5. Dairesel testerelerin şematik görünümü | 23 |
| Şekil 3.6. a)Dairesel testereden soketlerin çıkarılmamış görüntüsü. b)Dairesel testereden soketlerin çıkarılmış görüntüsü | 24 |
| Şekil 3.7. Elmas soket matriksinde mikro sertlik ölçüm noktaları | 25 |
| Şekil 3.8. Beton blok numunesinin ölçüleri ve kesme işlemi sonrası genel görünümü . | 26 |
| Şekil 3.9. Kesim esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi | 29 |
| Şekil 4.1. Beton blok numunelerinde yüzey sertlik değerleri | 30 |
| Şekil 4.2. Elmas soket matriksinde EDX analizi yapılan alanın SEM görüntüsü | 31 |
| Şekil 4.3. S1 elmas soket matriksine yapılan EDX analizi..... | 32 |
| Şekil 4.4. S2 elmas soket matriksine yapılan EDX analizi..... | 32 |
| Şekil 4.5. S3 elmas soket matriksine yapılan EDX analizi..... | 33 |
| Şekil 4.6. S4 elmas soket matriksine yapılan EDX analizi..... | 33 |
| Şekil 4.7. S5 elmas soket matriksine yapılan EDX analizi..... | 34 |
| Şekil 4.8. Elmas soketlerin matriksinin mikro sertlik değerleri | 35 |
| Şekil 4.9. S1 soketi ile güç tüketiminin çevresel hız, kesme hızı ve kesme derinliğindeki değişimi | 38 |
| Şekil 4.10. S1 soketinde normal kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri | 41 |
| Şekil 4.11. S1 soketinde teğetsel kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri..... | 42 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.12. S1 soketinde teğetsel ve normal kuvvetlerin çevresel hıza bağlı değişim grafikleri | 44 |
| Şekil 4.13. S1 soketinde spesifik enerji miktarının kesme hızına bağlı değişim grafikleri | 46 |
| Şekil 4.14. S1 soketinde güç tüketiminin beton blok numunelerine bağlı değişimi | 48 |
| Şekil 4.15. S1 soketinde teğetsel, normal ve kesme kuvvetlerinin beton blok numunelerine bağlı değişimi | 49 |
| Şekil 4.16. S1 soketinde teğetsel kuvvetin normal kuvvete oranının beton blok numunelerine bağlı değişimi | 50 |
| Şekil 4.17. S1 soketinde spesifik enerjinin beton blok numunelerine bağlı değişimi ... | 51 |
| Şekil 4.18. Elmas soketteki aşınma türlerinin SEM görüntüleri | 52 |
| Şekil 4.19. Beton blok numunelerine göre soket aşınma miktarı | 53 |
| Şekil 4.20. Yüzey sertlik değerleri ile elmas soket aşınma miktarının regresyon analizi | 54 |
| Şekil 4.21. Elmas soket kompozisyonlarına bağlı soket aşınma miktarları | 55 |

RESİMLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Resim 3.1. Dairesel testereli kesme makinasının genel görünümü | 16 |
| Resim 3.2. Dinamometrenin genel görünümü | 18 |
| Resim 3.3. Aşınma deney düzeneğinin genel görünümü | 21 |
| Resim 3.4. Mikro sertlik cihazının genel görünümü | 24 |
| Resim 3.5. Yüzey sertlik ölçümlerinde kullanılan Schmidt çekicinin genel görünümü .. | 26 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 3.1. Elmas soketlerin geometrik özellikleri | 22 |
| Çizelge 3.2. Beton blok numunelerinin XRF sonucu | 27 |
| Çizelge 3.3. Varyasyon deneylerinde kullanılan kesme parametreleri | 28 |

1. GİRİŞ

Türkiye, dünyanın en eski doğal taş üreticilerinden ve dünyada en büyük rezervlere sahip ülkelerden birisidir. Doğal taşların ocaklardan çıkarıldıktan sonra istenilen ölçülerde kesilip talebe uygun hale getirilebilmesi için çeşitli makineler kullanılmaktadır. Bu makinalardan birisi S/T diye adlandırılan dairesel testereli blok kesme makinasıdır. Bu makineler diğerlerine göre daha esnek kullanım olanağı sağladığı için doğal taş işlemeciliğinde yaygın olarak tercih edilmektedir.

Elmas soketler, endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Metal işlemeciliğinde frezeleme, taşlama, tornalama ve kesme gibi işlemlerde kullanılırken metal olmayan beton, mermer, granit, traverten, andezit ve asfalt gibi malzemelerin kesilmesi ve parlatılmasında tercih edilmektedir.

Dairesel testereli blok kesme makinalarında farklı boyutlarda kesici diskler 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. Kesilecek numuneye uygun soketin ve kesme parametrelerinin seçimi, kesme verimi, elektrik tüketimi ve kesme maliyeti gibi unsurları etkilemektedir. Bu sebeplerden dolayı kesilecek numuneye uygun elmas soketlerin ve kesme parametrelerinin seçimi çok önemlidir.

Bu çalışmada, endüstride beton kesiminde kullanılan 5 çeşit elmas soket kompozisyonu ile 4 farklı beton blok numunesinin kesilebilirliği deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Kesme deneyleri tam otomatik bilgisayar kontrollü dairesel testereli bir kesim makinası ile yapılmıştır. Kesme kuvvetlerinin ölçümü aynı anda üç eksenle ölçüm yapabilen bir dinamometre yardımı ile elde edilmiştir. Spesifik enerji miktarı, analitik bir yaklaşım kullanılarak elde edilen verilerden hesaplanmıştır. Elmas soketlerin aşınma miktarlarının ölçümünde KEYENCE marka bir lazer ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Çalışma aşağıdaki kısımları kapsamaktadır;

- İlk adımda, tek çeşit beton blok numunesi ile tek çeşit elmas soket seçilerek farklı kesme parametrelerinde tam faktöriyel olarak 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.
- İkinci adımda, optimum kesme parametrelerini kullanarak 4 farklı beton blok numunesi ile tek çeşit elmas soket (S1) kullanılarak kesme performans deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda, güç tüketimi, kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve soket aşınma miktarları elde edilmiştir.
- Üçüncü adımda, deneylerde kullanılan beton blok numunelerinden en verimli kesilen beton blok numunesi belirlenip bu beton blok numunesinde soket aşınmasını belirlemek amacıyla geriye kalan dört çeşit elmas soket (S2, S3, S4, S5) kullanılarak kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneyler sonucunda beton blok numunesinin kesiminde kullanılabilecek en uygun elmas soket belirlenmiştir.
- Dördüncü adımda, kesme deneylerinde kullanılan elmas soketlerin özelliklerini belirlemek amacı ile elmas soketlere çeşitli analizler yapılmıştır. Elmas soketler ilk olarak mikro sertlik analizine tabi tutularak matriks sertlikleri belirlenmiştir. Mikro sertlik analizinin ardından elmas soketlere SEM ve EDX analizleri yapılarak elmas soketlerin matriksini oluşturan kimyasal bileşikler tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile kesme esnasında, elmas soket matriksinde oluşan aşınma tipleri incelenmiştir.
- Ayrıca beton blok numunelerine standartlara uygun bir şekilde Schmidt yüzey sertlik ölçüm deneyi yapılmış olup kimyasal içeriklerinin öğrenilmesi amacıyla XRF deneyi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Deneyleerde kullanılan dairesel testereli kesim makinasında, beton blok numunelerinin asıl kesim işlemini dairesel testerelerin uç kısımlarında bulunan elmas kesiciler yapmaktadır. Bu elmas kesiciler endüstride elmas soket olarak adlandırılmaktadır. Elmas soketler üzerinde literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle, kesim işleminde elmas soketlerin aşınması, elmas soketlerdeki kesim performansı, 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.

Üzerinde deneyleri yapılan beton blok numunelerinin içerisinde çeşitli boyutlarda pomza agregası bulunmaktadır. Çimentonun pomza agregası ile karıştırılarak elde edilen yeni nesil beton blok numunelerinin aşındırıcılık özellikleri çok yüksektir. Literatürde de pomzanın aşındırıcılığı, endüstride kullanım alanları ve özelliklerinin araştırılması üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca pomzanın çimento ile karıştırılmasıyla oluşan yeni nesil beton blok numunelerinde ısı dayanımı, yalıtım ve basınç dayanımları üzerinde çalışmalarda mevcuttur.

2.1. Kesme Kuvvetleri, Spesifik Enerji ve Güç Tüketimi

Nishimatsu (1972) çalışmasında, kayaç kesme mekanizması üzerine bir teori önermiş ve kayaç kesmedeki hasar süreçleri üzerindeki gözlemlerini rapor etmiş olup kayaç kesimi için Merchant'ın ortaya koyduğu analitik yaklaşımları kullanmıştır. Kesme işleminde, elde edilen talaşlarda hiçbir plastik deformasyonun olmadığını vurgulamıştır.

Tönshoff vd. (2002) çalışmalarında, Nishimatsu (1972) 'nun kesme işleminde elde edilen talaşlarda hiçbir plastik deformasyonun olmadığı gözlemini farklı değerlendirilip,

kesme işleminde kayaç üzerinde hem elastik hem de plastik deformasyon bölgesinin oluştuğunu vurgulamışlardır.

Unver (1992) çalışmalarında, karmaşık bir işlem olan kayaların tezgâhlarda kesilmesi işleminde kayaç kesilebilirliği açısından en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert minerallerin tane boyutları olduğunu gözlemlemiş olup açıklamış olduğu istatistiksel yöntemler ile kayaç kesilebilirlik tahmininin güvenli bir şekilde yapılabileceğini ortaya koymuştur.

Tönshoff vd. (1993) çalışmalarında, dairesel kayaç kesme tezgâhında kullanılan 900 mm çaplı bir elmas kesici diskle doğal taşların kesilmesinde ortaya çıkan kesme kuvvetlerini elde etmiş olup ilerleme hızı, çevresel hız, kesme kuvvetleri ve kesme derinliği gibi kesme parametrelerini dinamometreyle ölçmüşlerdir. Kesme derinliğinin ve kesme hızının artmasıyla normal ve teğetsel kuvvetlerin de arttığını, çevresel hızın artması ile kesme kuvvetlerinin bir miktar düştüğünü, kesme esnasında elde edilen normal kuvvetlerin, teğetsel kuvvetlere göre daha büyük olduğunu gözlemlemişlerdir.

Wang ve Clausen (2003) çalışmalarında, elmas kataraklarla kesme işlemi sırasında kesme kuvvetlerini ve aşınmaya bağlı hasar durumlarını incelemişlerdir.

Wang vd. (2004) çalışmalarında, takviye edilmiş betonların elmas kesici disklerle kesilebilirliğini araştırmış olup ilerleme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca maksimum kuvvetleri çelik fiberle takviye edilmiş beton blokta elde etmiş olup, burada elde edilen kuvvetlerin takviye edilmiş betonların dayanımıyla orantılı olduğunu söylemişlerdir. Takviye elemanının betonun dayanımını artırdığından, kesme işleminin önemli ölçüde zorlaştığına değinmiş olup Cu/Sn-Co soket bileşiminin beton kesme işleminde uygun olmadığına altını çizmişlerdir.

Xu vd. (2003) çalışmalarında, elmas bir kesici diskle granitin kesilmesi işleminde kuvvet oranlarını, kesme performansı açısından incelemişlerdir.

Büyüksağış vd. (2003) çalışmalarında, altı çeşit travertenin blok kesme makinesiyle kesimi sırasında, doğal taşın tabaka yönlerinin spesifik enerjiye etkisini araştırmış olup

kesme işleminde elde edilen spesifik enerjilerin tabaka yönlerine göre farklılık gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Tabakaya dik yönde bulunan spesifik enerjilerin, paralel durumda bulunanlara göre daha büyük değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir. Bununla birlikte mekanik testlerde, eğilme ve aşınma dayanımlarının belirlenmesinde tabaka yönlerinin önemli etkisinin olduğunu vurgulamışlardır.

Büyüksağış ve Gökten (2005) çalışmalarında, yedi çeşit doğal taşın kesilebilme durumlarını bir blok kesme makinesi ile belirlemiş olup, spesifik enerji değerlerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca yapılan bu çalışmada sığ kesme derinliği ve düşük ilerleme hızlarında elmas kesicinin verimsiz olduğu, söz konusu doğal taşlar için kesme derinliği ve ilerleme hızlarının artmasıyla elmas testerenin daha verimli kestiğini vurgulamışlardır.

Ersoy ve Atıcı (2004) çalışmalarında, farklı kayaçlar, elmas soketler ve farklı kesme parametreleri kullanarak spesifik enerjinin değişimini ve dairesel testereleler üzerine etki eden kesme kuvvetlerini araştırmış olup, kesme kuvvetlerinin ilerlemeye ve talaş derinliğine bağlı olarak arttığını lakin çevresel hızın artmasıyla teğetsel kuvvetlerin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Kesme derinliği ve ilerleme oranlarının artmasının spesifik enerjinin de azalmasının neden olduğuna, bu azalmanın, kesme derinliğinin artmasıyla maksimum olarak gerçekleştiğine değinilmiştir. Ayrıca, kesme kuvvetleri ve spesifik enerjinin belirlenmesinde kayaç türlerinin mukavemeti, sertliği, aşındırıcılığı önemli faktörler olarak vurgulanırken daha sert ve mukavemeti yüksek olan kayaçların spesifik enerjileri, yumuşak ve daha az mukavemetli kayaçlara göre düşük değerlerde elde edildiği taraflarınca gözlemlenmiştir.

Ersoy ve Atıcı (2004) çalışmalarında, 16 tip kayacı üç tip elmas diskli testerenin kullanımıyla 400 mm çapında, farklı çalışma parametrelerinde kesmiş olup yeni bir parametre olarak tanımlanan spesifik deformasyon enerjisini (SEdef) tek eksenli basma dayanımında gerilme – deformasyon eğrisinin altındaki alandan hesaplamışlardır. Bu metotla spesifik kesme enerjisini (SEkes), kesme performansı ve temel mekanik kaya karakterleri arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlamanın yanı sıra spesifik

kesme enerjisini (SEkes) ile spesifik deformasyon enerjisini (SEdef) arasında oldukça kuvvetli doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit etmişlerdir.

Ersoy ve Atıcı (2005) çalışmalarında, testerenin yapılan işleme ve doğal taşın özelliklerine bağlı olarak spesifik enerjideki değişimini araştırmışlardır.

Xu ve Li (2003) çalışmalarında, su, hava, suda çözülebilir yağ ve gres yağının disk performansı üzerindeki etkisini incelemiş olup, gres yağında daha büyük teğetsel ve normal kuvvetler elde etmişlerdir. Bu sonuçları spesifik enerji açısından değerlendirdiklerinde, minimum enerjiyi suda çözülen yağda elde etmişlerdir.

Wei vd. (2003) çalışmalarında, asfaltın elmas kesici disklerle kesilmesi esnasındaki elmas soket performansını deneysel olarak incelemiş olup yaptıkları bu çalışmada hem kuru hem de sulu kesme işlemi yapmışlardır. Suyun kullanılması ile elde edilen kuvvetlerin kuru kesme şartına göre daha küçük değerlerde kaldığını, çevresel hızın, kesme derinliği ve ilerleme hız oranlarından daha az bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ucun vd. (2009) çalışmalarında, bor yağ katkılı soğutma sıvısının kesme performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yapılan bu incelemeler sonucunda, su-bor yağı kullanılmasıyla güç tüketiminde, spesifik enerjide ve elmas soket aşınmasında belirgin bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Ucun vd. (2008) çalışmalarında, Blue Pearl ve Aksaray Yaylak adındaki iki kayaç türü üzerinde elmas kesici diskin performansını araştırmışlardır. Yapılan araştırmaların sonucunda, Blue Pearl'ün kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve güç tüketiminin Aksaray Yaylaktan daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Rosa vd. (2004) çalışmalarında, farklı türdeki kayaçların farklı elmas kesicilerle kesilmesi sırasında kesme kuvvetleri ve elektrik enerji tüketimlerini deneysel olarak incelemiş olup, çevresel hızın artmasıyla kesme kuvvetlerinin azaldığı sonucunu elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra, kesme hızının artmasıyla elektrik enerjisinin önemli ölçüde arttığını, daha sert olan elmas soketlerin daha az enerji tüketimine sebep olduğunu ve daha düşük kesme kuvvetlerinin meydana geldiği tespit etmişlerdir.

Hu vd. (2006) alışmasında, farklı elmas soket genişliklerini kullanarak betonun kuru kesilme işlemi esnasında disk üzerine etki eden titreşim ve tepkisel kuvvetleri ölçmüş olup, kesme hızının artışıyla x, y ve z yönündeki tepkisel kuvvetlerin arttığını, titreşim genliğinde düşmenin olduğunu gözlemlemiştir. Bununla birlikte, burada soket genişliği en kk olanın kuvvet ve titreşim yönünden optimum olduğunu tespit etmiştir.

Han vd. (2007) alışmalarında, normal elmas soketli ve ince kesitli kesici disklerle granitin kesilmesi sırasındaki disk performansını deneysel çalışmada incelemiş olup, kesme kuvvetlerini ve gücü deneysel olarak ölçmüşlerdir. Sonuç olarak her iki testere için gücün ve kuvvetlerin kesme derinliğinin artmasıyla birlikte arttığını tespit etmişlerdir.

Yu vd. (2006) alışmalarında, farklı geometrik şekle sahip olan bir elmas soket tasarlayıp standart soketlerle performans deneylerini incelemişlerdir. Bunun sonucunda ise, bu yeni tasarlanan elmas soketteki g tktiminin ve tepki kuvvetlerinin, daha düşük değerlerde kaldığını tespit etmişlerdir.

Yalçın vd. (2007) alışmalarında, oluşturulan bulanık mantık denetleyicide, kesme kuvvetini etkileyen özgül talaş kaldırma oranının, ilerleme parametresi olarak, kesme derinliğini giriş parametresi olarak, kesme kuvvetini ise çıkış parametresi olarak belirlemiş olup her bir giriş-çıkış parametresi için uygun üyelik fonksiyonları belirlemişlerdir. Oluşturulan bulanık mantık denetleyicisiyle giriş değerine göre sistemde oluşan kesme kuvveti değerleri tahmin edilmiş olup deneysel sonuçlar sonucunda, bulanık mantık denetleyici ile kesme kuvvetinin tahminlerinin doğru olarak yapılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Güneş vd. (2008) alışmalarında, bilgisayar tabanlı bir yan-kesme makinası kullanarak, iki farklı granit rneği üzerinde kesme hızının kuvvet ve enerji gereksinimlerinin üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu incelemenin sonucunda kesme derinliğinin azaltırken ilerleme hızının ise arttırılması sonucunda uygulamanın kesme kuvvetleri, g tktimi ve spesifik enerji gereksinimleri üzerinde olumlu etki yarattığını tespit etmişlerdir.

Caner ve Akarslan (2009) çalışmalarında, Yapay Sinir Ağları ve ANFIS kullanarak, mermer kesme parametrelerinin enerji tüketimine etkisini tahmin etmişlerdir. Tahmin edilen sonuçlar ile deneyden elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu karşılaşmanın sonucunda ise, tahmin edilen verilerin deneysel verilere yakın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Dursun ve Çimen (2010) çalışmalarında, mermer kesme makinelerindeki elektrik enerji sarfiyatının azaltılması için bir evirici uygulaması yapmış olup uygulamada kullanılan eviricinin kontrol parametresini sabit tutarken frekans parametresini değiştirerek enerji tüketim miktarlarını karşılaştırmışlardır. Eviricide kontrol tekniği olarak açık döngü V/f kontrol metodu seçilmiş olup devir sayısının değiştirilmesiyle aktif, reaktif ve spesifik enerjide değişimler meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

2.2. Elmas Soket Aşınması

Wright ve Cassapi (1985) çalışmalarında, kayaç kesilebilirliğini etkileyen faktörlerle ilgili bir çalışma yapmış olup yapılan bu deneysel çalışmada, doğal taş içerisindeki kuvars oranının elmas soket aşınması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca yine bu çalışmada, minerallerin mohs sertliği ve petrografik analizleri ile elmas soket aşınması arasında bir bağlantının kurulmasının oldukça güç olduğu vurgulanmış olup, spesifik aşınma oranları ile güç tüketimi arasında yakın ilişki olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Cassapi (1987) çalışmasında, farklı granit türü kayaçların elmas kesici disklerle kesilmesinde aşınma davranışlarını araştırmış olup, doğal taşın sertliğinin artmasının, kesilme esnasında soket aşınmanın artmasının temel nedeni olduğu tespit etmiştir.

Jennings ve Wright (1989) çalışmalarında, farklı kayaç türlerinin elmas soketlerle kesilmesi işleminde aşınma ve güç tüketimini incelemiş olup, elmas soketin aşınmasına doğal taşın minerolojik özelliklerinin önemli rol oynadığını ve kayaç sertliğinin artmasıyla kesme işleminin zorlaştığını tespit etmişlerdir. En yüksek aşınma

miktarlarının, sertliği yüksek kayalarda elde edildiğini, gc tketimeinin doğal taşın sertliğiyle doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.

Luo ve Liao (1995) alışmalarında, farklı elmas kesici diskler ile granit kesme işleminde elmas soketlerin aşınma davranışlarını incelemiş olup, yaptıkları bu çalışmada, aşağı ve yukarı kesme modlarını ele almışlardır. Yukarı kesme işleminde elde edilen kuvvetlerin, aşağı kesme işleminde elde edilen kuvvetlerden daha küçük olduğunu gözlemlemişlerdir. Elmas soket yüzeylerinin incelenmesi sonucunda daha çok elmas kırılma hasarlarına rastlanmış olup önemli oranda elmas dökülmesinin meydana geldiğini vurgulamışlardır. Aşağı kesme modu ile kesme işlemi yapan kesici diskin, maksimum talaş derinliğinden minimum talaş derinliğine doğru değişen bir kesitte talaş kaldırma işlemini yapmakta olduğunu, yukarı kesme modunda ise kesme işlemini, minimum talaştan maksimum talaş derinliğine doğru yapmakta olduğunu ifade etmişlerdir. Dolayısıyla kesme modunun, hem kesme kuvvetlerinin düşmesine hem de elmas tanecik kırılmalarının azalmasına neden olduğuna değinilmiştir. Ayrıca düşük kesme kuvvetlerinin her zaman en iyi elmas soket performansını vermekte olduğunu, büyük elmas taneciklerinin elmas soket üzerine etki eden kuvvetleri düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Karagöz ve Zeren (2001) alışmalarında, Co, Ni ve Cu+Sn toz tanelerinden oluşan matriks bileşimini sabit tutarak sinterleme koşullarını ve uygulanan sıcak preslemede basıncı 350 MPa, sinterleme sıcaklığını ise 730  C olarak sabitleyip sinterleme süresini değiştirmişlerdir. Ayrıca yumuşak mermer türü, doğaltaş kesiminde sabit aşınma hızı altında malzemenin aşınma tutumunu belirlemişlerdir. Bu doğrultuda doğaltaş kesme koşullarında yapılan aşınma testlerinde etken aşınma mekanizmaları saptanarak malzemenin aşınma karakteristiğini ortaya koymuşlardır.

Bayram vd. (2003) alışmalarında, soketlerdeki birim aşınmalar ile kesim hızı ve kayal özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmış olup burada elmas soketlerde meydana gelen birim aşınmalarla kesim hızı arasında yüksek ilişki olduğunu, aynı zamanda birim aşınmalarla kayal özelliklerinden darbe dayanımını, Schmidt sertliğini, Shore sertliğini

ve elastisite modülü arasında da yüksek ilişkiler tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara dayanarak elmas lamalı kataraklarla levha üretimine yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

Yu ve Xu (2003) çalışmalarında, farklı elmas kesici diskler ile granitin kesilmesi esnasında elmas soketin aşınmasını araştırmış olup yapılan bu çalışmada, farklı konsantrasyon ve matriks bileşimi olmak üzere 9 farklı elmas soketini ele almışlardır. Bu çalışmada elmas soket konsantrasyonunun artmasıyla soket aşınmasının olumlu ya da olumsuz şekilde etkilendiğini kesin olarak söyleyememişlerdir. Normal şartlar altında elmas konsantrasyonunun artması elmas tanecik üzerine gelen kuvvetleri azalttığından, daha düşük aşınmanın meydana gelmesi beklendiğini fakat bu çalışmada, konsantrasyonun artması ile aşınmanın da arttığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte elmas taneciklerinin hasar durumları optik mikroskopta incelenmiş olup soket yüzeyinde en fazla kırılmış büyük elmas taneciklerinin meydana geldiği tespit etmişlerdir.

Dillio ve Tonga (2003) çalışmalarında, kayaç kesme işlemindeki elmas soketlere yeni bir teorik aşınma modeli önermiş olup, aşınmanın anlaşılması ve deneylerin optimum bir şekilde planlanması için analitik model uygulamışlardır. Ayrıca çalışmada, eğer elmas taneciği ve matriksin aşınması aynı seviyede olursa, sabit bir elmas tanecik yüksekliğinin meydana geleceğinden söz etmişlerdir. Daha sert elmas soket matriksiyle birlikte düşük elmas konsantrasyonuna sahip soketlerde körelmenin daha hızlı gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Eyüpoğlu vd. (2003) çalışmalarında, Ankara andezitinin kesici disk ile kesilme işlemi sırasında elmas soketin aşınmasını istatistiksel ve mikroskopik olarak incelemiş olup, deneysel olarak ölçülen aşınma oranları istatistiksel bir yaklaşım ile karşılaştırmış ve birbiriyle yakın değerler elde etmiştir.

Karagöz ve Zeren (2003) çalışmalarında, Co, Ni ve Cu-Sn tozlarla farklı matriks bileşimine sahip elmas soketlerin aşınma karakteristiği incelenmiş olup elmas soketlerde etkin aşınma türünün abrasiv aşınma olduğunu vurgulamışlardır. Elmas soketin kullanılmasıyla birlikte elmas tanecik önlerinde oluşan kanalların daha sağlıklı bir kesme işleminin yapılmasında önemli olduğunu söylemişlerdir.

Denkena vd. (2004) çalışmalarında, doğal taş endüstrisinde kullanılan elmas kesicilerle ilgili bir araştırma yapmış olup elmas tanecik yüksekliğiyle işleme kuvvetleri arasında lineer bir ilişkinin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayriyeten elmas tanecik yüksekliğinin azalmasının matriksin daha fazla aşınmasına sebep olduğu, daha büyük kuvvetlere maruz kalan elmas taneciklerinde kırılmaların daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Büyüksağış (2007) çalışmasında altı adet farklı kayaç üzerinde aşağı ve yukarı kesme modlarını kullanarak yaptığı çalışmanın kesme işleminde spesifik aşınma ve enerji tüketimini deneysel olarak incelemiş olup çoklu lineer regresyon analiziyle spesifik enerji ve aşınmanın belirlenmesine doğal taşın fiziko mekanik ve minerolojik özelliklerini dahil etmiştir. Spesifik enerji değerlerinin testerenin aşınma oranı ile ilişkili olduğunu, spesifik enerjinin artmasıyla spesifik aşınma oranının lineer bir şekilde arttığını, aşağı kesme moduyla elde edilen spesifik enerji değerlerinin, yukarı kesme işlemiyle elde edilen değerlerden daha büyük çıktığını tespit etmiştir.

Ünal ve Gürcay (2007) çalışmalarında, elmas soketlerdeki aşınma oranının matriks bileşimine etkisini araştırmış olup, matriks içerisindeki kobalt oranının artmasının soket sertliğini artırdığını bunun sonucu olarak da elmas soketteki aşınmanın daha düşük düzeylerde gerçekleştiği tespit etmişlerdir.

Zhan vd. (2007) çalışmalarında, granitin kesilmesinde kullanılan elmas kesici soketlerin aşınma davranışlarını araştırmış olup, kaldırılan talaş hacmi arttıkça elmas tanecik yüksekliği önemli ölçüde düşerken teğetsel ve normal kuvvetler arttığını tespit etmişlerdir.

Ucun ve Büyüksağış (2009) çalışmalarında, elmas kesici diskte meydana gelen aşınmayı lazer deplasman sensörü kullanılarak ölçmüş olup, farklı kesme hızı ve talaş derinliği için kesme deneyleri yapmışlardır. Ayrıca doğal taş kesme işleminde kullanılan elmas soketlerin aşınmasının belirlenmesi için yeni bir ölçüm metodu geliştirmiş olup ölçümün hassas olması için lazer ve kesici diskin bağlanabildiği yeni bir düzenek tasarlamışlardır. Bu düzenek ile ölçümlerin klasik ölçüm yöntemlerine göre daha hassas olduğu, geleneksel ölçümlerde kişiden kaynaklanabilecek ölçüm hatalarının bu sistem ile minimuma indirildiği ve soket aşınmasının mikron düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Yapılan aşınma ölçümlerinde mikro seviyede değerler elde etmiş olup, kesme hızının ve derinliğinin artması ile aşınmanın önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. Ölçümün bütün soketleri içine alacak şekilde yapılmasının alınan aşınma değerlerini daha çok hassaslaştırdığı tespit etmişlerdir.

Ucun vd. (2006) çalışmalarında, toplam dizayn metodu kullanarak mermer endüstrisinde kullanılan yeni bir kesici elmas soket tasarımı yapmış olup, tasarlanan bu soketin ilk olarak performans özelliklerini saptayarak performans özelliklerine bağlı olarak tasarım için önemli olan değerlendirme kriterlerini ağırlık objektif yöntemini (weighted objective method) kullanarak belirlemişlerdir. Elde edilen veriler ile birlikte elmas soketin fonksiyon analizi yaparak diğer çözümler ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak yeni tasarlanan bu kesici elmas soketin, firmanın iş gücü maliyetini ve sökölüp takılma zamanını kısalttığını tespit etmişlerdir.

Büyüksağış (2003) çalışmasında, genel olarak elmaslı dairesel testerelerin kesim ve tasarım parametrelerini araştırmış olup bu parametrelerin talaş oluşum mekanizmaları ile ilişkilerini araştırmıştır. Ayrıca uygun kesici belirleme işleminde doğrudan endüstriyel ölçekte kesici saptama deneyleri yapılması yerine, blok kesme makinesini simüle eden laboratuvar ölçekli deney setlerini kullanarak daha kısa zamanda daha ucuza, hassas ve güvenilir sonuçların alınmasının mantıklı ve isabetli olacağını vurgulamıştır.

Kesme işleminde, kesilen numuneye uygun soket kompozisyonunun seçilmesi çok önemlidir. Kaplan ve Budak (2011) çalışmalarında, matriksinde Co bulunan 4 farklı mermer kesme soketi kullanmışlardır. Soketlere 4 dakika boyunca 850 °C 'de ve 350 Mpa basınç altında sinterleme işlemi uygulamış olup soket matriksinin mikro yapısını ve mekaniksel özelliklerini araştırmışlardır. Soketlere üç noktadan eğme deneyleri yaptıktan sonra matriks malzemesine Co ilave edilmesi ile eğilme mukavemetinin arttığını, yüzde uzama miktarının önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca soket matrikslerini incelediklerinde 850 °C sıcaklıkta yapılan sinterleme işleminde matrikste çok fazla boşluk bulunmadığını gözlemlemişlerdir.

2.3. Hafif Beton ve Pomza

Köse vd. (1997) çalışmalarında, gözenekli ve volkanik yapıya sahip bir kayaç olan pomzanın kullanım alanlarını ve özelliklerini tanıtırken Bims adındaki pomzanın inşaat bloğu yapımında ülkemizde çok tercih edilmemesine değinip yurtdışındaki uygulamalarından bahsetmişlerdir. Bunlara ilave olarak ısı izolasyonu ile ilgili yapılmış birtakım kıyaslamalara yer vermiş olup bu karşılaştırmaların sonucu olarak; inşaatlarda bimsblok kullanımının günümüzde önemli bir yeri olan enerji tasarrufuna yapmış olduğu katkıları sunulmuştur.

Gündüz ve Yılmaz (2001) çalışmalarında, inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak kullanılan pomzanın farklı endüstrilerde kullanımı esnasında bilinmesi gerekli olan spesifik değerleri analiz etmiş olup bulguların parametrik değerlerini sunmuşlardır. Bu bulguların sonucunda pomzanın birçok endüstri alanında kullanılabileceğini saptamışlardır.

Demir ve Orhan (2001) çalışmalarında, Pomza kumu karışımı ve Afyon bölge killlerinden üç farklı karışım hazırlamış olup, tuğla üretiminde kullanım olanaklarını incelemişlerdir. Aynı zamanda elde edilen test sonuçlarını standart değerlerle karşılaştırıp üretilen örneklerin inşaat sektörü açısından uygunluğunu araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda (B) serisi örneklerde su emme oranının arttığı ve basınç mukavemetinin düştüğünü gözlemlerken (C) serisi örneklerinde tuğlanın su emme oranının artarak olumsuz etkilendiği, buna karşı basınç mukavemeti bakımından olumlu yönde geliştiğini saptamışlardır.

Dinçer ve Çağatay (2004) çalışmalarında, normal agreganın ve normal iri agreganın yerine pomza agrega kullanarak taşıyıcı hafif betonların mekanik özelliklerini araştırmış olup üretilen beton numunelerin, birim hacim ağırlığına bağlı olarak basınç dayanımlarını, çekme dayanımlarını, elastisite modüllerini ve enerji yutma kapasitelerinin değişimini incelemişlerdir. Sonuç olarak, Pomza katkılı betonların mekanik özelliklerinde azalma olurken normal agregaya %50'ye kadar iri pomza ilavesinde, gerilme-şekil değiştirme eğrilerinin altında kalan alanlarda iyileşme olduğunu gözlemlenmiştir.

Yaşar ve Erdoğan (2005) çalışmalarında, asidik ve bazik kökenli pomzaların hafif beton agregası olarak yapı sektörlerinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Pomza agregalarının hafif beton ve depreme dayanıklı beton üretiminde büyük ölçüde öneme sahip olduğunu belirtip sonuçların endüstride kullanımını sağlamışlardır.

Yazıcıoğlu ve Bozkurt (2006) çalışmalarında, pomza ve mineral katkı taşıyıcı hafif betonun mekanik özellikleri araştırmış olup kullanılan katkılarla birlikte hazırlanan 3, 7,14, 28 ve 90 günlük numunelere basınç, yarmada çekme dayanımı ve ultrasonik test deneyler uygulamışlardır. Bu deneyler sonucunda, silis dumanı katkı beton numunelerin her yaşta daha iyi dayanım özellikler sergilediği görülürken uçucu kül katkı beton serilerinde erken yaşlarda belirgin bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Serin vd. (2007) çalışmalarında, iki farklı hafif agrega ve normal (doğal) agrega ile beton blokları incelemiş olup normal beton bloklar ile hafif beton ve yarı hafif betonların özelliklerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca elde ettikleri tüm verilerin ardından pomzalı ve diatomitli hafif ve yarı hafif beton blokların taşıyıcı beton olarak kullanılamayacağını, ara duvar elamanı ve yalıtım blokları olarak kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir.

Türkel ve Kadiroğlu (2007) çalışmalarında, pomza agregası kullanılarak taşıyıcı amaçlı hafif betonlar üretmiş olup bu hafif betonlar üzerinde birim hacim ağırlık, taze durumda çökme ve hava içeriği deneyleri yapmışlardır. Elde edilen verilere göre pomza agregası kullanılarak ACI 213R-87'de taşıyıcı hafif betonlar için belirtilen 17.2 MPa dayanım değerinin oldukça üzerinde dayanım değerine sahip taşıyıcı hafif betonlar üretilebileceğini tespit etmişlerdir.

Aksay vd. (2009), çalışmalarında İzmir Menderes yöresinin pomza cevherinin kullanılması ile Ege bej mermerlerinin ve Muğla beyaz mermerlerinin aşınabilirliği üzerine araştırmalar yapmışlardır. Benzer kimyasal özellik gösteren fakat farklı mineralojik yapı ve sertlikte bulunan mermerlerin aşındırılmasında Menderes pomzasının abrasiv olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir. Menderes pomza cevheri ile Muğla beyaz mermer numunesine göre daha sert olan Ege bej mermer numunesinin aşındırılmasıyla Ege bej mermer numunesinde hacim ve kalınlık azalması yönünden daha az aşınma kaybı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Gökçe vd. (2010) çalışmalarında, ülke ekonomisine ve küresel ısınmaya olumlu yönde katkıda bulunan perlit yapı malzemeleriyle çevre kirliliğinin azalmasına katkıda bulunmak amacıyla farklı özellikte geliştirilmiş olan perlit agregalarının ham perlit agregalı hafif betonlar içinde kullanılabilirliği araştırmışlardır. Ham perlit agregası yerine üç farklı özelliğe sahip ve hacimce %10 oranında perlit agregası kullanılarak oluşturulan 7 ayrı karışım elde edilmiştir. Hafif beton karışımlarından elde edilen 100x100x100 mm ebatlı küp numunelerinin 28 günlük su emme oranı, basınç dayanımı ve birim hacim ağırlıkları tespit edilmiş ve geliştirilmiş perlit agregası kullanımının perlit agregalı hafif betonların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

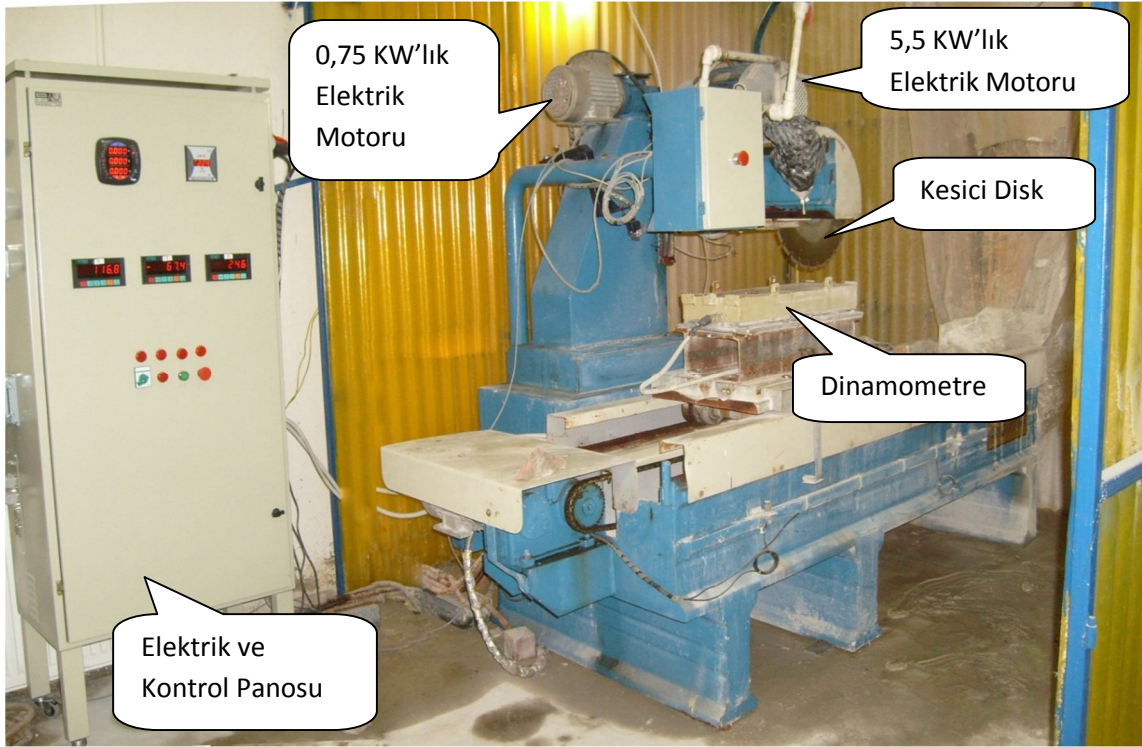
Sarıışık ve Sarıışık (2010) çalışmalarında, EPS (genleştirilmiş polistren köpük) ve pomza agregalı hafif beton kullanarak oluşturulan izolasyon bloklarının üretimi için geliştirilen yeni bir yöntemi tanıtmış olup bu yöntemin TS EN standartlarına uygunluğunu araştırmışlardır. Ayrıca İzolasyon bloğu üretimi için ilk defa dairesel testereli blok kesme makinesi kullanılarak ek sıra boşluklu duvar hafif blok elemanı üretip, ilk aşamada hafif beton agregasında kullanılan tüvenan pomzanın fiziksel, termal özelliklerini belirleyip elek analizi yapmışlardır.

Karaman vd. (2011) çalışmalarında, L tipi bir Schmidt çekici kullanılarak 5 çeşit kayacın tek eksenli basınç dayanımını dolaylı yoldan elde etmeye çalışmış olup kayalar için en uygun değerlendirme yöntemini belirlemeye çalışmışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kesme Deneş Düzeneği

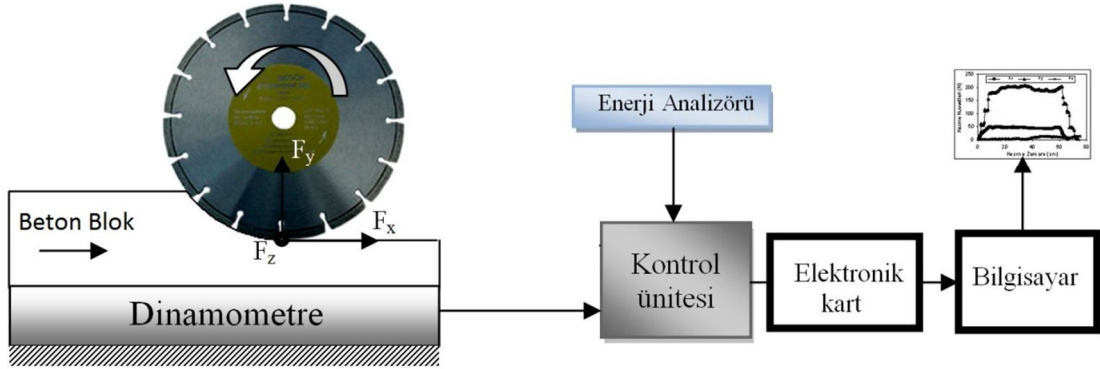
Deneşler Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesinde yapılmıştır. Kesme işleminde kullanılan deneş düzeneği laboratuvar ölçekli yan kesme makinesi olup aynı zamanda bilgisayar kontrollüdür. Makinanın tasarımı, üretimi ve modernizasyonu çeşitli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir (Büyüksağış 1998, Büyüksağış ve Gökten 2001, Aslantaşvd. 2009). Resim 3.1'de dairesel testerele kesim makinasının genel görünümü verilmiştir.



Resim 3.1. Dairesel testerele kesim makinasının genel görünümü.

Makina üzerine en fazla 400 mm çapında dairesel testere bağlanabilmektedir. Testerenin dönme hareketini 5,5 kW'lık ve 3000 dev/dk'lık alternatif akımlı elektrik motoru sağlamaktadır (Özbek 2008). Makinadaki X, Y ve Z yöndeki 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'lık AC motorlar ile bilgisayar üzerinde yapılmaktadır. Çalışanın güvenliğinis sağlamak, makinenin düzgün çalışması için hareketleri belirlemek ve bu hareketleri sınırlamak için makinada sınır anahtarları (endüktif sensör) bulunmaktadır. Şekil 3.1'de makinenin şematik görünümü verilmiştir.



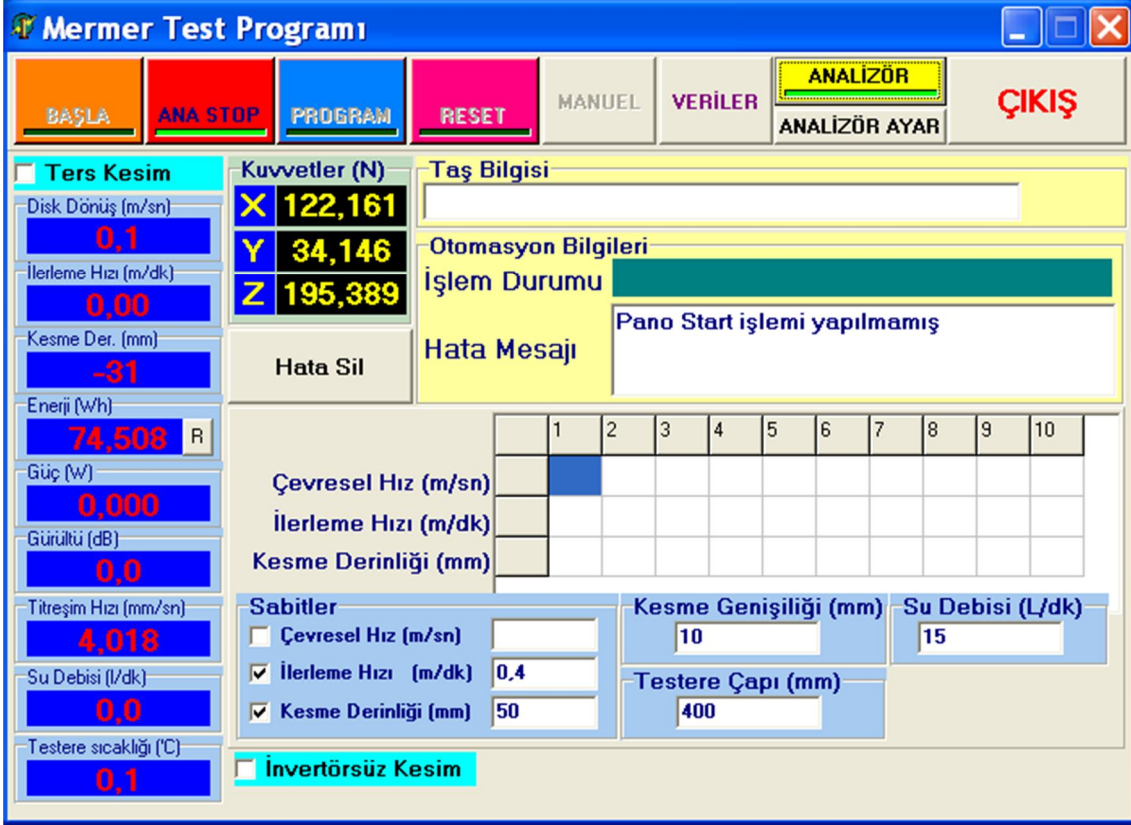
Şekil 3.1.Dairesel testere kesme makinasının şematik görünümü (Ucun 2009).

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). Resim 3.2'de kuvvetlerin ölçümlerini gerçekleştirmek için kullanılan dinamometre gösterilmiştir.



Resim 3.2. Dinamometrenin genel görünümü (Ucun 2009).

Dairesel testereli kesme makinasından verilerin alınması için kullanılan üç yönlü dinamometre ve enerji analizörü bir kontrol ünitesine bağlıdır. Kontrol ünitesi de, bir bilgisayara bağlanarak bütün kontrol bilgisayardan yapılmaktadır. Makinanın otomasyon işlemi güç kontrol ünitesi, elektronik kartlar ve özel bir yazılım yardımı ile yapılmaktadır. Kesme işleminde gerekli olan çevresel hız, ilerleme hızı, kesme derinliği, soğutma sıvısının debisi ve kesme genişliği gibi parametreler bilgisayar ortamında, bu özel yazılıma girilerek yapılmaktadır (Çınar 2007, Özbek 2008). Dinamometreden ve enerji analizöründen elde edilen verilerin alındığı bir program ara yüzü vardır. Bu ara yüzden hem veriler alınabilmekte, hem de makinanın hareketleri kontrol edilebilmektedir. Şekil 3.2’de program ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bilgisayarda kullanılan programın ara yüzü.

Program ara yüzü kullanılarak dairesel testereli kesme makinası hem manuel hem de otomatik olarak kullanılabilir. Program ara yüzünden dairesel testereli kesme makinasının beton blok numunesini kesme işleminde kullanılacak su debisi, kesme genişliği, çevresel hız, ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi parametreler girilebilir. Ayrıca istenildiğinde 10 farklı kesme hızı, çevresel hız ve kesme derinliği girilerek otomatik olarak beton blok numunesinin kesme işlemi yapılabilir. Kesme işlemi sonrası elde edilen veriler Excel gibi çeşitli programlar ile rahatlıkla kullanılabilir. Şekil 3.3'te elde edilen veriler Excel programı ile gösterilmiştir.

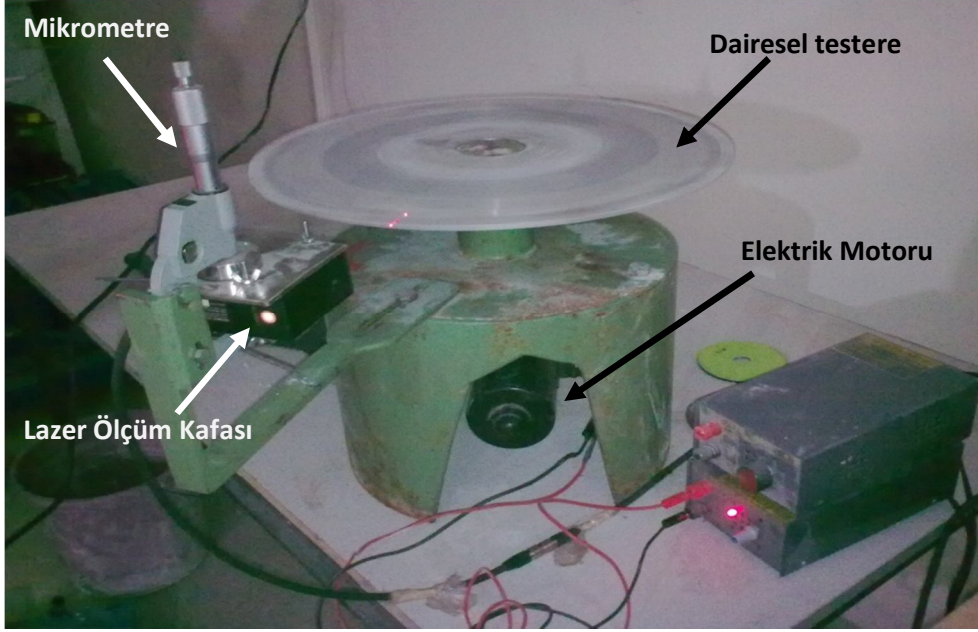
| 1 | kayacı için kesme deneyi | | | | | | | | |
|----|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|-------|
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | Çevresel Hız (Sabit) =60 m/sn | | | | | | | | |
| 4 | İlerleme Hızı (Sabit) =2,0 m/dk | | | | | | | | |
| 5 | Kesme Derinliği (Sabit) =110 mm | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | t(sn) | Aktif(W) | Fx(N) | Fy(N) | Fz(N) | Vt(mm/s) | Gu(Db) | Vc(m/sn) | Tt(C) |
| 8 | 0,25 | 1088,943 | 4,174 | 1,983 | -0,259 | 10,936 | 80,46 | 19,142 | 0,292 |
| 9 | 0,5 | 1336,731 | 4,174 | 1,983 | -0,259 | 10,936 | 80,46 | 19,142 | 0,292 |
| 10 | 0,75 | 1336,731 | 10,852 | 6,18 | -0,375 | 10,766 | 80,36 | 19,228 | 0,179 |
| 11 | 1 | 1336,731 | 15,627 | 10,242 | -0,223 | 10,828 | 79,41 | 19,27 | 0,211 |
| 12 | 1,25 | 1336,731 | 17,294 | 38,323 | 0,196 | 10,98 | 80,16 | 19,092 | 0,193 |
| 13 | 1,5 | 2808,512 | 18,484 | 36,837 | 0,594 | 11,009 | 79,81 | 19,06 | 0,191 |
| 14 | 1,75 | 2808,512 | 18,484 | 36,837 | 0,594 | 11,009 | 79,81 | 19,06 | 0,191 |
| 15 | 2 | 2808,512 | 16,546 | 36,394 | 0,687 | 10,813 | 78,97 | 19,133 | 0,186 |
| 16 | 2,25 | 3030,003 | 15,781 | 37,917 | -0,176 | 10,791 | 76,29 | 19,234 | 0,2 |
| 17 | 2,5 | 3030,003 | 17,334 | 41,734 | -0,295 | 10,884 | 71,57 | 18,935 | 0,16 |
| 18 | 2,75 | 3307,03 | 19,854 | 45,199 | -0,648 | 10,949 | 69,9 | 19,16 | 0,235 |
| 19 | 3 | 3307,03 | 19,854 | 45,199 | -0,648 | 10,949 | 69,9 | 19,16 | 0,235 |
| 20 | 3,25 | 3307,03 | 21,008 | 47,612 | -0,793 | 10,875 | 67,95 | 19,16 | 0,182 |
| 21 | 3,5 | 3307,03 | 23,049 | 47,512 | -0,384 | 10,901 | 66,83 | 19,135 | 0,248 |
| 22 | 3,75 | 3242,786 | 25,034 | 47,431 | 0,072 | 10,962 | 63,68 | 18,938 | 0,17 |
| 23 | 4 | 3190,832 | 26,24 | 46,573 | 0,885 | 10,997 | 61,95 | 19,238 | 0,182 |
| 24 | 4,25 | 3190,832 | 26,24 | 46,573 | 0,885 | 10,997 | 61,95 | 19,238 | 0,182 |
| 25 | 4,5 | 3190,832 | 24,173 | 46,017 | 0,38 | 10,921 | 58,95 | 19,15 | 0,202 |
| 26 | 4,75 | 3190,832 | 21,585 | 44,897 | 0,05 | 10,997 | 57,43 | 19,031 | 0,211 |
| 27 | 5 | 3048,357 | 20,24 | 46,067 | -0,701 | 11,105 | 56,59 | 19,121 | 0,248 |
| 28 | 5,25 | 3048,357 | 21,824 | 48,895 | -0,71 | 11,052 | 57,03 | 19,169 | 0,298 |
| 29 | 5,5 | 3048,357 | 21,824 | 48,895 | -0,71 | 11,052 | 57,03 | 19,169 | 0,298 |
| 30 | 5,75 | 3314,602 | 21,865 | 52,333 | -0,586 | 10,836 | 53,49 | 19,09 | 0,263 |
| 31 | 6 | 3314,602 | 19,719 | 55,007 | -0,493 | 10,881 | 49,89 | 19,067 | 0,182 |
| 32 | 6,25 | 3314,602 | 17,577 | 55,323 | -0,708 | 11,072 | 49,54 | 19,302 | 0,232 |
| 33 | 6,5 | 3314,602 | 16,245 | 55,938 | -0,61 | 11,143 | 49,94 | 18,958 | 0,194 |
| 34 | 6,75 | 3157,073 | 16,245 | 55,938 | -0,61 | 11,143 | 49,94 | 18,958 | 0,194 |
| 35 | 7 | 3157,073 | 16,513 | 57,736 | -0,499 | 10,96 | 49,91 | 19,053 | 0,246 |
| 36 | 7,25 | 3254,967 | 17,099 | 60,325 | -0,439 | 10,914 | 50,42 | 19,186 | 0,246 |
| 37 | 7,5 | 3254,967 | 17,175 | 62,714 | 0,701 | 11,016 | 52,75 | 19,139 | 0,208 |
| 38 | 7,75 | 3254,967 | 16,966 | 62,371 | 0,267 | 11,141 | 53,41 | 18,891 | 0,186 |
| 39 | 8 | 3265,761 | 16,966 | 62,371 | 0,267 | 11,141 | 53,41 | 18,891 | 0,186 |
| 40 | 8,25 | 3265,761 | 17,512 | 63,202 | 0,82 | 11,005 | 54,07 | 19,25 | 0,223 |
| 41 | 8,5 | 3265,761 | 16,247 | 62,728 | 0,321 | 10,904 | 53,26 | 19,114 | 0,243 |

Şekil 3.3. Kesme işlemi sonrası elde edilen veriler.

3.2. Aşınma Deney Düzeneği

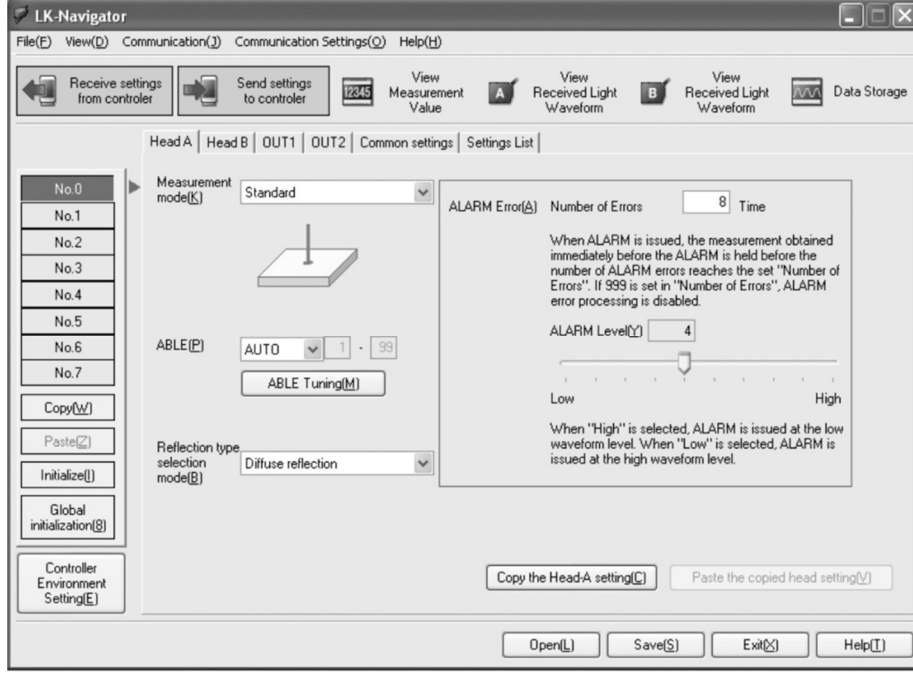
Kesme işleminde meydana gelen elmas soket aşınmalarını belirlemek için KEYENCE marka bir lazer ölçüm cihazı ile özel bir tertibat kullanılmıştır (Resim 3.3). Bu cihaz ile dairesel testerenin çevresi boyunca elmas soketlerde meydana gelen aşınma miktarları ölçülmüştür. Ölçümler, yirmi kez gerçekleştirilen kesme deneylerinden sonra dairesel testere makinenin tezgâh milinden sökülerek aşınma ölçüm düzeneğine takılmıştır. Aşınma ölçüm düzeneğindeki mil çapı dairesel testere makinasının tezgâh mil çapı ile aynı olup sökülün dairesel testere aşınma ölçüm düzeneğe tatlı sıkı olarak bağlanmıştır. Dairesel testere dakikada bir tur yol aldırılarak, lazer ölçüm kafası ile elmas soketler arasındaki mesafe ölçülmüştür. Kesme işlemleri başlamadan önce elmas soket ile lazer ölçüm kafası arasındaki mesafe ölçüm işlemleri yapılmış ve elde edilendeğerler referans olarak kabul edilmiştir. Aynı kesme parametreleri ile yapılan 20 kesme deneyi sonrası dairesel testere makineden sökülüp aşınmadüzeneğinde ölçümler yapılmıştır. Yapılan bu ölçüm ile referans alınan ölçümler arasındaki fark

kesme deneyi sonucunda elmas soketlerde meydana genel elmas soket aşınma miktarlarını vermektedir.



Resim 3.3. Aşınma deney düzeneğinin genel görünümü.

Elmas soketlerin aşınma miktarının ölçülerinde kullanılan KEYENCE lazer ölçüm cihazına ait program ara yüzü Şekil 3.4'te verilmiştir. Elmas soket aşınma miktarı tespit ölçümleri, dairesel testereye sabit hızda bir tur aldırılmak suretiyle testerenin çevresi boyunca ölçülmüştür. Lazer ölçüm kafası bir mikrometreye sabitlenmiştir. Lazer ölçüm kafasının aşağı yukarı hareketleri mikrometre yardımı ile yapılmaktadır. Bu sayede lazer ölçüm kafası mikron metre hassasiyetindeki mesafeler ile hareket ettirilebilmektedir.



Şekil 3.4. Lazer cihazında kullanılan program ara yüzü.

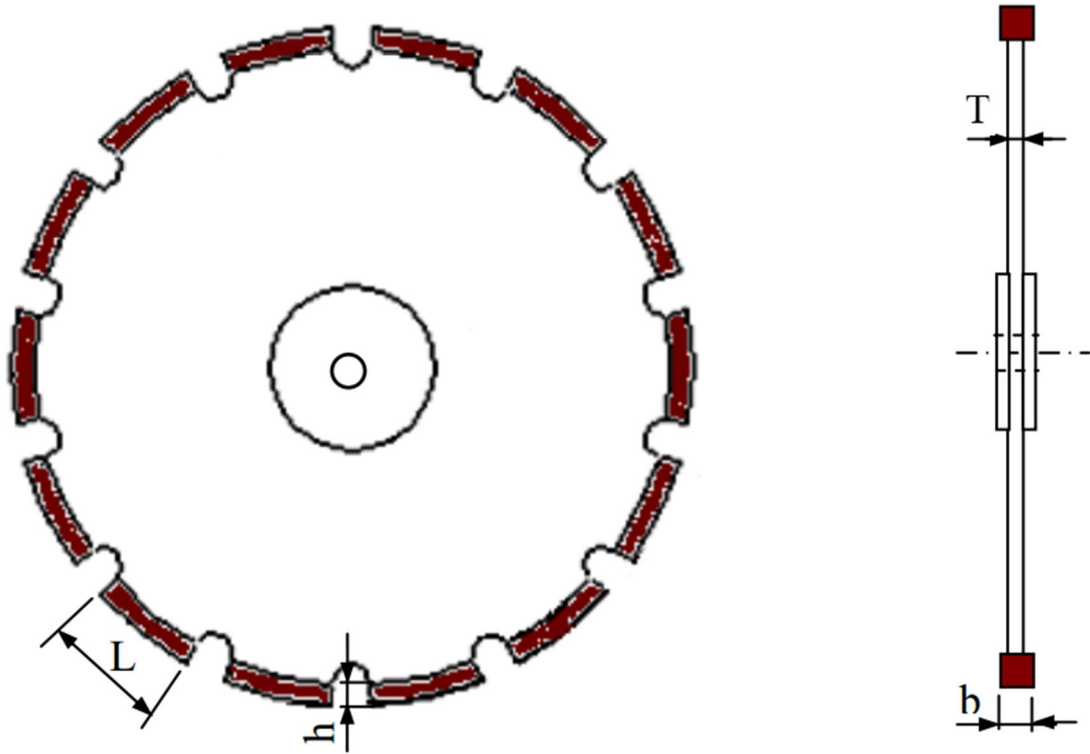
3.3. Elmas Kesici Diskin Özellikleri

Yapılan kesme deneylerinde endüstride beton kesiminde tercih edilen dairesel testereler kullanılmıştır. Varyasyon ve performans deneylerinde kullanılan kesici soketlerin geometrik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Deneylerde çapı (D) 400 mm, disk genişliği (T) 2,5 mm olan standart kanallı, 5 çeşit elmas soketli dairesel testere kullanılmıştır. Dairesel testerelerin şematik görünümü Şekil 3.5’te verilmektedir.

Çizelge 3.1. Elmas soketlerin geometrik özellikleri.

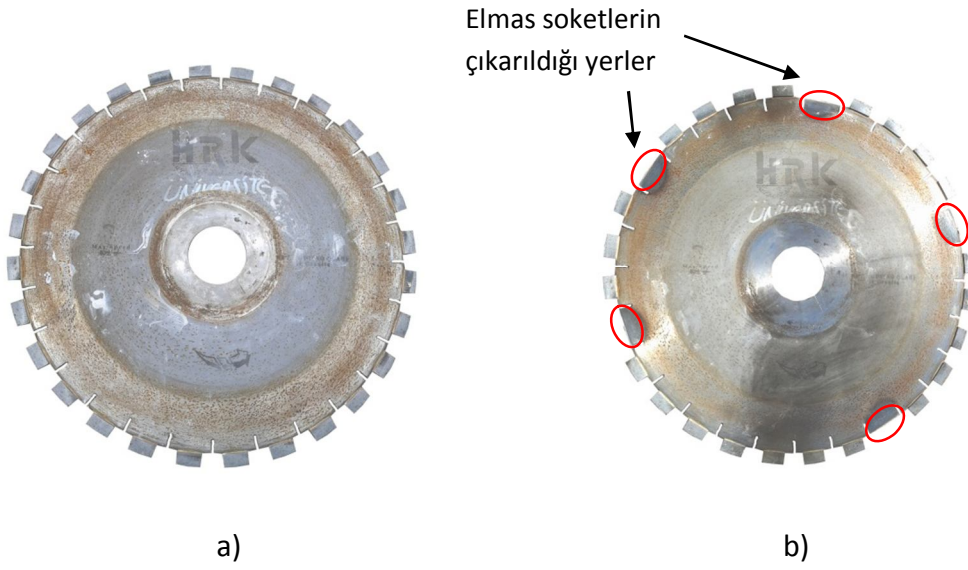
| Soket Çeşitleri | L (mm) | b (mm) | h (mm) | Sa (adet) |
|-----------------|--------|--------|--------|-----------|
| S1 | 24 | 7 | 12,5 | 28 |
| S2 | 40 | 5 | 10 | 24 |
| S3 | 40 | 5 | 10 | 24 |
| S4 | 40 | 5,5 | 10 | 24 |
| S5 | 40 | 3,5 | 8 | 24 |

L: Uzunluk, b: Genişlik, h: Yükseklik, Sa: Elmas soket adedi.



Şekil 3.5. Dairesel testerelerin şematik görünümü (Ucun 2009).

Kesim deneyleri bittikten sonra elmas soket matrisleri hakkında bilgi edinilebilmesi için Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde soketlere EDX, SEM ve mikro sertlik analizleri yapılmıştır. Analizlerin yapılacağı elmas soketler dairesel testere üzerinden oksijen kaynağı ile sökülerek çıkartılmıştır. Şekil 3.6'da dairesel testerelerden elmas soketlerin çıkarılmış ve çıkarılmamış hali gösterilmiştir.



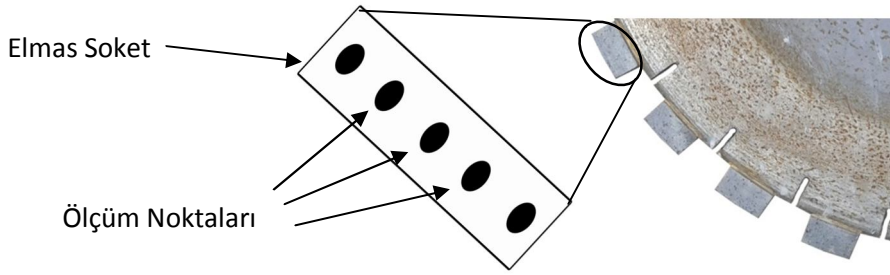
Şekil 3.6. a)Dairesel testereden soketlerin çıkarılmamış görüntüsü. b)Dairesel testereden soketlerin çıkarılmış görüntüsü.

Dairesel testerelerden çıkartılan elmas soketler SHIMADZU marka mikro sertlik ölçüm cihazı ile analize tabi tutulmuşlardır. Mikro sertlik analizinin yapıldığı cihaz Resim 3.4'te verilmiştir. Mikro sertlik cihazı hassas bir cihaz olup kontrolü otomatiktir. Elmas soket matrikslerine Vickers ölçme yöntemi ile 9,807 N'luk bir yük 15 sn'lik bir süre içerisinde elmas soket matriksine batıp otomatik olarak geri gelmektedir. Elmas soket matriksine batan piramit şeklindeki ucun elmas sokette meydana getirdiği izin boyutunun ölçülmesi ile mikro sertlik ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.4.Mikrosertlik cihazının genel görünümü.

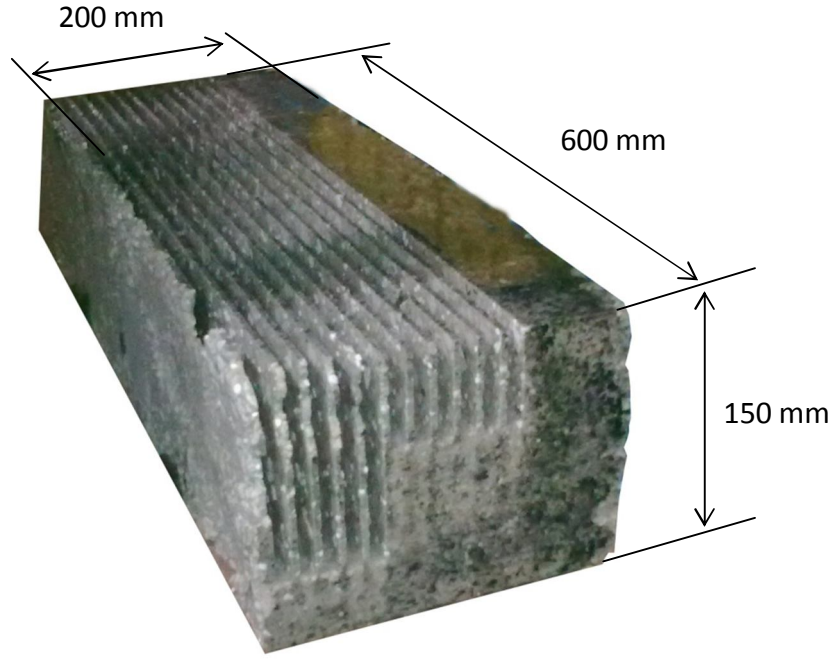
Elmas soket matrislerinin yan yüzeyinin 5 ayrı noktasından mikro sertlik ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Mikro sertlik analizi yapılırken elmas soket matrisinde ölçüm yapılmıştır. Ölçüm işleminde elde edilen değerlerden yüksek değer çıktığında elmas soket matrisinde iz yapan piramit şeklindeki uç kısmın elmas taneciğe geldiği kabul edilerek ölçüm iptal edilmiş ve analiz işlemi yeniden tekrarlanmıştır.



Şekil 3.7. Elmas soket matrisinde mikro sertlik ölçüm noktaları.

3.4. Beton Blok Numunelerinin Özellikleri

Deneylerde kullanılan beton blok numuneleri İZODUO firmasından alınmıştır. Beton blok numuneleri İZODUO firmasının özel karışımları olduğu için bu beton blok numunelerinin sadece pomza karışumlu bir ürün olduğu bilinmektedir. Deneylerde kullanılan beton blok numunelerinin ölçüleri ve kesme işlemi sonrası görünümü Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Beton blok numunesinin ölçüleri ve kesme işlemi sonrası genel görünümü.

Alınan beton blok numunelerinin sertlikleri ile kimyasal içeriği elmas soketlerin aşınmasını ve kesme verimini etkileyeceği düşünülerek sertlik ölçümlerine ve XRF kimyasal analiz yöntemine tabi tutulmuştur. Beton blok numunelerinin sertlik ölçümleri Proceq marka Schmidt çekici ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan N tipi Schmidt çekicinin genel görünümü Resim 3.5'te verilmiştir.



Resim 3.5. Yüzey sertlik ölçümlerinde kullanılan Schmidt çekicinin genel görünümü.

Beton blok numunelerinin özelliklerinin belirlenmesi için kimyasal analiz (XRF) ACME Lab firmasında yaptırılmıştır. Beton blok numunelerinin XRF analizinden elde edilen veriler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

XRF analizi sonuca göre beton blok numunelerinde SiO₂ oranlarının yüksek olması pomza agregasının beton blok karışımında yüksek olduğunu göstermektedir. Beton blok numunelerinde SiO₂ oranının yüksek olması elmas soket aşınmasında önemli bir etkindir.

Çizelge 3.2. Beton blok numunelerinin XRF sonucu.

| Elementler | B1 | B2 | B3 | B4 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| SiO ₂ % | 43,66 | 46,49 | 48,07 | 43,64 |
| Al ₂ O ₃ % | 9,42 | 10,90 | 11,33 | 9,12 |
| Fe ₂ O ₃ % | 2,05 | 1,61 | 1,91 | 1,97 |
| MgO % | 0,94 | 0,83 | 0,88 | 0,95 |
| CaO % | 23,08 | 21,10 | 20,03 | 24,37 |
| Na ₂ O % | 1,80 | 2,16 | 2,00 | 2,00 |
| K ₂ O % | 2,23 | 2,57 | 2,45 | 2,40 |
| TiO ₂ % | 0,23 | 0,20 | 0,20 | 0,22 |
| P ₂ O ₅ % | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| MnO % | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Cr ₂ O ₃ % | 0,013 | 0,004 | 0,010 | 0,010 |
| Ba ppm | 254 | 255 | 259 | 244 |
| Ni ppm | 112 | 68 | 87 | 110 |
| Sr ppm | 163 | 151 | 155 | 174 |
| Zr ppm | 96 | 95 | 94 | 100 |
| Y ppm | 14 | 16 | 15 | 14 |
| Nb ppm | 10 | 14 | 13 | <5 |
| Sc ppm | 4 | 4 | 3 | 4 |
| LOI % | 15,6 | 14,0 | 12,3 | 15,1 |
| Diğer % | 0,81 | 0 | 0,64 | 0 |
| Toplam % | 100 | 100 | 100 | 100 |

B1: 1.Beton blok karışımı, **B2:** 2.Beton blok karışımı, **B3:** 3.Beton blok karışımı, **B4:** 4.Beton blok karışımı.

3.5. Deney Parametreleri ve Hesaplamalar

Varyasyon deneylerinde makinenin gücüne uygun ve endüstride beton kesiminde kullanılan kesme parametreleri dikkate alınarak farklı kesme parametreleri belirlenmiştir (Çizelge 3.3). Bu kesme parametreleri ile varyasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, güvenilir ve doğru sonuç almak için her bir deney üç kez tekrar edilmiştir. Soğutma sıvısı olarak 15 db/dk yoğunlukta su kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Varyasyon deneylerinde kullanılan kesme parametreleri.

| Kesme Hızı (m/dk) | Çevresel Hız (m/s) | Kesme Derinliği (mm) |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1.0 – 1.5 – 2.0 | 40 – 60 – 70 – 80 | 50 – 80 – 110 |

Varyasyon ve performans deneylerinden elde edilen verilerden yararlanarak spesifik enerji (SE), normal kuvvet (Fn), kesme kuvveti (Fk) ve teğetsel kuvvet (Ft) hesaplanmıştır. Kesme kuvveti deneylerden elde edilen Fx ve Fy kuvvetlerinden,

$$Fk = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (3.1)$$

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

$$Ft = \frac{P}{V_c} \quad (3.2)$$

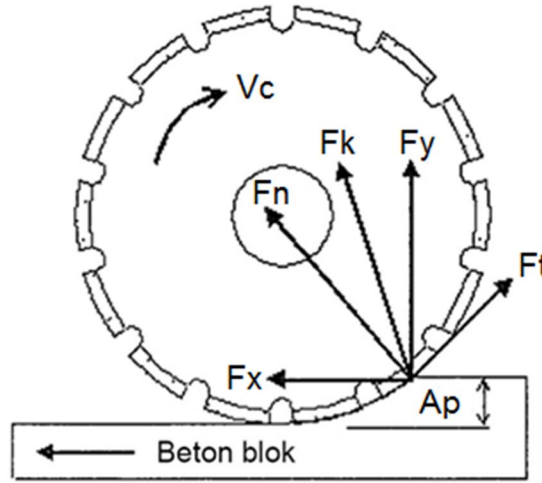
denklemlerinden hesaplanmıştır. Normal kuvvet, hesaplanan kesme kuvveti ve teğetsel kuvvet kullanılarak,

$$Fn = \sqrt{Fk^2 + Ft^2} \quad (3.3)$$

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

$$SE = \frac{P \cdot t}{Q_w} \quad (3.4)$$

Denkleminde hesaplanmıştır (Ucun 2009). Beton blok numunesinin kesimi esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi Şekil 3.9'da verilmiştir.



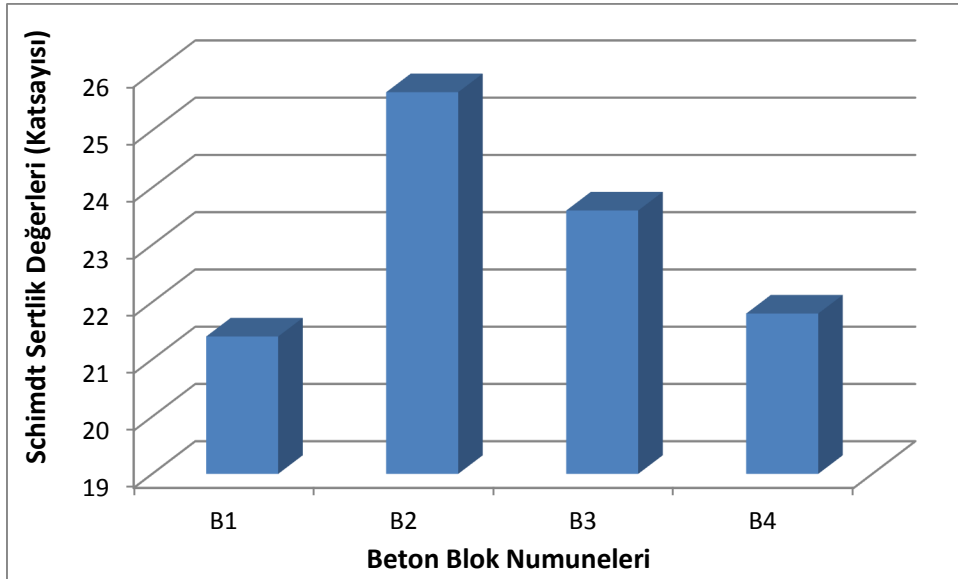
Şekil 3.9. Kesim esnasında oluşan kuvvetlerin şematik gösterimi (Ucun 2004).

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 60m/s, ilerleme hızı 2 m/dk ve kesme derinliği ise 110 mm olarak kabul edilmiştir. Deneylerde doğru sonuca ulaşabilmek için her beton blokta deneyler 20 kez tekrar edilmiştir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Beton Blok Numunelerinde Schmidt Çekici ile Yüzey Sertlik Tayini

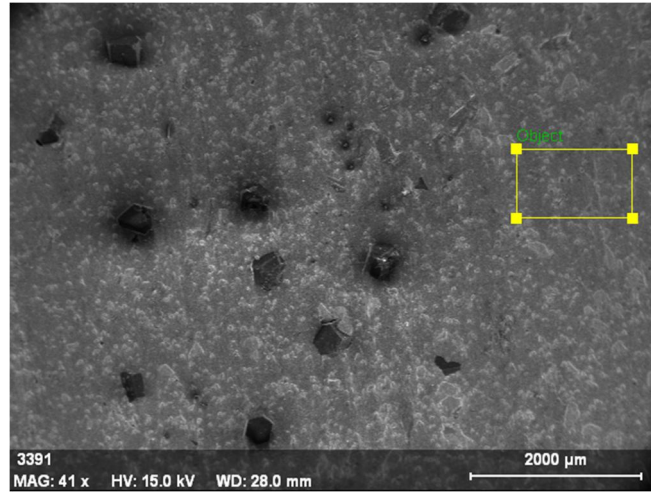
Schmidt darbe çekici ile yüzey sertlik ölçümü, tam esnek olmayan iki cismin çarpışması ve çarpışma anında oluşan deformasyonun tekrar eski durumuna gelmeye çalışması ile oluşan tepki prensibine dayanmaktadır. Bu sertlik ölçüm yönteminde 3 farklı teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerden ISRM tekniği kullanılarak beton blok numunelerindeki yüzey sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Schmidt çekici ile her beton blok için 20 kez ölçüm yapılarak, elde edilen verilerden Şekil 4.1'deki grafik oluşturulmuştur. Bu grafiğe göre en sert yüzeyin B2 beton blok numunesinde olduğu görülmüştür. En yumuşak beton blok numunesinin ise B1 beton blok numunesinin olduğu tespit edilmiştir. B4 beton blok numunesinin ise B1 beton blok numunesinden %1,9 oranında daha yüksek yüzey sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Beton blok numunelerinde yüzey sertlik değerleri.

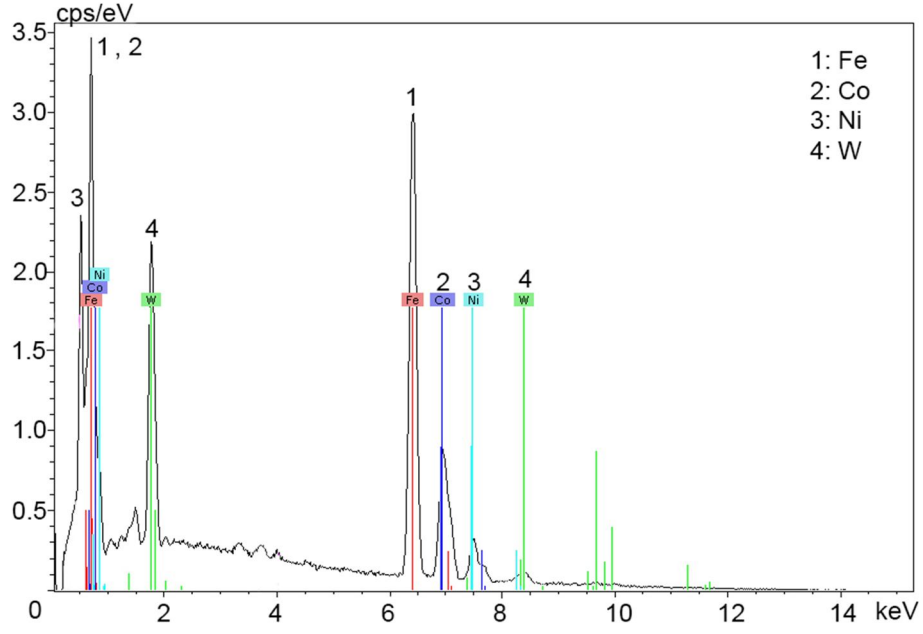
4.2. Elmas Soket Matrikslerinin Özelliklerinin Araştırılması

Elmas soketlerin özelliklerinin öğrenilmesi için elmas soketlere EDX, SEM ve mikro sertlik analizleri yapılmıştır. Elmas soket matrikslerinin kimyasal bileşimlerini belirlemek için matriks üzerinde, alan EDX analizi yapılmıştır. Elmas soket matriksinde alan EDX analizlerinin yapıldığı yerlere örnek olarak Şekil 4.2’de SEM görüntüsü verilmiştir. Elmas soket matrikslerine yapılan alan EDX analizi sonucunda bulunan elementler Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

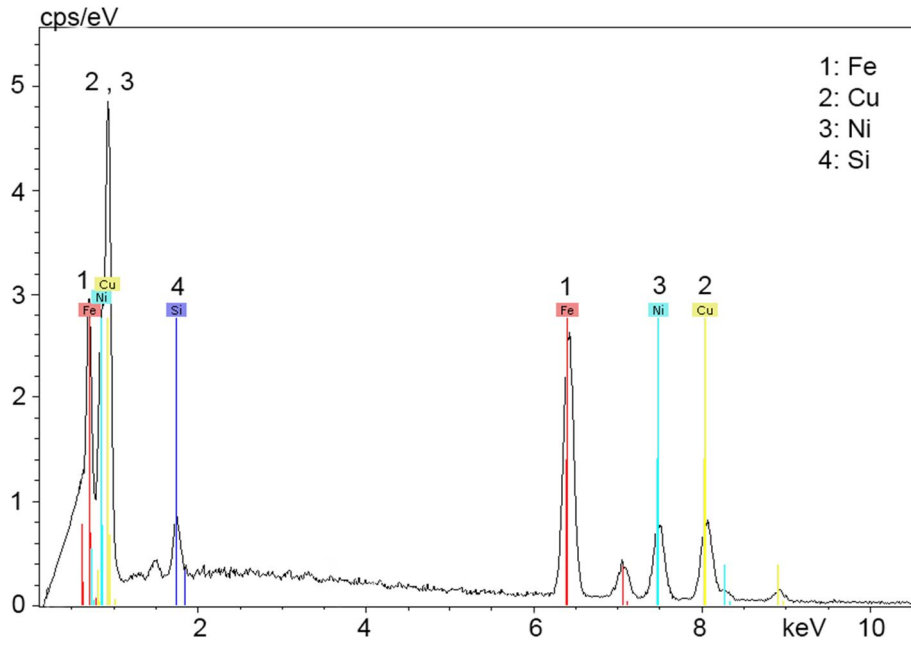


Şekil 4.2.Elmas soket matriksinde EDX analizi yapılan alanın SEM görüntüsü.

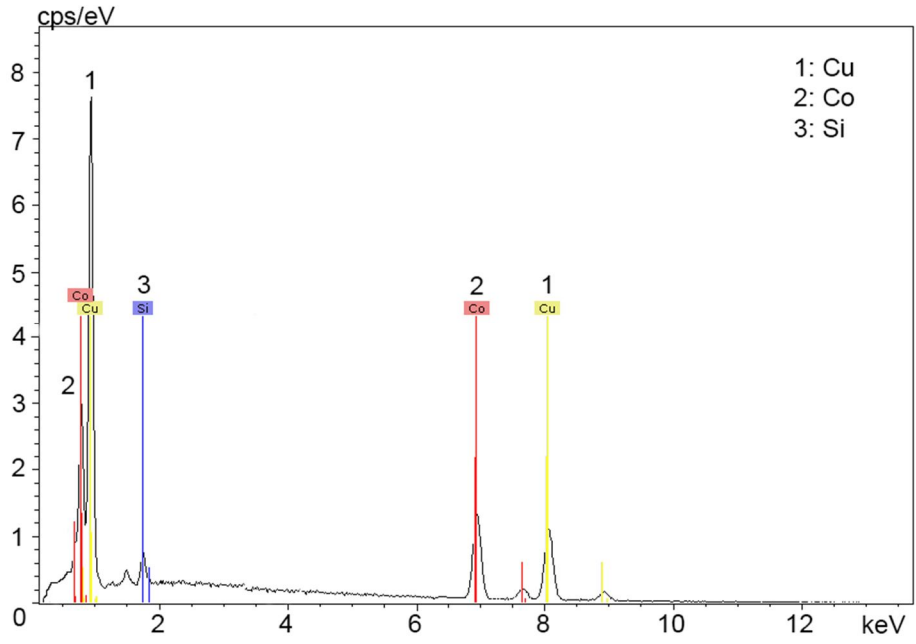
S1 ve S2 elmas soket matriksinde baskın elementin Fe elementi olduğu görülmüştür. S3 elmas soket matriksinin içerisinde ise Cu elementinin yoğun olduğu görülmektedir. Bu Fe ve Cu elementleri, ucuz ve kolay işlenebilir olması sebebi ile elmas soket matriksinde genellikle dolgu malzemesi olarak tercih edilmektedir. S4 elmas soket matriksinin içerisinde en fazla Co ve Ni elementleri bulunmaktadır. Bu elementler sürtünmeyi azaltarak matriks sertliğini ve tokluğunu arttırmak için kullanılmaktadır. S5 elmas soketinin matriksinde ise yüksek oranda Co elementi ve W elementi bulunmaktadır. W elementi aşınmaya karşı direnci artırmaktadır. Ayrıca W elementi iyi bağ oluşturabilen bir element olması dolayısı ile Co elementi ile bağ yaparak WC bileşiğini oluşturarak matriks sertliğini etkilemektedir. Elmas soketlerdeki diğer elementlerin bağlayıcılık özelliklerinden yararlanılmakta veya dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır.



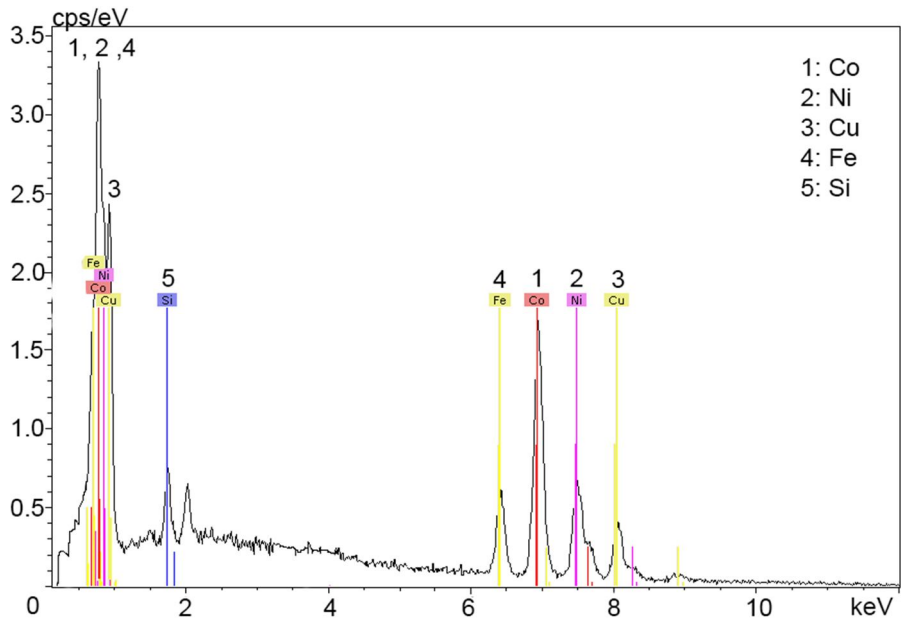
Şekil 4.3. S1 elmas soket matrisine yapılan EDX analizi.



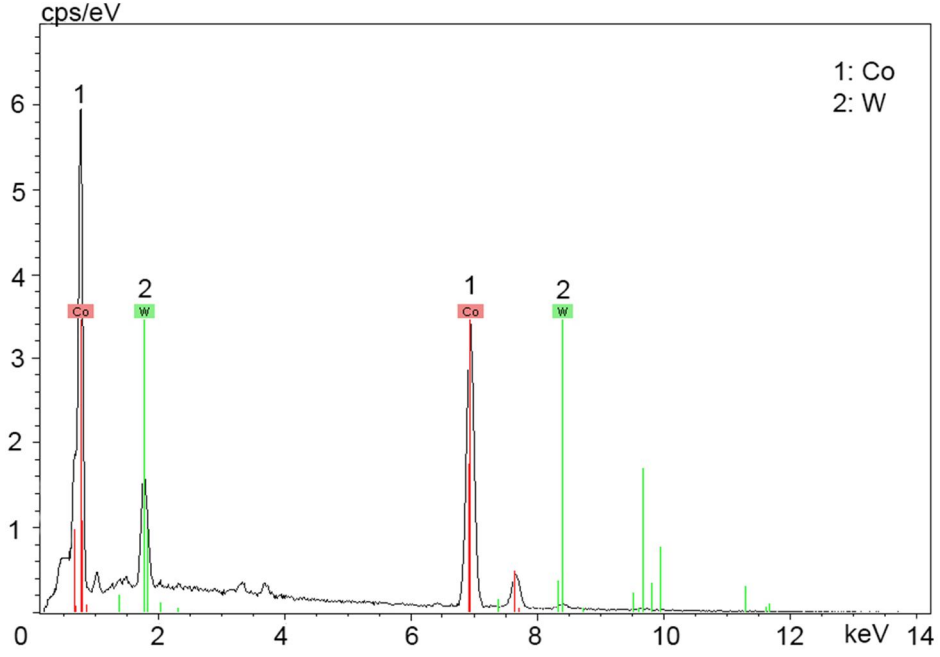
Şekil 4.4. S2 elmas soket matrisine yapılan EDX analizi.



Şekil 4.5. S3 elmas soket matrisine yapılan EDX analizi..

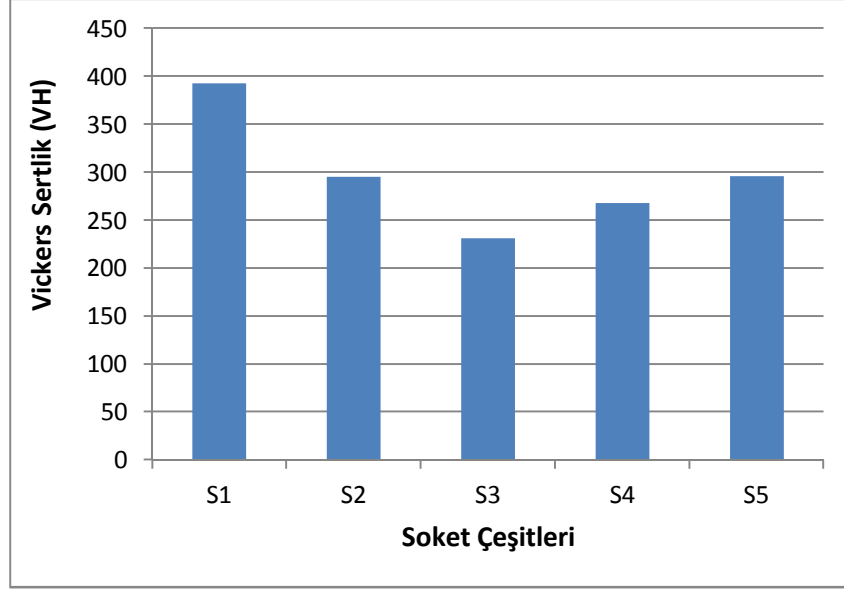


Şekil 4.6. S4 elmas soket matrisine yapılan EDX analizi.



Şekil 4.7. S5 elmas soket matrisine yapılan EDX analizi.

Elmas soketler ile beton blok numunelerinin kesiminde oluşan soket aşınmalarını etkileyen bir unsurda elmas soketlerin matris sertlikleridir. Elmas soketlerin matris sertlikleri SHIMADZU marka bir sertlik ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. Sertlik ölçümleri elmas taneciklerinden uzak olan bölgelerden ve sadece elmas soketlerin matris yüzeylerinden alınmıştır. Bir elmas soket için toplam 5 adet ölçüm yapılarak ortalama değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.8’de elmas soketlerin matrislerine ait sertlik değerleri verilmiştir.



Şekil 4.8. Elmas soketlerin matriksinin mikro sertlik değerleri

Elmas soket matrikslerinin sertlik ölçüm işlemlerinde elde edilmesi beklenen değerlerden daha yüksek değer çıktığında, elmas soketlerin matriksinde iz yapan piramit şeklindeki uç kısmın elmas taneciğe denk geldiği kabul edilerek ölçüm iptal edilmiş ve analiz işlemi yeniden tekrarlanmıştır. Elmas soketlerin matriks sertliğinin tespitinde 5 deney gerçekleştirilmiştir. Her elmas soket matriksi için 5 deneyin ortalaması alınmış olup yapılan değerlendirmenin sonucunda elmas soketlerin matriks sertlikleri sırası ile S1’de 392,8 ; S2’de 295,4 ; S3’te 231,4 ; S4’te 268 ve S5’te 296,2 Vickers olarak ölçülmüştür. En sert matriks yapısı S1 elmas soket kompozisyonunda görülürken en yumuşak matriks yapısı da S3 elmas soket kompozisyonunda tespit edilmiştir.

4.3. 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 işleminde 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.

Varyasyon deneylerinde doğru sonuçlar elde edilebilmesi için her deney 20 kez tekrar edilmiştir. Yapılan varyasyon deneylerinde, güç tüketimi, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji değerleri elde edilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen verilere göre 4 çeşit beton blok numunesi ve endüstride kullanılan elmas soket kompozisyonları için optimum kesme parametreleri belirlenmiştir.

4.3.1. 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 kesici diskin bağlı olduğu 5.5kW'lık 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 4.9'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.

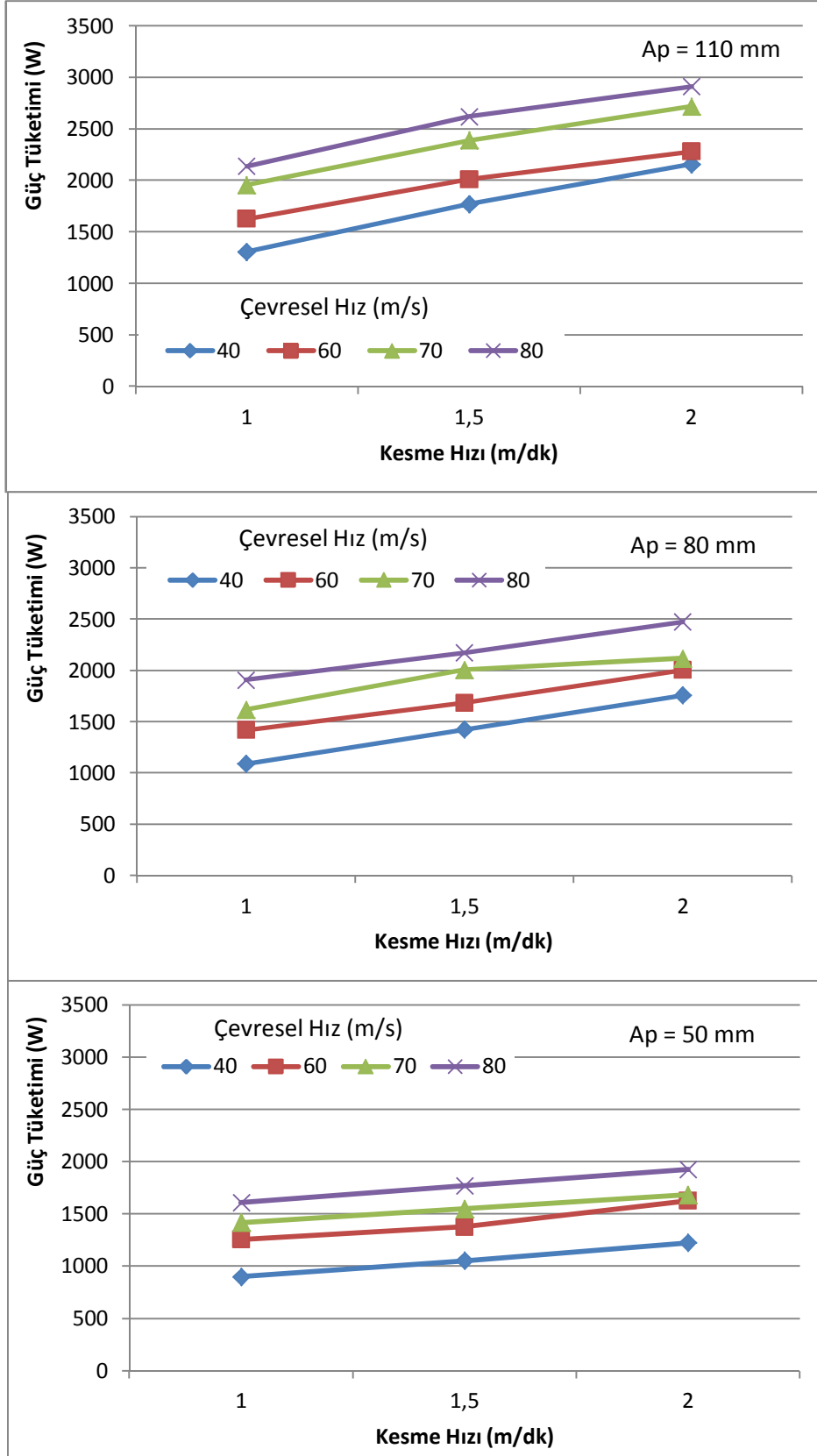
Güç tüketim miktarlarını etkileyen diğer bir konuda kesme derinlikleridir. Bu verilere göre çevresel hız ve kesme hızı sabit tutulduğunda kesme derinliğinde görülen artış güç tüketim miktarında da artışa neden olmaktadır.

Çevresel hız 80 m/s, 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.

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/s, 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/s, 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.



Şekil 4.9. S1 soketi ile güç tüketiminin çevresel hız, kesme hızı ve kesme derinliğindeki değişimi.

4.3.2. 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 yöntemlerde oluşan kuvvetlere etki etmektedir. Bu yöntemlerden ilki aşağı kesim (Down cutting) yöntemi diğeri ise yukarı kesim (up cutting) yöntemidir. Yapılan kesme işlemlerinde aşağı kesim yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 4.10'da testerenin çevresel hızı, kesme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak normal kuvvetler ve Şekil 4.11'de de teğetsel kuvvetlerin grafikleri verilmiştir. Normal kuvvet, dairesele testerenin kesme derinliğinden elde edilen kuvvettir. Teğetsel kuvvet ise, kesici diskin beton blok numunesini kesme yönünde elde edilen kuvvettir.

Kesme işlemlerindeki teğetsel kuvvet değerleri güç tüketimine ve çevresel hıza bağlı olarak denklem (3.2) ile hesaplanmıştır. Normal kuvvet ise, kesme esnasında testere üzerinde oluşan kesme kuvvetine ve teğetsel kuvvete bağlı olarak denklem (3.3) 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. Teğetsel kuvvet grafiğinde kesme hızının artması ile kuvvetlerde lineer bir artış gözlemlenmiştir.

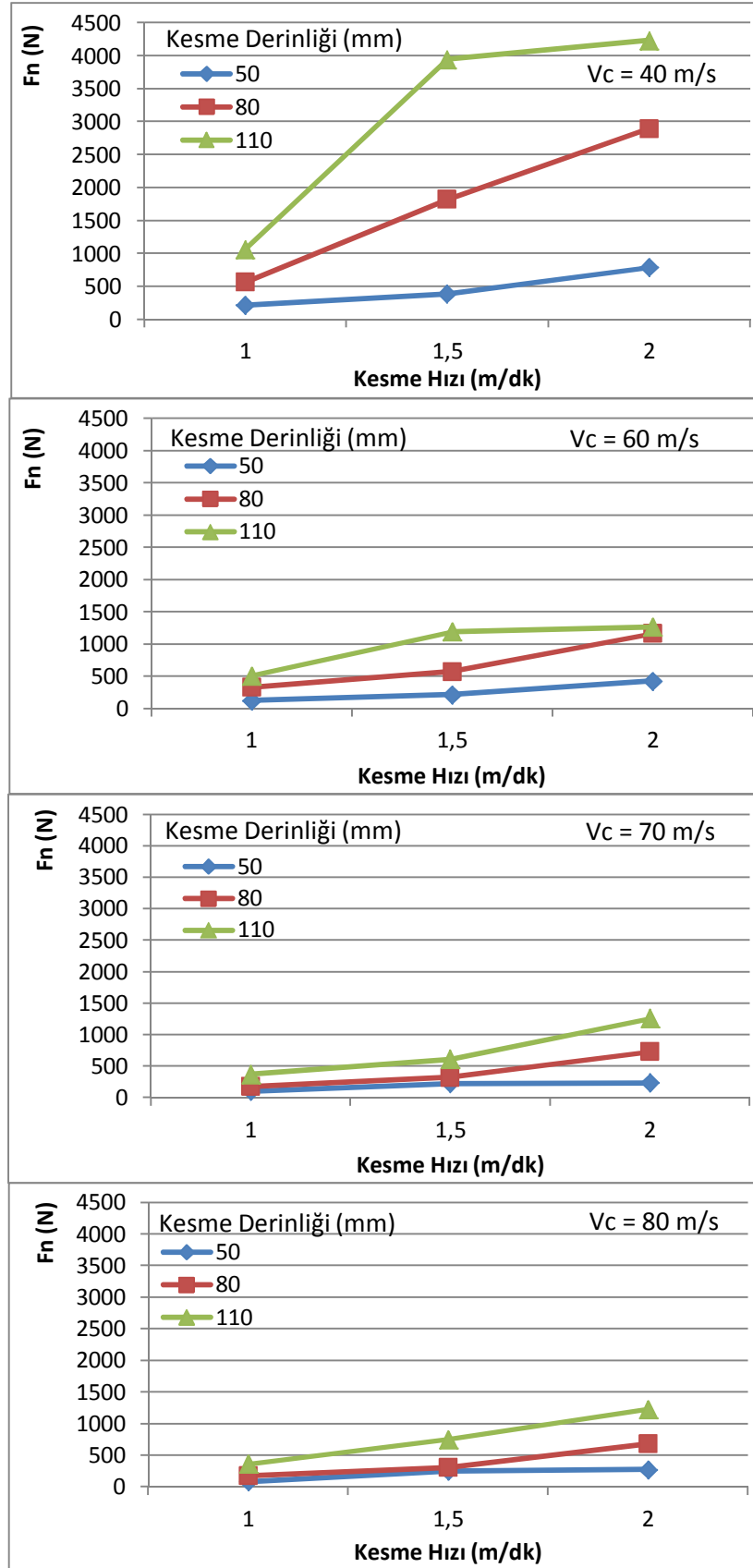
Yalnızca 110 mm kesme derinliği, 60m/s çevresel hız ve 2 m/dk kesme hızında beklenen kuvvet değerinin altında bir değer elde edildiği görülmüştür. Kesme parametreleri ile beklenmeyen bu kuvvet düşüşü normal kuvvet ve güç tüketim grafiklerinde de aynı durumu göstermiştir. Bu durum beklenen kesme işlemi zorluğundan daha rahat kesme işlemi yapıldığını göstermektedir.

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

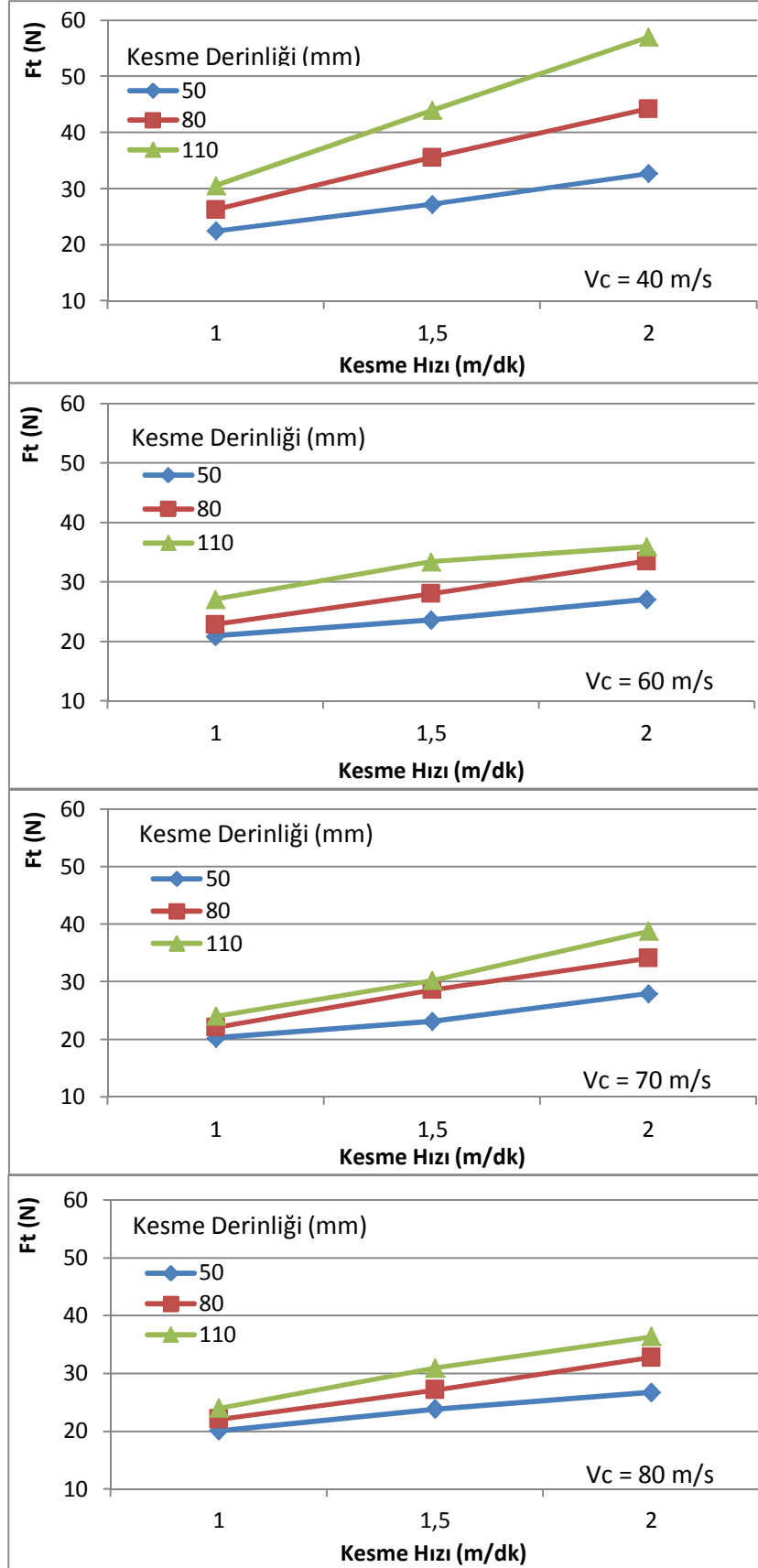
Diğer çevresel hızlar da, normal kuvvete göre incelendiğinde 70 m/s'de oluşan grafik 80 m/s'de oluşan grafiğin kesme derinliklerine ve kesme hızlarına bağlı oluşturduğu grafik yapılarının aynı olduğu gözlenmiştir.

Dairesel testerenin beton blok numunesini kestiği esnada normal kuvvetin 40 m/s çevresel hızda testereye etki eden F_n kuvveti 4250 N civarında iken çevresel hız 60,70 ve 80 m/s'lerde ise ortalama 1450 N civarındadır. Çevresel hızı 40 m/s olup testereye etkiyen kuvvetin, büyük olmasının sebebi testerenin çevresel hızına bağlı olarak beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin artmasıdır.

Dairesel testerenin çevresel hızı 60 m/s den 40 m/s değerine indirildiğinde, 40 m/s olan normal kuvvet değerlerinin 60 m/s olan normal kuvvet değerlerinden daha fazla olduğu görülüp aradaki farkın %335 civarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. S1 soketinde normal kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.



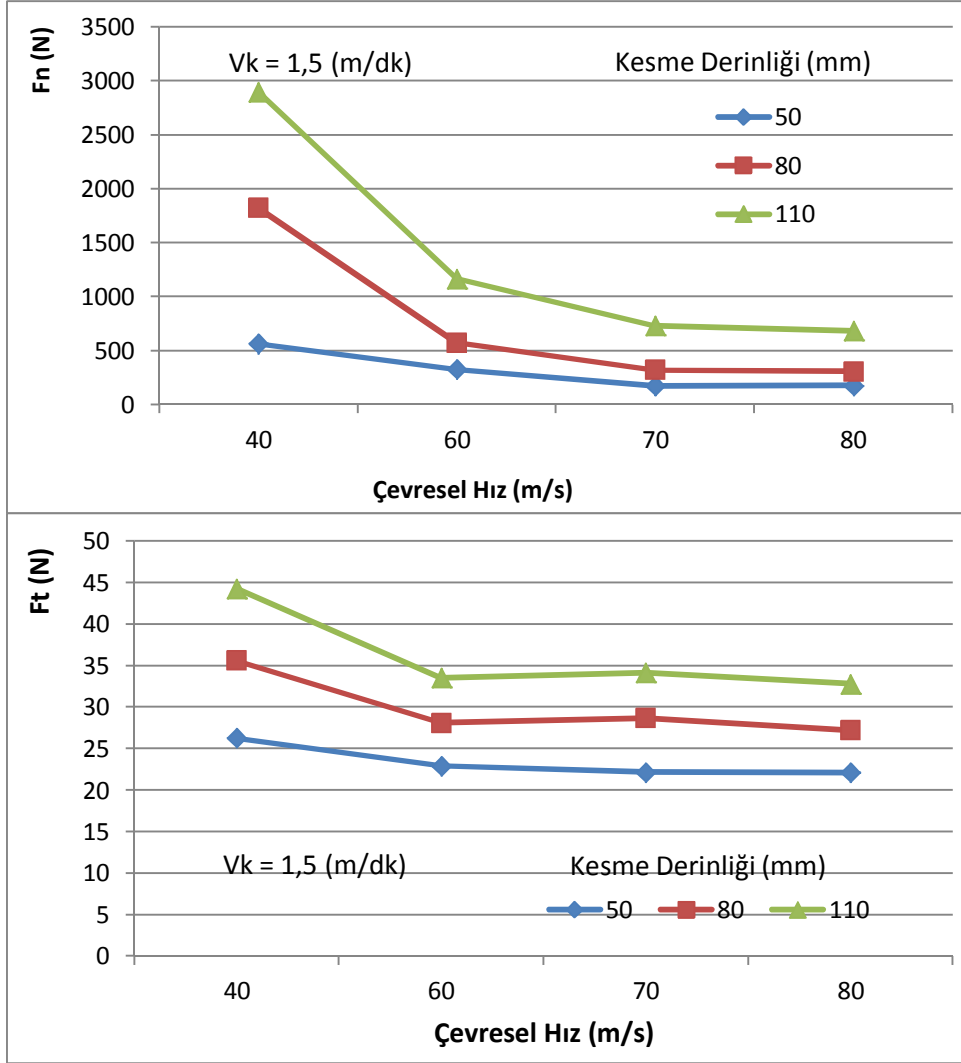
Şekil 4.11. S1 soketinde teğetsel kuvvetin kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

Şekil 4.12’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/s’de beton blok numunesi kesilirken diğer çevresel hızlara göre en yüksek teğetsel ve normal kuvvet değerleri ölçülmüştür.

Bu durum dairesel testere için 60 m/s 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 testerede hasara uğramasına, düzgün bir kesme işleminin gerçekleşmemesine neden olacaktır.

40 m/s çevresel hızda en düşük güç tüketimi değerleri görülmesine rağmen testereye gelen normal ve teğetsel kuvvetlerin değeri maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Çevresel hızı 40 m/s olup testereye etkiyen 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.



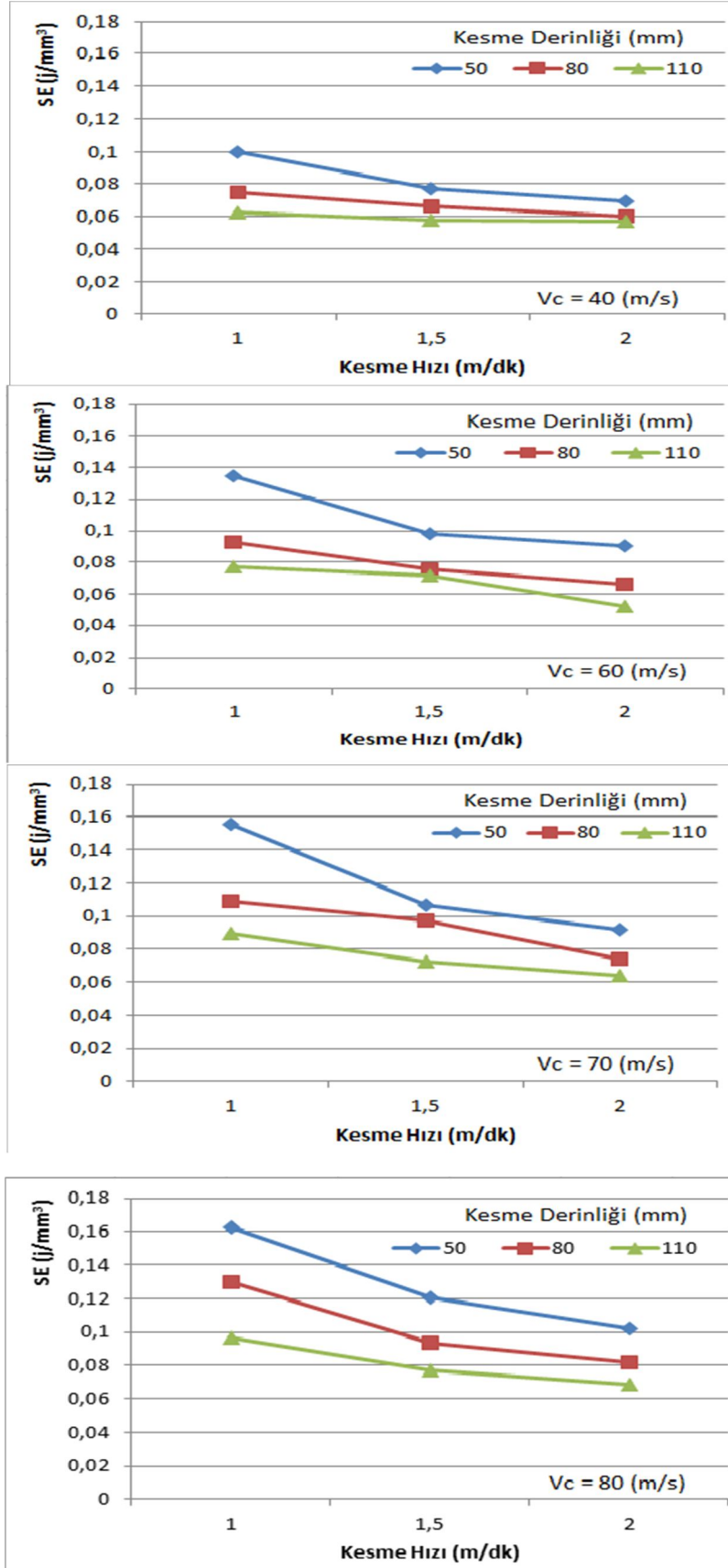
Şekil 4.12. S1 soketinde teğetsel ve normal kuvvetlerin çevresel hıza bağlı değişim grafikleri.

4.3.3. Spesifik Enerjinin Belirlenmesi

Dairesel testereli 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 hacmini 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 (3.4) ile hesaplanmaktadır. Spesifik enerji miktarının en düşük elde edildiği kesme parametreleri, makinenin kesme işlemini en verimli şekilde yaptığını göstermektedir.

Şekil 4.13'te 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. Kesme derinliklerinde sıg kesme işlemi olan 50 mm derinliğinde devamlı yüksek spesifik enerji miktarı elde edilmiştir. Bu sonuçta sıg kesme işlemlerinde makinenin tüketim gücüne karşılık beton blok numunesinden kaldırılan talaş hacminin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum sıg 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/s, 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.



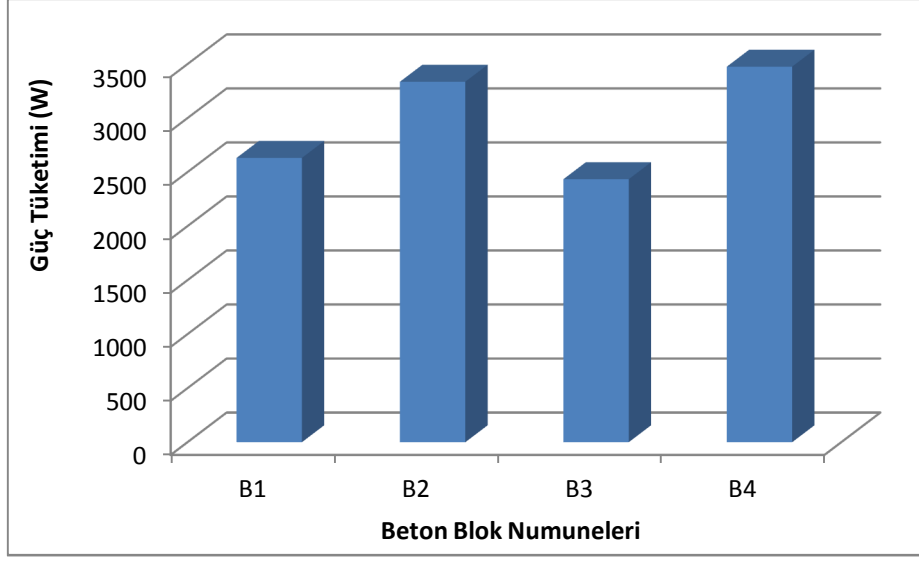
Şekil 4.13. S1 soketinde spesifik enerji miktarının kesme hızına bağlı değişim grafikleri.

4.4. Performans Deneyleri

Varyasyon deneylerinde tek çeşit beton blok reçetesi ile optimum kesme parametreleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda spesifik enerjinin kesme verimini verdiği için spesifik enerji miktarı dikkate alınmıştır. Çevresel hız 60 m/s, kesme derinliği 110 mm ve kesme hızı 2 m/dk olarak performans deneylerinde kullanılacak optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Performans deneyleri 4 çeşit beton blok reçetesi ve endüstriyel ortamda beton blokların kesilmesi için kullanılan S1 elmas soket kompozisyonu kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde doğru sonuca ulaşabilmek için her deney 20 kez tekrarlanmıştır.

4.4.1. Güç Tüketiminin Belirlenmesi

Performans deneylerindeki güç tüketiminin belirlenmesinde 4 çeşit beton blok numunesinin dairesel testere ile kesimi esnasında makinenin güç tüketimi incelenmiştir. Şekil 4.14'te güç tüketiminin farklı beton blok numunelerine bağlı değişim grafiği verilmiştir. Beton blok numunelerinin kesiminde ölçülen en yüksek güç tüketim değeri B4 beton blok numunesinde ölçülmüştür. En düşük güç tüketim değeri ise B3 beton blok numunesinde tespit edilmiştir. En yüksek güç tüketim değerine sahip olan B4 beton blok numunesi ile B2 beton blok numunesinin güç tüketim değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. B1 beton bloğunun güç tüketim değeri, en düşük güç tüketim değeri olan B3 beton blok numunesinden daha fazla, B2 ve B4 beton blok numunelerinin güç tüketim değerlerinden ise daha düşük olduğu görülmüştür. Beton blok numunelerinin kesilme işleminde güç tüketim değerleri, üretim maliyetini doğrudan etkilemektedir. En düşük güç tüketim değerinin B3 beton blok numunesinde görülmesi, en düşük üretim maliyetinin de B3 beton blok numunesinde olacağını göstermektedir.

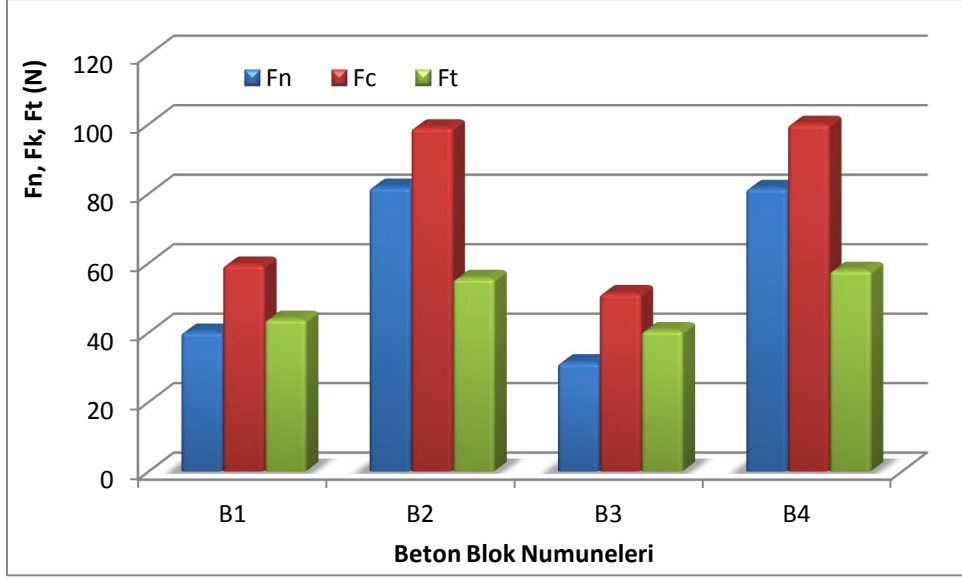


Şekil 4.14. S1 soketinde güç tüketiminin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

4.4.2. Kesme Kuvvetlerinin Belirlenmesi

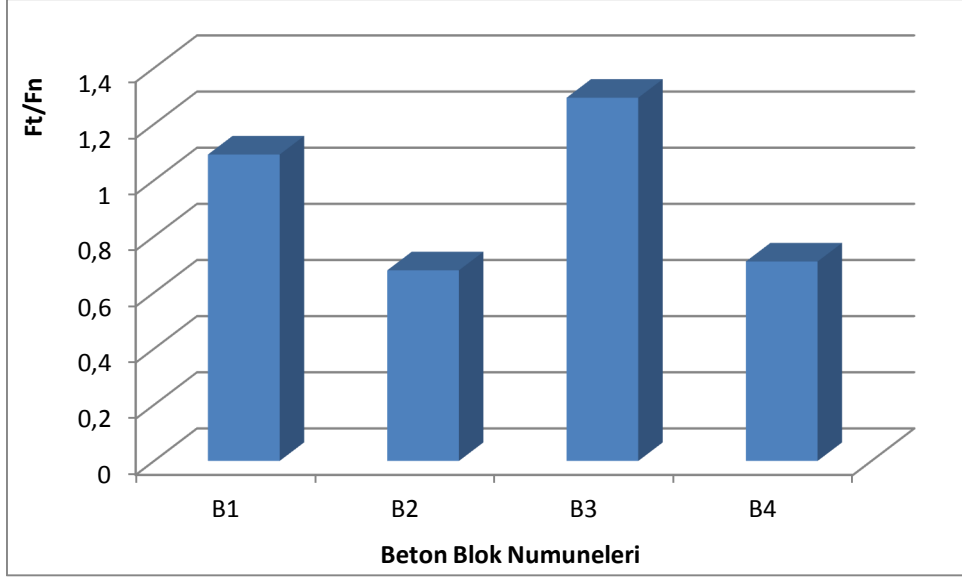
Farklı beton blok numunelerinin kesilmesi esnasında, makinede bulunan dinamometre yardımı ile oluşan F_x , F_y ve F_z kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçülen bu kuvvetlerden denklem (3.1) ile kesme kuvveti (F_k), denklem (3.2) ile teğetsel kuvvet (F_t) ve denklem (3.3) ile normal kuvvet (F_n) hesaplanmıştır. Her beton blok numunesi için elde edilen teğetsel, normal ve kesme kuvvetleri Şekil 4.15'te verilmiştir. Teğetsel ve kesme kuvvetlerinin en yüksek değeri B4 beton blok numunesinde elde edilmiştir. Normal kuvvetin en yüksek değeri ise B2 ve B4 beton blok numunelerinde görülmektedir. Bu durumu Şekil 23'deki güç tüketim grafiği de doğrulamaktadır. Normal, teğetsel ve kesme kuvvetlerinin en düşük değeri B3 beton blok numunesinde görülmüştür. Bu durum B3 beton blok numunesinde kesme işleminin rahat gerçekleştiğini göstermektedir.

Kesme kuvvetlerinde elde edilen değerlerin teğetsel kuvvet ile benzer özellik taşıdığı görülmektedir. Normal kuvvette ise B1 ve B3 beton blok numunelerinde kesme kuvveti ve teğetsel kuvvet ile benzer özellik taşımaktadır. Fakat B2 ve B4 beton blok numunelerinde, teğetsel kuvvet değerlerinden daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum dairesel testerenin kesme derinliğinde zor talaş kaldırdığını göstermektedir.



Şekil 4.15. S1 soketinde teğetsel, normal ve kesme kuvvetlerinin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

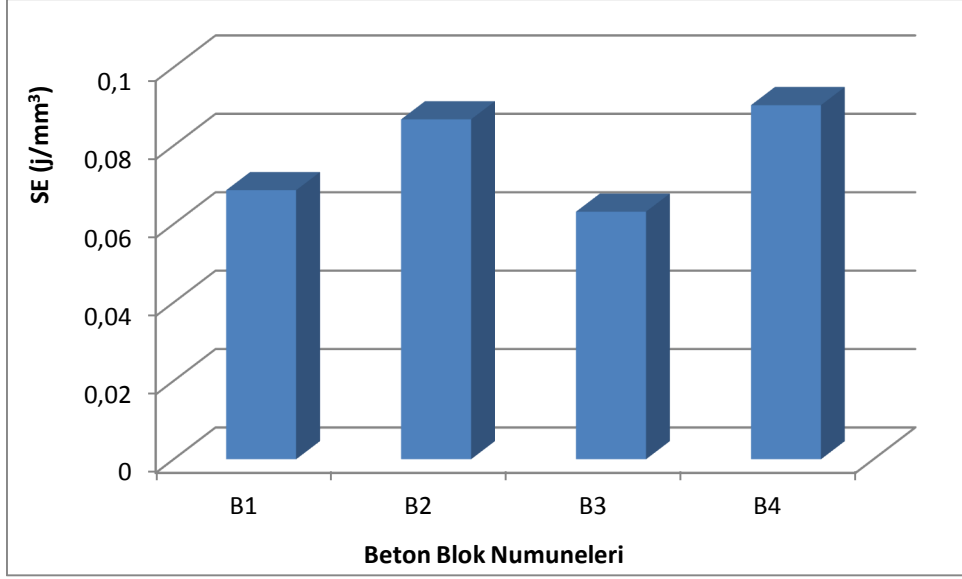
Şekil 4.16'da beton blok numuneleri için teğetsel kuvvet değerlerinin normal kuvvet değerlerine oranı verilmiştir. F_t/F_n oranı kesme işlemi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu oran normal kuvvet ile ters orantılı, teğetsel kuvvet ile doğru orantılıdır. Normal kuvvetin artması ile F_t/F_n oranı azalacak, teğetsel kuvvetin artması ile de artacaktır. Bu oranın azalması, kesme işlemindeki zorluğu ifade etmektedir. F_t/F_n oranının azalması ile kesme esnasında ortaya çıkan talaşın, kesim işleminin gerçekleştirildiği alandan uzaklaştırılmadığını ve beton blok numunesi ile dairesel testere arasında sürtünmenin daha fazla olduğunu göstermektedir. Beton blokların kesimi F_t/F_n oranına göre değerlendirildiğinde, en rahat kesme işleminin B3 beton blok numunesinde en zor kesme işleminin ise B2 beton blok numunesinde olduğu görülmüştür. B3 beton blok numunesinin kolay kesilmesi, Şekil 4.15'teki teğetsel, normal ve kesme kuvvetlerinin farklı beton blok numunelerine bağlı değişim grafiğinde ve Şekil 4.14'teki güç tüketiminin farklı beton blok numunelerine bağlı değişim grafiği ile doğrulanmaktadır.



Şekil 4.16. S1 soketinde teğetsel kuvvetin normal kuvvete oranının beton blok numunelerine bağlı değişimi.

4.4.3. Spesifik Enerjinin Belirlenmesi

Farklı beton blok numunelerinde yapılan performans deneylerinden elde edilen spesifik enerji değerleri Şekil 4.17’de verilmiştir. Şekil 4.14’teki güç tüketim grafiğinin aynı görünümünü Şekil 4.17’deki spesifik enerji grafiğinde de görülmektedir. Bunun nedeni spesifik enerjinin hesaplandığı denklemde (3.4) ki kesilen talaş hacminin bütün beton blok numunelerinde aynı olduğundan kaynaklanmaktadır. En yüksek spesifik enerji miktarı B4 beton blok numunesinin kesilmesinde ölçülmüştür. Elde edilen en düşük spesifik enerji miktarı ise B3 beton blok numunesinde bulunmuştur. Diğer B2 ve B1 beton blok numunelerinin kesimi esnasında elde edilen spesifik enerji miktarları ise B3 ve B4 beton blok numunelerinin spesifik enerji miktarlarının arasında değerler aldığı görülmüştür. Spesifik enerji miktarının en düşük değerde olması kesme işleminin en verimli olduğu değeri vermektedir. Bu durum göz önüne alındığında en verimli kesme işlemi B3 beton blok numunesinin kesiminde gerçekleştirilmiştir.



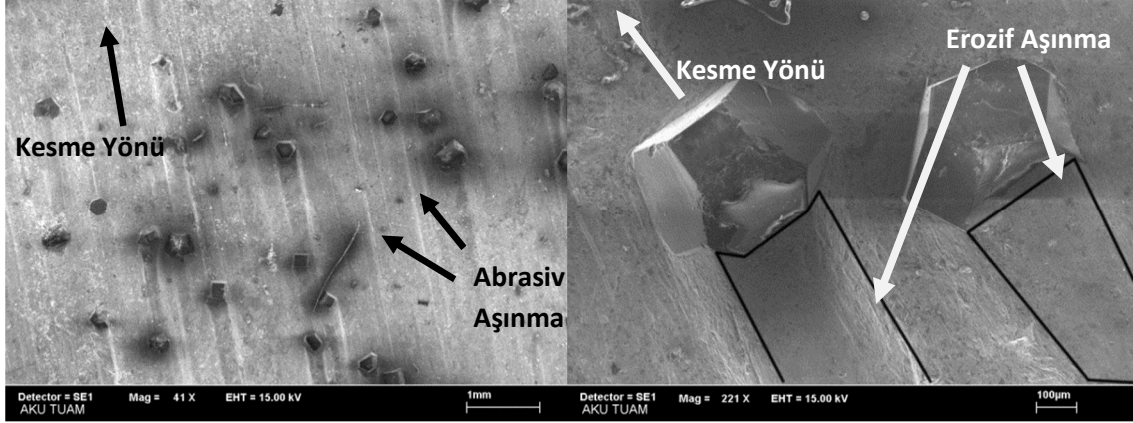
Şekil 4.17. S1 soketinde spesifik enerjinin beton blok numunelerine bağlı değişimi.

4.4.4.Elmas Soketlerin Aşınmalarının Belirlenmesi

Endüstride beton kesme işleminde oluşan elmas soket aşınması maliyette önemli bir sorun teşkil etmektedir. Betonların elmas soketleri hızlı bir şekilde aşındırması endüstride beton kesme işlemi yapan firmalarda kısa sürede dairesel testere değişikliği veya elmas soketlerin değiştirilmesi gibi ek maliyete sebep olmaktadır. Bu durumun giderilmesi için bu tez çalışmasında, kesme işleminde en verimli beton blok numunesi belirlenip bu beton blok numunesi üzerinde de en az soket aşınması gerçekleştiren elmas soket kompozisyonu belirlenmeye çalışılmıştır.

Dairesel testeredeki elmas soketlerin aşınma durumu elmas taneciklerde aşınma ve matrikste aşınma olmak üzere iki şekilde incelenmektedir. Elmas taneciklerde aşınma incelenirken elmas taneciğin hasar durumuna bakılarak elmas tanecikte düzleşme, kırılma, dökülme ve yeni yüzeye çıkma gibi durumlar incelenmektedir. Matriks aşınması incelenirken ise matrikste erozif ve abrasiv bir aşınma araştırılmaktadır. Elmas soket matriksinde genellikle abrasiv aşınma meydana gelmektedir (Luovd. 1995). Erozif aşınma genellikle talaşın etkisi ile gerçekleşmektedir. Şekil 4.18’de elmas soket matrikslerinde meydana gelen erozif ve abrasiv aşınmaya SEM görüntüleri ile örnek

verilmiştir. Kesme esnasında beton blok numunesi ile soketin sürtünmesinin soket matriksinde abrasiv aşınmaya neden olduğu görülmektedir. Beton blok numunesinden kesilen talaşın, soketteki elmas taneciğın arka kısmını aşındırması ile de erozif aşınmaya neden olduğu görülmektedir.

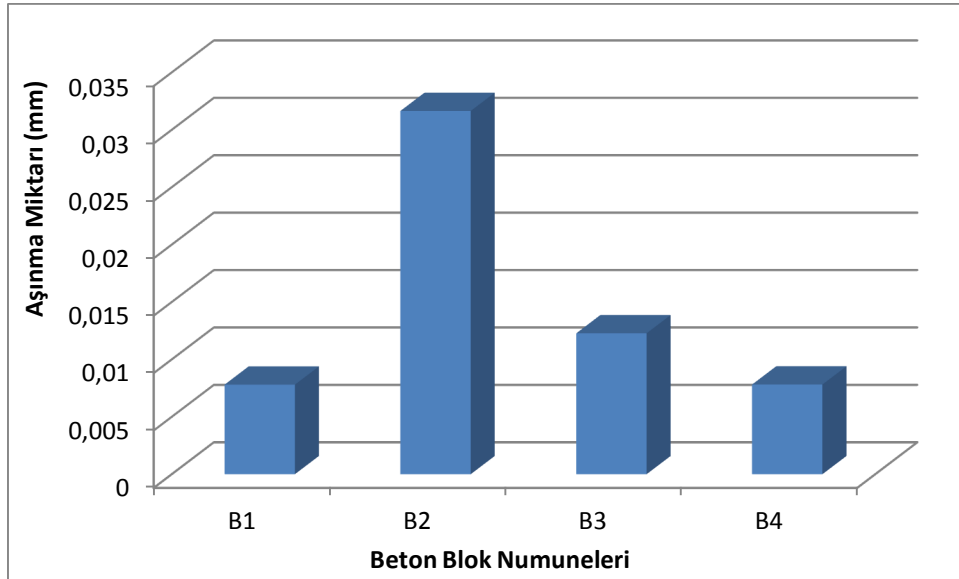


Şekil 4.18. Elmas soketteki aşınma türlerinin SEM görüntüleri.

Elmas soketlerdeki aşınma miktarlarının ölçümünde lazerli özel bir tertibat kullanılmıştır (Resim 3.3). Beton blok numuneleri ile kesme deneylerine başlamadan önce elmas soketlerdeki aşınma miktarı 0,2 µm hassasiyetinde lazerli özel tertibat ile 3 kez tekrarlanarak dairesel testerenin çevresi boyunca elmas soketler üzerinden referans ölçümler alınmıştır. Beton blok numunelerinde 20 kez kesme işlemi gerçekleştirildikten sonra elmas soketlerdeki aşınma miktarı ölçülmüştür. Dairesel testeredeki elmas soketler üzerinden alınan referans ölçümler ile kesme işleminden sonra alınan ölçümler arasındaki fark kesme işleminde oluşan elmas soketlerdeki aşınma miktarını göstermektedir. Elmas soketlerde aşınma miktarlarının belirlenmesi için lazerli, elmas soket aşınma ölçüm tertibatı ile 48 aşınma ölçüm deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu aşınma ölçüm deneylerinde 140 198 veri elde edilmiştir. Bu veriler değerlendirilerek en verimli kesilen beton blok numunesi ve en az aşınan elmas soket kompozisyonu saptanmaya çalışılmıştır.

4.4.4.1. Beton Blok Numunelerine Göre Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesi

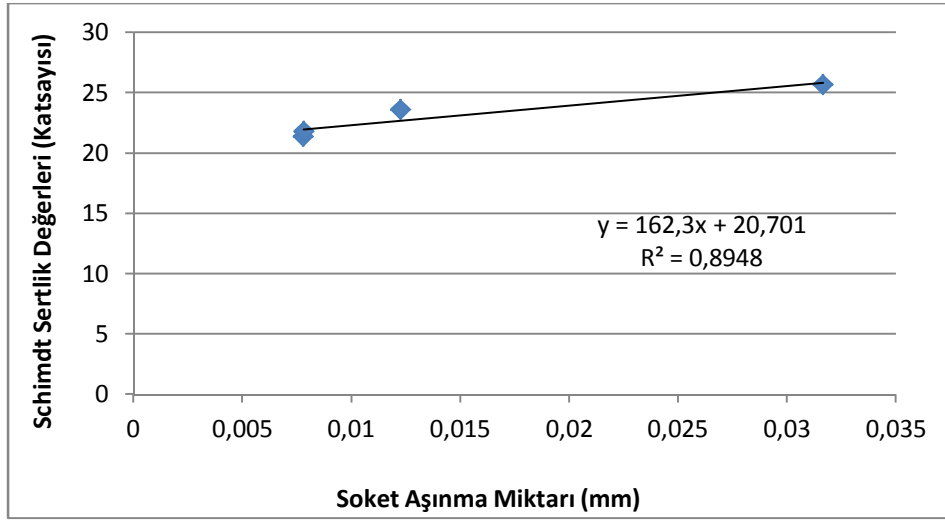
Varyasyon ve performans deneylerinde kullanılan S1 soket kompozisyonu ile 4 farklı beton blok numunesinin kesiminde oluşan elmas soket aşınmaları değerlendirilmiştir (Şekil 4.19). Elmas soket aşınma miktarının, en fazla B2 beton blok numunesinin kesiminde görülmüştür. Bu durum Şekil 4.16'daki teğetsel kuvvetin normal kuvvete oranının farklı beton blok numunelerine bağlı değişim grafiğinde de görülmektedir. Elmas soket aşınmasının fazla olduğu B2 beton blok numunesinin F_t/F_n oran grafiğinde de zor kesildiği tespit edilmiştir. Elmas soketin en düşük aşınma miktarı ise B1 ve B4 beton blok numunelerinin kesiminde gerçekleşmiştir. B3 beton blok numunesinin kesiminde oluşan elmas soket aşınma miktarı, B4 beton blok numunesinin kesiminde oluşan elmas soket aşınma miktarından yaklaşık olarak 4,5 μm daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.19. Beton blok numunelerine göre soket aşınma miktarı.

Beton blok numunelerine göre elmas soket aşınma miktarı grafiğinin, Şekil 4.1'deki beton blok numunelerinin Schmidt yüzey sertlik ölçüm grafiği ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Schmidt yüzey sertlik ölçüm grafiğinde B2 beton blok numunesinin en sert numune olduğu ve elmas soket aşınmasının da en fazla B2 beton blok numunesinin kesiminde olduğu görülmektedir. Schmidt yüzey sertlik ölçümünde elde edilen değerlerde artış olması durumunda, doğru orantılı olarak elmas soket aşınma

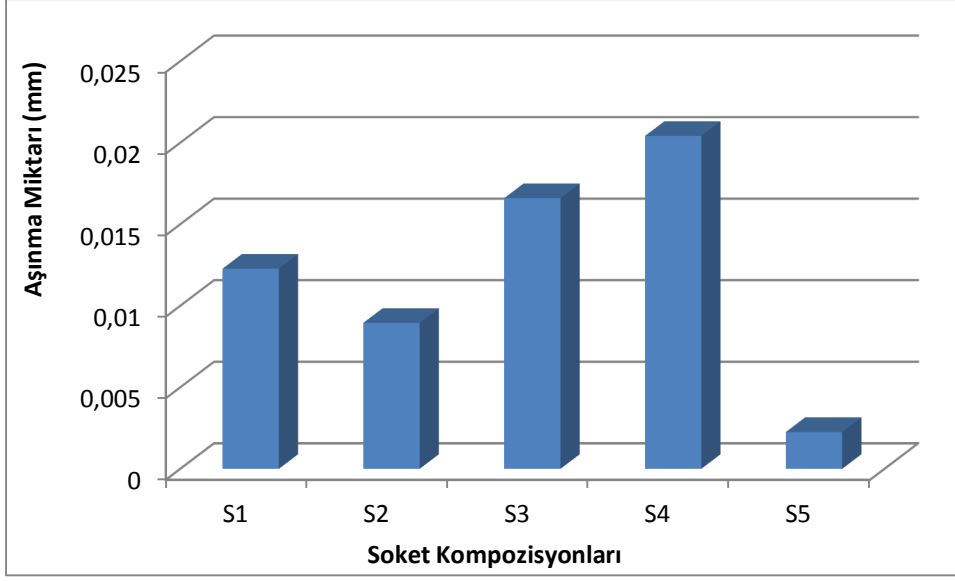
miktarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. Beton blok numunelerinden ölçülen yüzey sertlik değerleri ile elmas soket aşınma miktarı arasındaki bağıntı Şekil 4.20'deki regresyon analizi ile incelenmiştir. Yapılan incelemede yüzey sertlik değeri ile elmas soket aşınma miktarı arasında R^2 değeri 0,8948 bulunarak yüksek bir bağıntı olduğu görülmüştür. Bu durum beton blok numunelerinin kesiminde, elmas sokette oluşan aşınma miktarının beton blok numunelerinin sertliklerine bağlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.20. Yüzey sertlik değerleri ile elmas soket aşınma miktarının regresyon analizi.

4.4.4.2. Farklı Elmas Soket Kompozisyonlarına Göre Elmas Soket Aşınmasının Belirlenmesi

Performans deneylerinde S1 elmas soketi kullanılarak beton blok numunelerinin kesilmesi ile elde edilen güç tüketim, kesme kuvvetleri ve spesifik enerji miktarı değerlendirildiğinde diğer beton blok numunelerine göre en verimli kesilen beton blok numunesinin B3 beton blok numunesi olduğu görülmüştür. Bu beton blok numunesi kullanılarak endüstride beton kesiminde tercih edilen 5 farklı elmas soket üzerinde deneyler yapıp aşınma miktarları araştırılmıştır. Elde edilen aşınma miktarlarının grafiği Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Elmas soket kompozisyonlarına bağlı soket aşınma miktarları.

Varyasyon ve performans deneylerinde kullanılan S1 elmas soket kompozisyonunun B3 beton blok numunesini keserken oluşan aşınma miktarının, en çok aşınan S4 elmas soketine göre daha az aşındığı gözlemlenirken, en az aşınan S5 elmas soketine göre daha fazla aşındığı görülmüştür. S1 elmas soketi referans alınarak elmas soketlerin aşınma miktarları değerlendirildiğinde B3 beton blok numunesi kesilirken S3 ve S4 elmas soket kompozisyonlarının S1 elmas soketine göre daha fazla aşındığı, S2 ve S5 elmas soketlerinin ise daha az aşındığı görülmüştür. Endüstride beton blok numunelerinin kesiminde kullanılan dairesel testerelerdeki soketlerin aşınmalarının çok önemli olduğu dikkate alınarak incelendiğinde en verimli kesme işleminin S5 elmas soket kompozisyonu ile gerçekleşeceği tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

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/s'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/s, kesme hızının 2 m/dk ve kesme derinliğinin 110 mm seçildiği kesme parametrelerinde elde edilmiştir. Performans deneylerinde bu kesme parametreleri kullanılmıştır.

Performans deneyleri, 4 farklı beton blok numunesi ve S1 elmas soket kompozisyonu seçilerek gerçekleştirilmiştir. Varyasyon deneylerinden elde edilen optimum kesme parametreleri ile performans deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerde güç tüketimi, kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve elmas soket aşınma miktarları elde edilmiştir. Spesifik enerji miktarı, kesme kuvvetleri ve güç tüketim değerlerinde en rahat kesilen beton blok numunesinin B3 beton blok numunesi olduğu görülmüştür. En düşük güç tüketim değerinin B3 beton blok numunesinde görülmesi, en düşük üretim maliyetinin de B3 beton blok numunesinde olacağını göstermektedir. Ayrıca bu sonuç F_t/F_n oranı ile de doğrulanmaktadır. F_t/F_n oranı dairesel testeredeki elmas soket ile kesilen beton

blok numunesinin arasındaki sürtünmeyi göstermektedir. F_t/F_n oranının düşük olması sürtünmenin arttığını ifade etmektedir. Kesme işleminde F_t/F_n oranının en yüksek değeri B3 beton blok numunesinde görülmektedir. Beton blok numunelerinin kesiminde oluşan en düşük kesme kuvvetleri de B3 beton blok numunesinde tespit edilmiştir. S1 elmas soketli dairesel testere ile B3 beton blok numunesinin kesiminde, kesme kuvvetlerinin değerlerine ve F_t/F_n oranına bakılarak kesme işleminin rahat gerçekleştiği söylenebilmektedir. S1 elmas soket kompozisyonu ile beton blok numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda en verimli kesme işleminin B3 beton blok numunesinin kesiminde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Beton blok numunelerine Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçümleri yapılmıştır. Schmidt sertlik ölçüm yönteminde 3 ölçüm tekniği bulunmaktadır. Bu teknikler Hucka Tekniği, Poole ve Farmer Tekniği ve son olarak da ISRM Tekniğidir. Yapılan deneylerde ISRM tekniği kullanılarak ölçümler yapılmıştır. En sert blok numunesinin B2 beton blok numunesi, en yumuşak beton blok numunesinin de B1 beton blok numunesi olduğu görülmüştür. Schmidt çekici ile beton blok numunelerinden elde edilen yüzey sertlik değerlerinin grafiği ile elmas soket aşınma miktarının grafiği benzerlik göstermektedir. Yüzey sertlik değerleri ile soket aşınma miktarları arasındaki bağlantıyı araştırmak için regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0,8948 bulunmuştur. Schmidt çekici ile beton blok numunelerinde ölçülen yüzey sertlik değerlerinin, soket aşınma miktarı ile yüksek oranda bağıntılı olduğu sonucuna varılmıştır.

S1 elmas soketli dairesel testere ile en verimli kesilen B3 beton blok numunesi olduğu tespit edilmiştir. Bu beton blok numunesi kullanılarak geriye kalan 4 farklı soket kompozisyonu ile kesme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elmas soketlerdeki aşınma miktarı dikkate alınarak elmas soket kompozisyonları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede en iyi elmas soket kompozisyonunun S5 olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu alışmada, S5 elmas soket kompozisyonu ile B3 beton blok numunesinin kesiminde g tknetimi, kesme kuvvetleri, spesifik enerji ve soket aşınma miktarı dikkate alındığında en verimli şekilde kesme işleminin gerçekleştirileceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Aksay, E. K., Akar, A., Cöcen, İ., Onargan, T. (2009). İzmir-Menderes Pomza Cevherinin Bazı Tür Mermerlerin Aşındırılmasında Abrasiv Olarak Kullanımı. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, **11-31**: 32 – 43.
- Aslantaş, K., Özbek, O., Uçun, İ., Büyüksağış, İ.S. (2009). Investigation of the Effect of Axial Cutting Force on Circular Diamond Sawblade 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 Testereli Blok Kesme Makinalarında Mermerlerin Kesilebilirlik Analizleri. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Büyüksağış, İ.S. (2003). Doğaltaş Kesmede Kullanılan Elmaslı Dairesel Testerelerin Tanıtımı Ve Talaş Oluşum Mekanizması. *Fen Bilimleri Dergisi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, **4**: 17-30.
- Büyüksağış, İ.S. (2007). Effect Of Cutting Mode On The Sawability Of Granites Using Segmented Circular Diamond Sawblade. *Journal of Materials Processing Technology*, **183**: 399-406.
- Büyüksağış, İ.S., Atıcı, Ü., Adem, E., (2003). Travertenlerde Tabaka Yönünün Kesme Verimi Üzerine Etkileri. IV. Mermer Sempozyumu, 18-19 Aralık, 189-199.
- Büyüksağış, İ.S., Göktan, R.M. (2001). Bilgisayar Kontrollü Mermer Kesme Deney Düzeninin Tanıtılması. III. Mermer Sempozyumu, 3 – 5 Mayıs, 277 – 288.

- Büyüksağış, İ.S., Gökten, R.M. (2005). Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter. *Journal of Materials Processing Technology*, **169**: 258-262.
- 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.
- Cassapi, V. B. (1987). Application of Rock Hardness and Abrasive Indexing to Rock Excavating Equipment Selection. Ph. D. Thesis, University of Nottingham, U. K.
- Çınar, S.M. (2007). Mermer Kesme Makinelerinde Elektrik Enerjisi Tüketimi Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Demir, İ., Orhan, M. (2001). Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanımı. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara, 19 – 22 Haziran.
- Denkena, B., Tönshoff H.K., Friemuth, T., Glerse, A. (2004). The band saw as a tool in the natural stone industry. *Industrial Diamond Review*, **1**: 57-62.
- Di Ilio, A., Tonga, A. (2003). A theoretical wear model for diamond tools in stone cutting. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **43**: 1171-1177.
- Dinçer, R., Çağatay, İ. H. (2004). Pomza İle Yapılan Hafif Betonların Mekanik Özellikleri. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Çukurova Üniversitesi, **19-2**.
- Dursun, M., Çimen, H. (2010). Eviricilive Eviricisiz Mermer Kesme İşleminin Elektrik Enerjisiüzerine 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.

- Ersoy, A., Atıcı, U. (2005). Specific energy prediction for circular diamond saw in cutting different types of rocks using multivariable linear regression analysis. *Journal of Mining Science*, **41-3**: 240-260.
- Ersoy, A., Atıcı, Ü. (2004). Spesifik kesme enerjisi ile spesifik deformasyon enerjisinin değerlendirilmesi. 7. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, 21-22 Ekim.
- Eyüboğlu, A.S., Özçelik, Y., Kulaksız, S., Engin, I.C. (2003). Statistical and microscopic investigation of disc segment wear related to sawing ankara andesites. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, **40**: 405-414.
- Gökçe, H. S., Şimşek, O., Durmuş, G., Demir, İ. (2010). Ham Perlit Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Alternatif Genleştirilmiş Perlit Kullanımının Etkisi. *Politeknik Dergisi*, **13-2**: 159 - 163.
- Gündüz, L., Yılmaz, İ. (2001). Orta Anadolu Pomza Oluşumlarının Endüstriyel Olarak Kullanılabilirlik Ölçütleri. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara, 19 – 22 Haziran.
- 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.
- 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.
- 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.
- Jennings, M., Wright, D. (1989). Guidelines for sawing stone. *Industrial Diamond Review*, **2**:70-75.
- Kaplan, M., Budak, S. (2011). Bir Mermer Kesici Takımında Co Katkısının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi. 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Elazığ, 16 – 18 Mayıs.

- Karagöz, Ş., Zeren, M. (2001). Mermer Kesiminde Kullanılan Elmas Kesici Takımlarda Aşınma Karakteristiği. 3.Mermer Sempozyumu, Afyonkarahisar, 3-5 Mayıs.
- Karagöz, Ş., Zeren, M. (2003). Doğal Taş Kesiminde Kullanılan Elmas Kesici Takımların Aşınma Karakteristiği. *Mühendis ve Makina*, **517**: 17-23.
- Karaman, K., Erçıkıdı, B., Cihangir, F., Kesimal, A. (2011). Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Schmidt Çekici Yöntemlerinin İncelenmesi. Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara, 11-13 Mayıs.
- Köse, H., Pamukçu, Ç., Yalçın, N., Seçer, T. (1997). Pomzanın Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 16 - 17 Ekim.
- 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.
- Özbek, O. (2008). Çankırı Kahverengi Mermerinin Kesilebilirlik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Rosa, L.G., P.M. Amaral, Anjinho C.A., Fernandes, J.C. (2004). Evaluation of diamond tool behaviour for cutting stone materials. *Industrial Diamond Review*, **1**: 45-50.
- 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.
- Serin, G., Çankıran, O., Başığit, C., Taş, H. H., Fenkli, M. (2007). Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Teknolojik Araştırmalar, **1**: 15-22.

- 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.
- Tönshoff, H. K., Wobker, H.G., Przywara, R. (1993). Das arbeitsverhalten von werkzeugen zum Trennschleifen von gestein. *Industrial Diamond Review*, **3**: 198-205.
- Türkel, S., Kadiroğlu, B. (2007). Pomza Agregalı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Pamukkale Üniversitesi, **13-3**: 353 - 359.
- Ucun, İ. (2009). Doğal Taş Sanayinde Kullanılan Elmas Soketlerin Kesme Performansı ve Hasar Analizi Çerçevesinde İncelenmesi. Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- 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., Büyükağış, 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., Gayretli, A., Taşgetiren, S. (2006). Mermer Endüstrisi İçin Düşük Maliyetli ve Yüksek Performanslı Yenibir Kesici Elmas Soket Tasarımı. 12. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, Kuşadası, 05 - 08 Eylül.

- Unal, R., Gurcay, E. A. (2007). Matrix Composition Effect on the Wear Behaviour of Diamond Segments. *Materials Science Forum*, **534-536**: 1113-1116.
- Unver, B. (1992). Kayaların Testerelerle Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin İstatistiksel bir yaklaşım. *Madencilik Dergisi*, **31**: 3.
- Yalçın, B., Uçun, İ., Kuru, M. (2007). Mermer Kesme Testerelerinde Oluşan Kesme Kuvvetinin Bulanık Mantık (Bm) Yöntemiyle Modellenmesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, **22-2**: 329-336.
- Yaşar, E., Erdoğan, Y. (2005). Asidik (Nevşehir) ve Bazik (Osmaniye) Pomzaların Yapı Sektöründe Değerlendirilmesi. Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, İzmir, 09-12 Haziran.
- Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N. (2006). Pomza Ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. *Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, Gazi Üniversitesi, **21-4**: 675 - 680.
- Yu, Y. Q., Zhang, Y. F., Li, Y., Xu, X. P. (2006). Sawing of granite with side-slotted diamond segments. *Key Engineering Materials*, **315-316**: 103-107.
- Yu, Y. Q., Xu, X. P. (2003). Improvement on the performance of diamond segments for rock sawing, Part 1: Effects of segment components. *Key Engineering Materials*, **250**: 46-53.
- Zhan, Y.J., Li, Y., Huang, H., Xu, X.P. (2007). Effects of the wear characteristics of brazed diamond grits on grinding forces. *Advanced Materials Research*, **24-25**: 233-238.
- Xu, X., Li, Y., Yu, Y. (2003). Force ratio in the circular sawing of granites with a diamond segmented blade. *Journal of Materials Processing Technology*, **139**: 281-285.
- Xu, X. P., Li, Y. (2003). The effects of swarf in the diamond sawing of granite. *Key Engineering Materials*, **250**: 187-193.

- 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 reinforced 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.
- Wobker, H. G., Przywara, R. (1994). Trennschleifen Von Beton Und Naturstein. *Bauverfahrenstechnik*, Februar, 9-13.
- Wright, D. N., Cassapi, V.B. (1985). Factors influencing stone sawability. *Industrial Diamond Review*, **2**: 84-87.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur KARPAT
Doğum Yeri ve Tarihi : Çorlu – 1986
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/E-posta) : 0553 424 86 35 – onurkarp@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)

Lise : Tekirdağ Endüstri Meslek Lisesi, Motor Bölümü
Lise : Tekirdağ Teknik Lisesi, Makine Bölümü
Ön Lisans : Trakya Üniversitesi, Makine Bölümü
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Makine Resmi ve Konstrüksiyon Öğrt.

Yayınları (SCI ve Diğer) :

Uluslararası Bildiriler

Karpat, O. ve Sarıışık, A. (2012). Tek Çeşit Soket Kompozisyonu İle Traverten, Andezit ve Pomza Karışımli Beton Ürünlerinin Kesilebilirliğinin Araştırılması, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, Afyonkarahisar, 13- 15 Aralık, 365 – 374.

Projeler :

Doğaltaş Nihai Ürünlerinde Çarpma Dayanımının Belirlenmesi ve Standardizasyonu 111M390 no'lu TÜBİTAK projesi, Görevi : Bursiyer, 2011.

Hafif Betondan Üretilen Yeni Ürün Olan İzolasyonlu Blokların Kesim Özelliklerinin Geliştirilmesi 11.MUH.02 no'lu BAP projesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Görevi : Araştırmacı (Yüksek Lisans Öğrencisi), (Devam Ediyor).