

Tamburlu Kesicilerde Solunabilir Toz ve İnce Tane Oluşumunun Laboratuvar ve Yeraltı Deneyleriyle Araştırılması

O.Z. Hekimoğlu

Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

B. Tiryaki

Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

M. Ayhan

Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

ÖZET: Solunabilir toz ve ince malzeme oluşumu uygun şekilde tasarlanmış tamburlar ile önemli ölçüde giderilebilir. Bu alanda çeşitli araştırmaların yapılmasına karşın, uygulamada tambur tasarımlarının yetersizliğinden dolayı toz ile ilgili halen önemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca bu alanda ayrıntılı laboratuvar çalışmaları ile desteklenmiş geniş kapsamlı uygulamalı araştırmalara rastlanılmamıştır. Makine imalatçıların büyük olasılıkla bu nedenlerden ötürü birbirleriyle çelişen farklı tambur tasarım parametrelerini kullanmaları, bu alanda önemli bir eksikliğin olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu bildiride tambur tasarımında ardışıklı keski düzeni açısından aynı koşullarda değişiklik yapıldığı zaman solunabilir toz ve ince malzeme oluşumunun önemli ölçüde düşürüldüğü anlatılmaktadır. Bunun için keskinin gerçek kesme hareketinin benzetişimini temel alan laboratuvar deneyleri ve OAL İşletmesinde uzun vadeli ve geniş kapsamlı yeraltı çalışmaları yapılmış, elde edilen bulgular ve öneriler sunulmuştur.

ABSTRACT: Properly designed shearer drums, can help to reduce respirable dust and fines to a considerable level. Though numerous research investigations were carried out in this field, dust-related problems still exist due to poorly-designed shearer drums. Furthermore, no comprehensive in-situ investigations coupled with extensive laboratory studies have currently been found on the effects of drum design on respirable dust and fines. It is probably for this reason that machinery manufacturers employ controversial drum lacing patterns on the current shearer drums, thus indicating a need for such a comprehensive investigation. This paper shows how respirable dust and fines were minimized under near-uniform conditions, when drum lacing was changed with respect to tracking cutter arrangement. A series of laboratory trials simulating, in full-scale, the practical action of cutter tools, was then followed by extensive long-term underground investigations, during the production operations at OAL Mine in Turkey. The results are presented and discussed, and relevant recommendations are given.

1 GİRİŞ

Madencilik ve tünel açma çalışmalarında solunabilir toz ve ince tane oluşumu sağlıklı ve verimli çalışma koşullarını tehdit eden çok önemli bir konudur. Solunabilir toz, işçi sağlığı ve işyeri güvenliği açısından insan ve makineler üzerinde ciddi sorunlar yaratırken, ince taneler ise özellikle kömür yıkama işlemlerinde önemli zorluklara neden olmaktadır. Bu nedenle solunabilir toz ve ince tane oluşumunun sürekli olarak güvenli düzeylerde tutulması gerekmektedir.

Mekanik kesici olarak adlandırılan, galeri açma makineleri (GAM), tamburlu kesici-yükleyiciler ve benzeri tipteki makinelerle kazı yapılırken ciddi ölçüde solunabilir toz ve ince tane oluşumu söz konusu olmaktadır. Kayaç ve kömürler mekanik yolla kesilirken, solunabilir toz ve ince tanelerin

önemli bir kısmı materyalin parçalanmasından çok, öğütülmesi sırasında oluşmaktadır. Bu durum bazı faktörlerin yanı sıra, özgül enerji olarak bilinen ve kesme verimliliğini tanımlayan kavram ile de açıklanmaktadır. Genel olarak, yüksek kesme derinliğinde iri tane oluşumuna bağlı olarak özgül enerji azalırken, sıg kesme derinliğinde ise artan ince tane ve toz oluşumu ile birlikte özgül enerji önemli ölçüde yükselir. Yani sıg kesme derinliğinde, kesme enerjisi parça koparmak yerine toz ve ince parça oluşumuna neden olan öğütme gibi verimsiz işleme harcanmaktadır. Bu nedenle mekanik kesme yapan kazı makinelerinin tasarımında derin kesme ilkesi göz önüne alınır. Uygulamada tamburlu kesicilerde uzun keskinler kullanılarak yüksek 'tork' değerinde ilerleme hızının artırılması ve tambur dönme hızının azaltılmasıyla derin kesmenin yapılması hedeflenir. Ancak bu tip makinelerde

kesme derinliği, saykloidal (cycloidal) hareketten dolayı sürekli olarak değişmekte ve bu nedenle toz ve ince tane oluşumu yine de kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüzde mekanik kesme yapan kazı makinelerinden kaynaklanan solunabilir toz ve ince tane oluşumu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Daha çok laboratuvar ölçekli olan bu çalışmalar genel olarak keskinler arası uzaklığın kesme derinliğine olan oranı (s/d oranı) üzerinde yoğunlaşmaktadır (Evans & Pomeroy 1973, Roxborough & Rispin 1972). Bunun yanı sıra etkin bir kesme işlemi için tambur yada kesici kafa üzerinde bir kesme hattına karşılık tek bir keskinin gelmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır (Hurt 1981, Hekimoğlu 1984). Buna karşın uygulamada farklı keski dizilim düzenlemesine sahip ve her bir kesme hatında ardışıklı olarak fazla sayıda keski bulunan ve birbirleriyle çelişen tamburların imal edilip kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca keskinlerin tambur yada kesici kafa üzerindeki dizilim şekillerinin kesme kinematigi açısından solunabilir toz ve ince tane oluşumunu ne ölçüde etkilediği konusunda, laboratuvar çalışmaları ile desteklenen ayrıntılı ve geniş kapsamlı bir uygulamalı araştırmaya da bugüne değin rastlanmamıştır. Uygulamada solunabilir toz ve ince tane oluşumu ile karşılaşılan ciddi sorunlar bu konuda önemli bir araştırmanın eksikliğini açıkça vurgulamaktadır.

Bu çalışmada farklı keski dizilim düzeninin solunabilir toz ve ince tane oluşumu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan ayrıntılı ve geniş kapsamlı laboratuvar ve yeraltı araştırmaları verilmektedir. Laboratuvar çalışmaları, yeraltında denenen tamburların pratikte gerçekleştirdikleri kesme hareketlerinin ince malzeme oluşumu açısından benzetişimini kapsamaktadır. Daha sonra OAL İşletmesindeki (Çayırhan) üretim çalışmaları sırasında, farklı keski dizilim düzenine sahip tamburlar tasarlanıp imal edilerek solunabilir toz ve ince tane oluşumu açısından uzun vadeli ve geniş kapsamlı yeraltı denemeleriyle araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve bulgular sunulmuş ve bu konuda en uygun tambur keski dizilimi verilmiştir.

2 MEKANİK KAZIDA SOLUNABİLİR TOZ VE İNCE PARÇA OLUŞUMU

Kömür ve kayaların keskinlerle kazısı sırasında kesme hareketinin ve malzemenin doğal yapısından dolayı sürekli olarak solunabilir toz ve ince tane oluşumu söz konusudur. Bu anlamda keski geometrisi, keski aşınması ve kesme derinliği önemli tasarım ve çalışma parametreleri olarak öne çıkmaktadır. Kesme derinliğinin artırılması durumunda solunabilir toz ve ince tane oluşumu azalmakta kesme performansı artmaktadır. Bu nedenle kayaç ve kömür kazı makineleri yüksek kesme derinliğinde kesim yapabilecek şekilde

tasarlanırlar. Mekanik kazı makinelerinde solunabilir toz ve ince tane oluşumunun temeli konusunda bugüne değin yapılan çalışmaların ayrıntıları çeşitli kaynaklarda verilmiştir (Roxborough & Rispin 1972, Jones & Kuti 1979, Roepke 1984, Zipf & Bieniawski 1989).

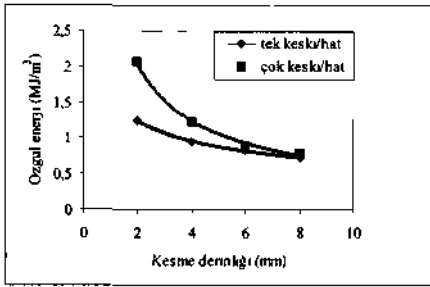
Tamburlu kesiciler ve benzeri kazı makinelerinde kesme derinliğinin sıfırdan başlayarak en yüksek değere kadar sürekli değiştiği saykloidal kesme hareketi söz konusudur. Bu sürekli değişim haliyle 's/d' oranının optimum değerinde sürekli değişimine neden olmakta ve teorik olarak kesme performansı sadece anlık olarak ortaya çıkan maksimum kesme derinliğinde oluşmaktadır. Başka bir deyimle tamburlu kesicilerdeki saykloidal hareket nedeniyle sürekli bir toz ve ince malzeme oluşumu söz konusudur. Bu durum aynı zamanda keskinlerin ardışıklı düzeni yada bir kesme 'hat'ındaki keski sayısı ile ilişkili olabilir. Çünkü tek keski/hat düzeninde oluşan 'rölyef kesme' şeklinin sığ derinlikte de etkin olmasından dolayı iri parçaların artışı ve toz miktarının düşüşü söz konusudur. Buna karşın birden fazla keskinin bir kesme 'hat'ında ardışıklı olarak dizildiği durumda ise malzemenin öğütülmesi nedeniyle toz ve ince parça oluşumu artmaktadır. Bir kesme 'hat'ındaki keski sayısının (veya ardışıklı keski düzeninin) saykloidal harekette ortaya çıkan sığ kesme derinliğindeki etkisi üzerinde bugüne değin herhangi bir ayrıntılı çalışma yapılmamıştır. Bu konuda yapılacak geniş kapsamlı bir çalışma mekanik kazıda ciddi sorunlar oluşturan solunabilir toz ve ince tane oluşumunun en az düzeye indirilmesi konusunda önemli bulgular kazandıracaktır.

3 LABORATUVAR DENEYLERİ

Laboratuvarda yapılan kesme deneylerinde farklı tasarıma sahip iki tamburun pratikteki kesme hareketinin benzetişimi yapılmıştır. Tasarım farkı Çayırhan'daki üç spiralli tamburlar dikkate alınarak hat başına düşen keski sayısı temeline dayanmaktadır. Buna göre bir kesme 'hat'ında tek keski ve üç keski bulunan üç spiralli bir tamburun uygulamadaki gerçek kesme hareketi dikkate alınarak, bunlarla ilgili kesme sırasında oluşan keski kuvvetleri, özgül enerji ve kazılan malzemenin tane boyu dağılımı ölçülmüştür. Bu kesme deneylerinin ayrıntıları daha önceki çalışmalarda verilmiştir (Hekimoğlu 1984, Ayhan 1998). Yapılan deneysel çalışmanın amacına uygun olarak homojen, izotropik ve tek eksenli basınç dayanımı 5 MPa olan kalker numunesi ve keski ağız uzunluğu 50 mm olan radyal keskinler kullanılmıştır.

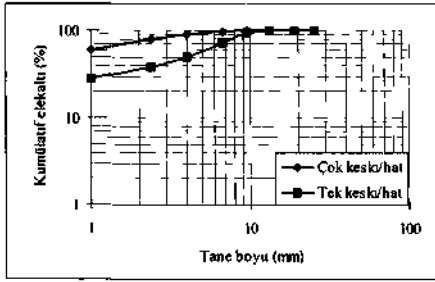
Her bir keski dizilim düzenlemesi için ölçülen özgül enerjinin kesme derinliğine bağlı değişimi Şekil 1 'de görülmektedir. Sığ kesme derinliklerinde tek 'keski/hat' için elde edilen özgül enerji

değerlerinin 'üç keski/hat' düzenlemesinden daha düşük olduğu ve optimum s/d değerinde ise birbirlerine eşitlenme eğiliminde oldukları görülmüştür.

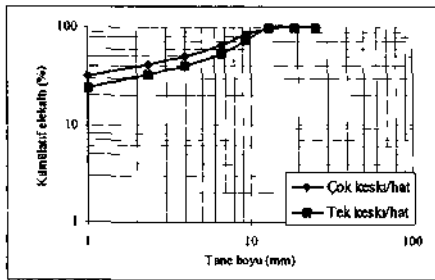


Şekil 1 İki keski dizilim düzenlemesi için özgül enerji değerlerinin karşılaştırılması

Elde edilen malzemenin tane boyu dağılımı her bir tasarım için Şekil 2'de verilmektedir. Buna göre sığ kesme derinliklerinde tek keski/hat için kazılan malzemenin kümülatif elek altı değerinin üç keski/hat düzenlemesinden daha az olduğu ortaya çıkmıştır. Bu farkın optimum s/d oranı değerinde de sürme eğiliminde olduğu gözlenmiştir.



a) 2 mm kesme derinliği



b) 4 mm kesme derinliği

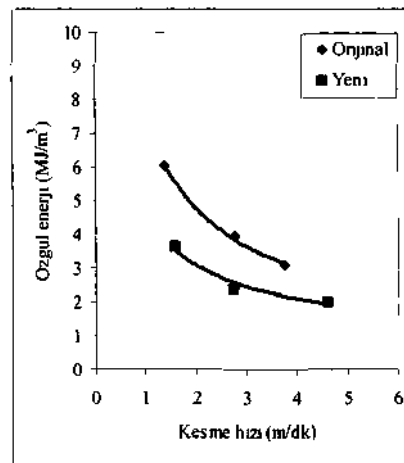
Şekil 2. İki keski dizilim düzenlemesi için farklı kesme derinliklerinde kesilen ürünün elek analizi

4 YERİNDE YAPILAN DENEYLER

Keskilerin tambur üzerindeki ardışıklı dizilim şeklinin solunabilir toz ve ince malzeme oluşumu üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla TKI'ye bağlı OAL işletmesi (Çayırhan) kömür havzasında uzun vadeli ve geniş kapsamlı yerinde çalışmalar yapılmıştır. Bunun için önce işletmede bulunan Eickhoff EDW-230 modeli çift tamburlu kesicilerin 3 keski/hat şeklinde tasarlanmış tamburları ile üretim çalışmaları sırasında deneyler yapılmıştır. Daha sonra aynı tamburlar, boyutları ve diğer tasarım özelliklerine dokunulmadan bu makalenin birinci yazarı tarafından tek keski/hat yöntemine göre yeniden tasarlanmış ve yeraltında denemelere tabi tutulmuştur. Bu tamburların özellikleri daha önceki çalışmalarda verilmiştir (Hekimoğlu 1997, Hekimoğlu & Tiryaki 1998).

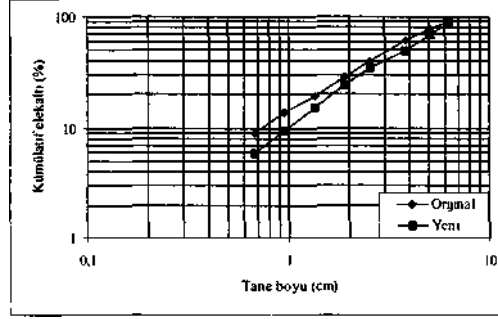
Orijinal ve yeni geliştirilen keski dizilim düzenlemesine sahip tamburların kesme performansları, tamamen benzer koşullardaki yeraltı deneyleriyle karşılaştırılmıştır. Bunun için kesme hızlarına karşı gelen farklı kesme derinlikleri değerlerinde, solunabilir toz ve ince tane oluşumu ile özgül enerji ölçümleri yapılmıştır (Tiryaki 1998). Solunabilir toz ölçümlerinde 0.5 nm-5 (im boyut aralığı) içindeki tozları 50 mg/m³'e kadar örnekleyebilen ve 2.5 lt/dak hava emebilen gravimetrik toz toplama cihazı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra iki tamburun kazdığı ürünün tane boyu dağılımının karşılaştırılması için kesim sonrası arında oluşan kömür yığınlarından alınan örnekler yaş elek analizine tabi tutulmuştur.

Kesici tamburların benzer kesme hızlarında ve arına 60 cm gömülme derinliğindeki özgül enerji değerleri Şekil 3'de görülmektedir.



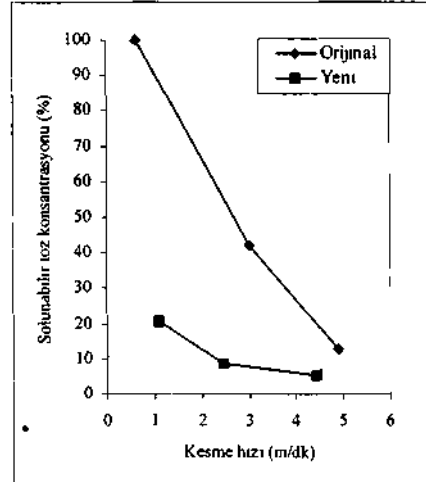
Şekil 3 Kesici tamburların 60 cm gömülme derinliğinde özgül enerjinin kesme hızı ile değişimi

Sığ kesme derinliğine karşı gelen düşük kesme hızlarında, tek keski/hat düzenlemesine sahip olan yeni tamburlar için ölçülen özgül enerji değerlerinin çok keski/hat düzenlemesine sahip orijinal tamburlara oranla daha az olduğu görülmektedir. Orijinal ve yeniden tasarlanan kesici tamburların 3.4 m/dak kesme hızında oluşturdukları kazı ürünlerinin tane boyu dağılımlarının karşılaştırılması Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Kesici tamburlarla kazılan ürünlerin yaklaşık 3.4 m/dk kesme hızındaki elek analizi

Burada yeni tamburlar tarafından yapılan kazıda iri boyutlu kömür yüzdesinin daha fazla ince boyutlu yüzdesinin ise daha az olduğu görülmektedir. Her iki tambur için 50 cm gömülme derinliğinde 1 ton kömür üretimine karşı gelen solunabilir toz konsantrasyonunun kesme hızı ile değişimi de Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Kesici tamburların 50 cm gömülme derinliğinde hesaplanan özgül solunabilir toz konsantrasyonunun kesme hızı ile değişimi.

Böylece sığ kesme derinliğinde solunabilir toz konsantrasyonunun yeni tamburlarda önemli derecede azaldığı ve her iki tamburda da kesme hızı arttıkça özgül solunabilir toz konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür.

5 TARTIŞMA

Mekanik kazı makinelerinin tasarımında derin kesme ilkesinin kullanımına karşın saykloidal kesme hareketiyle oluşan 'sığ derinlikteki kesme' nedeniyle yine de solunabilir toz ve ince tane oluşumu söz konusu olmaktadır. Kazı mekaniğinde toz ile ilgili bilinen faktörlerin yanı sıra tambur yada kesici kafa tasarımı olarak adlandırılan keskinin dizilim şekilleri de bu alanda çok önemli olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu bildiriye sunulan laboratuvar ve yeraltı çalışmaları, sığ derinlikte kazı yapılırken aynı koşullarda tek keski/hat düzenine göre tasarlanmış tamburlar ile daha az solunabilir toz ve ince tanenin oluştuğunu göstermiştir. Bu sonuç, anılan tamburlardan elde edilen düşük özgül enerji değerleri ile ayrıca doğrulanmıştır. Her iki keski düzenlenmesindeki bu farklılık keskinin kesme konumları ile açıklanabilir. Tek keski/hat düzeninde keskinin, birbirlerini ardışık olarak izlemeyip 'rölyef kesme' olarak adlandırılan komşu keskinin arasında kalan alanları keserler. Bu tür kesme şeklinde kesilecek alanlar daha çok keski ucunu ortalamaya eğilimli ve sığ derinliklerde de belirgin olabilen geniş kareler şeklindedir. Çok keski/hat düzeninde ise bunun tersine keskinin birbirlerini ardışık olarak izleyerek 'oluk derinleştirme' olarak adlandırılan ve keski ucundan uzaklaşma eğiliminde olan ince ve uzun dikdörtgen kesitli alanları keserler. Sığ derinliklerde bu alanlar belirginliklerini yitirerek toz ve ince tane oluşumuna neden olurlar.

6 SONUÇ

Bu çalışmada sunulan geniş kapsamlı deneyler, tek keski/hat temeline göre tasarlanmış tamburlar ile kazı yapıldığında çok keski/hat düzenlemesine sahip tamburlara göre solunabilir toz ve ince tane oranının azaldığını ve kazılan ürünlerdeki iri tane boyutunun arttığını, açıkça göstermiştir. Dünyada ileri gelen makine ve tambur üreticilerinin çok keski/hat düzenlemesini halen ısrarla sürdürdüğü gerek çeşitli ülkelerde ve gerekse Türkiye'de kullanılan tamburlardan anlaşılmaktadır. Bu çalışmada verilen tek keski/hat temeline göre tasarlanmış tamburların kullanılması ile kazı mekaniğinde her zaman çok ciddi sorun oluşturan solunabilir toz ve ince tane oluşumu önemli ölçüde önlenecektir.

KAYNAKLAR

- Ayhan, M 1998 *Kesici tombulların ve kesici kafaların bilgisayar yardımıyla tasarımı* Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 238 s (Yayınlanmamış)
- Evans, I & Pomeroy, C D 1973 *The strength fracture and workability of coal* London Pergamon Press Ltd
- Hekimoğlu O Z 1984 *Studies in the excavation of selected rock materials with mechanical tools* Ph D Thesis University of Newcastle Upon Tyne, 342 p (Unpublished)
- Hekimoğlu, O Z 1997 Impact of drum design on the performance of coal shearers *Journal of Mines and Fuel* 15 (9&10) 286-291
- Hekimoğlu, O Z & Tiryakı B 1998 In-situ Investigations on shearer drum design *CİM Bulletin* 91(1018) 225 228
- Hurt, KG & McAndrew, KM 1981 *Roadheader cutting heads How many tools per line?* MRDE Report No 96 England (Unpublished)
- Jones, E H & Kutu, J 1979 Dust and its effect on longwall mining *Mining Congress Journal* August 47-53
- Roepke, WW 1984 General methods of primary dust control during cutting *Mining Engineering* June 636 644
- Roxborough, F F & Rispin, A 1972 The mechanical cutting characteristics of the lower chalk *Report to TRRL* Dept of Mining Engineering, University of Newcastle Upon Tyne, England 45 67
- Tiryakı, B 1998 *Tamburlu kesicilerde keski dizilim parametrelerinin optimizasyonu* Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 264 s (Yayınlanmamış)
- Zipf, RK & Bieniawski, ZT 1989 A fundamental study of respirable dust generation in coal *Mining Science and Technology* 9 87 99

