

Mermer Ocak İşletmeciliğinde Kullanılan Elmas Tel Boncuklarının Aşınma Dinamiği Üzerine Bir İnceleme

L.Gündüz & S.Demirdağ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta

ÖZET : Mermer blok işletmeciliğinde elmas tel kullanımı yaygın bir uygulamadır. Farklı karakteristik yapılarıdaki elmas boncuklar, elmas tel kesiminin bel kemiğini oluşturmaktadır. Bu bildiride sinterize elmas boncukların aşınma dinamiği üzerine, saha ve teknik incelemelere dayalı olarak yapılmış bir araştırmanın bulguları bu makalede sunulmaktadır. Burdur bej mermerine ait ocak kesim analizleri irdelenmiş olup, farklı tip sinterize elmas boncukların aşınma dinamiği detaylandırılmıştır.

ABSTRACT : The usage of diamond wires is widely applied in marble block quarry mining. The diamond beads in different characteristic structures are the basis of diamond wire sawing applications. In this paper, the research findings of an analysis for determining the abrasion dynamics of sintered beads based on the technical and field investigations were presented. The cutting analyses of Burdur Beige Marble type were evaluated and the systematical abrasion dynamics for different types of sintered beads were detailed.

1 GİRİŞ

Mermer ocaklarının işletilmesi ihtisas isteyen bir madencilik uygulamasıdır. Dünyada blok mermer işletmeciliği için yeni usuller ve yeni makineler geliştirilmekte olup, mermer cinsine göre blok kazanılmaktadır. Buna paralel olarak, geçmişten günümüze insan gücünün yerini artık makine ve pratik usuller almakta ve pahalı olan ağır işçilik yerine, bilimsel ve teknolojik sistemler getirilmektedir.

Mermer ocak işletmeciliğinde günümüzde en yaygın olarak kullanılan üretim şekli, elmas tel ile kesim yöntemidir. Kesilecek kayaç özelliklerine bağlı olarak farklı tip ve tür elmas tel uygulamaları gözlenebilmektedir. Elmas tel kesim işleminde, bloğu ana kayacı koparan ünite, tel halat üzerindeki elmas boncuklardır. Bu boncuklar üretim şekline göre iki tip olup, sinterize ve elektrolitik kökenli, her birinin kullanım özellikleri birbirinden farklılıklar arz etmektedir. Kesim işlemi sürecinde, kayacın tekno-mekanik özelliğine göre her bir elmas boncuğun bir kullanım ömrü bulunmaktadır. Bu kullanım ömrü, kesilecek kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkili bir olgudur. Ancak, elmas boncuk kullanımı ve ömrü üzerinde, kayaç özellikleri arasındaki ilişkisel yaklaşımlar, henüz yeterince açıklığa kavuşturulmamış bir durumdur. Bu amaçla, elmas

tel kesmede, kayaç bloğunun oluşum, bulunuş ve struktur yapısına göre elmas boncukların gerek kesim performansı ve gerekse kullanım ömrü süreci detay bir inceleme konusu olmaktadır.

Farklı özelliklere sahip olan mermer bloklarının sahada elmas tel kesme ile kesim performans kriterlerinin belirlenmesi ve boncuk ömürlerinin araştırılması üzerine, SDÜ Mermer Teknolojisi Ar-Ge grubunca, saha analizleri ve uygulamalarına dayalı detay bir araştırma yapılmış olup, kaya mekaniği prensipleri çerçevesinde elmas tel kesim ilişkileri algoritmik olarak tanımlanmıştır. Elmas tel kesmede boncuk ömrü; kesim sürecinde boncuk-kayaç arasında sürtünme ile oluşan yüzeysel aşınma olgusu olarak belirlenmiş olup, kayaç özellikleri (basınç dayanımı, gözeneklilik derecesi, birim ağırlık değeri ve elastisite özellikleri vb.) ile boncuk matris yapısının aşınarak deformasyona uğraması, matematiksel olarak formülize edilmiş olup, nümerik ifadelerle bir dinamik analiz modeli geliştirilmiştir. Bu makalede, elmas tel kesme ve boncuk aşınma dinamiği üzerine Burdur bölgesi bej mermer ocaklarında yapılan saha analizleri ve deneysel bulgular sunulmakta olup, geliştirilen aşınma olgusu modelleri ve istatistiksel eşitlikler irdelenmektedir.

2 ELMAS TEL VE KULLANIMI

Elmas tel, ocaklarda ve fabrikalarda mevcut teknoloji ile en düşük maliyet ve en yüksek performansı sağlayan kullanışlı bir ekipmandır. Elmas teller, yapılan itibarı ile genel olarak üç ana gruba ayrılmaktadır (Aktürk 1991):

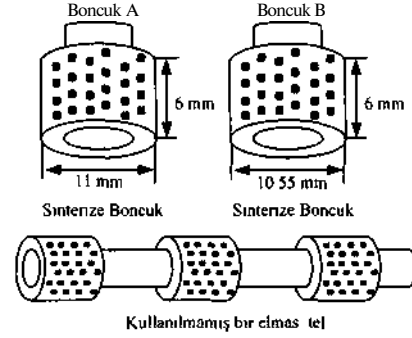
1. Elektroplate elmas boncuklar,
2. Sinterize elmas boncuklar, ve
3. Kimyasal yapıştırılmalı elmas boncuklar.

Elmas boncuk çapları, kullanım amaçlarına ve üretim teknolojisine göre farklı çap değerlerinde olabilmektedir. Ocakta blok kesme işleminde kullanılan boncuk çapları, süs işçiliğinde kullanılan boncuk çaplarından daha büyük boyutlarda olmaktadır. Genel olarak; elmas boncuk dış yüzey çapları, 8 mm, 8.8 mm, 10 mm, 10.2 mm, 10.5 mm ve 11 mm değerlerinde olabilmektedir. Yüzük çapları, 7 mm, 8 mm, 8.5 mm olarak değişmektedir. Yüzük iç çapları ise, 4.2 mm ve 5.1 mm olarak değişim gösterebilmektedir. Tel yapısında kullanılan çelik halat çapları ise, 4.0 mm, 4.8 mm ve 4.9 mm olabilmektedir (Anon 1989). Elmas boncuğun matris yapısının hacmi hesaplandığında, en yüksek oranın 11.0 mm çapındaki elmas boncuklarda elde edildiği görülmektedir. Bu oran, boncuk çapı küçüldükçe düşmektedir. Diğer bir deyişle, aynı özelliklere sahip matris yapıları olduğu varsayıldığında, en fazla matris yapı, 11.0 mm dış çaplı elmas boncukta mevcut olup, çaplar düştükçe kullanılan matris yapının miktarının da düştüğü görülmektedir (Aktürk 1991). Aynı özelliklere sahip bir matris yapının kullanıldığı iki farklı çaptaki elmas boncuğun performansı kıyaslandığında ise, doğal olarak çapı büyük olan elmas boncukta, daha yüksek bir performans elde edilmektedir (Anon 2000).

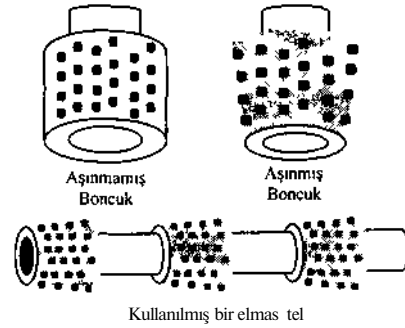
3 SİNERİZE ELMAS TEL BONCUKLARIN AŞINMA DİNAMİĞİ ÜZERİNE BİR ANALİZ

Birçok mermer ocak işletmesinde, sinterize elmas boncukların uygulama prensipleri üzerine yapılan incelemelerde, boncukların çelik halat üzerine farklı konum ve sayıda dizildikleri ve ana kütleden mermer bloklarının kesiminde veya ana kütleden ayrılmış blokların daha küçük ebatlarda bloklar haline kesilmesi işlemlerinde kullanıldıkları görülmektedir. Ana kütleden mermer bloğunun kesilmesi işlemi için genelde, *ocak kesimi* deyimi kullanılırken, blokların daha küçük boyutlara indirgenmesi işlemi için ise *sayalama kesimi* veya *monotel kesimi* deyimleri kullanılmaktadır. Ocaklarda kullanılan sinterize boncuklar, genelde iki farklı çap değerine sahiptir. Bunlar, ilk dış yüzey çapları 11 mm ile 10.55 mm olan elmas boncuklardır

(Şekil 1). Ancak bu özellikteki boncuklar, ocak kesiminde kullanıldıklarında, belirli bir kesim işlemi sonrasında aşınmaya uğramaktadır. Boncuğun ilk defa kullanımı ve kesim başlangıcında, silindirik şekle sahip boncuk formları, elmas telin koşulluğu yönde giderek konik bir şekle dönüşmektedir (Şekil 2).



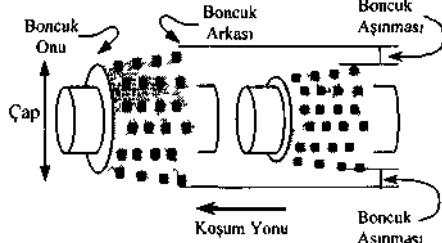
Şekil 1. Sinterize elmas boncuk formlarının genel görünümü.



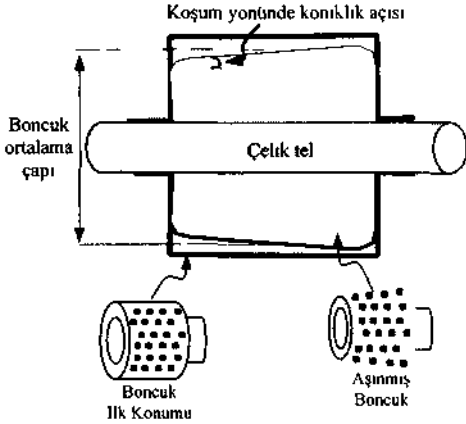
Şekil 2 Sinterize elmas boncukların aşınma geometrisi.

Boncuklarda bu aşınma oluşuncaya kadar, ocak kesiminde kesim miktarları ölçülebilmektedir. Ancak, kesim zamanı ve kesim miktarı arttıkça, boncuklardaki aşınma oranında aynı miktarda bir artış gözlenmekte ve boncuk dış yüzey çap değerleri giderek azalmaktadır. Boncuk dış çapındaki azalma, belirli bir değerin üzerine ulaştığında, bu boncuklar veya boncuk dizilimli tel, ocak kesimi üretiminden alınarak, ya sayalama makinalarına aktarılmakta ya da monotel uygulamalarında kullanılmak üzere, elmas tel stokuna alınmaktadır. Sayalama veya monotel uygulamalarında kullanılan elmas boncuk çapları, nihai olarak 9.6 mm veya 9.5 mm civarlarına indirgendiğinde, bu boncuklar ömrünü tamamlamış olarak kesim uygulamalarından tamamen alınır. Bu rakamsal değerler, günümüzde işletmelerde pratik olarak gözlenen ve uygulanan değerler olarak kabul edilmektedir. Boncuklarda aşınma sonrasında oluşan geometrik form, telin uygulanma şekline ve kesilen kayacın özelliklerine bağımlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu bakımdan, boncuk

aşınmaları üzerine teknik bir analiz yapılırken, boncukların dış çaplarında, koşum yönüne göre on ve arka taraflarındaki dış çap değerleri elektronik dijital bir kumpas ile ölçülmelidir. Şekil 3 de görüldüğü gibi, aşınmış boncukların on ve arka dış yüzey çap değişimleri, birbirinden farklı koniklik geometrileri oluşturmakta ve koniklik tanımlaması için kullanılacak değişkenler, Şekil 4 de sembolize edilmiştir.



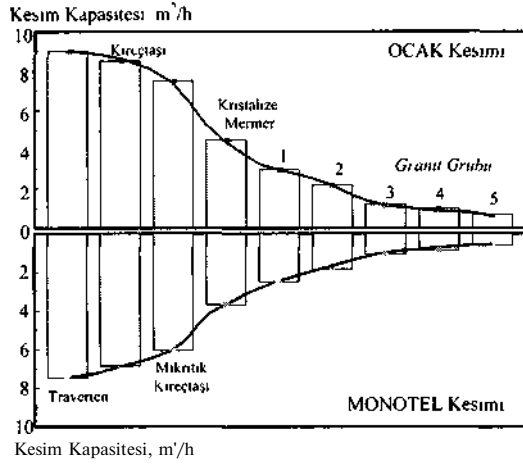
Şekil 3 Aşınmış bir sintezye elmas boncuğunun görünümü



Şekil 4 Sintezye bir elmas boncuktaki aşınmanın tanımlaması

Sintezye elmas boncuklar her tür mermer blok kesiminde kullanılabilir. Ancak, boncukların mermer türlerinde elde edilen kesim kapasite değerleri aynı olmayıp, mermerin karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu bakımdan, yapılan Ar-Ge incelemelerinde, mermer oluşumları 9 ayrı kategorik sınıflama altında irdelenebilmektedir. Bu kategorilerdeki, ocak kesim ve sayalama kesim kapasite değerleri Şekil 5 de verilmiştir.

Şekil 5 irdelendiğinde görüleceği gibi, kayacın yapısal özelliği iyileştikçe, diğer bir deyişle kayacın dayanımı arttıkça, ocak kesimi ve/veya monotel kesimi uygulamalarında, kesim kapasiteleri, birim kesim zaman aralığında düşmektedir. Uygulamalarda kullanılan çevresel hız değerine de bağlı olarak, ocak kesimlerinde elde edilen birim kapasite değerlerinin, monotel kesimlerinde elde edilen değerlerden, daha yüksek değerlerde olduğu



Kesim Kapasitesi, m³/h

Şekil 5 Sintezye elmas boncukların kayacın türüne göre kesim kapasite değerlerindeki değişim

görülmektedir. Diğer taraftan, farklı mermer türlerinin kesiminde kullanılan sintezye elmas boncukların kullanım ömrü, genelde, 1 metre uzunluğundaki tel ile kesilebilecek yüzey (m²/m) şeklinde ifade edilmektedir. Diğer bir gözlem ise, monotel uygulamalarında, sintezye elmas boncukların kullanım ömrünün, ocak kesimi uygulamalarından daha yüksek olduğudur. Bu da, monotel uygulamalarında, benzer elmas boncuklar ile daha fazla kesim yapılabileceği anlamına gelmektedir.

Yukarıda sunulan bu genel tanımlamalar ışığında, sintezye elmas boncuklardaki aşınma olgusu ve buna bağlı olarak elde edilen mermer kesim kapasiteleri, her bir mermer ocak işletmesinde aynı değerlerde değildir. Yapılan gözlem ve incelemelerde, boncukun yapısına, uygulamadaki kullanımına ve kesilen kayacın yapısına göre, boncuk aşınması ve buna karşılık gelen kesim kapasite değerlerinin çok farklılık olduğu görülmektedir. Bu bakımdan, elmas telin uygulandığı ocak işletmelerinde, sintezye elmas boncukların mermer kesme karakteristiğinin, aşınma olgusunun ve bu kesimden elde edilen performans değerlerinin her bir ocak için belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, yapılan gözlemler sonucunda, birçok işletmede, boncuk aşınmaları ve buna etken parametre değerlerine ilişkin pek fazla bir veriye rastlanılmamıştır. Buda, sektörde yeterli sayıda teknik elemanın, ocak işletmelerinde üretimden sorumlu bir mühendisin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, işletmelerde, genellikle karşılaşılan bir diğer problem ise, sintezye elmas boncukların hangi dış yüzey çap değerlerine ulaştıklarında, ocak kesimi uygulamasından alınarak, sayalama veya monotel uygulamalarına transfer edilmesi gerektiğinin belirlenmemiş

olmasıdır. Bu bakımdan, sinterize elmas boncuk performanslarının tanımlanması, boncuk aşınma ölçütlerinin çıkartılması ve boncuk kullanımı için ocak-sayalama kesimi sınırının belirlenmesine yönelik, SDÜ Mermer Teknolojisi ArGe grubunca, farklı mermer ocak işletmelerinde bir dizi gözlemsel ve teknik analizler yapılmıştır. Bu çalışma ile, ocak işletmelerinde görev alan veya alacak olan teknik elemanlara bir ışık tutmak amaçlanmıştır. Bu çalışmada, Burdur ili civarındaki bej mermer ocaktan, pilot araştırma bölgesi olarak seçilmiş olup, teknik incelemeler bu bölgede yoğunlaştırılmıştır. Burada, yapılan inceleme çalışmalarından Burdur Bej mermerine ait farklı mermer ocaklarında, farklı firma ürünü sinterize elmas boncukların kullanıldığı elmas tel kesimlerine ait saha verileri, üretim süreci boyunca zamana bağımlı olarak kaydedilmiştir. Alınan veriler genelde, kullanılan boncuk türü, birim kesim miktarı (m² olarak) ve boncuk dış yüzey çaplarındaki azalma oranıdır. Araştırmada, dış yüzey çapları 11 mm ve 10.55 mm olan, iki ayrı sinterize elmas boncuğun aşınma olgusu incelenmiş olup, 11 mm çapa sahip boncuklar *Boncuk A*, 10.55 mm çapa sahip boncuklar da, *Boncuk B* olarak işaretlenmiştir. Kesime bağımlı olarak, elmas tel koşum yönünde, belli bir dizilime sahip boncuklarda meydana gelen aşınma, elektronik kumpas ile ölçülmüş, kesitteki aşınma miktarları - oran değerleri ve ayrıca, kesilen kayacın mühendislik özellikleri ile kesim ortamının sayısal değerleri, detay olarak rapor edilmiştir. Saha verilerinden, zamana bağımlı düzenli veri kümeleri oluşturulmuş olup, ileri mühendislik istatistiği ve matematik modelleme yöntemleri kullanılarak, bir dizi analiz algoritmaları geliştirilmeye çalışılmıştır. Aşağıdaki paragraflarda, yapılan teknik analiz modelleri ve bulgular tartışılmıştır. Burdur bej mermer ocaklarında, sinterize elmas boncukların aşınma değerleri ve kesim kapasiteleri, özet olarak Şekil 6'da verilmiştir.

Çap (mm)	Kesim (m ²)	Çap (mm)	Kesim (m ²)
11 00	0	10 55	0
10 94	287	10 51	180
10 77	721	10 42	500
10 49	763	10 24	860
10 38	500	10 08	920
10 11	620	9 94	425
9 84	432	9 83	485
9 70	480	9 73	170
9 63	350	9 61	220

Şekil 6 Burdur Bej mermerinde sinterize elmas boncukların kesim ve aşınma verileri.

Tel üzerindeki elmas boncukların, kesim sürecinde aşınması sonucu, konik bir geometrik yapıya dönüşmesi sebebiyle, aşınma değerleri, her bir boncuk için minimum ve maksimum okuma değerleri olarak analiz edilmiştir. Bu iki ayrı okuma değerlerine göre, aşınma olgusunun tanımı ve buna bağımlı, kayacın kesim kapasite değeri maksimum ve minimum değerler olarak hesaplanmıştır. Kesim sürecinde, boncuk dış yüzey çap değişimlerinde elde edilen kesim kapasite değerleri grafiksel olarak analiz edilmiştir (Şekil 7).

Şekil 7 irdelendiğinde görüleceği gibi, boncuklardaki aşınma arttıkça, ocaktaki kesim kapasite değeri de artmaktadır. Buradan en uygun kapasite değeri, boncuk ömrü ve bu ömre karşılık gelen aşınma değerine göre belirlenebilmektedir. Bu ilişki, istatistiksel olarak değerlendirilmiş olup, Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 ile tanımlanmıştır.

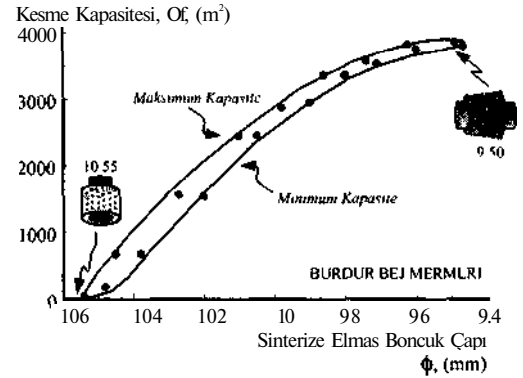
$$Q_{f(max)} = 44754 - 4239 * \phi \quad (R^2 = 0.99) \quad (1)$$

$$Q_{f(max)} = 44620 - 4204 * \phi \quad (R^2 = 0.99) \quad (2)$$

Burada;

Q_f : Ocak kesimi fiili kapasitesi, m²,

ϕ : Elmas boncuk çapı, mm.



Şekil 7. Burdur bej mermerinde tel kesme kapasitesinin boncuk çapına bağlı değişimi

Boncuklardaki her bir birim zaman kesimi sonrası koniklik oluşumlarına bağlı aşınma, uygulamada kesim kapasite değerinin optimizasyonunun daha kolay hesaplanabilmesi amacı ile, % boncuk aşınma değerleri olarak tanımlanarak, ocakta elde edilen birim kesim kapasite değerleri arasındaki değişim ayrıca incelenmiştir. Şekil 8 irdelendiğinde görüleceği gibi, boncuklardaki aşınma oranı arttıkça, ocaktaki kesim kapasite değeri de artmaktadır. Buradan, sınır boncuk aşınma değeri belirlenerek, bu aşınma değerine karşılık gelen ocak kesim kapasite değeri belirlenebilmektedir. Bu ilişki,

istatistiksel olarak değerlendirilmiş olup, Eşitlik 3 ve Eşitlik 4'de tanımlanmıştır.

$$Q_{f(mm)} = 712.38 * \Delta\phi^{0.805} \quad (R^2 = 0.99) \quad (3)$$

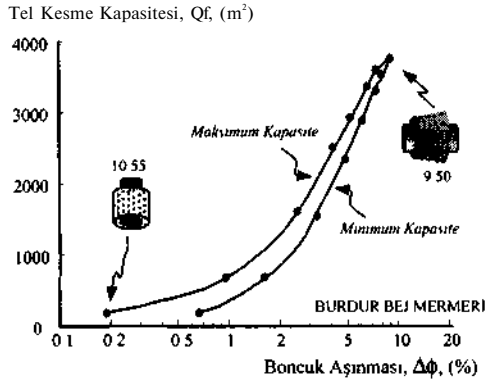
$$Q_{f(mm)} = 346.15 * \Delta\phi^{1.160} \quad (R^2 = 0.99) \quad (4)$$

Burada;

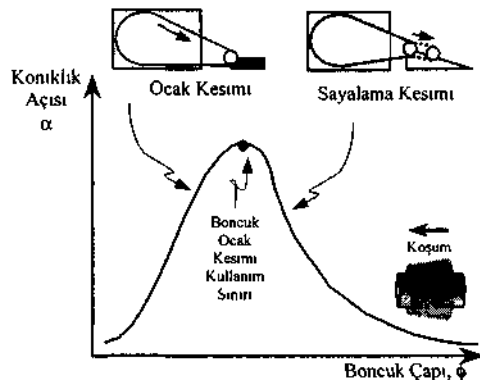
Q_f : Ocak kesimi fiili kapasite değeri, m^2 ,

$\Delta\phi$: Elmas boncuk aşınma oranı, %.

Yukarıda da ifade edildiği gibi, incelemede ele alınan diğer bir araştırma ise, ocak kesimi yapılan mermerde, sinterize elmas boncukların hangi aşınma ve/veya çap değerinden sonra, sayalama kesimine alınacağı hususunun incelenmesidir. Bu incelemede, iki tip sinterize elmas boncuğa ait ocak kesim değerlerinden, boncuk performansı dikkate alınarak, sayalama için kullanım sınırının tespiti yapılabilmektedir. Boncuklardaki aşınma sonrası dış çaplarındaki değişim eğilimi, her bir aşınma adımında, boncuk geometrisinde oluşan koniklik açısı değerleri bağlamında, eğrisel bir inceleme ile yapılabilmektedir. Bu inceleme eğrisinin genel normu Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 8. Burdur bej mermerinde tel kesme kapasite değişim.

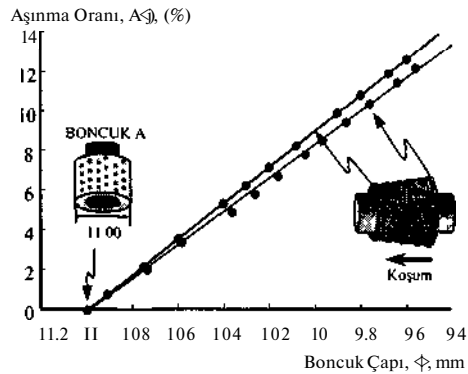


Şekil 9 Elmas boncuk çapı - koniklik açısı sembolik ilişkisi

Şekil 9 irdelendiğinde, boncuk aşınmasında, boncuk dış çap değişimine bağlı olarak, oluşan koniklik açısı değerinin aynı eğilimde değişmediği görülmektedir. Boncuk geometrisinde oluşan koniklik, belirli bir aşınma değerine kadar artan bir değerde gitmekte ve daha sonra da koniklik giderek yerini düz bir geometriye bırakmaktadır. Buradaki eğrisel değişim, bir parabol formunda olup, parabolün dönüm noktası veya eğrinin tepe noktasına karşılık gelen çap değeri, bu boncuk için ocak kesimi ile sayalama kesimi arasındaki limit boncuk dış çap değeri olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir değişle, parabolün dönüm noktasından sonraki kısmı, sayalamada kullanılacak değerleri sembolize etmektedir. Tanımlanan bu yaklaşıma göre, her iki tür sinterize elmas boncuk için Burdur bej mermer kesimlerinde elde edilen parametrik bulgular irdelenmiştir. Bu irdelenmede, aşağıda verilen analiz çalışmaları uygulanmıştır:

1. Boncuk çapı ve aşınma oranı analizi,
2. Boncuk çapı ve koniklik açısı analizi,
3. Koniklik açısı ve dış kalınlık değişim analizi,
4. Koniklik açısına göre boncuk performans analizi ve sayalama limitinin belirlenmesi.

Dış yüzey çapı 11 mm olan boncuk tipi için, Burdur bej mermeri kesiminden elde edilen, boncuk çapı ile boncuklardaki aşınma oranlarının değişim ilişkisi Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10 irdelendiğinde, koşum yönüne göre boncuk ön ve arka tarafındaki çap değişimleri arttıkça, aşınma oranının da arttığı görülmektedir. Buradan her bir çap değişimi için koniklik açısı değerleri belirlenerek, boncuk dış çap değişimlerinde oluşan koniklik durumlarına göre grafiksel analiz yapılır.

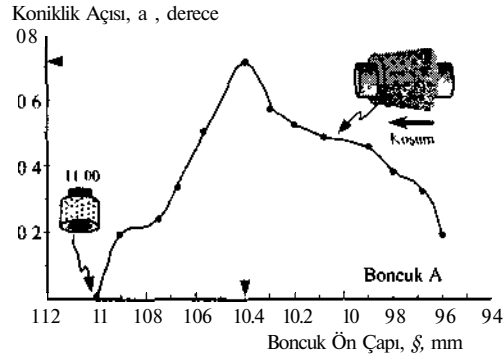


Şekil 10. Elmas boncuk çapı - aşınma oranı ilişkisi (Boncuk A)

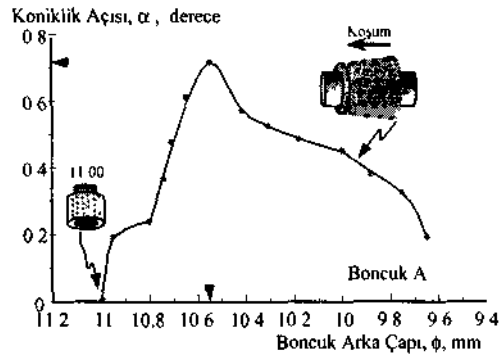
Koniklik açısı değişim karakteristiği, yukarıda da değinildiği gibi, sinterize boncuğun ocak kesimi-sayalama kesimi arasındaki geçiş optimizasyonunu sağlayan bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu olgu kapsamında, Burdur bej mermerinin 11mm'lik sinterize elmas boncuklarla dizili bir elmas tel ile

ocak kesim değerlerine ait karakteristik ilişki Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmiştir.

Şekil 11 ve Şekil 12'den de görüldüğü gibi, sinterize elmas boncukların 11mm'lik ilk koşum değerlerinden, koşum yönünün ön tarafında, 10.4 mm'lik değere ve arka tarafında ise 10.65 mm'lik değere indirgindiklerinde, bu boncukların ocak kesiminden alınıp, sayalama kesimine transfer edilmesi gerekmektedir. Boncuk dış çaplarında oluşan aşınmanın bu değerlere ulaşmasından sonra, halen ocak kesiminde kullanılıyor olması, bu boncuklardan en uygun verimin alınmasını engellemekte ve kesim kapasite değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu olgu daha detay olarak, boncuk dış kalınlıkları bazında analiz edilmiş olup, Şekil 13'de verilen ilişki elde edilmiştir.

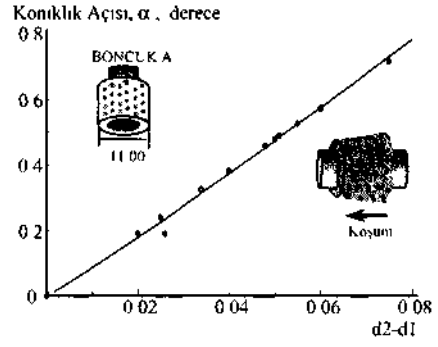


Şekil 11. Elmas boncuk ön çapı - koniklik açısı karakteristiği.

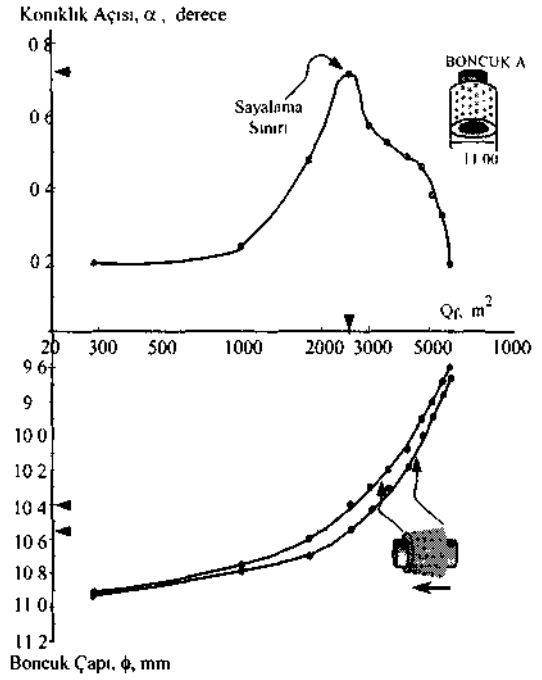


Şekil 12 Elmas boncuk çapı - koniklik açısı karakteristiği.

Boncuk için, hangi koniklik oluşum değerinde, ne kadarlık bir kesim yapılabilir ve buna karşılık gelen boncuk aşınma değeri ne ölçütlere, gibi soruların bütününe bir çözüm oluşturmak için, Şekil 14'de verilen boncuk değerlendirme abakları çizilir. Bu abak yardımı ile, boncuk kullanımının pratik bir analizi yapılabilmektedir.

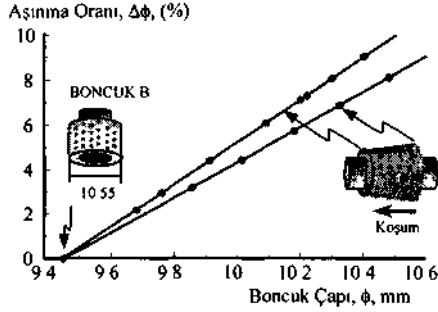


Şekil 13 Arka ve ön çap farkı - koniklik açısı ilişkisi



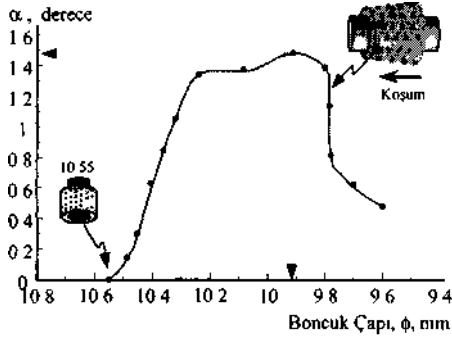
Şekil 14. Elmas boncuk analizi (Boncuk A).

Dış yüzey çapı 10.55 mm olan boncuk tipi için, Burdur bej mermeri kesiminde elde edilen boncuk çapı ve boncuklardaki aşınma oranlarının değişim ilişkisi ise, Şekil 15'de verilmiştir. Şekil 15 irdelendiğinde, 11 mm dış çapa sahip boncuk türünde olduğu gibi, koşum yönüne göre boncuk ön ve arka tarafındaki çap değişimleri arttıkça, aşınma oranının da arttığı görülmektedir. Buradan her bir çap değişimi için koniklik açı değerleri belirlenerek, boncuk dış yüzey çap değişimlerinde oluşan koniklik durumlarına göre grafiksel analiz yapılabilmektedir.

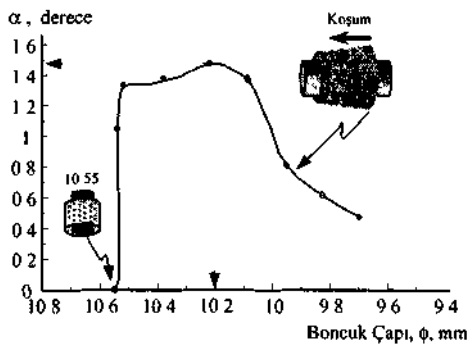


Şekil 15 Elmas boncuk çapı - aşınma oranı ilişkisi (Boncuk B)

Burdur Bej mermerinin 10.55mm'lik sinterize elmas boncuklarla dizili bir elmas tel ile ocak kesim değerlerine ait karakteristik ilişki Şekil 16 ve Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 16. Elmas boncuk ön çapı - koniklik açısı karakteristiği

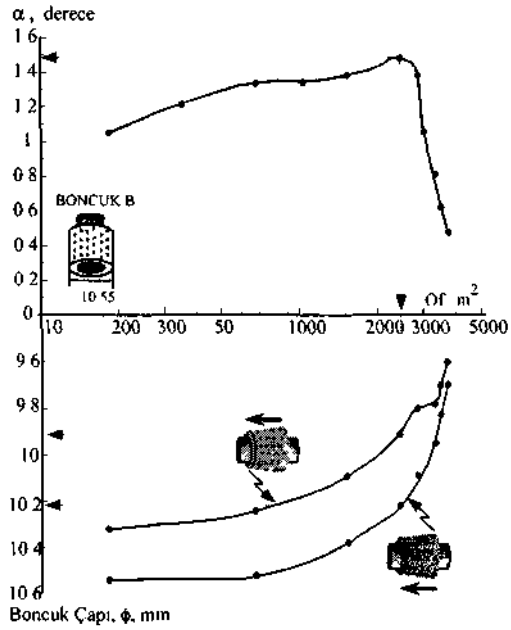


Şekil 17 Elmas boncuk arka çapı - koniklik açısı karakteristiği

Şekil 16 ve Şekil 17'den de görüldüğü gibi, sinterize elmas boncukların 10.55mm'lik ilk koşum değerlerinden, koşum yönünün ön tarafında, 9.90 mm'lik değere ve koşum yönünün arka tarafında ise 10.20 mm'lik değere indirdiklerinde, bu

boncukların ocak kesiminden alınıp, sayalama kesimine transfer edilmesi gerekmektedir.

10.55 mm'lik bir sinterize bir boncuk için, hangi koniklik oluşum değerinde ne kadarlık bir kesim yapılabilir. Buna karşılık gelen boncuk aşınma değeri ne ölçütlerde olduğunun grafiksel göstergesi, Şekil 18'de verilen abakta, 10.55 mm'lik boncuğa ait sonuçlar özetlenmiştir.



Şekil 18 Elmas boncuk analizi (Boncuk B)

Geometrik boyutları farklı olan boncuk tiplerindeki aşınma, koniklik açısının belirlenmesine bağımlı olarak, teorik ve uygulama bulgularının analizine göre, iki farklı şekilde matematiksel olarak modellenmektedir:

1. Elmas boncuğun tele ilk diziliminden sonra sahip olduğu ilk dış çap değerinin, kesim sürecinde aşınmaya uğraması sonucunda oluşan konikliğe göre belirlenmesi.

Boncuk dış kalınlıklarının aşınmaya bağımlı olarak değişimi ve oluşan koniklik açısının belirlenmesi, Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 ile modellenmiştir.

• 11mm'lik dış çapa sahip elmas boncuk için

$$\alpha = 5.829 * \{ (\phi 2-R) - (\phi 1-R) \}^{1.07} \quad (5)$$

• 10.55mm'lik dış çapa sahip elmas boncuk için:

$$\alpha = 4.766 * \{ (\phi 2-R) - (\phi 1-R) \}^{0.998} \quad (6)$$

Burada;

α : Koniklik açısı, derece,

φ1 : Koşum yönünde boncuk ön dış çapı, mm,

φ2 : Koşum yönünde boncuk arka dış çapı, mm,

R : Boncuk iç çapı, mm.

2. Elmas boncuğun kesim sürecinde oluşan konikliğin bir fonksiyonu olarak, kesim kapasite değerine göre belirlenmesi. Bu ilişki, Eşitlik 7 ve Eşitlik 8 ile ifade edilmiştir:

• 11mm`lik dış çapa sahip elmas boncuk için:
$$\alpha = 0.262 * \Delta\phi * e^{-0.0004 * Q_f} \quad (7)$$

• 10.55mm`lik dış çapa sahip elmas boncuk için:
$$\alpha = 0.52 * \Delta\phi - 0.00012 * \Delta\phi * Q_f \quad (8)$$

Burada;

Q_f : Ocak kesimi kapasite değeri, m²,

$\Delta\phi$: Elmas boncuk aşınma oranı, %.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, mermer ocak işletmelerinde uygulanan elmas tel kesme ünitelerinde, sinterize

elmas boncukların aşınma olgusu ve kesim karakteristiği üzerine yapılan bir inceleme araştırmasının sonuçları yorumlanmış olup, ocak kesiminde boncuk kullanım limitlerinin kestirimi ve analizine ilişkin, pratik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Ayrıca, boncuk geometrisinin, ocak ve sayalama kesimi sınırının belirlenmesindeki önemi açıklanmıştır.

KAYNAKLAR

Aktürk Y.K. 1991 Elmas teller ve özellikleri, Ege Mermer Ltd., Teknik Hizmetler Serisi, No.2, izmir.

Anon, 1989, Marmo Macchine., Rivista Internazionale dell'Associazione, Marmo Macchine Club, II bim XIX anno 86, Italy.

Anon, 2000, Akpar makina elmas tel kullanım el kitabı, Ankara