

*Kazılabilirlik Tayininde*  
*Aşınma ve Aşınma indeksleri*  
Abrasivity and Abrasivity Indices for  
Determination of Excavability

Halil ARI (\*)

ÖZET

Bu yazıda, kazılabilirliği ve keski aşınmasını etkileyen kayaç özellikleri ile aşınma indeksleri ve bu indeksleri belirlemede kullanılan yöntemler tartışılmıştır.

ABSTRACT

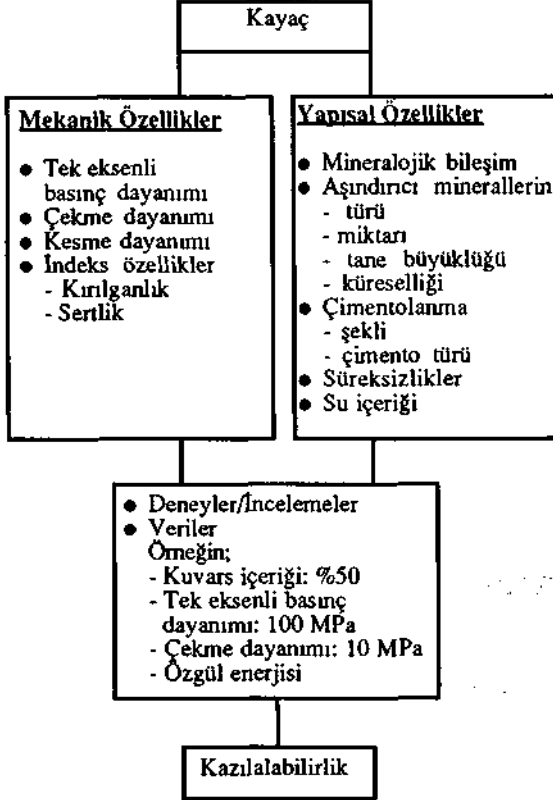
In this, article, the rock properties effecting cuttability and abrasion of cutting bit, are discussed. Techniques used to determine the abrasivity indices are also explained.

(\*) Öğr. Gör., H.Ü. Zong. Meslek Yüksekokulu, ZONGULDAK

## 1. GİRİŞ

Günümüzde kazı makinaları ile galeri sürme gittikçe yaygınlaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki yeraltı kömür madenciliğinde, özellikle tabanyoileri kollu galeri açma makinaları ile sürülmektedir (Boldt, 1982).

Delme - Patlatma ya da kazı makinaları ile galeri sürme yöntemleri kıyaslandığında kazı maliyeti temel kıstas olarak kabul edilmektedir. Birim zamanda kazılan kayaç miktarı olarak tanımlanan kazı hızı ise, öncelikle kayaçların kazılabilirliğine bağlıdır.



Şekil 1. Kazılabilirliği etkileyen kayaç özellikleri

Kazılabilirlik, Şekil 1'de görüldüğü üzere birkaç kayaç özelliğine bağlı, karmaşık ve tanımlanması güç bir büyüklüktür. Kayaçın hem mekanik, hem de yapısal özelliklerinin kazılabilirlik ölçütünü etkilemesi ve böylece birçok parametreye bağlı olması, bu büyüklüğün bir ölçütle ifade edilmesini güçleştirmektedir.

Kayaç özellikleri dışında, kazı makinasının kesme gücü, keski konumu, keski tipi gibi makina tekniği ile ilgili parametreler de kazılabilirliği etkilemektedir. Kazı makinası tasarımında



Şekil 2. Kazılabilirlik ve kazı makinası akım şeması

ya da seçiminde, kayaç özellikleri yanında bu parametreler de dikkate alınmakta ve ekonomik çalışma hedeflenmektedir (Şekil 2).

Kayaçların kazılabilirlik tayini için birçok yöntemler geliştirilmiş ve bunların yardımıyla elde edilen ölçütler kazılabilirlik tayininde kriter olarak kullanılmıştır. Örneğin, kayaçların özgül enerji değeri, tek eksenli basınç ve çekme dayanımı, Schmidt sertliği değeri, konik delici sertliği değeri, Shore sertliği değeri, darbe dayanımı indeksi, kuvars miktarı gibi ölçütler bunların başında gelmekte olup kazılabilirlik tayininde uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Ancak, bunların hiçbirinin tek başına güvenilir bir ölçüt olmadığı, artık herkes tarafından kabul edilmektedir. Bu nedenle, kazılabilirlik tayininde birkaç ölçütün birarada yorumlanması önerilmektedir (Bilgin, 1989).

Öte yandan keski aşınması ile ilgili indeksler yardımıyla da kazılabilirlik tayinleri yapılmaktadır. Cerchar, Schimazek aşınma indeksi ve blok kesme yöntemi ile elde edilen indeksler bunların başında gelmektedir. Hatta, Alman araştırmacılar Schimazek ve Knatz (1976) tarafından geliştirilen aşınma indeksinin (Schimazek aşınma indeksi) kazılabilirlik tayininde, genelde tek başına yeterli olduğu ileri sürülmektedir.

## 2. KESKİ AŞINMASINI ETKİLEYEN KAY AÇ ÖZELLİKLERİ

Aşınma, kazı esnasında kayaçların keski-ler tarafından koparılması sırasında meydana gelmektedir. Yüksek aşındırıcı özelliğine sahip kayaçlar, kısa zamanda keski-lerin körlenmesine ve körelen keski-lerde çapraz kuvvetlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu durum, bir yandan keski tüketimini artırmakta, diğer yandan kazı verimini düşürmekte ve dolayısı ile de kazı maliyetinin artmasına yol açmaktadır. Kazı makineleri ile galeri sürmede, birim miktar kayaç kazısı için tüketilen keski sayısı, kazı işinin ekonomik olup olmayacağı hakkında en önemli kıstastır.

Keski aşınması başta kayaç özellikleri olmak üzere; keski tipi, keskinin metalurjik yapısı, keskinin kazı esnasında ulaştığı ısı derecesi gibi etkenlere de bağlıdır. Burada, kayaç özelliklerinin aşınmadaki etkisi ele alınacaktır.

Kayaç özellikleri ile ilgili aşınmayı etkileyen parametrelerin başında kayaçtaki kuvars ve diğer aşındırıcı minerallerin miktarı, bunların ortalama tane boyutu ve kayacın çimentolanma derecesi gelmektedir. Söz konusu parametrelerin ölçütü arttıkça, keski aşınması da o denli artmaktadır (Schimazek ve Knatz, 1970 ve 1976).

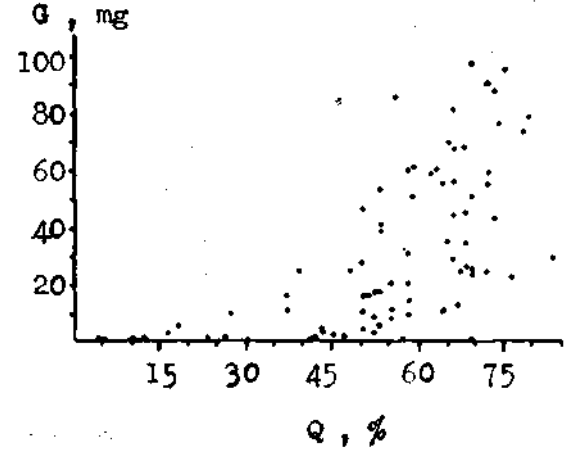
Paschen (1980) ve Altınoluk (1989) aynı görüşü paylaşmakla birlikte, kayacın çimentolanma derecesi yerine, onun tek eksenli basınç ya da çekme dayanımı ifadesini kullanmaktadırlar. Aynı araştırmacılar, dayanım özelliklerinin tek başına keski aşınmasındaki etkisinin az olduğunu ileri sürmektedirler. Ancak, yukarıda sıralanan parametrelerle birlikte değerlendirildiğinde önem kazandığı vurgulanmaktadır. Örneğin, dayanımı yüksek, ancak kuvars içermeyen kireçtaşlarında termal aşınma haricindeki aşınmaya pek rastlanmadığı belirlenmiştir.

Bunların dışında, aşınmayı etkileyen en önemli etken kayaçlardaki süreksizliklerdir. Makro süreksizlikler olarak tanımlanan çatlak ve kırıklar, keski-lerin parçalama işlemine yardımcı olmakta, dolayısıyla daha az aşınma meydana gelmektedir. Ancak, bunlarla keski-lerdeki aşınma miktarı arasında kesin bir ilişki elde etmek olası değildir. Plogmann (1979), bu konu ile ilgili yaptığı araştırmada süreksizliklerin keski aşınmasındaki etkisini vurgula-

makla beraber, güvenilir bir ilişkinin elde edilemeyeceğini savunmaktadır.

### 2.1. Kuvars içeriği ve Tane Boyutunun Aşınmaya Etkisi

Aşınma miktarı ile kayacın kuvars içeriği arasındaki ilişki, Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Aşınma miktarı (G) ile kayacın kuvars içeriği (Q) arasındaki ilişki (Schimazek ve Knatz, 1976)

Bu ilişki, farklı oranda kuvars içeren numuneler, St 50 çeliğinden imal edilmiş keski-lerle sabit koşullar altında çizildikten sonra, uçlarda meydana gelen ağırlık farkıyla kayacın kuvars içeriğinden elde edilmiştir.

Şekil 3'e göre, kuvars içeriğinin artmasıyla aşınma miktarının da artmasına karşın, bu iki büyüklük arasında doğrudan bir ilişkinin olduğu söylenemez. Kuvars oranı yüksek örneklerde farklı aşınmaların meydana geldiği görülmektedir. Mikroskobik incelemeler, bunun farklı kuvars tane boyutundan kaynaklandığını ortaya koymuştur. %70 Kuvars içeriğine sahip iki ayrı tip kumtaşından iri taneli (-0,2 mm) olanın, ince taneliye (~ 0,05 mm) göre 50 kat daha fazla aşınmaya neden olduğu saptanmıştır (Schimazek ve Knatz, 1970 ve 1976).

### 2.2. Çimentolanma Derecesinin Aşınmaya Etkisi

Bir kayacın çimentolanma derecesi, kayacı oluşturan mineral tanelerinin birbiriyle ç-

mentolanma şekline bağlıdır. Taneler birbiriy-le doğrudan ya da yan yana çimentolandığı gi-bi, bunları birbirine genelde silis, karbonat ve kil gibi mineral parçacıkları bağlamaktadır (Paschen, 1980).

Kayaçların çimentolanma derecesi doğru-dan ölçülemediğinden; kayacın tek eksenli bası-nç ya da çekme dayanımı çimentolanma de-recesinin dolaylı bir ölçütü olarak kabul edil-mektedir. Schimazek ve Knatz'a (1976) göre, taneler arasındaki çimentonun kil olması duru-munda kayaçlar, en düşük tek eksenli basınç ve çekme dayanımına sahip olmaktadırlar. Aşındırıcı mineraller arasındaki çimento zayıf ise, taneler kolay kopmakta ve keskiyi aşındı-racak zaman bulamamaktadırlar.

Keski aşınması ile kayacın çimentolanma derecesi arasındaki ilişki Şekil 4'te görülmek-tedir. Bu ilişki çimento, kuvars ve kum karışı-mından imal edilmiş numuneler üzerinde yapı-lan aşınma ve çekme dayanımı deneylerinden elde edilmiştir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi aşınma, %50 ku-vars oranına kadar hemen hemen doğrusal olarak artmaktadır. Ancak çekme dayanımının azalmasıyla — kuvars oranının artmasına kar-şın — aşınma miktarının da azaldığı görülmektedir. %30 ile %70 Kuvars oranları yakla-şık aynı aşınma değerlerini vermektedirler. Ayrıca, doğrulardaki farklı eğimler kuvarsın ta-ne boyutuna bağlı kalarak değişmektedirler. İri tanelilerde eğimin fazla, ince tanelilerde ise az olduğu anlaşılmaktadır.

### 3. AŞINMA İNDEKSLERİ

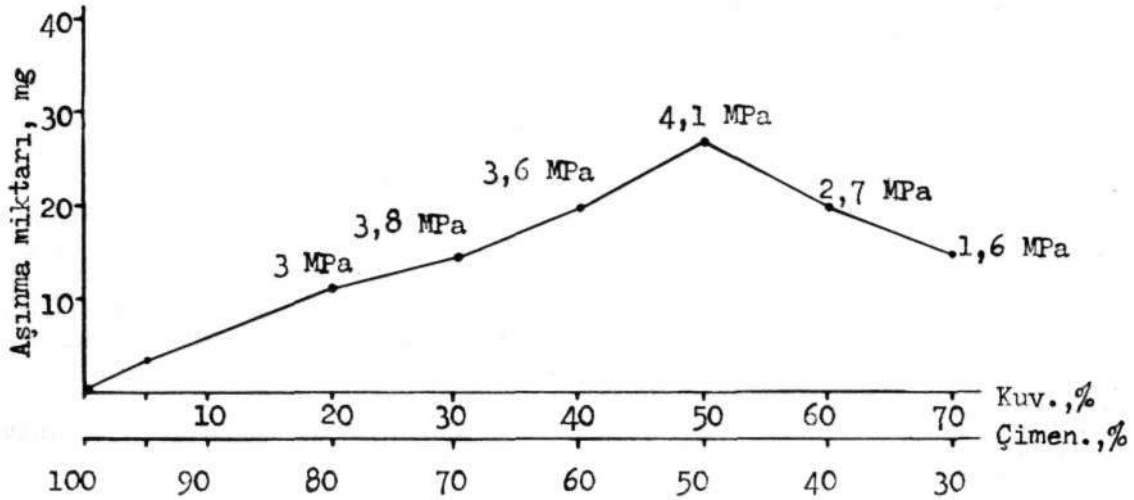
Aşınma indeksleri, birim kayaç kazısında tüketilecek keski sayısının tahmin edilmesin-de kullanılan değerlerdir. İndekslerin elde edil-mesinde farklı yöntemler uygulanmaktadır. En yaygın olanları aşağıda özet olarak verilmiştir.

#### 3.1. Delik Delme

İngiliz Kömür İdareleri'nin uyguladığı delik delme yöntemi ile aşınma deneyinde (Sziavin, 1974) ; 1380 devir/dakika hız ile dönen bir mat-kaba 623 N'luk itme kuvveti uygulanıp, 120 de-rece açılı tungsten karbid bir uçla numune üze-rinde 8 mm derinliğinde 10 delik delinir. Matka-ba bağlı bir torkmetre ve komparatör yardımı ile birim miktar kayacı delmek için gerekli spe-sifik delme enerjisini ölçmek mümkündür. Her delikten sonra uç, kayacın özelliğine göre bir miktar aşınmakta ve özgül delme enerjisi artmaktadır. Delik sayısı ile özgül delme enerjisi arasındaki ilişki çizilecek olursa, elde edilen doğrunun eğimi kayacın aşındırıcılığını verir.

#### 3.2. Blok Kesme

Newcastle Üniversitesi'nin geliştirdiği blok kesme yöntemi ile aşınma deneyinde (Bilgin, 1982); %10 kobalt içeren, 3,5 mikron tane bo-yutunda, -5 derece kesme açılı ve 12,7 mm genişliğinde tungsten karbid bir uçla, üzeri ön-ceden düzeltilmiş numune 5 mm derinliğinde



Şekil 4. Kayacın kuvars miktarı, çekme dayanımı ve aşınma miktarı arasındaki ilişki; ortalama kuvars tane boyutu 0,28 mm (Schimazek ve Knatz, 1976)

kesilir. Deney aracı olarak bir planya makinası kullanılır. Ucun birim kesme uzunluğunda, ağırlığından kaybetmesi kayacın aşındırıcılığını verir.

$$F = \frac{G}{l} \quad (1)$$

Burada:

F: Aşınma indeksi (mg/m),

G:Ağırlık farkı(mg)ve

l : Kesilen uzunluk (m)'dur.

### 3.3. Daire Çizme

Çekoslovakya Kömür Araştırma Kurumu tarafından geliştirilen daire çizme yöntemi ile aşınma deneyinde (Paschen, 1980); 3 mm çapında bir uç, 100 N'luk bir kesme kuvvetiyle ve sabit devir sayısı ile numuneler üzerinde farklı çaplı daireler çizilir. Uçtaki ağırlıkta meydana gelen ağırlık farkı çizilen yol uzunluğuna bölünerek aşınma indeksi elde edilmektedir.

$$F = \frac{G}{l} \quad (2)$$

Burada:

F<sub>v</sub> : Aşınma indeksi (mg/m),

G : Ağırlık farkı (mg) ve

l : Çizilen yol uzunluğu (m)'dur.

### 3.4. Cerchar Aşınma indeksi

Fransa Kömür İşletmeleri tarafından geliştirilen (Cerchar) aşınma deneyinde (Beckerve Lemmes, 1984); numuneler, uçları 90 derece konik, çekme dayanımı 2000 N/mm<sup>2</sup> olan kes-kilerle ve 70 N'luk kesme kuvvetiyle 10 mm çizilir. Keski ucunda meydana gelen aşınma yüzeyinin çapı, aşınma indeksi olarak belirlenir. Yüzeyin 1/10 mm'si birim aşınma olarak kabul edilir. Değerler birimsiz olarak kullanılır. Aşın-

Çizelge 1. Karbonifer Kayaçların Cerchar Aşınmaya Göre Sınıflandırılması (Beckerve Lemmes, 1984)

Kay aç Türü	Cerchar Aşınma indeksi
Kiltaşı	0,1-0,2
Silttaşı	0,3-1,1
Kumtaşı (yumuşak)	0,7-3,3
Kumtaşı (sert)	1,8-3,8
Konglomera	2,4-3,9

ma değerleri düşük olduğundan ölçüm mikroskop altında yapılır. Çizelge 1'de Cerchar yöntemine göre Karbonifer kayaçların sınıflandırılması görülmektedir.

### 3.5. Schimazek Aşınma İndeksi

Alman Maden Araştırma Kurumu'nda (Bergbau - Forschung GmbH) Schimazek ve Knatz (1976) tarafından geliştirilen aşınma deneyinde; St 50 çeliğinden imal edilmiş, uçları 90 derece konik ve 3 mm'ye kadar köreltilmiş kes-kiler kullanılır. Özel bir makinada numuneler, 45 N'luk kesme kuvvetiyle 16 metre Archimed Spirali çizilir. Uçlarda meydana gelen ağırlık farkı, aşınma indeksinin fonksiyonu olarak kabul edilir. Aşınma indeksi ise, aşağıdaki 3 numaralı eşitlikten elde edilir.

$$F = Q \cdot d \cdot Ot \quad (3)$$

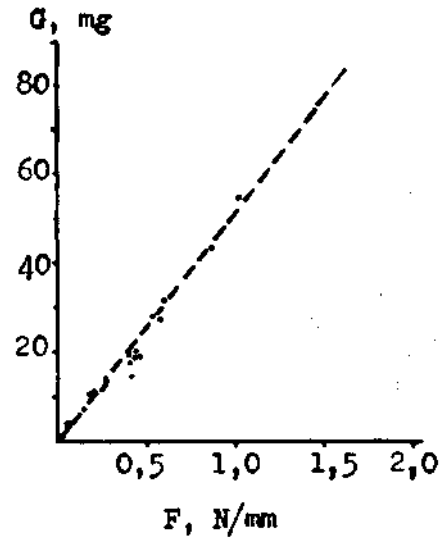
Burada :

Q : Kayacın kuvars içeriği (%),

d : Ortalama kuvars tane boyutu (mm),

at : Kayacın çekme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>) ve

F : Aşınma indeksi (N/mm)'dir.

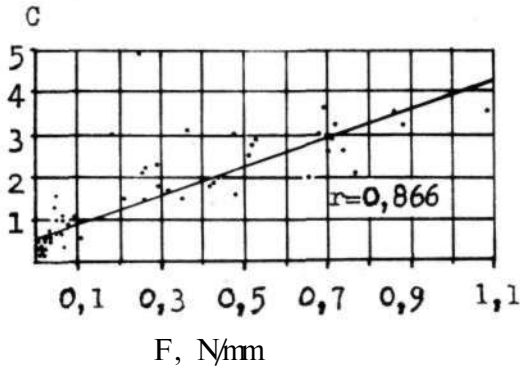


Şekil 5. Aşınma miktarı (G) ile aşınma indeksi (F) arasındaki ilişki (Schimazek ve Knatz, 1976)

Keski ucunda meydana gelen aşınma miktarı ile aşınma indeksleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Bu nedenle bu indeks, kazılabilirlik tayininde ölçüt olarak kullanılmaktadır. Keski aşınmasını temel alan bu ölçüt, kazı makinaları ile galeri

sürmede güvenilir bir kıstas olarak kabul edilmektedir. F. Almanya'da, aşınma indeksi 0,5 N/mm'nin altında olan kayaçların kollu galeri açma makineleri ile ekonomik olarak kazıldığı ileri sürülmektedir (Plogmann, 1979; Wild, 1986).

Becker ve Lemmes (1984), yaptıkları laboratuvar çalışmalarında Schimazek aşınma indeksi ile Cerchar aşınma indeksi arasında iyi bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır (Şekil 6).



Şekil 6. Schimazek aşınma indeksi (F) ile Cerchar aşınma indeksi (C) arasındaki ilişki (Becker ve Lemmes, 1984)

#### 4. SONUÇ

Keski aşınması, kazılabilirlik tayininde önemli kıstaslardan biridir. Keski aşınmasının bir göstergesi olarak kabul edilen aşınma indeksleri, kazılabilirlik tayininde sıkça kullanılmakla beraber, tek başlarına ölçüt olarak yeterli gelmemektedir. İndeksler laboratuvarda çatlak içermeyen örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarından elde edilmektedir. Yerinde kazı esnasında tüketilen keski sayısı arasında ilişki kurularak ekonomik sınır yaklaşık olarak saptanmaktadır. Kazı verimi saptamasında diğer ölçütlere de gereksinim duyulmaktadır. Ancak, bunlardan Schimazek aşınma indeksi, kayaçların hem petrografik, hem de dayanım özelliklerini içerdiğinden, bu ölçütün genelde tek başına yeterli olduğu ileri sürülmektedir.

#### KAYNAKLAR

- ALTINOLUK, S., 1989; "Tünel Açma Makinalarında Kazıcı Uçların Aşınmalarına Etki Eden Faktörler ve Etkileri", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, Ankara, s. 285 - 304.
- BECKER, H. ve LEMMES, F., 1984; "Gesteinsphysikalische Untersuchungen im Streckenvortrieb", Tunnel 2/84, s. 71-77.
- BILGIN, N., 1982; "Zonguldak Kömür Havzasındaki Formasyonların Jeomekanik Özelliklerinin Burgu Davranışlarına Etkisi", Türkiye 3. Kömür Kongresi, Zonguldak, s. 95-109.
- BILGIN, N., 1989; "İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği", Birsen Yayınevi, İstanbul, 192 s.
- BOLDT, H., 1982; "Entwicklung und erste Betriebserfahrungen mit einer Teilschnittvortriebsmaschine im Gesteinsstreckenvortrieb", Glückauf 118 (1982) Nr. 3, s. 127-137.
- PASCHEN, D., 1980; "Petrographische und Geomechanische Charakterisierung von Ruhrkarbongesteinen zur Bestimmung ihres Versohleissverhaltens", Dissertation, Technische Universität Clausthal, 202s.
- PLOGMANN, N., 1979; "Die Beurteilung der maschinellen Schneidbarkeit von Kohlen - Nebengesteinen", Glückauf - Forschungshefte 40 (1979) H.4, s. 142-147.
- SCHIMAZEK, J. ve KNATZ, H., 1970; "Der Einfluss des Gesteinsaufbaus auf die Schnittgeschwindigkeit und den Meisselverschleiss von Streckenvortriebsmaschinen", Glückauf 106, s. 274 - 278.
- SCHIMAZEK, J. ve KNATZ, H., 1976; "Die Beurteilung der Bearbeitbarkeit von Gesteinen durch Schneid- und Rollenbohrwerkzeuge", Erzmetall Bd. 29, Heft3, s. 113-119.
- SZLAVIN, J., 1974; "Relationships between some physical properties of rock determined by laboratory tests", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, voll. 11, pp. 57 - 66.
- WILD, H.W., 1986; "Einsatzbereiche und Grenzen des Sprengvortriebs und des maschinelienvortriebs", Glückauf 122, Nr. 1, s. 27-34.