

KAYAÇ TANE BOYUTUNUN AŞINDIRICI SU JETİ (ASJ) KESME PERFORMANSINA ETKİSİ

Effect of the Rock Grain Size on the Cutting Performance of Abrasive Waterjet (AWJ)

Geliş (received) 12 Ocak (January) 2011; Kabul (accepted) 22 Şubat (February) 2011

İzzet KARAKURT (*)
Gökhan AYDIN (**)
Kerim AYDINER (***)

ÖZET

Aşındırıcı su jeti (ASJ), malzemelerin kesilmesi ve/veya işlenmesinde yaygınla kullanılan bir teknolojidir. Yöntemde, yüksek hız ve basınçtaki suyun malzeme yüzeyine püskürtülmesiyle kesme işlemi gerçekleştirilir. ASJ kesme performansının göstergelerinden olan kesme derinliği, kesilen malzemenin yüzey kalitesi ve yarık (kerf) açısı, işlem parametreleri (kesme hızı, aşındırıcı besleme miktarı, çalışma basıncı vb.) ve kesilen malzemenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada, kayaç tane boyutunun ASJ kesme performansına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla; mineralojik bileşimleri benzer olan farklı tane boyutuna sahip granit örnekleri ASJ ile kesilmiştir. Kesme sonrası her bir örneğin kesme derinliği, yüzey pürüzlülüğü ve kerf açısı ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, kayaç tane boyutunun küçülmesiyle yüksek kesme derinliklerinin elde edildiği görülmüştür. Ayrıca, ince taneli kayaçların kesme yüzeylerinin iri tanelilere nazaran daha fazla pürüzlü olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, iri taneli kayaçlarda büyük kerf açıları elde edilirken ince taneli kayaçlarda daha küçük kerf açıları elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Aşındırıcı Su Jeti, Granit, Tane Boyu, Kesme Performansı

ABSTRACT

Abrasive water jet (AWJ) is a technology commonly used in machining and/or processing of materials. In the technique, the cutting process is performed by high speed and pressured water penetrating to material. The cut depth, quality of cut and kerf angle which are indicators for AWJ cutting performance, are changed depending on the process parameters (e.g. traverse speed, abrasive flow rate, water pressure etc.) and the properties of material to be cut. In this study, effect of the rock grain size on the cutting performance of AWJ was experimentally investigated. In this respect, granite samples which are similar in mineralogical composition, but diverse in grain size were cut by AWJ. Following the cutting; the cut depth, the surface roughness and the kerf angle of each sample were measured. As a result of the study, it was seen that higher cut depths were obtained when the grain size of the rock decreased. In addition, it was determined that the cut surface of fine-grained rocks was rougher than the cut surface of coarse-grained rocks. On the other hand; bigger kerf angles were obtained in coarse-grained rocks, whereas small kerf angles were obtained in fine-grained rocks (granites).

Keywords: Abrasive Water Jet, Granite, Grain Size, Cutting Performance

(*) Araş. Gör. Karadeniz Teknik Üni., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON karakurt@ktu.edu.tr.

(**) Araş. Gör. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON

(***) Yard. Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON

1. GİRİŞ

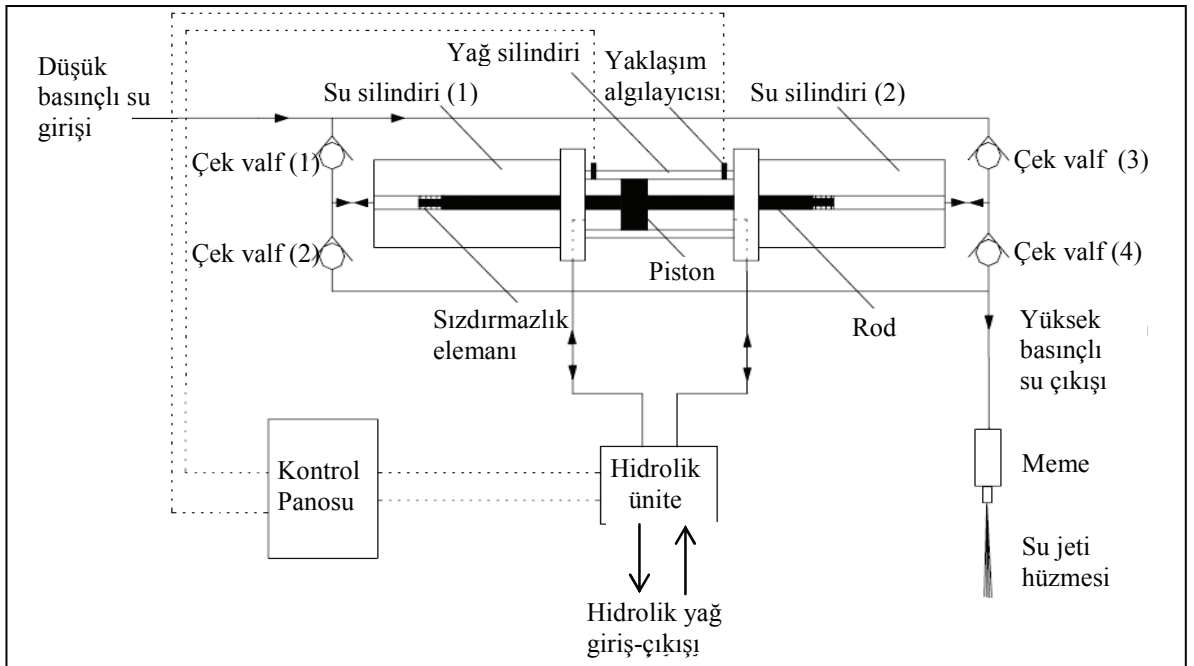
Son yıllarda, granitin yapıtaşı olarak kullanımı çevresel etkilere karşı dayanıklılığı, sertliği ve estetik görünümünden dolayı giderek artmaktadır. Granite olan bu ilgi, yeni kesme ve işleme teknolojilerine olan ihtiyacı da artırmaktadır. Çünkü, geleneksel dairesel testereler ile doğal taşların özellikle granitin kesilmesi ve işlenmesi yüksek aşınmalardan dolayı oldukça maliyetlidir. Bunun yanı sıra, geleneksel yöntemlerle çalışmanın yüksek gürültü gibi işçi sağlığı ve çevre üzerinde de olumsuz etkileri vardır (Carrino vd, 2001).

Malzemelerin kesilmesinde ve/veya işlenmesinde kullanılan yeni teknolojiler arasında, aşındırıcı su jeti kesme teknolojisi giderek kullanım alanını genişletmektedir. Doğal taşların özellikle granitin dekoratif amaçlı kesilmesi ve işlenmesinde kullanım alanı bulan su jeti teknolojisi, malzemeden erozyonla parçacık koparma esasına göre çalışmaktadır. Yüksek basınç ve hızdaki su, dar bir ağızdan (nozzle) geçirilerek malzeme yüzeyine püskürtülür. Malzemeye temas eden jet, malzemeden erozyonla parçacık kopararak kesme işlemini gerçekleştirir (Karakurt vd, 2010a). Yöntemde aşındırıcı partiküllerin kullanılması, kayaç gibi sert ve dayanıklı malzemelerin kesilmesini ve/

veya işlenmesini kolaylaştırır. Çeşitli uygulamalar için kullanılan tipik bir su jeti kesme sisteminin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Su jeti ile kesme uygulamalarında, kesme performansı birçok parametreye bağlıdır. Bu parametreler arasında işlem parametreleri olarak kesme hızı, aşındırıcı besleme miktarı, meme-örnek mesafesi, çalışma basıncı, aşındırıcı tane boyu sayılabilir. Ayrıca, kesilen malzemenin özellikleri de kesme performansını etkileyen önemli bir değişkendir (Çaydaş ve Hasçalık, 2008).

Literatürde su jeti işlem parametrelerinin ve kesilen malzemenin özelliklerinin kesme performansına etkisini araştıran çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. Vijay (1991)'in yürüttüğü bir deneysel çalışmada, su jeti ile kayaç delinebilirliği araştırılmıştır. Araştırmacı, kayaçların su jeti ile delinebilirliği için yüksek basınç ve hidrolik gücün gerekli olduğunu ifade etmiştir. Granitik kayaçlarla gerçekleştirilen bir çalışmada, bazı kayaç özelliklerinin aşındırıcı su jeti kesme performansına etkisi deneysel olarak incelenmiştir (Agus vd, 1993). Çalışmadan çıkan sonuçlar, homojen bir yapıya sahip kayaçalarda, porozitenin kesme mekanizmasını kontrol eden etkin bir özellik olduğunu göstermiştir.



Şekil 1. Su jeti kesme sistemi şematik görünümü (Geren ve Tunç, 2008'den değiştirilerek).

Homojen bir yapıya sahip kayalarda gözlenen bu duruma nazaran, heterojen yapıya sahip kayalarda ise mineral bileşiminin kesme performansını etkilediği sonucuna varılmıştır. Miranda ve arkadaşlarının (1993) gerçekleştirdiği bir çalışmada, kalkerli kayaların aşındırıcı su jeti ile kesilebilirliği araştırılmıştır. Kaya sertliğinin kesme geometrisinin oluşmasında etkin rol oynadığı bu çalışmanın en dikkat çekici sonucudur. Bazı kaya özelliklerinin yüksek basınçlı su jeti kesme performansına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, arazi ve laboratuarda çalışmalar yapılmıştır (Magyari vd, 1999). Araştırmacılar, elde ettikleri verileri, literatürde var olan teorilerle karşılaştırılmış ve uyumlu sonuçlar elde ettiklerini görmüşlerdir. Ayrıca, çalışmadan çıkan önemli bir sonuç, yüksek kesme derinliklerinin homojen dağılıma sahip kayalarda elde edildiğidir. Kayaç teknolojik özelliklerinin su jeti kesme performansına etkisini araştıran bir başka çalışmada, ticari olarak bilinen granit örnekleri kullanılmıştır (Lauand vd, 2001). Kesme sonrası granit örneklerinde elde edilen derinliğin ve yüzey kalitesinin değişimi incelenmiştir. Araştırmacılar, su jeti kesme performansının kayaç içerisinde yer alan farklı bileşimlerindeki mineral içeriklerinden etkilendiği ortayakoymuşlardır. Ekolarak, su jeti teknolojisinin kayaç kesilmesi/işlenmesinde kullanılabilecek bir teknoloji olduğu da ifade edilmiştir. Agus ve arkadaşları (1995) granit ve mermer örnekleri kullanarak aşındırıcı ve süspansiyonlu su jeti ile kesme deneyi yapmışlardır. Aşındırıcı tipi, sertliği, boyutu ve şeklinin kesmeye etkisinin araştırıldığı çalışmada önemli sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmacılar, garnet tipi aşındırıcı malzeme ile teknik olarak başarılı sonuçlar elde edildiğini buna karşın kuvars kumunun daha ekonomik olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kuvars kumunun daha düzgün yüzeylerin elde edilmesine yol açtığı da ifade edilmiştir. Ek olarak aşındırıcı sertliğinin granit kesilmesinde etkin bir rol oynarken, aşındırıcı partikülü şeklinin mermer kesilmesinde daha etkin olduğu, çalışmada varılan diğer bir önemli sonuçtur. Ayrıca, aşındırıcı veriminin süspansiyonlu jetlerde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bortolussi ve arkadaşları (1991) titreşimli meme kullanarak su jeti ile granit örneklerde delik delmek için jet gücünün optimizasyonunu yapmışlardır. Bazı işlem parametrelerinin test edildiği çalışmada, su jeti ile açılan deliklerin derinliği ölçülmüştür. Araştırmacılar, birden fazla meme kullanılması durumunda düşük özgül enerjinin jet gücünün memelere eşit dağıtılması ile elde edilebileceği

belirtmiştir. Kullanılacak memelerin çaplarının büyük olmasını da öneren araştırmacılar, aksi takdirde verimin düşeceğini ifade etmişlerdir. Vasek ve Foldyna (1991) su jeti teknolojisinin metro tünel inşaatında kaplama betonlarda delik delinmesi, kazı amacıyla yapılacak patlatmalar için kayaç formasyonlarında delik delinmesi gibi işlemlerde kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Arazi ve laboratuvar çapta yapılan çalışmalarda, araştırmacılar ayrıca, granit, kumtaşı, traverten ve mermer örnekler de kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, su jeti teknolojisinin tünellerde delik delme işlemlerinde kullanılabileceğini belirten araştırmacılar, granit, mermer, traverten gibi kayalarda da su jeti kesme performansının yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Son yıllarda yapılan bir çalışmada, aralarında granit ve mermerin de bulunduğu birden fazla malzemenin aşındırıcı su jeti ile kesme sonrası yüzey kaliteleri değerlendirilmiştir. (Hlavac vd, 2009). Kesme yüzeylerinde oluşan çizikler arasındaki eğimin ölçüldüğü çalışmada, bir de model geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, geliştirilen modelin deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Aydın ve arkadaşları (2010a) aşındırıcı su jeti ile kesmede granitin kesme derinliği üzerinde istatistiksel olarak etkin çalışma parametrelerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda kesme derinliği üzerinde istatistiksel olarak en etkin parametrenin kesme hızı olduğu belirlenmiştir. Bir başka çalışmada, aşındırıcı su jeti ile kesmede kesme açıklığının eğimi olarak ifade edilen kerf açısı incelenmiştir (Karakurt vd, 2010b). Granit örneklerin kullanıldığı çalışmada, aşındırıcı su jeti çalışma parametrelerinin granit kerf açısına etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar granit kerf açısı üzerinde kesme hızı, aşındırıcı boyutu ve meme-örnek mesafesinin etkin olduğunu ifade etmişlerdir. Aşındırıcı su jeti çalışma parametrelerinin granitin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştıran bir grup araştırmacı, kesme hızı ve aşındırıcı boyutunun yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkin rol oynadığını ortaya koymuşlardır (Aydın vd, 2010b).

Bu çalışmada, kayaç tane boyutunun aşındırıcı su jeti kesme performansına etkisi araştırılmıştır. Granit örneklerin kullanıldığı çalışmada, örnekler mineralojik bileşimleri benzer fakat tane boyutu farklı olarak seçilmiştir. Mineralojik benzerlikten kasıt, granit örneklerin içerdikleri minerallerin bulunma oranlarının birbirine yakın olmasıdır. Kesme performans göstergesi olarak örneklerin kesme derinliği, yüzey pürüzlülüğü ve kerf açısı temel alınmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

Deneysel çalışmalarda, 3 cm kalınlığında, 10 cm genişliğinde ve 20 cm uzunluğunda boyutlandırılmış dokuz farklı granit örneği kullanılmıştır. Örnekler Türkiye’de ticari olarak faaliyet gösteren bir firmadan temin edilmiştir. Temin edilen örnekler için bazı özellikler Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmalarda kullanılan aşındırıcı malzeme cinsi garnet olup kimyasal olarak % 36 FeO, % 33 SiO₂, % 20 Al₂O₃, % 4 MgO, % 3 TiO₂, % 2 CaO ve % 2 MnO₂’den oluşmaktadır.

Deneysel çalışmalar, İstanbul’da özel bir firmada gerçekleştirilmiştir. Deneylerin gerçekleştirildiği aşındırıcı su jeti kesme makinasına ait bir görünüm Şekil 2’de sunulmuştur. Araştırmada, kesme hızı, aşındırıcı besleme miktarı, meme-örnek mesafesi, çalışma basıncı ve aşındırıcı boyutu olmak üzere beş farklı parametre kontrol (işlem) faktörleri olarak seçilmiştir. Kontrol faktörleri, literatürde daha önce aşındırıcı su jeti ile kayaç ve/veya kayaç benzeri malzemelerle yapılan çalışmalar dikkate alınarak seçilmiştir. Çalışmanın kontrol faktörleri ve seviyeleri Çizelge 2’de verilmiştir. Diğer tüm parametreler deneyler

süresince sabit tutulmuştur. Her bir örnek Çizelge 2’deki deney koşullarında uzunlukları boyunca dört eşit şekilde kesme işlemine tabi tutulmuştur. Kesme işlemi sonrası her bir örnekten kesme performans göstergeleri için dörder adet ölçüm yapılmıştır. Bu dört değerin aritmetik ortalaması alınarak performans göstergesi olarak kullanılmıştır. Örnek yüzey pürüzlülükleri, kesme aşınma bölgelerinden (kesme yüzeyi üst kısmı, 10 cm uzunluğundaki bir hat üzerinden) iğne uçlu, yüzeye temas ilkesine göre çalışan SurfTest SJ-301 model profil ölçer ile ölçülmüştür. Ek olarak örnek kerf açıları ise Wang ve Guo (2003) tarafından önerilen aşağıdaki (1) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$q = \tan^{-1} \left(\frac{W_{üst} - W_{alt}}{H} \right) \quad (1)$$

Burada;






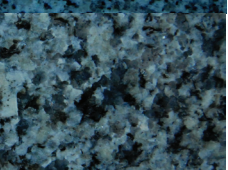
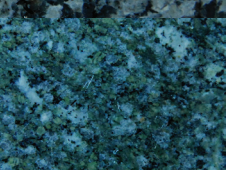


- $W_{üst}$ = Üst yarık genişliği
- W_{alt} = Alt yarık genişliği
- H = Kesme derinliği
- θ = Kerf açısı

olarak ifade edilmektedir.



Şekil 2. Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği deney düzeneğine ait görünüm.

Çizelge 1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Örneklere Ait Özellikler

	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	54
	Ticari adı	Rosa Minho	Kuvars	29
	Kaynak	İthal	Plajiyoklaz	10
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	13,16	Biyotit	5
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	57
	Ticari adı	Baltic Brown	Kuvars	21
	Kaynak	İthal	Plajiyoklaz	15
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	11,97	Biyotit	3
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	47
	Ticari adı	Carmen Red	Kuvars	37
	Kaynak	İthal	Plajiyoklaz	10
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	15,1	Biyotit	5
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	52
	Ticari adı	Giresun Vizon	Kuvars	14
	Kaynak	Yerli	Plajiyoklaz	24
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	7,97	Biyotit	4
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	26
	Ticari adı	Aksaray Yaylak	Kuvars	22
	Kaynak	Yerli	Plajiyoklaz	40
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	6,36	Biyotit	7
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	57
	Ticari adı	Azul Platino	Kuvars	25
	Kaynak	İthal	Plajiyoklaz	10
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	6,89	Biyotit	6
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	52
	Ticari adı	Balaban Green	Kuvars	23
	Kaynak	Yerli	Plajiyoklaz	13
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	2,88	Biyotit	8
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	51
	Ticari adı	Multicolor Red	Kuvars	36
	Kaynak	İthal	Plajiyoklaz	5
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	2,33	Biyotit	6
	Mineralojik bileşim (%)		A. feldspat	52
	Ticari adı	Bergama Grey	Kuvars	23
	Kaynak	Yerli	Plajiyoklaz	13
	Tane boyutu (Ort.) (mm)	2,80	Biyotit	8

Çizelge 2. Deney Faktörleri ve Seviyeleri

Faktör	Birim	Seviye
Kesme hızı	mm/dk	100
A. besleme miktarı	g/dk	150
Meme-örnek mesafesi	mm	2
Çalışma basıncı	MPa	200
Aşındırıcı boyutu	mesh	80
Meme çapı	mm	1,1

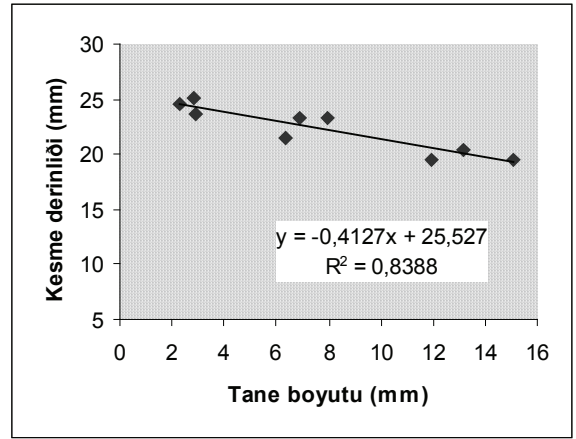
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Mevcut çalışmada, kayaç tane boyutunun ASJ kesme performansına etkisi, kesme sonrası granitlerin kesme derinliği, yüzey pürüzlülüğü ve kerfaçıları temelinde değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen toplu sonuçlar Çizelge 3'de verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, kesme derinliğinin iri taneden ince taneye doğru gittikçe arttığı söylenebilir. Bir başka deyişle, kayaç tane boyutu küçüldükçe elde edilen kesme derinlikleri artmıştır. Kayaç tane boyutu ile kesme derinliği arasındaki ilişki Şekil 3'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, kayaç tane boyutu ile kesme derinliği arasında oldukça anlamlı bir ilişkinin ($r^2=0,84$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Kayaçlara Ait Kesme Performans Göstergeleri (Deney Sonuçları)

Granit	Kesme derinliği (mm)	Kerf açısı (derece)	Yüzey pürüzlülüğü (μ m)
Rosa	20,45	11,80	5,84
Minho	19,52	12,87	5,78
Baltic	19,56	10,22	5,98
Brown	23,31	7,38	6,26
Carmen	21,43	8,21	6,40
Red	23,33	6,05	6,29
Giresun	23,75	6,24	6,26
Vizon	24,63	6,63	6,55
Aksaray	25,09	5,24	6,67
Yaylak			
Azul			
Platino			
Balaban			
Green			
Multicolor			
Red			
Bergama			
Grey			

Kayaç oluşturan minerallerin tane boyutunun küçük olması, kayacın çok sayıda mineral içerdiği anlamına gelir. Bu, aynı zamanda su jeti içerisindeki aşındırıcı parçacıklarının kesmesi ve/veya geçmesi gereken taneler arası sınırın da fazla olması demektir. Omar vd (2010) granit gibi taneli kayaçlarda kırılmanın ya da kesilmenin iki farklı şekilde meydana geldiğini ifade etmiştir. Bunlardan birincisi taneler arası kırılma ve/veya kesilme, ikincisi ise taneler boyunca kırılma ve/veya kesilme şeklindedir (Şekil 4). Ehlen (2002) ise taneli kayaçlarda kırılma ya da kesilmenin taneler arası kopmayla başladığı bunu takiben taneler boyunca kırılmaların/kesilmelerin meydana geldiğini ifade etmiştir. Çalışılan kayaçların kesme derinlikleri ile kayaç tane boyutu arasındaki ilişki yukarıdaki ifadeyi destekler niteliktedir.

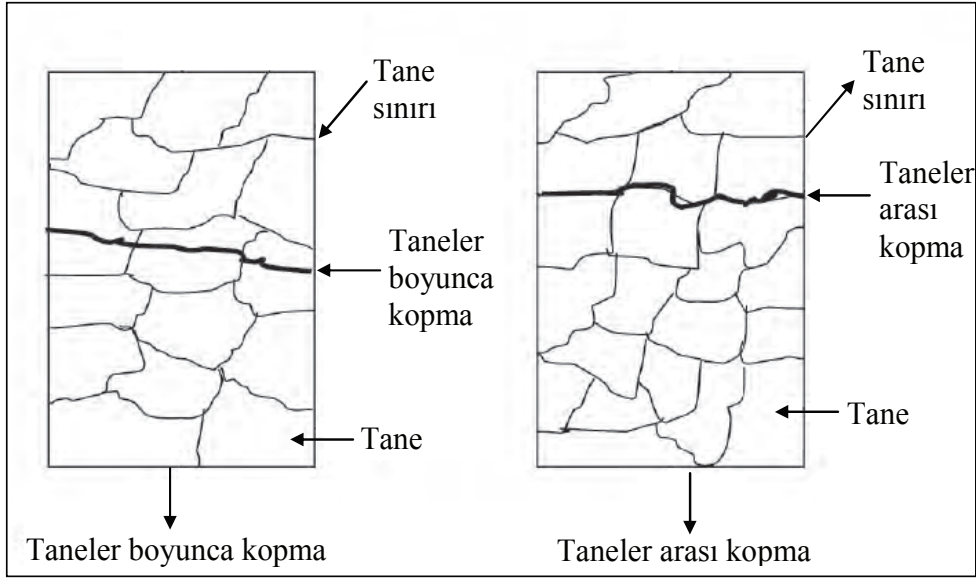


Şekil 3. Kayaç tane boyutu ile kesme derinliği arasındaki ilişki.

Ayrıca, iri taneli kayaçlarda ince taneli kayaçlara oranla belirli bir alanda daha az mineral bulunur (Şekil 5). Az sayıda mineral bulunması, aynı zamanda taneler arası sınırın da az olması anlamına gelir. İri taneli bir kayaçta kayacın kesilmesi anında jet-aşındırıcı karışımı, taneler arası sınırın az olması nedeniyle kayacın kesilmesi için taneler boyunca nüfuz etmek zorunda kalır. Taneler arası kopmanın daha kolay olacağı, buna karşın taneler boyunca kopmanın zor olacağı gerçeği göz önüne alındığında iri boyutlu kayaçlarda daha düşük kesme derinliklerinin elde edilmesi doğal bir sonuçtur. Örneklerin kesme derinlikleri incelendiğinde (Çizelge 3) bazı kayaçlarda elde edilen kesme derinliklerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durumun muhtemel sebepleri arasında, kesme hattı boyunca mineral tane gruplarının yerleşim

şekli sayılabilir. Şöyle ki; kesme hattına paralel yerleşim gösteren tanelerde az sayıda taneler arası sınır olacaktır. Buna bağlı olarak aşındırıcı katkılı su jeti sürekli taneler boyunca kesim yapmak zorunda kalacaktır. Taneler boyunca kesmenin taneler arası kesmeye göre yavaş gerçekleşeceği göz önüne alındığında bu tür sonuçların da ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır.

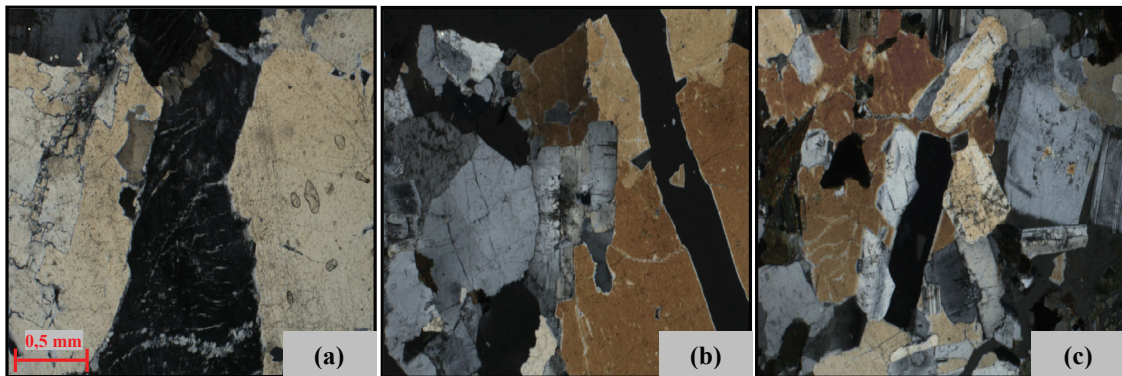
kesme aşınma bölgelerinden 10 cm'lik bir hat boyunca ölçülmüştür. Bu nedenle, ölçüm hattında elde edilen pürüzlülük değerleri hem tane ya da taneler boyunca elde edilen değerler hem de taneler arası sınırdan elde edilen değerleri içermektedir. Yüzeyle temas esasına göre çalışılan iğne uçlu prob ile düz yüzeylerde ölçüm alınırken daha az pik noktası tespit edilmiştir. Buna karşın girinti/çukuntulu yüzeylerde daha



Şekil 4. Taneli kayalarda kırılma/kesilme oluşumu (Omar vd, 2010),

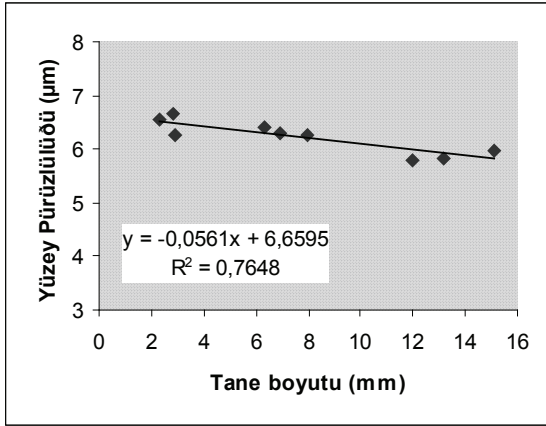
Örnek yüzey pürüzlülüklerinin kayaları oluşturan mineral tane boyutu ve diziliminden etkilendiği gözlenmiştir. Birbaşka deyişle, iri taneli kayalarda elde edilen pürüzlülük değerleri düşük ince taneli kayalarda elde edilen pürüzlülük değerleri ise yüksektir (Çizelge 3). Şekil 6 kayacın tane boyutu ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Örneklerin yüzey pürüzlülükleri,

fazla pik noktası olduğu görülmüştür. Pürüzlülük ölçer, ince taneli kayalarda ölçüm yaparken hat boyunca daha az sayıda mineral yüzeyinde ölçüm yapar. İri taneli kayalarda mineral yüzeyi artarken taneler arası sınır düşer. Bu nedenle, ince taneli kayalarda iri taneli kayalara oranla nispeten daha yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5. Çalışılan kayalara ait ince kesit görüntüleri a) iri boyutlu tanelerden oluşan kayacın, b) orta boyutlu tanelerden oluşan kayacın, c) ince boyutlu tanelerden oluşan kayacın.

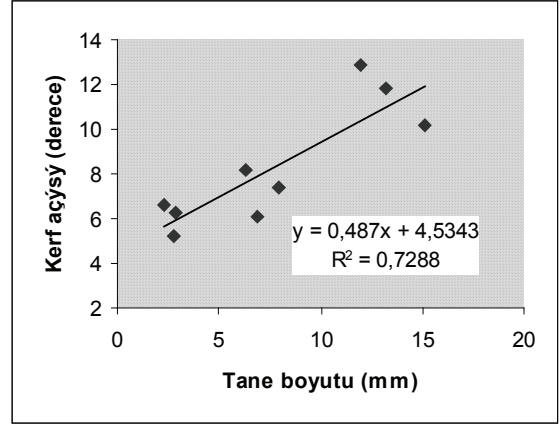
Aynı ve/veya farklı boyuttaki kayalarda (özellikle orta ve iri taneli kayalarda) birbirine yakın pürüzlülük değerlerinin elde edilmesi, ölçüm hattında yer alan tanelerin dizilim şekline bağlanılabilir. Yani ölçüm hattına paralel yerleşen tanelerin fazla sayıda olması, bu hat boyunca geçilecek tane sınır sayısının az olması anlamına gelir. Bu da, az sayıda pik noktasının elde edilmesine bağlı olarak düşük pürüzlülüklerin elde edilmesine yol açar. Aksi durumda, yani ölçüm hattı üzerinde uzun eksenleri ölçüm hattına dik yerleşmiş tanelerin fazla olması daha fazla sayıda tane sınırının geçilmesine sebep olur. Böylelikle fazla sayıda pik noktası ile karşılaşılacağından daha yüksek pürüzlülük değerleri elde edilir.



Şekil 6. Kayaç tane boyutu ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki.

Kayaçların kesme performans göstergeleri incelendiğinde, kayaç tane boyutunun artışı ile örnek kerf açılarının arttığı gözlenmiştir. Kayaç tane boyutunun kerf açıları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu Şekil 7'de de görülmektedir. İri boyutlu kayalarda alt ve üst yarık genişlikleri arasındaki farkın ince taneli kayalardakine oranla yüksek olduğu görülmüştür. İri boyutlu tanelerde taneler arası sınır sayısının az olması, jet-aşındırıcı karışımının tane ya da taneler boyunca kesme yapmasına neden olur. Kesme süresince bir veya birkaç taneye nüfuz eden su jeti, az sayıda taneyle temas edeceğinden düzensiz bir kesme yapabilir. Dolayısıyla alt ve üst yarık arasında yüksek farklar oluşabilir. Bağlı olarak yarık açıları kullanılan bağıntı (1) gereği yüksek hesaplanır. Oysa ince boyutlu kayalarda su-aşındırıcı karışımının birçok mineral ya da mineral grubunu geçmesi ve/veya nüfuz etmesi gerekir. Her bir mineralin verdiği tepkinin farklılığı

ve taneler arası sınırın fazla olduğu dikkate alındığında alt ve üst yarık genişlikleri arasındaki farkın oluşmasında tane boyut ve dizilimi daha çok rol oynayacaktır. Bir başka deyişle, tane sınırının fazla olması, aşındırıcı katkılı jetin düzenli kesme olasılığını artıracaktır. Böylelikle, alt ve üst yarıklar arasındaki fark düşecek ve ince boyutlu kayalarda düşük kerf açıları elde edilecektir.



Şekil 7. Kayaç tane boyutu ile kerf açısı arasındaki ilişki.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, aşındırıcı su jeti ile kesilen kayaların tane boyutlarının kesme performansına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, kayaç tane boyutunun küçülmesiyle kesme derinliği ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. Bir başka deyişle, ince taneli kayalarda iri tanelilere göre daha fazla kesme derinliği elde edilmesine rağmen bu kayaların kesme yüzeylerinin kötüleştiği görülmüştür. İnce taneli kayalarda taneler arası sınırların daha fazla olması bu durumun ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Şöyle ki; taneler arası sınırlardan kesilmenin/kopmanın kolay olması, yüksek kesme derinliklerinin oluşmasına yol açmıştır. Diğer taraftan, taneler arası sınırın fazla olmasıyla pürüzlülük ölçümlerinde çok sayıda pik noktası elde edilmiş, bu da ince taneli kayaların kesme yüzeylerinin daha pürüzlü olmasına sebep olmuştur. Çalışmanın diğer bir önemli sonucu ise, iri taneli kayalarda daha büyük kerf açıları elde edilmesidir. İri taneli kayalarda büyük kerf açılarının elde edilmesi, jet/aşındırıcı karışımının kesme hattı boyunca daha çok tane(ler) boyunca kesme yapmasının muhtemel bir sonucudur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenen 108M370 Kod No'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür eder.

5. KAYNAKLAR

Agus, M., Bortolussi, A., Ciccu, R., Kim, M.W., Vargiu, A., 1995; "Abrasive Performance in Rock Cutting with AWJ and ASJ", Proceedings of the 8th. American Waterjet Conference, Houston, Texas, U.S.A., 31-47.

Agus, M., Bortolussi, A., Ciccu, R., Kim, W.M. and Manca, P.P., 1993; "The Influence of Rock Properties on Waterjet Performance", Proceedings of 7th. American Water jet Conference, Seattle, Washington, U.S.A., 427-442.

Aydın, G., Karakurt, İ. and Aydın, K., 2010a; "Determination of Major Process Parameters Affecting the Cut Depths of Granite in Abrasive Waterjet Cutting", The 20th. International Conference on Water Jetting, Graz, Austria, 477-483.

Aydın, G., Karakurt, İ. and Aydın, K., 2010b; "Assessment of the Surface Quality of the Granite Cut by Abrasive Waterjet", Technology, **13(1)**, 41-49.

Bortolussi, A., Ciccu, R., Mo-Kim, W., Manca, P.P., Massacci, G., 1991; Jet Power Optimization in Granite Kerfing Using Oscillation Nozzles", Proceedings of the 6th. American Waterjet Conference, Houston, Texas, U.S.A., 71-85.

Carrino, L., Polini, W., Turchetta, S. and Monno, M., 2001; "AWJ to Machine Free Form Profiles in Natural Stone", Proceedings of the 11th. American Water jet Conference, Minneapolis-Minnesota, 309-327.

Çaydaş, U. and Hasçalık, A., 2008; "A study on Surface Roughness in Abrasive Waterjet Machining Process Using Artificial Neural Networks and Regression Analysis Method", Journal of Materials Processing Technology, **202**, 574-582.

Ehlen, J., 2002; "Some Effects of Weathering on Joints in Granitic Rocks", CATENA (Journal of Soil Science - Hydrology – Geomorphology), **49**, 91-109.

Geren, N. ve Tunç, T., 2008; "Su Jeti Kesme Sistemlerinde Kullanılan Basınç Arttırıcılarda Gerilme Analizleri ve Tasarım Sınırları" 13. Uluslararası Makine Tasarımı ve İmalatı Kongresi (UMTİK), İstanbul-Türkiye, 609-618.

Hlavac, L.M., Hlavacova, I.M., Gembalova, L., Kalicinsky, J., Fabian, S., Mestaneck, J., Kmec, J., and Madr, V., 2009; "Experimental Method for the Investigation of the Abrasive Water Jet Cutting Quality", Journal of Materials Processing Technology, **209**, 6190-6195.

Karakurt, İ., Aydın, G. and Aydın, K., 2010a; "Optimization of Process Parameters for Surface Roughness of the Granite in Abrasive Waterjet Cutting", Proceedings of 10th. International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2010), Vol. 1, Varna, Bulgaria, 499-506.

Karakurt, İ., Aydın, G. and Aydın, K., 2010b; "An Investigation on Kerf Characteristics in Abrasive Waterjet Machining of Granite", The 20th. International Conference on Water Jetting, Graz, Austria, 469-475.

Lauand, T.C., Martin, R.G., Hennies, T.W., 2001; "Performance of Waterjet Cutting System in Dimension Stone", Proceedings of the 11th. American Waterjet Conference, Minneapolis, Minnesota, U.S.A., 447-468.

Magyari, A., Ilias, N., Radu, S., Magyari, A.A., 1999; "The Influence of Rocks Parameters During The Cutting Process Using High Pressure Water Jets", Proceedings of the 10th. American Waterjet Conference, Houston, Texas, U.S.A., 479-484.

Miranda, M.R., Lousa, P., Miranda, M.J.A., and Kim, T., 1993; "Abrasive Waterjet Cutting of Portuguese Marbles", Proceedings of 7th. American Water jet Conference, Seattle, Washington, U.S.A., 443-457.

Omar, H., Pauzi, M.I.N., Shariah, A.M., and Mail, S., 2010; "Micro cracks Pattern and the Degree of Weathering in Granite", available at <http://>

www.ejge.com/2009/Ppr0955/Ppr0955.pdf.

Vijay, M.M., 1991; "Comparison of the Performance of High-speed Abrasive-entrained, Cavitating and Plain Waterjets for Selective Mining Applications", Proceedings of the 6th. American Waterjet Conference, Louis, Missouri, U.S.A., 195-212.

Wang, J. and Guo, D.M., 2003; "The Cutting Performance in Multipass Abrasive Waterjet Machining of Industrial Ceramics", Journal of Materials Processing Technology, **133**, 371-377.