

## KOLLU TİP GALERİ AÇMA MAKİNALARI KESİCİ KAFA TASARIMI

### CUTTING HEAD DESIGN OF BOOM TYPE ROADHEADERS

E. Mustafa EYYUBOĞLU

Çankaya Üniversitesi Endüstri Müh. Böl. ANKARA

**ÖZ:** Kollu tip galeri açma makinaları çok yönlü kullanışlılığı, hareket kabiliyeti ve esnekliği nedenleri ile gerek madencilik ve gerekse inşaat sektöründe kullanılan en önemli kazı makinalarıdır. Makinanın kazı verimi önemli ölçüde kesici kafa tasarımına bağlıdır. Uygun kesici kafa tasarımı ile makinanın kazı verimi artırılabilir gibi, makina daha yüksek dayanımlardaki kayalar da kesebilmektedir. Bu yazıda kollu tip galeri açma makinalarının kesici kafa tasarım parametreleri incelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kollu tip galeri açma makinaları, kesici kafa tasarımı, keski.

**ABSTRACT:** Boom type roadheaders are the most important excavation machines used in mining and civil construction due to their mobility, flexibility and versatility. The efficiency of cutting mostly depends on the cutting head design. Besides increasing the cutting efficiency of the machine by appropriate cutting head design, the machine can cut higher strength rocks. In this paper, cutting head design parameters of the boom type roadheaders are reviewed.

**Key Words:** Boom type roadheaders, cutting head design, cutting pick.

### GİRİŞ

Kollu tip galeri açma makinaları 1950'li yıllarda kömürün mekanik olarak kazılması amacıyla geliştirilmiş makinelerdir. Günümüzde yumuşak ve orta sert kayaların ve özellikle sedimanter kayaların kazısında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Makinaların yüksek hareket kabiliyeti ve farklı kazı koşullarında kullanılabilirliği en önemli tercih sebepleridir. Bu özellikleri nedeniyle makineler gerek Maden ve gerekse İnşaat mühendisliği alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Madencilik alanında galeri açma çalışmalarının yanında, kollu tip makineler açık ve yeraltı işletmelerinde yumuşak cevherlerin (tuz, boksit, v.d.) kazısında üretim makinası olarak da kullanılmaktadırlar. Kollu tip bir galeri açma makinasının genel görünüşü Şekil 1'de verilmiştir.

Kollu tip makinelerde son yıllarda gerçekleştirilen en önemli gelişmeler aşağıda belirtilmiştir (Broomhead ve Bodkin, 1999);

a) Daha ağır (120 tona kadar) ve daha güçlü (kesici kafa motorları 500 kW'ya kadar) makinaların

üretilmesi ve bu makineler ile 100 m<sup>2</sup> kesitinde galerilerin açılabilmesi,

b) Bilgisayar destekli kesici kafa tasarımı yapılması,  
c) Ağır hizmet tipi keskiyle (özellikle kalem tipi) donatılmış kesici kafaların kullanılması,

Yukarıda bahsedilen gelişmelere rağmen kollu tip galeri açma makinalarının sert kayalarda kullanılabilirliği kayanın sertliğine bağlı olarak sınırlıdır. Günümüzde ağır tip makineler tek eksenli basma dayanımı 100 MPa kadar olan kayalarda ekonomik kazı yapılabilmekte, çatlak sistemlerinin kazıya yardımcı olması durumunda ise, kazılabilecek kaya dayanımı en fazla 160 MPa'ya kadar çıkmaktadır (Broomhead ve Bodkin, 1999; Çopur vd., 1998). Kaya dayanımının belirtilen sınırların üzerinde olması durumunda; keski sarfiyatları, makinadaki titreşimler ve bakım masraflarını artırmakta, artan maliyetler nedeniyle yapılan kazı ekonomik olmamaktadır. Makinaların kullanımındaki sınırlar nedeni ile son yıllarda yapılan araştırmalar makinaların sert kayalarda kullanılabilirliği üzerine yoğunlaşmıştır.



**Şekil 1.** Kollu Tip Bir Galeri Açma Makinasının Genel Görünüşü  
**Figure 1.** General View of a Boom Type Roadheader

### **KESİCİ KAFA DİZAYNININ MAKİNA PERFORMANSINA ETKİLERİ**

Galeri açma makinası kesici kafası, makinanın kayaçla temasını sağlayan, başka deyişle makinanın kazı gücünü kayaca aktaran elemanıdır. Kesici kafanın ve keskinin verimli kullanımı makina tasarımındaki en önemli husustur. Burada verimlilik makina enerjisinin kayacın kazılmasıyla ekonomik olarak kullanılmasını anlamadadır. Kazı esnasında sağlanacak verimlilik galeri açma işleminin genel verimliliğini etkileyen en temel faktördür.

Kesici kafa üzerindeki keskinin dizilimleri makinanın kazı verimini, kazı esnasında makinada oluşan titreşimi ve toz miktarını doğrudan etkilemektedir.

Her türlü kayaç kazısında en yüksek kazı performansı için gerçekleştirilebileceği tek bir kesici kafa tasarımı mevcut değildir. Kesilecek kayacın cinsi göz önüne alınarak tespit edilecek keski tipi ve yapılacak kesici kafa tasarımı makinanın kazı performansını önemli ölçüde artırmaktadır. Örneğin, düşük dayanımlı kayaçlarda kesici kafa üzerindeki keski sayısının en az değerde tutulması, yüksek ilerleme hızına erişmesini sağlamaktadır.

Keski sarfiyatı makina ile gerçekleştirilen kazının maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Pratik alanda yapılmış birçok çalışma, uygun olarak tasarımı yapılmış kesici kafalar ile keski sarfiyatının en düşük seviyede tutulduğunu göstermiştir.

Kesici kafa tasarımı kazı esnasında makinada oluşan titreşim seviyesini önemli ölçüde etkilemektedir. Yüksek titreşim makina parçalarının

civata ve kaynak bağlantılarının gevşemesine, kopmasına, genel olarak makina parçalarının aşınmasına, zarar görmesine neden olmakta ve zamana bağlı yorulmalara yol açmaktadır. Uygun şekilde tasarımı yapılan kesici kafalar ile kazı esnasında ortaya çıkan titreşimler azaltılabilmekte ve yüksek titreşimin makina üzerindeki zararlı etkileri ortadan kaldırılabilmektedir.

Mekanize kazının yarattığı en önemli problemlerden biri kazı esnasında üretilen yüksek miktardaki tozdur. Uygun tasarımı edilmiş bir kesici kafa ile kazılan parça boyutu arttıkça kazı esnasında ortaya çıkan tozun azaltılabilmesi olanaklıdır.

### **KESİCİ KAFA TASARIM AŞAMALARI**

Kesici kafa tasarımı birçok parametrenin beraberinde göz önüne alınması gereken bir süreçtir. Mevcut koşullar (makinanın gücü, kesilen kayaç, vd.) ve tasarımı parametreleri beraberinde dikkate alınarak optimum keski tasarımı gerçekleştirilir.

Kesici kafa tasarımı kazılacak kayacın kazılabilirliğinin analizi ile başlar. Kayacın tipi, dayanımı ve aşınma hızına bağlı olarak laboratuvar deneyleri sonucunda kullanılacak keski tipi, keskinin arası optimum mesafe ve buna bağlı olarak kesme derinliği belirlenir.

Kollu tip makinaların kesici kafalarında genellikle kama ve kalem tipi keskinler kullanılmaktadır. Uygun keski tipinin seçiminden sonra bu keskiye uygun keski tutucunun seçimi yapılır. Keski tutucunun belirlenmesinde

laboratuvarda tesbit edilen optimum keski mesafesi göz önünde tutulur. Özellikle ağır hizmet tipi keski tutucuların seçilmesi durumunda, kesici kafaların burun kısmında keskinin yerleştirilmesinde alan darlığı nedeniyle problemlerle karşılaşmaktadır.

Kafa tasarımı, mevcut bir makinenin kesici kafası için gerçekleştiriliyor ise kafanın boyutları sabittir ve keski dizilimi bu boyutlar göz önüne alınarak belirlenir. Yeni bir kesici kafa veya makina tasarımı yapıyor ise, kesici kafanın şekli ve boyutları makinenin kurulu gücüne, açılacak galerinin şekline, makinadan beklenen ilerleme hızına bağlı olarak saptanır. Keskinin dizilimi saptanan bu kesici kafaya uygun olarak gerçekleştirilir.

Optimum keski mesafesinin, keski ve keski tutucu tipinin, kesici kafa geometrisinin belirlenmesinden sonraki aşama keskinin kesici kafa üzerindeki yerleşim koordinatlarının saptanmasıdır. Keskinin dizilimleri yapılırken (koordinatları belirlenirken) keskinin arası yanıl mesafe (laboratuvarda tesbit edilen optimum keski mesafesi), keskinin arası açısal mesafe, keski eğim açıları ve spiraller arası mesafe göz önünde tutulur. Keskinin yerleştirilmesinde göz önünde tutulacak ana ilke kesici kafanın kayaç içerisinde dönüşü esnasında kesme yapan (kesme sektöründe bulunan) keski sayısının eşit kalması, bu keskilere etkiyen kuvvetlerin mümkün olduğunca eşit olması ve ani kuvvetlerin oluşmaması olarak açıklanabilir.

Kesici kafa üzerine yerleştirilecek keskinin koordinatlarının belirlenmesinden sonra, yapılan tasarımın kontrolü kesme diyagramlarının çizilmesi ve kesici kafanın dönüşü esnasında oluşan tork ve kuvvetlerin hesaplanması ile gerçekleştirilir. Kesme diyagramı ile keskinin kestikleri alanların eşit olup olmadığı kontrol edilir. Kafanın bir dönüşü esnasında (1'er derecelik artışlarla) oluşacak tork ve kuvvetlerin hesaplanması ile kesici kafanın kazı esnasında oluşturacağı titreşimler hesaplanır.

Yukarıda bahsedilen tüm işlemlerin tamamlanmasından sonra kesici kafanın imalatı gerçekleştirilebilir. Üç eksenli koordinat (uzaysal koordinat) sisteminde tesbit edilen ölçülere göre keski tutucular kesici kafa üzerine kaynak yapılarak yerleştirilir. Keski tutucuların kesici kafa üzerine yerleştirilmesi özel düzenekler yardımıyla yapılır. Keski tutucuların kesici kafa üzerine yerleştirilmesi için geliştirilmiş bir koordinat ölçme düzeneği ile kesici kafa üzerine keski yerleşimi Şekil 2'de gösterilmiştir (Eyyuboğlu, 2000)

Keski tutucuların kesici kafa üzerine kaynağı kafanın performansı ve ömrünü etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kullanılacak kaynak elektrodunun seçimi, kaynağın yapılışı ve keski yuvasının kaynak esnasında oluşan yüksek ısıdan yapısal olarak

etkilenmemesi, keski yuvasının kesici kafa gövdesine sağlam olarak kaynak edilmesi açısından önemli noktalardır. Kaynak işlemleri bitirilmiş bir kesici kafanın fotoğrafı Şekil 3'te verilmiştir.



**Şekil 2.** Koordinat Ölçme Düzeneği ile Kesici Kafa Üzerine Keski Tutucu Yerleşimi

**Figure 2.** Setting up of a Pick Box on to The Cutting Head by Using a Co-ordinate Measuring Mevice.



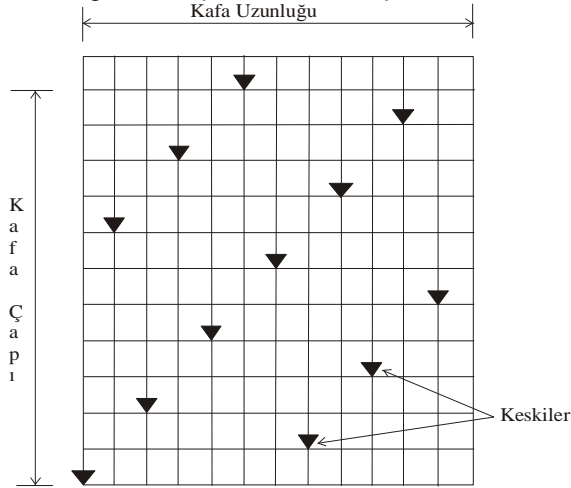
**Şekil 3.** İmalatı Bitirilmiş Bir Kesici Kafanın Görünüşü.

**Figure 3.** A View of a Manufactured Cutting Head.

Kaynak işlemleri tamamlanmış bir kesici kafadaki ölçü ve açı sapmaları  $\pm 2$  mm ve  $\pm 20'$  den fazla olmamalıdır (Hurt, vd., 1988). Aksi durumda ölçülerinde sapmalar olan keskinin üzerine aşın kuvvetler etkiyecektir.

### KESKİ YERLEŞİM (DİZİLİM) PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Kesici kafa üzerinde yer alan bir keskinin iki eksende konumu kare veya dikdörtgen şekiller üzerinde gösterilir. Örnek bir keski diziliminin iki eksende gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.



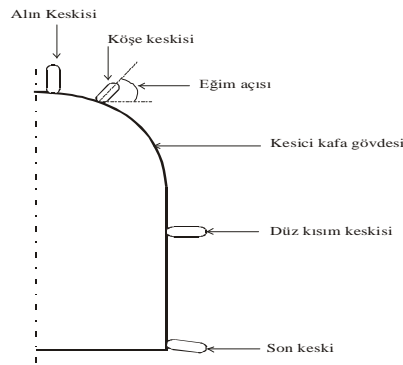
**Şekil 4.** Kesici Kafa Üzerindeki Keskilerin İki Eksende Örnek Gösterimi.

**Figure 4.** A Sample Lacing Pattern Shows Disposition of Cutting Picks on Two Axis.

Şekildeki siyah üçgenler keskinleri ve kesici kafa üzerindeki yerlerini, yatay çizgiler kesici kafa uzunluğunu, dikey çizgiler kesici kafanın maksimum çapını göstermektedir.

### Kesici Kafa Üzerindeki Keskilerin Sınıflandırılması

Kesici kafalar üzerinde yer alan keskinler kesme işlemi esnasındaki işlevlerine göre sınıflandırılırlar (Hurt ve MacAndrew, 1981; Hekimoğlu ve Fowell, a, 1990). Boyuna bir kesici kafa üzerindeki keskinler işlevlerine göre dört gruba ayrılırlar (Şekil 5).



**Şekil 5.** Kesici Kafa Üzerinde Yer Alan Keskilerin Sınıflandırılması.

**Figure 5.** Classification of Cutting Picks on a Longitudinal Cutting Head.

Alın keskinleri kafanın sadece ileri doğru hareketi esnasında kazı yaparlar. Bazı kafalarda alın keskinleri bulunmamakta, bu keskinlerin görevleri köşe keskinler tarafından yerine getirilmektedir.

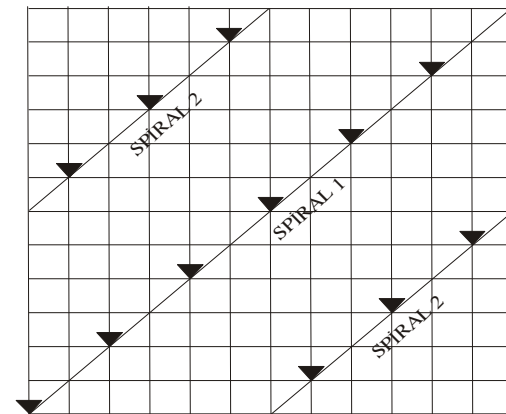
Köşe keskinler kesici kafanın dairevi kısmında yer alırlar ve kafanın kazı işlemi esnasında açılan boşluğun köşe kısmında kazı yaptıkları için bu isimle adlandırılırlar.

Kesici kafanın düz kısmında kesici kafa gövdesine dik konumda yerleştirilen keskinler düz kısım keskinleri (tarama keskinleri) olarak adlandırılırlar.

Kafanın en gerisinde, her spiralin bitimindeki keskin son keskin olarak adlandırılır. Bu keskinler kesici kafanın kazı esnasında fazla gömülmesi durumunda ortaya çıkan keskin yuvası aşınmalara karşı eğimli olarak yerleştirilirler.

### Spirallerin Düzenlenmesi

Kesici kafa üzerinde yer alan keskinler spiraller halinde düzenlenerek ardışık kesme yapması ve kesilen malzemeyi taşıması sağlar. Keskinlerin spiral oluşturacak şekilde düzenlenmesi ile kafanın dönüş hareketi esnasında kesme sektöründe bulunan keskin sayıları eşit tutulmakta ve kafanın dönüşü esnasında olabilecek titreşimler engellenmektedir. Spiral sayısı makinenin büyüklüğüne, kapasitesine ve makinenin kazı hızına göre belirlenir. Sert kayalar için dizayn edilmiş kesici kafalar genel amaçlı kesici kafalara göre daha az spirale sahiptir. Spiral sayıları 2-3 arasında değişmekle beraber çok büyük kafalarda 6'ya kadar yükselmektedir. Spiral sayısının azaltılması kesici kafa üzerindeki keskin sayısında azalmaya da beraberinde getirir. Keskin sayısındaki azalma ile her keskinden elde edilecek kuvvet arttırılır (Hurt vd., 1982). İki spiralli bir keskin dizilimi Şekil 6'da verilmiştir.



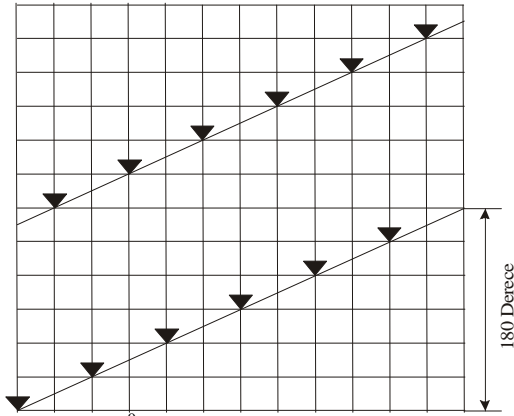
**Şekil 6.** İki Spiralli Keskin Dizilimi.

**Figure 6.** Lacing Pattern With Two Start.

Spiraller üzerindeki keskinler aynı hatta veya tek bir hatta kazı yapacak şekilde düzenlenebilir. Şekil

6' da verilen keski diziliminde her spiralde yer alan keski tek bir hatta kazı yapmaktadır. Bu düzenleme 1 keski/hat düzenlemesi olarak adlandırılır. Keskiyerin aynı hatta kazı yaptığı dizilimler 2 keski/hat, 3 keski/hat düzenlemeleri olarak adlandırılır. Gerek laboratuvar ve gerekse birçok uygulamalı çalışmada keskiyerin aynı hatta yer alacak şekilde düzenlenmesinin verimsiz kazı ile sonuçlandığı tesbit edilmiştir. Aynı hatta ardışık iki keski bir kanalda düşük derinlikte kazı yapıyorsa kayacı kesmeyi başaramayabilir ve daha çok mevcut kanalı aşındırarak bir miktar derinleştirir. Oldukça verimsiz olan bu kesme yöntemi kanallar arasında geniş parçalar bırakır ve bu kısımları kesmek için yüksek keski kuvvetlerine ihtiyaç duyulur. Spiraller arası mesafe aynı spiraldeki keskiyer arası mesafeden daha az olmalıdır ve kesme sıraları aynı hatta ardışık olarak düzenlenmemelidir. Bu şekildeki düzenleme ile verimsiz olan kanal derinleştirme kazısının oluşmasını engellenir (Hurt ve MacAndrew, 1981).

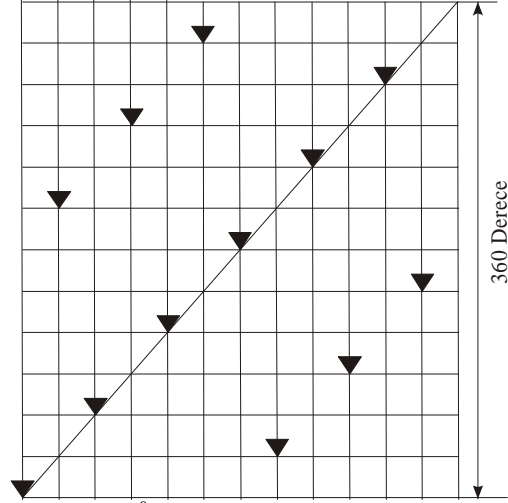
Spirallerin kesici kafa üzerinde sınımlı açılan kafa tasarımında önemli bir konudur. Spiral sınımlı açılan keskiyerin kazı esnasında kesme sıralarını ve kesme sektöründeki toplam keski sayısını etkilemektedir. Kafa üzerindeki keskiyerin sınımlı açılan  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $360^\circ$  veya  $360^\circ$ 'den büyük ( $776^\circ$ ) olarak düzenlenebilir. Bu düzenlemelerden  $180^\circ$  ve  $360^\circ$  'lik sınımlı açılan Şekil 7 ve 8' de verilmiştir.



Şekil 7.  $180^\circ$  Sınımlı Açısı

Figure 7.  $180^\circ$  Angle of Wrap.

Keskiyer arası çevresel uzaklık ve sınımlı açısı birbirine bağlıdır. Yüksek sınımlı açısı, keskiyer arası çevresel uzaklığı arttırmakta, düşük sınımlı açısı ise çevresel uzaklığı azaltmakta ve keskiyerin birbirlerine olan mesafesini belirlemektedir. Keski sınımlı açılan üzerine yapılan araştırmalarda  $360^\circ$  ve  $776^\circ$  sınımlı açılanın en iyi performansı gösterdiği tesbit edilmiştir (Eyyuboğlu, 2000).



Şekil 8.  $360^\circ$  Sınımlı Açısı.

Figure 8.  $360^\circ$  Angle of Wrap.

#### Keskiyer Arası Mesafeler

Keskiyer arasındaki uygun mesafenin tesbiti kesici kafa tasarımında üzerinde en çok çalışılan konudur. Keskiyer arası optimum mesafe laboratuvarda yapılan kesme deneyleri sonucunda belirlenir.

Bir keski, düz kayaç yüzeyinde kesme yaparken bir kanal oluşturur. Keskinin açtığı kanalın boyutları keski boyutlarından büyüktür. Keski kayaç içerisinde kesme yaparken oluşturduğu kanalın kenarlarında bulunan kayaç yanlarına doğru kırılarak kanalı büyümesine neden olur. Kayaç yanlarına doğru sabit bir açıyla kırılarak, kırılma açısı oluşturur. Kırılma açısı genellikle kayaç tipine, özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yüksek dayanımlı kayaçlarda kırılma açısı düşük, düşük dayanımlı ve çatlaklı kayaçlarda ise yüksektir.

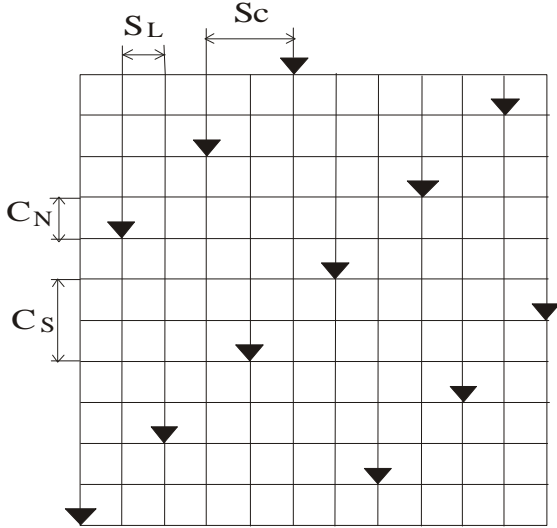
Düz bir kayaç yüzeyinde yan yana kesme yapan iki keski arasında kırılmadan kalan kayacın boyutları keskiyer arası yanıl mesafeye bağlı olarak değişir. Yanıl mesafe çok az ise arada kalan kayaç tamamen kırılır. Yanıl mesafenin artması ile keskiyer arasındaki kayacın boyutları da artacaktır. Kayaç kazısında önemli bir verimlilik göstergesi olan özgül enerji açısından iki keski arasındaki mesafenin optimum bir değeri mevcuttur. Bu değerde, keskiyer arasındaki kayaç keskiyerin oluşturduğu kanalların ortak etkisiyle kırılır. Böylece keskiyer hem hareket doğrultusundaki kayacı kanal oluşturarak keserler, hemde bu iki kanalın ortak etkisi sonucunda arada kalan kayaç kırılır. Bu şekildeki kesme yardımcı kesme olarak adlandırılır. Yardımcı kesmede kayaç kazısı için en düşük seviyede özgül enerjiye ihtiyaç duyulur.

Kesici kafa üzerinde yer alan keskiyer kesme kırılmalarının en fazla olacağı şekilde

düzenlenmelidirler. Bir başka deyişle keskinlerin kazı esnasında birbirlerine yardımcı olan en üst düzeyde gerçekleşmelidir (Evenden ve Edwards, 1985). Yapılacak bu düzenleme ile kesici kafanın kazı performansı en üst seviyeye çıkarılırken, keskinlere etkiyen kuvvetler en düşük seviyeye indirilir.

Ana ilke olarak kesici kafa üzerindeki keskinler arası yanal mesafe eşit tutulmalıdır. Keskinler arası yanal mesafenin eşit olmaması bazı keskinlere etkiyen kuvvetlerin fazla, diğerlerine etkiyen kuvvetlerin ise az olması ile sonuçlanır. Bazı keskinlere etkiyen kuvvetlerin fazla olması bu keskinlerin kısa zamanda aşınmasına veya kırılmasına yol açacaktır. Keskinler arası mesafenin eşit olmadığı bir kesici kafa aynı zamanda kazı esnasında yüksek titreşimler yaratır.

Kesici kafalar üzerindeki keskinler arasında yanal ve çevresel olmak üzere iki ana uzaklık mevcuttur. Yanal mesafe, kesme uzaklığı ' $S_c$ ' ve hat uzaklığı ' $S_L$ ' ile ifade edilir. Kesme uzaklığı aynı spirallerde yer alan keskinlerin merkezleri arasındaki mesafeyi, hat uzaklığı, komşu spirallerdeki keskinler arasındaki mesafeyi gösterir. Çevresel uzaklık ise kesici kafanın dönüş eksenine dik bir planda bakıldığında keskinin açılma konumudur ve iki değişken ( $C_N$  ve  $C_S$ ) ile ifade edilir. Yanal ve çevresel uzaklık klanın iki ekseninde gösterimi Şekil 9'da, keskinler arası yanal uzaklığın bir kesici kafa üzerinde gösterimi ise Şekil 10'da verilmiştir.

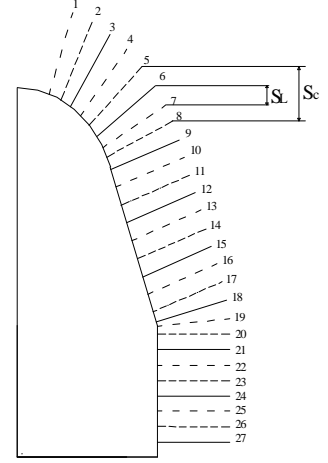


Şekil 9. Keskinler Arası Uzaklık Parametreleri.

Figure 9. Pick Spacing Parameters.

Sert kayalar için tasarlanmış kesici kafalarda keski mesafeler kısa tutularak keskinlere etkiyen kuvvetlerin en düşük seviyede kalması sağlanır. Ancak bu düzenleme ile kazı hızı önemli ölçüde azalır. Genel maksatlar ve/veya yumuşak kayalar için tasarlanmış bir kesici kafada ise

keskinler arası mesafe artırılarak en yüksek kazıya erişilebilir.



Şekil 10. Bir Kesici Kafa Üzerinde Yanal Keski Mesafeleri ( $S_c$  ve  $S_L$ ).

Figure 10. Lateral Tool Spacings ( $S_c$  and  $S_L$ ) on a Cutting Head.

Gerek kesici kafa geometrileri ve gerekse kesici kafa üzerinde yer alan keskinlerin kesme esnasındaki farklı görevleri kesici kafa üzerindeki keskinler arası yanal mesafenin bütün kafa üzerinde sabit tutulmasını engeller. Örneğin boyuna bir kesici kafada, köşe keskinler arası mesafe düz kısımda yer alan keskinler arası mesafeye göre az olacak şekilde düzenlenir. Kesici kafanın burun kısmında yer alan köşe keskinler arası mesafenin kısa tutulması her keskinin kazdığı alanı ve köşe kesme yapan bu keskinlere gelen kuvvetleri azaltır. Ancak bu düzenlemeye rağmen, köşe keskinlere, kafanın diğer kısımlarındaki keskinlere oranla daha büyük kuvvetler etkir.

Kesici kafanın burun kısmındaki keski tutucuların yerleştirilmesinde genellikle alan problemi ortaya çıkar. Özellikle ağır hizmet tipi keski tutucuların kullanılması durumunda alan problemi daha büyük boyutlara ulaşır.  $S_c/S_L$  oranının yüksek değerlerde tutulması burun kısmında daha büyük alan sağlar ve keski tutucular kolaylıkla yerleştirilir.  $S_c/S_L$  arasındaki en uygun oranlar spiral sayısına bağlı olarak 2 ve 3'tür.

Keskinler arası çevresel uzaklıklar ( $C_N$  ve  $C_S$ ) keskinlerin kesici kafa üzerindeki spirallerin sıklık açılmasını ve keskinlerin kazıya girme sıralanmasını belirlemektedir (Eyyuboğlu, 2000). Keskinler arası çevresel uzaklığın eşit tutulması özellikle boyuna kafaların burun kısmında keski yuvalarının üst üste çakışması ile sonuçlanmaktadır. Özellikle yan çapı küçük kesici kafalarda ağır hizmet tipi keski tutucuların kullanılması ile eşit çevresel uzaklığın

sağlanması olanaksızlaşır. Bahsedilen bu sınırlamalar nedeni ile ticari olarak mevcut kesici kafaların bir çoğunda keski arası uzaklığı eşit değildir.

### Keski Eğim Açılar

Kesici kafa üzerinde yer alan keski eğim açısı ve saptırma açısı olmak üzere iki açıya sahiptirler.

Keskinin kesici kafa dönme eksenine dik olan eksenle yaptığı açı eğim açısı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 5). Eğim açısı keskinin kesici kafa gövdesine dik konumlandırılması amacıyla uygulanan açıdır.

Saptırma açısı ise keskinin yan yüzeylerinin (gövde kısmının) kayayla temas etmemesi veya kazı yapmaması için uygulanan açıdır. Keskiye kesici kafa dönüş eksenine dik bir planda bakıldığında uygulanan açıdır. Saptırma açısı köşe keskilere ve helisin son keskesine 3-10° arasındaki değerlerde uygulanır (Rostami vd.,1993). Düz kısım keskillerine saptırma açısı uygulanmaz.

Genel ilke olarak keski kesici kafa gövdesi üzerine dik olarak yerleştirilirler. Bu nedenle kesici kafaların silindirik kısmındaki keskilere herhangi bir eğim açısı mevcut değil iken, alın keskeri ve köşe keski eğim açısıyla yerleştirilirler. Alın keskeri kesici kafanın burun kısmına yerleştirilmeleri nedeni ile 90° eğim açısına sahiptirler. Alın keskisinden sonra yer alan köşe keski kesici kafa gövdesi ile uyum içerisinde olacak şekilde (kesici kafa gövdesine dik) eğimli olarak yerleştirilirler. Yapılan laboratuvar araştırmalarında ilk köşe keski için en uygun açının (en düşük kesme kuvvetinin ve en düşük spesifik enerjinin elde edildiği açı) 70° civarında olduğu tesbit edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında her keskinin işlevinin keski eğim açısıyla önemli oranda değiştiği ve belirli bir eğim açısından düşük değerlerde burun kısmındaki keskinin performansı diğer keskiyle uyum içerisinde olmadığı saptanmıştır (Hekimoğlu ve Fowell, 1990, b).

### SONUÇLAR

Kesici kafa tasarımı galeri açma makinasının kazı performansını ve buna bağlı olarak galeri açma işleminin genel verimliliğini önemli oranda etkilemektedir. Kesici kafa tasarımı birçok parametrenin birlikte göz önüne alınması gerekli bir süreçtir. Kesilen kayacın tipi ve dayanımları, makinanın gücü, kesici kafa şekli, keski ve keski tutucu tipi göz önüne alınarak yapılacak uygun kesici kafa tasarımı kazı veriminin en yüksek düzeyde gerçekleşmesini sağlar.

Keskinin kesici kafa üzerindeki yerleşimlerinin üç eksenli koordinat sisteminde gerçekleştirilmesi, kesici kafanın imalatındaki toleransların çok düşük olması uygun bir kesici kafa

tasarımı yapılmasını zorlaştırmaktadır. Keskinin kesici kafa üzerine yerleştirilmesinden önce, bilgisayar destekli 3 boyutlu çizimlerin yapılması, imalat aşamasında ortaya çıkabilecek hataları en aza indirmekte, yapılan tasarımın imalat öncesi kontrolüne olanak sağlamaktadır. İmalat aşamasında özel olarak tasarımı edilmiş hassas koordinat ölçme cihazlarının kullanımı ve özenli bir kaynak işleminin yapılması uygun kesici kafa tasarımının gerçekleştirilmesi açısından önemli noktalardır.

### SUMMARY

Roadheaders are partial face excavation machines and were first developed in the 1950s for the mechanical excavation of coal. Their ability to excavate almost any profile opening makes them attractive to those mining and civil construction projects where various opening sizes and profiles are needed.

Currently, heavy duty roadheaders can economically cut rock up to an unconfined compressive strength of a maximum 160 MPa with favourable joint orientation. Restricted application of the machines to the hard rock cutting is the most important limitation of roadheaders.

The efficiency of the pick and cutting head is a key factor in machine design and performance of a roadheader. Better cutting head design will lead to higher productivity of roadheaders as well as less vibration and dust.

The head design process must be an interactive involving machine size and available power, and type of rock to be cut. The starting step in head design is the analysis of rock type and cuttability in laboratory conditions. Rock strength dictates the type of picks to be used as well as the pick spacing and penetration. Having chosen pick and pick box, the proper spacing, pick coordinates are determined by considering laboratory test results. Breakout pattern and force balance diagrams are the main factors contributing to the cutting head performance before field trials.

Special co-ordinate measuring devices are employed to set up pick box on the cutting head boss. Welding process has critical importance to have longer cutting head life.

The picks are distributed around the cutting head in helical array to assist loading and prevent simultaneous loading imposed by a group of picks. The choice number of cutting sequences depends on both the size and capacity of the machine and the job expected of it. The number of starts can be changed to find optimum number of picks. Arrangement of starts known as the lacing pattern can be classified into four, according to angle of wrap namely 120°, 180°, 240°, 360° or 776°.

Allocation of the cutters on the head is controlled by line spacing and circumferential spacing. Spacing of adjacent tools is of importance since this influence the level of pick forces and accounts for the cutting efficiency. During cutting, picks act in conjunction with one another in a cutting array so that the action of each pick is influenced by others. Efficient cutting is achieved through the maximum use of breakout, and picks spacing should be designed so as to continually repeat the cutting sequence that produces it. For a particular rock type, there will be an optimum spacing at which breakout occurs, and it is important that this is determined before any cutting array is designed.

The tool spacing on a cutting head physically determines the total number of tools that can fit on a given head. Obviously, the wider the tool spacing the less the number of tools that can be positioned on the head. Also the number of picks to be placed on a head is a function of the head size and the number of starts. By keeping the spacing approximately constant around the cutting head periphery, vibration can be minimised during cutting.

The tilt angle is the angle that a pick subtends from the line normal to the cutting head axis. As a general rule it is recommended to place the bits perpendicular to the cutting head surface.

Because the design of cutting heads has to be carried out in three dimensions and the manufacturing tolerances are very low, computer assistance would be helpful during the design process.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

**Broomhead, M.W. and Bodkin, R.W.**, (1999); State of technology in underground mining, Proceedings of Mining for Tomorrow's World, Dusseldorf, Germany, June 8-10; 37-44.

**Çopur, H., Ödemir, L., and Rostami, J.**, (1998); Roadheaders applications in mining and tunnelling, Mining Engineer, March; 38-42.

**Evenden, M.P. and Edwards, J.S.**, (1985); Cutting theory and coal seam assessment techniques and their application to shearer design. Min. Sci. and Technol. 2; 253-270.

**Eyyubolu, E.M.**, (2000); Effect of Cutting Head Design on Roadheading Machine Performance at Çayırhan Lignite Mine, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

**Hekimoğlu, O.Z., Fowell, R.J., a**, (1990); Practical aspects of rear pick arrangement on boom-type tunnelling machine cutting heads, Min. Sci. and Technol., 10; 221-230.

**Hekimoğlu, O.Z., Fowell, R.J., b**. (1990); From research into practice: In-situ studies for design of boom tunnelling machine cutting heads, Rock Mechanics Contributions and Challenges: Proceedings of the 31<sup>st</sup> U.S. Symposium, Colorado School of Mines, Golden, 18-20 June; 481-488

**Hurt, K.G., MacAndrew, K.M.**, (1981); Designing roadheader cutting heads, The Mining Engineer, September; 167-170.

**Hurt, K.G., Morris, C.J., MacAndrew, K.M.**, (1982); The design and operation of boom tunnelling machines cutting heads. In; Baumgartner (Editor), Proc. 14th Can. Rock Mechanics Conf., (Vancouver, May) Can. Inst. Min. Mech.;54-58.

**Hurt, K.G., MacAndrew, K.M., Morris, C.J.**, (1988); Boom roadheader cutting vibration: Measurements and prediction. In: Proc. Conf. Applied Rock Engineering (Newcastle Upon Tyne);89-97.

**Rostami, J., Neil, M.D., Ödemir, L.**, (1993); Roadheader Application for the Yucca Mountain Experimental Study Facility. Final Report for Raytheon Services, Nevada Yucca Mountain Project Las Vegas, Nevada, October.

Yayı na Geliş – *Received* : 04.03.03

Yayı na Kabul- *Accepted* : 29.04.03