

DOĞALTAŞ KESMEDE KULLANILAN ELMASLI DAİRESEL TESTERELERİN TANITIMI VE TALAŞ OLUŞUM MEKANİZMASI

İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon MYO Mermer Teknolojisi Prog., AFYON

ÖZET

Endüstriyel taş sektöründe kesme işlerinde kullanılan ekipmanlar arasında en çok kullanılan kesme aracı elmaslı dairesel testerelerdir. Bu testerelerin makine şartları, tasarım ve çalışma parametreleri, kesilecek kaya özellikleri kesme verimini önemli derecede etkilemektedir. Bu çalışmada, genel olarak elmaslı dairesel testerelerin kesme ve tasarım parametreleri açıklanmıştır. Bu parametrelerin talaş oluşum mekanizması ile ilişkisi belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Doğaltaş Kesme, Elmaslı Dairesel Testere, Talaş Oluşum Mekanizması

DEFINITION OF DIAMOND CIRCULAR SAWS IN STONE CUTTING AND MECHANISM OF CHIPPING FORMATION

ABSTRACT

The most frequently used cutting tools in the cutting process of marble industry are diamond circular saws. Machine conditions, design and operating parameters, properties of cut rocks significantly influence cutting performance of the saws. In this study, cutting and design parameters of the diamond circular saws are explained. The relationship of these parameters with the mechanism of chipping formation is established.

Key Words: Stone Cutting, Diamond Circular Saws, Mechanism of Chipping Formation.

1. GİRİŞ

Mermerlerin yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanımları gün geçtikçe artarak yaygınlaşmaktadır. İşlenmemiş blokların ve molozların mamul (levha, plaka, fayans vb.) hale dönüştürülmesinde kesme aracı olarak çelik

lamalar, dairesel testereler ve elmas teller kullanılmaktadır. Bunların arasında endüstriyel olarak en çok kullanılanı dairesel testerelerdir. Çünkü, birim zamandaki üretimlerinin yüksek olması ve değişik boyutlarda üretilebilme kolaylığı avantajlarıdır. Büyük miktarda tüketimi olan bu kesicilerin iyi tanınması, kullanımında dikkate alınması gerekenler ile kesme işleminde talaş oluşum aşamasının anlaşılması pratikte doğan sorunların giderilmesinde ve maliyetlerin düşürülmesinde önemlidir.

Diskli kesicilerin ilk üretimine ve kullanımına 1854'te Paris'te başlanmıştır. 1863'te Amerika'da yapılan çalışmalar başarısız olurken 1885'te Fransa'da ilk başarılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu diskin çapı iki metre kadar olup, çelikten üretilmiş ve soketteki elmaslar 0,8 karattan büyük seçilmiştir. Elmas taneleri bakır soketlerin içerisine açılan deliklere yerleştirildikten sonra elektrik arkı ile sinterlenmiştir. Soketlerde 0,75 mm'lik elmaslar yüzeyde kalarak kesme sağlanmıştır. Ancak, soketlerin kesme işlemi sırasında koparak fırlaması tehlike yaratmıştır. 1930'lu yıllarda, toz metalurjisi tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte sinterize soketlerin üretimi ve diskli kesicilerin kullanımı daha da artmıştır [1]. Diskli kesicilerin ilk üretiminden günümüze kadar geçen yaklaşık 150 yıllık süreç sonunda, mekanik dayanımları daha yüksek diskler, kayaç türlerine uygun yüksek ömür ve verimlilikte soketler ile daha dayanımlı kesme makineleri geliştirilmiştir.

Değişik araştırmacılar tarafından elmaslı dairesel testereler üzerinde yoğun olarak durulmuştur. Kesicilerin tasarım ve geometrisi [1], kesicilerin kesme modu ve kesme mekanizmaları [2,3], kesicilerin aşınma modu ve prosesleri [4,5,6], kesicilerin kesme verimi ve kesilen kayaç özellikleri [7,8,9,2,15] konularında araştırmalar yapılmıştır.

2. KESME İŞLEMİ PARAMETRELERİ

Dairesel testerelerle kesme işlemi kayaç – makine – kesici arasında oluşan etkileşimler sonucunda gerçekleşir. Kesme işleminde kayaç ve kesici özellikleri yanı sıra makine çalışma değerleri de olayı oldukça etkilemektedir. Bu parametrelerin etkileşim şekilleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Kayaç kesme endüstrisinde makinenin yapısal durumu çok önemli olmasına rağmen pratikte verilen önem yetersiz kalmaktadır. Etkili ve düzenli makineleşme kurulmadıkça, hatta uygun soket ve matriks (testere) seçimi yapılmış olsa dahi, en uygun sonucu almak mümkün değildir. Etkin ve verimli bir kesme düzeneği için makine parçalarından flanşların,

rulmanların, kızakların, kasnakların, hareketli parçaların kullanımına ve bakımına dikkat edilmelidir.

Tablo 1. Kesme prosesi elemanlarının etkileşimleri [2].

Oransal Etkileşim	KAYAÇ		MAKİNE		TESTERE	
	Materyal		Yapı	Soğutucu Sıvı	Soket	Disk
	* Tane büyüklüğü	* Dayanım	* Basınç	* Geometri	* Geometri	
	* Sertlik	* Titreşim oranı	* Akış Miktarı	* Yapı	* Montaj	
	* Gevreklik	Çalışma Ayarları		* Tane cinsi	* Ön gerilim	
Geometri	* Kesme derinliği		* Tane boyutu	* Gerilim		
* Tespit (Bağlama)	* Kesme hızı	* Çevresel hız	* Konsantrasyon			
⇓						
İşleme Değerleri Değişimi	* Kuvvetler oluşumu		* Kesilen parçanın titreşimi			
	* Kontak bölgelerinden ısı dağılımı		* Makinenin titreşimi			
	* Statik disk burulması		* Diskin titreşimi			
⇓	↑					
Çalışma Sonuçları	KAYAÇ		TESTERE			
	Dış Yüzey	Ölçü Hassasiyeti	Soket		Disk	
	* Pürüzlülük	* Yüzey Düzlüğü	* Elmas tane aşınması		* Gerilim durumu	
	* Kenar Pürüzlülüğü	* Paralellik	* Matriks aşınması			

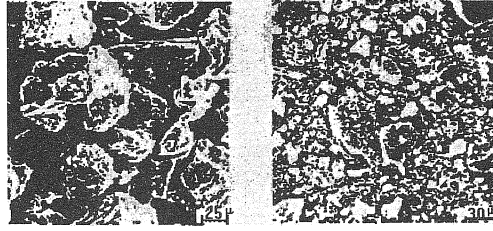
Kesme diski üzerinde titreşim miktarını saptamak için değişik çalışmalar sonucunda disk geriliminin yüksek olmasının, kesme yönünden sapmalara [2] ve güç tüketimini arttırarak kesme veriminin düşmesine neden olduğu gözlenmiştir [1].

Operatörün tecrübesi disk performansı üzerinde gözle fark edilir bir etkiye sahiptir ve anılan parametreler içerisinde oldukça büyük önem taşımaktadır. Operatörün görevi makine performansındaki değişimleri anında fark edip, makine yönlendirmesini yaparak üretimin daha verimli olmasını sağlamaktır. Kesme parametrelerinin en önemlilerinden birisi de kesilen kayacın fiziksel özellikleridir.

Farklı tipteki kayaların sıra ile kesilmesi hem testere ömrünü hem de verimi arttırır. Bu işlem karmaşık olmasına rağmen, aynı soketle farklı kombinasyonlar yapılarak sert, yumuşak aşındırıcı veya göreceli olarak aşındırıcı olmayan kayaların kesimi disk performansını ve ömrünü arttırır. Diğer taraftan, yumuşak bir kesme diski önce aşındırıcı bir malzeme kesilerek açılmalıdır (bilenmelidir). Aynı taşın sürekli kesilmesi yerine, farklı tipteki taşların belirli bir düzen ile kesilmesi disk ömrünü daha da arttırır.

nedeni, kayaçları oluşturan minerallerde tane içleri boyunca (transkristalen) çatlamların oluşumudur [11].

Metamorfik olmayan kumtaşı gibi sedimanter kayaçlarda ise mekanik yönden zayıf olan tane sınırları boyunca (interkristalen) çatlamlar oluşmaktadır (Şekil 2).



a) Kumtaşı

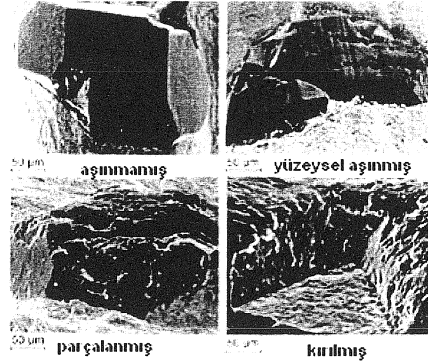
b) Mermer

Şekil 2. Kesme işlemi sonucu oluşan talaşların şekilleri [12].

Oluşan talaşlar soğutma suyuna karışarak talaş ortamından uzaklaştırılır. İnce taneli aşındırıcı kırıntılarının etkisiyle socketin metalik matriks kısmı aşınmaya (erozyona) uğrar. Oluşan taneler aktif haldeki elmas tanelerinin ön ve yan kısımlarında taşınırlar. Elmas tanelerin arka kısmında hemen hemen hiç talaşa rastlanmaz. Bu elmas taneler onları destekleyen bağlayıcı kuyruk kısmı tarafından tutulur. Kesme işlemi sırasında oluşan gerilimler esnasında elmas taneleri birçok termo-mekanik zorlanmalarla karşılaşılırlar. Bunlar:

- * Aynı yönlü (kesme-çevresel hızlar aynı yönde) kesme durumunda; kesme başlangıcında mekanik çarpma zorlanması,
- * Talaş kalınlığına bağlı mekanik zorlanma,
- * Kontak bölgesinde sürtünmeden dolayı oluşan termik zorlanma, kontak bölgesinde soğutucunun etkisiyle oluşan ani ısı değişimi (şok) zorlanmasıdır.

Bu zorlanma türleri çeşitli tipte tane aşınmalarına neden olur, bunlar yüzeysel aşınmış, aşınmamış, parçalanmış ve kırılmış haldedirler (Şekil 3). Kesilen kayaç tipine bağlı olarak olağan kesme şartlarında olduğu gibi uygun makine değerlerinde çalışan kesicinin elmas taneleri ve matriksi aynı hızda aşınır. Eğer, matriks ile elmas aynı zamanda aşınmamışsa, elmas bu durumda optimum kullanılamaz. Aksi durumda talaş taşıma boşluğu azalacak ve yeterli düzeyde talaş uzaklaştırılması mümkün olmayacak, bundan dolayı testere sık sık bilenme zorunda kalacak ve oluşan zaman kayıpları verimliliği düşürecektir.



Şekil 3. Elmas tanelerinin aşınma şekilleri [12;4].

Kaya kesicilerin aşınma mekanizmaları 4 aşınma hipotezi ile açıklanabilir;

- * Aşındırma (abrasion)
- * Darbe yükleri ve ani yüklenme
- * Darbe çarpma ve yorulma
- * Isıl şoklar

Aşındırıcı aşınma homojen aşınma şeklinde gelişmekte ve kesici ömrünü kademeli olarak azaltmakta, kesme hızını düşürmektedir. Bu aşınma türü, kayaç özelliklerinin, kesiciye uygulanan kesme yüklerinin, kesici ısısının, kesme hızının ve kesici (elmas ve matris) özelliklerinin bir fonksiyonudur. Yumuşak ve plastik davranış gösteren kayaların yüzeyleri kesme yönüne göre düz bir açı ile aşınarak, kesici ile kayaç yüzeyi kontakta küçük alanlar oluşmakta ve kesicinin keskin durumları korunmaktadır. Sert ve kırılmalı kayaçların yüzeyleri paralel olarak aşınmakta, kesiciler için kayaç kontakta daha geniş alanlar oluşmakta ve daha yüksek kesici yükleri gerekmektedir [6].

Talaş oluşumu esnasında oransal olarak enerji tüketim durumu Şekil 4'te olduğu gibi gerçekleşmektedir.

Mermer kesme işleminde oluşan talaş şekli metal kesme prosesine benzer özellikler taşır. Makine çalışma büyüklüklerinin talaş şeklini etkilemesi şöyledir:

- Yüksek kesme derinliği ve düşük kesme hızlarında teorik olarak uzun ve dar tanecikler,

$\emptyset_{\text{disk kas.}}$ = Disk miline bağlı kasnak çapı (mm)

$\emptyset_{\text{mot. kas.}}$ = Motor miline bağlı kasnak çapı (mm) 'dir.

Birim zamanda kesilen alan ise birim zamanda kesilen hacmin (Q_w), soket genişliğine (G_s) oranıdır;

$$Q'_w = \frac{Q_w}{G_s} \quad (\text{cm}^2/\text{min}) \quad (2)$$

Birim zamanda kesilen alanın diğer bir ifadesi ise;

$$Q'_w = V_k \cdot H_k \quad \text{'dir} \quad (3)$$

Kesme işleminde kayaç içerisinde ilerleme teorik olarak üç şekilde ifade edilebilir. Bunlar, testerenin bir devrine karşılık gelen ilerleme S (mm^{-1}), bir tek elmas soketin bir devrine karşılık gelen ilerleme S_z ($\text{mm}^{-1}/\text{diş}$) ve bir dakikaya karşılık gelen ilerleme hızı V_k (mm/min)'dir [3].

$$S_z = \frac{S}{n_s} = \frac{V_k}{n_{\text{dev}} \cdot n_s} \quad (\text{mm}^{-1}/\text{diş}) \quad (4)$$

$$S = S_z \cdot n_s \quad (\text{mm}^{-1}) \quad (5)$$

$$V_k = S_z \cdot n_s \cdot n_{\text{dev}} \quad (\text{mm}/\text{min}) \quad (6)$$

Burada;

n_{dev} = Diskin devir sayısı (rpm)

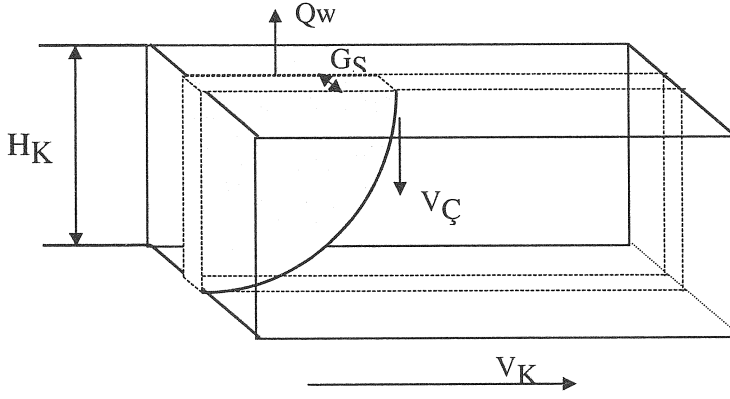
Kesme işlemi sırasında oluşan talaşların ortalama boyutları (h_m) ise bir yay boyunca değiştiği düşünülürse ve diskin kavrama açısı (ϕ_k) ise ;

$$h_m = \frac{360}{\pi \cdot \phi_k} \cdot \frac{H_k}{\Phi_D} \cdot S_z \quad (\text{mm}) \quad (7)$$

Eğer H_k / \emptyset_D oranı = 0,2 olursa;

$$h_m = S_z \cdot \sqrt{\frac{H_k}{\Phi_D}} \quad (8)$$

olarak alınabilir [3].



Şekil 5. Aynı yönlü kesme işleminin şematik gösterimi.

Ortalama talaş kesiti ise;

$$A_S = h_m \cdot G_S \quad (\text{mm}^2) \text{ 'dir} \quad (9)$$

Birim zamanda kesilen hacim yukarıdaki bilgiler yardımıyla şöyle hesaplanabilir [2];

$$Q'_w = A_S \cdot L_D \cdot n_{AKT} \cdot \frac{V_Ç}{G_S \cdot \pi \cdot \Phi_D} \quad (10)$$

Burada;

n_{AKT} = Kesmeye katılan aşındırıcı elmas tane sayısı (adet).

Birim zamanda koparılan eşdeğer talaş kalınlığı (h_{eq}) ise;

$$h_{eq} = A_S \cdot n_{AKT} \cdot \frac{L_D}{G_S \cdot \pi \cdot \Phi_D} \quad (\text{mm}) \quad (11)$$

olarak bulunur. Ayrıca, bu bağıntılardan yararlanılarak aşağıdaki bağıntılara da geçiş yapılabilir;

$$Q'_w = h_{eq} \cdot V_Ç \quad (12)$$

$$h_{eq} = \frac{V_K \cdot H_K}{V_Ç} = q \cdot H_K \quad (13)$$

$$q = V_K / V_Ç \quad (14)$$

$$F_T = SE \cdot G_S \cdot h_{eq} \quad (15)$$

Burada;

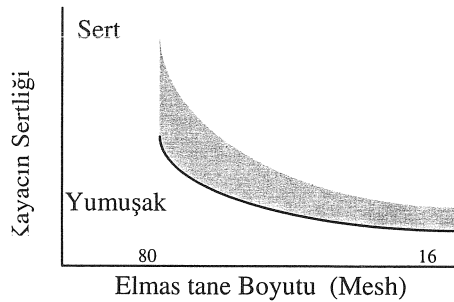
F_T = Kesme sırasında oluşan teğetsel kuvvet (N)'dir.

4. ELMAS SOKET ÖZELLİKLERİ VE SEÇİM PARAMETRELERİ

Mermer işletmelerinde soketlerde kullanılan elmasın ve matriks cinsinin soket ömrü ve testere verimi üzerindeki önemi göz ardı edilmektedir. Bu nedenle elmas soket üreticisi ve kullanıcısı arasında işbirliği sağlanmalıdır. Bu sayede günümüzde geliştirilen elmas soketler öncekilerden daha iyi sonuçlar vermektedir. Taş kesme endüstrisinde kullanılan soketlerde aşındırıcı olarak sentetik elmaslar tercih edilmektedir. Kullanım amacına yönelik kontrollü üretim şartları ile spesifik elmas tipleri üretimi mümkündür.

Elmas tanesinin boyutu, onun bağ yüzeyindeki çıkıntısını belirler ve kesme bölgesindeki talaşın temizlenmesini düzenler. Elmas tane boyutu ile kesicinin çevresel hızı ve kesme hızı arasındaki ilişki gözlenmiştir. Kesicinin çevresel hızı sabit kalırken kesme hızı artırıldığında, elmas boyutu da artmıştır. Çünkü, her bireysel tane her disk dönüşünde kayaktan daha büyük hacimde tane kopartacak, bunun sonucunda talaş seçimini optimize etmek için daha büyük temizliğe ihtiyaç duyulacaktır [1].

Bununla birlikte, elmas tane boyutu ile kesilen taşın cinsi arasında da bir ilişki bulunmaktadır. Genel olarak sert malzemelerin kesimi için testerelede göre daha küçük elmas boyutları kullanılmaktadır (Şekil 6). Çünkü tane başına düşen yük yumuşak malzemeler için (limra, traverten vb.) düşen yükten daha fazladır ve talaş için daha büyük boşluk gereklidir. Bunun aksi durumlarda, eğer büyük elmas boyutları sert malzemelerde (granit, bazalt, gabro vb.) kullanılırsa; elmasın batması sınırlanarak aşırı miktarda elmas tane çıkması veya elmas tanesi üzerinde büyük aşınma düzlükleri meydana gelmektedir.



Şekil 6. Kesilen kayacın sertliği ve elmas tane boyutu arasındaki ilişki [1].

Soket bileşiminin makine kesme parametreleri ile birbirine uyarlama stratejisi Çizelge 2'de görüldüğü gibidir [13]. Kesici üretiminde sağlıklı

sonucun alınması ve üretim ekonomikliliği için yeterli miktarda-kaliteli elmaslar ve uygun matriks malzemeleri kullanılmalıdır.

Tablo 2. Soket bileşiminin ve makine çalışma büyüklüklerini birbirine uyarlama stratejisi [13].

Belirti		* Tanımlanır elmas aşınımı yok * Matriksten kullanılmamış tanelerde düşme			* Tane yanlarında kuvvetli alan * Kesme kapasitesinde kayıp		
Arıza arama		Testere Yüksüz (Boşta)			Testere Aşırı Yüklü		
Çözüm		Ölçü	Etkileşim	Yara r / Zarar	Ölçü	Etkileşim	Yarar/ Zarar
Soket Bileşimi	Elmas Cinsi (dayanımı)	↓	Parçalanma	+ Fiyat ↓	↑	Aşınma Dayanımı ↑	- Fiyat ↑
	Tane Büyüklüğü	↑	As ↑ Parçalanma ↑ Talaş Atımı ↑	+ Qw' ↑ - Fiyat ↑	↓	As ↓	+ Fiyat ↓ - Qw' ↓
	Konsantrasyon	↓	As ↑	+ Fiyat ↓ - Qw' ↓	↑	As ↓	- Fiyat ↑ - Talaş atımı ↓
	Matriks Sertliği	↑	+ Aşınma Dayanımı ↑	+ Dayanım Süresi ↓ - Talaş atımı ↓	↓	Aşınma ↑ ⇒ Yeni elmaslar	- Dayanım Süresi ↓
Makine Parametreleri	İlerleme Hızı (V _K)	↑	As ↑	+ Qw' ↑ - Tane parçalanması ↑	↓	As ↓	- Qw' ↓
	Çevresel Hız (V _Ç)	↓	As ↑	- Talaş atımı ↓ - Qw' ↓	↑	As ↓	+ Isınım Aşırı Artışı ↑

Elmas konsantrasyonu (birim hacimdeki tane sayısı) dikkate alındığında verilen şartlar altında yüksek soket ömrü ancak yüksek konsantrasyonlarda beklenir. Eğer, dayanıklı elmaslar (Ör: SDA85+ veya SDA100+ gibi) seçilirse her elmas tanesini keskin bir şekilde tutmak için gerekli olan kuvvet de yüksek olacaktır. Eğer, yeterli güç yoksa elmaslar parlamış duruma gelecek, soket kesmeyecek ve bilenmesi gerekecektir. Bununla birlikte, mutlaka yüksek kesme hızları gerekiyorsa ve bunun için yüksek konsantrasyonlar kullanılıyorsa, serbest kesimi (elmas tanesi önündeki boşluğu) koruyabilmek için yüksek güç de gerekmektedir.

Elmas soketin optimum seçimi ve kullanımı birbirine bağlı birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlerin karmaşıklığından dolayı, bu diskleri kullanan

kişilerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için tüm sınıflarda elmas kesicilerin üretilmesi gerekmektedir. Tatmin edici sonuçların alınabilmesi için üretici ile kullanıcıların arasında sıkı bir diyalog olmalı, özel işleme ihtiyaçları, makinenin cinsi, kesme şekli ve basit işlem parametreleri belirtilmelidir [1].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elmaslı kesicilerle sağlıklı ve ekonomik üretim için kayaç-makine-kesici etkileşimleri iyi irdelenmelidir. Uygun çalışma koşulları belirlenmeli, kayaç için uygun özellikteki kesici kullanılmalıdır. Kesici ömrü; doğru seçim, yeterli makine gücü, soğutucu miktarı ve uygun çalışma koşullarında artar.

Kesicinin kayaca batması ve konumunu koruyabilmesi için kayacın normal kuvvetinin, kesicinin kayaç içerisinde ilerleyebilmesi için ise kayacın teğetsel kuvvetinin yenilmesi gerekir. Kesim için tüketilen potansiyel enerjinin bir kısmı talaş oluşumunda, büyük bir kısmı ise yeni yüzey oluşturmak için tüketilir. Kesici-kayaç arasında sürtünmeden dolayı oluşan ısının bir kısmı talaş oluşuma etki ederken, bir kısmı kesilen yüzeyde ve kesici üzerinde kalmakta, büyük bir kısmı ise soğutucu suya karışarak kesme ortamından atılmaktadır.

Uygun çalışma koşullarının belirlenmesinde talaş boyutu başlıca dikkate alınması gereken konulardandır. Zira oluşan/oluşacak talaş boyutu uygun matriks-elmas özelliklerini belirlemede temel etkidir. Uygun talaş boyutunu sağlamada makine çalışma koşullarının (kesme hızı, kesme derinliği, çevresel hız) eş zamanlı olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Bu ise blok kesme makinelerinin, tamamen endüstriyel bilgisayarlar aracılığıyla yönlendirilmesi sağlanarak gerçekleştirilebilir.

Sağlıklı kesme koşullarını belirlemede uygun laboratuvar imkanları oluşturulması için üniversite - sanayi işbirliğine mutlaka önem verilmeli, oluşturulan teknoparklar aracılığıyla bu yöndeki projeler desteklenmelidir.

Mermer kesme işleminde makine-kayaç-kesici arasındaki etkileşimler dikkate alınmadan veya uygun çalışma koşulları belirlenmeden istenilen sonuçların alınması da imkansızdır. Gerekli motor gücü temin edilmez, uygun kesici seçilmezse diğer tüm faktörler sağlanmış olsa dahi kesme veriminden söz edilemez.

Mermer kesme işleminin oldukça karmaşık olmasından dolayı, istenilen verimin alınabilmesi farklı disiplinlerdeki (makine, metalürji, maden,

bilgisayar mühendislikleri vb.) uzmanların bir arada çalışmaları doğru hedefe varabilmek için bir zorunluluktur.

Ayrıca, uygun kesici üretiminde hammadde açısından yabancı ülkelere olan bağımlılık nedeniyle, uygun kesici özelliklerinin belirlenmesinde harcanan para ve emekte dikkate alındığında, üretici ile kullanıcı arasında dürüst ve kuvvetli bir ilişki bulunmalıdır. Bunun yanı sıra uygun kesici belirleme işleminde doğrudan endüstriyel ölçekte kesici saptama deneyleri yapılması yerine, blok kesme makinesini simüle eden laboratuvar ölçekli deney setleri kullanılarak daha kısa zamanda daha ucuza, hassas ve güvenilir sonuçların alınması mantıklı ve isabetli olacaktır.

KAYNAKLAR

1. WRIGHT D. N., JENNINGS M., 2/1989, Guidelines for sawing stone Industrial Diamond Review, 70 -75, (1989).
2. TONSHOFF H. K., WOBKER, H.G., PRZYWARA, R., 3/1993, Das Arbeitsverhalten von Werkzeugen zum Trennschleifen von Gestein, 198-205 ff, Industrie Diamanten Rundschau, (1993).
3. AKKURT M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, 348, İstanbul, (1996).
4. ERTINGHAUSEN W., Zerspannung von Granit mit Diamant trennschleifscheiben, Dr.-Ing. Dissertation, Universität Hannover, (1985).
5. KARAGÖZ Ş., ZEREN M., The microstructural desing of the diamond cutting tools, 1.st International Powder Metallurgy Congress, Gazi Üniversitesi, 459, Ankara, (1996).
6. ERSOY A., ATICI Ü., Mermer Kesicilerinin Aşınma Mekanizmaları, 16. Türkiye Madencilik Kongresi, (1999)
7. ÜNVER B., Kayaların Testerelerle Kesilebilirliğinin Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin İstatistiksel Bir Yaklaşım, Madencilik Dergisi, V XXXI, 3; 17 -25, Ankara, (1992).
8. ÜNVER B., A Statistical Method for Practical Assessment of Sawability of Rocks, Eurock'96 ISRM International Symposium, 59-65, Torino, (1996).
9. BÜYÜKSAĞIŞ İ. S., Dairesel Testereli Blok Kesme Makinelerinde Mermerlerin Kesilebilirlik Analizleri, OGÜ, FBE., Maden Müh. ABD. Doktora Tezi, Eskişehir, (1998).
10. BIENERT P., Kreissägen von Beton mit Diamantwerkzeugen, Dr. - Ing. Dissertation, Universität Hannover, (1978).

11. PURTSCHELLER F.,HAUSBERGER P.,115/1991,Bearbeitungsverhalten von Naturstein beim Sägen mit Diamant, Schleifen und Trennen, Seite 4 - 11, Deutschland.
12. TONSHOFF H. K., MÜNZ U. V., AHLBORN D., PRZYWARA R., 1/1993, Schwingungs vorgänge beim Trennschleifen von Gestein, 15, Industrie Diamanten Rundschau.
13. WOBKER H. G., PRZYWARA R., Trennschleifen von Beton und Naturstein, Bauverfahrenstechnik, Februar, 9 - 13, (1994).
14. MALKİN S., Grinding Technology-Theory and Application of Machining with Abrasives Chichester, (1989).
15. CASSAPI V. B., Application of Rock Hardness and Abrasive Indexing to Rock Excavating Equipment Selection, Ph.D.Thesis, University of Nottigham, 362, U.K, (1987).