

Elektrohidrolik Kırmanın Ayırıcılığı

Dr. Erdoğan YİĞİT *

ÖZET:

Su altı arkının iki elektrot arasında mevcut katı cisimlerin yüzeyini takip ettiği bulunmuştur. Ayrıca iki elektrot arasında muhtelif kata cisimler varsa, tercih daha fazla geçirgenlik gösteren ve veya düz yüzler içindir. Muhtelif karakterli katı cisimlerden meydana gelen bir karışım elektrohidrolik olarak kırmaya tabi tutulursa, bu tercihli yüz takibi dolayısıyla öğütmede ayrılcılık göze çarpar. Çakmaktaşı (flint) ve Piroüt, BTint ve Granit, Kalker ve Pelsit karışımları özel şekilde yapıtaş bir kırıcıda öğütülmüşler ve neticede öğütme mahsulünün hemen hemen Pirit ve Plintten ibaret olduğu ve Miyük bir kalker zenginleşmesi gösterdiği görülmüştür.

SUMMARY:

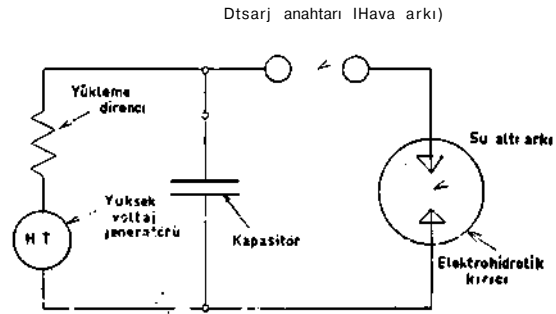
The discharge path of an underwater Spark was found to follow the surface of solids between the electrodes. If there are various solids between the electrodes, preference is for surfaces of greater conductivity and or smoothness. If a mixture consisting of solid of different character is subjected to electrohydraulic comminution, this preferential surface tracking result in selective breakage. Mixtures of Pyrrhotine with Flint, with Granite and Limestone with Felsite fed to an electrohydraulic crusher of special design gave crushed products consisting almost exclusively of Pyrrhotine and Flint and mostly of Limestone respectively.

Elektrohidrolik kırma hakkında şimdiye kadar bir çok neşriyat yapılmışsa da (1, 4, 5, 6, 10) burada ilkönce bu metodun mahiyeti hakkında bir bilgi vermek faydalıdır.

Elektrohidrolik kırmada su altındaki iki elektrot vasıtasıyla bir kapasitörde toplanan elektrik enerjisi deşarj edilir ve bu deşarj esnasında iki elektrod arasındaki bir hat boyunca su plazma dediğimiz çok yüksek sıcaklık ve basınç gösteren ve büyük miktarda iyonize olmuş bir gaz haline geçer. Bu ani hacim genişlemesi çevredeki suyun ataleti dolayısıyla yüksek basınçlı şok dalgaları hasil eder. Bu şok dalgaları kimyevi bir infilâk (patlayıcı madde infilâki) sonucu meydana gelen şok dalgalarına benzer ve gene aynı şekilde bu şok dalgaları yakınlarındaki katı cisimleri parçalarlar. ,

Su altı arkını meydana getiren çok kullanılan elektrik devresi Şekil 1.de verilmiştir.

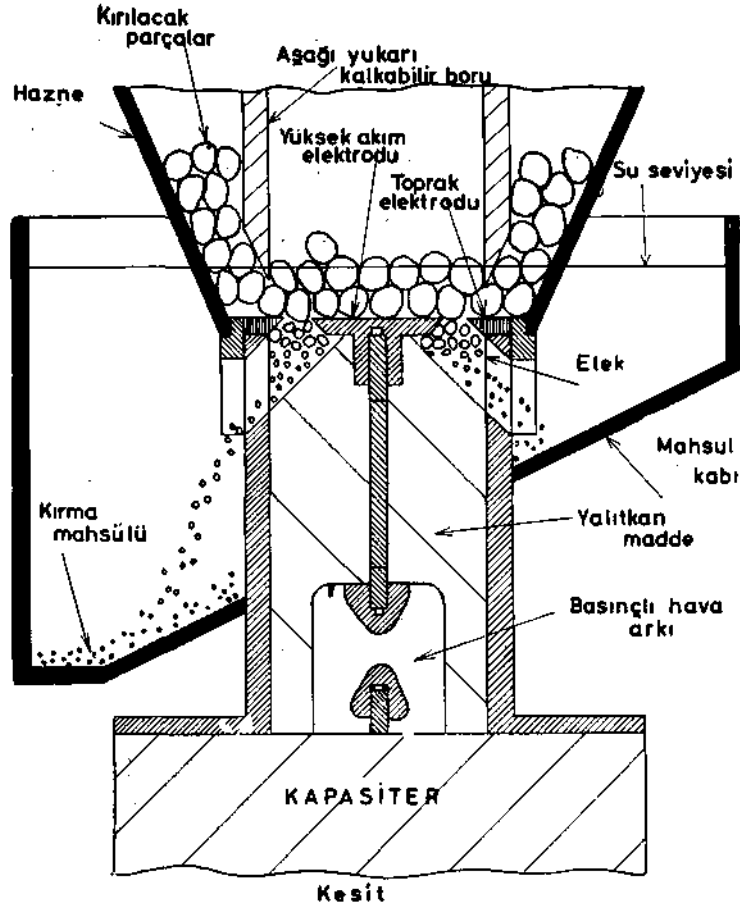
* Maden Yük. Müh. Yar. Prof. O.D.T.Ü.



Şekil:1-Elektrohidrolik kırma devresi

Su altı arkının ayırıcı özelliğinin keşfi :

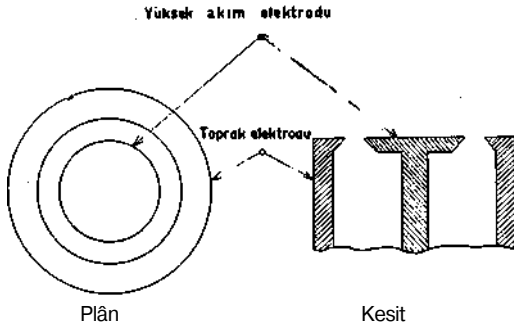
Yazarın doktora çalışmaları esnasında geliştirdiği Elektrohidrolik kırıcı ve bunun dairevi elektrotları Şekil 2. ve Şekil 3. de gösterilmiştir. Kullanılan dairevi elektrotlar elektriksel bakımdan aynı eksenlidir (koaksiyal). Bu şekilde kırma randımanını artırmak için elektrik devresinin indüktansı mümkün olan asgari hadde indirilmiştir (5,6).



Şekil 2- Elekhidrolik kırıcı (Alet dairevidir)

Mevzu bahis kırıcı ile sarfedilen enerjinin kırılacak maddelerin tane büyüklüğüyle nasıl bir bağlantısı olduğunu araştırmak için yapılan deneylerde görülmüştürki tane büyüklüğü küçüldükçe sarfedilen enerji azalmaktadır. Bu netice genellikle konvansiyonel kırmanın ampirik kaidelerine aykırı idi. İzahı ilk önce şöyle yapılmıştır. Tane büyüklüğü küçüldükçe iki elektrod arası daha sıkı

şekilde katı taneler ile doldurulmakta ve tamamen gelişigüzel yerlerde (tabii ki iki elektrod arasında) hasıl olan su altı arkının katı maddeye rastlayıp kırması ihtimali ve hasıl olan arkın müteessir olacak tanelerin adedi dolayısıyla katı madde hacmi artmaktadır. Bu gelişigüzellliği tamamiyle ortadan kaldırıp su altı arkının tamamiyle belli bir yerde olmasını sağlamak ve bu şekilde kırma randımanını artırmak düşünülmüş bunun için de Şekil 4. de gösterilen elektrodlar kullanılmıştır.



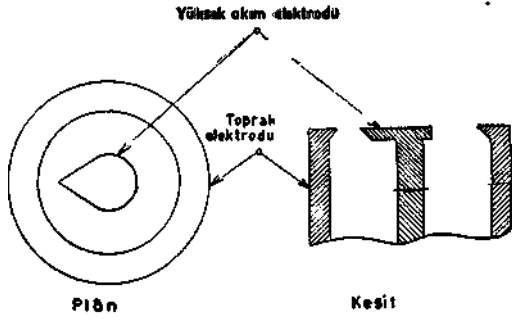
Şekil 3-Dairevi elektrodlar

Burada su altı arki iki elektrod arasındaki en kısa mesafede yani sivri uç ile karşısına gelen nokta arasında olacaktır. Kırılacak taş parçaları basit şekilde elle bu uç üzerine yerleştirilirse hasıl olacak her su altı arkının bir katı maddeye çarpıp kırma yapması garanti altına alınır.

Müteakip deneylerde görülmüştürki kırma randımanında hissedilir bir değişiklik yoktur. Bundan şu iki sonuç çıkmıştır :

1. Yukardaki tane büyüklüğünün küçülmesi ile enerji sarfiyatının azalmasının izahı şöyle yapılmalıdır :

Tane büyüklüğü küçüldükçe iki elektrod arası daha sıkı şekilde katı taneler ile doldurulacağı için hasil olan arktan müteessir olacak taneler adedi dolayısıyla katı madde miktarı artmakta ve bu şekilde şok dalgası enerjinin daha büyük bir kısmı kırmada kullanılmaktadır.



Şekil:4— Sivri uçlu dairesel elektrodlar

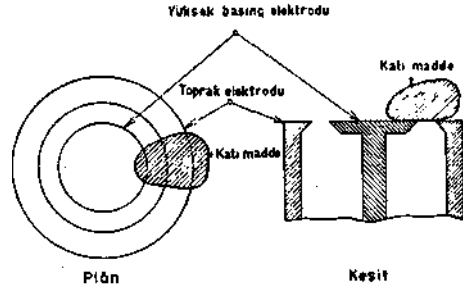
Pl Sn Kesit
Şekil:4— Sivri uçlu dairesel elektrodlar

2. Su altı arkı gelişigüzel yerlerde olmamakta ve büyük bir ihtimalle hasil olan her su altı arkı en az bir katı maddeyle temas halindedir.

2nci hususta ileri sürülen hipotezin kontrolü Şekil 2. de gösterilmiş elektrodlarla şu şekilde yapılmıştır. Elektrodlar arasında hiç bir katı cisim yokken su altı arkı izlendiğinde gelişigüzellik görülür. Bu gözle açık olarak görülür ve takip edilir, iki elektrod arasına katı bir cisim yerleştirildiğinde görülmüştürki su altı arkı muhakkak katı madde sathında olmaktadır. Bu deney şematik olarak Şekil 5. de gösterilmiştir.

Bu husus gözle takip edilebildiği gibi katı madde sathında hasil olan tesirler ile de takip edilebilir. Bu müşahedelerde daha katı olmak için hazırlanmış rezin kum karışımından meydana gelen düz sathlı sentetik taşlarla müteakip deneyler yapılmıştır (6).

Bu taşların sathında arkın hasil olduğunu gösteren deliller görülen mekanik tesirler

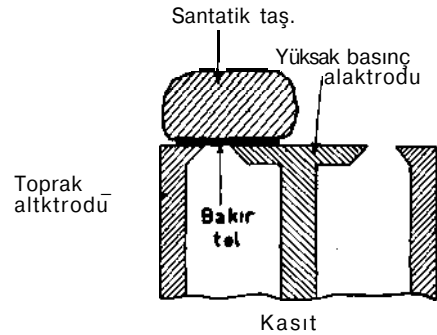


Şekil:5- Su altı elektrodları arasında geçirgen olmayan bir katı madde yerleştirilmesi.

(çatlaklar, vs.) ve sentetik taşın sathında arkın meydana geldiği yerde rezinde görülen yanma emaresidir. Bilhassa bu yanma emaresi su altı arkının doğrudan doğruya katı maddenin sathını takip ettiğini göstermektedir.

Bu husus aşağıdaki deneyle daha fazla teyid edilmiştir. Bu tecrübeye ince bir bakır teli (193 mikron çaplı) iki elektrod arasında su altında ve sentetik taş sathına değer şekilde infilâk ettirilmiştir (Şekil 6).

Bu ince tel infilâkı tekniği yazar tarafından ilk defa kullanılmış olup teferruatlı malûmat yazarın başka neşriyatında vardır (6). Genel olarak bu infilâkta hasil olan plazmanın büyük kısmı bakır buharı olup hasil olan şok dalgalarında ise bir farklılık yoktur.



Şekil:6- Elektrodlar arasında bakır tel 'infilâkı ile şok dalgaları oluşumu.

Bu infilâk sonunda sentetik taş sathında çok az bir mekanik tesir müşahede edilmiş, rezinde yanma emaresine ise hiç rastlanmamıştır.

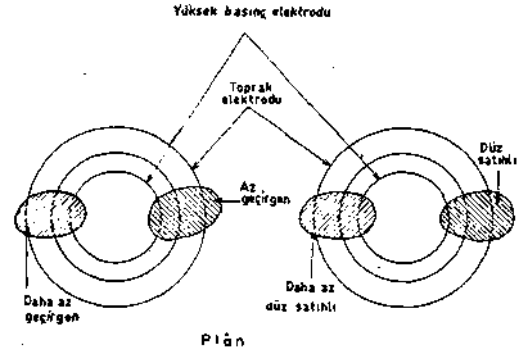
Sentetik taşta bu iki deney sonunda hasil olan tesirler aşağıdaki şekilde izah edilebilir.

1. Bakır tel infilâki halinde tel ile sentetik satıh arasında ne kadar ince olursa olsun bir su tabakası mevcuttur. Bu mevcut su tabakası bilhassa çok dalgasının makaslama gerilmelerini tamamiyle absorbe eder ki azalan mekanik tesirin sebebidir. Ayrıca bu su tabakası hasil olan ısı dalgasını da tamamiyle absorbe etmiş olup rezin sathındaki yanmanın yokluğu da bunu göstermektedir.

2. Su altı arkı halinde ise arkın sathla tam temas halinde olmasından çok dalgaları maksimum mekanik tesir husule getirmişler ve yanmada vukua gelmiştir.

Su altı arkının ayırıcılığı :

Yukarda nasıl bulunduğu etraflı şekilde izah edilen ayırıcılığı biraz daha aydınlatmak maksadıyla aşağıdaki deneyler yapılmıştır. Dairevi elektrodlar arasına değişik geçirgenlikli ve değişik satıh düzgünlüğüne katı maddeler Sekil 7 deki gibi yerleştirilmiş ve kapa-



Şekil 7- Su altı arkının değişik karekterli yüzeyleri tercihi.

sitör deşarj edilerek su altı arkları meydana getirilmiştir.

Bu deneyler sonunda bulunan sonuçlar aşağıdadır :

1. Su altı arkı daima daha geçirgen sathta husule gelmektedir.

2. Geçirgenlikte belirli bir fark olmadığı takdirde su altı arkı daima daha düz sathta olmaktadır. Çünkü düz sath su altı arkı için daha kısa mesafe temin etmektedir.

Bu sonuçlar Tablo I.de toplanmıştır.

TABLO: 1.

Muhtelif taş çiftlerinde su altı arkı ayırıcılığı

(0,1 uF, 30 kV deşarj voltajı, 1,0 cm. ark uzunluğu, kullanılan su demineralize)

Taş çifti	Su altı arkı tercihi	Teşhis
Kalkopirit ile sentetik taş ve diğer tabii taşlar (Flint, Kalker, Felsit, Kumtaşı)	Kalkopirit	Kalkopiritin geçirgenliği
Sentetik taş ile tabii taşlar (Flint, Kalker, Felsit, Kumtaşı)	Sentetik taş	Sentetik taşın sathının çok düz olması
Düzen satıhlı sentetik taş ile kaba satıhlı sentetik taş	Düzen satıhlı sentetik taş	Düzen satıh
Flint çakılları ile tabii taşlar (Granit, Felsit, Kalker)	Flint	Düzen satıh

Alınan bu kalitatif neticelerden sonra kantitatif olarak elektrohidrolik kırıcının ayırıcılığını tesbit bakımından 2-4 cm. tanelerden suni olarak yapılmış Pirotit - Flint, Flint-Granit ve Kalker-Felsit karışımları Şekil 3. de gösterilen kırıcıda belirli bir zaman öğütüldü. Bu müddet sonunda öğütülen kısım ve geride kalan öğütülmeyen kısımlarda mineraller ayrılarak ayırıcılık yüzde olarak tesbit edildi. Tablo: 2. alınan sonuçları göstermektedir.

da elektrohidrolik kırıcı olarak Şekil 2. de verilen kırıcı değil de iki sivri uçlu elektrotu olan bir elektrohidrolik kırıcı kullanılmıştır (Bu kırıcıda su altı arkı iki sivri uç arasında tesbit edilmiştir). Kırma mahsulleri fraksiyonlara ayrılmış ve bu fraksiyonlarda serbestleşen Kalker ve Serpantin ağır sıvıların da yüzdürülerek bunlara ait serbestleşme yüzdeleri tayin edilmiştir. Sonuçlar Şekil : 8 ve 9. da gösterilmiştir.

TABLO: 2.

Suni olarak hazırlanan mineral karışımlarında elektrohidrolik kırma ayırıcılığı (0,1 uF, 35 kV deşarj voltajı, ,1 cm. su altı ark mesafesi, kullanılan su demineralize, her 2 saniyede 1 deşarj)

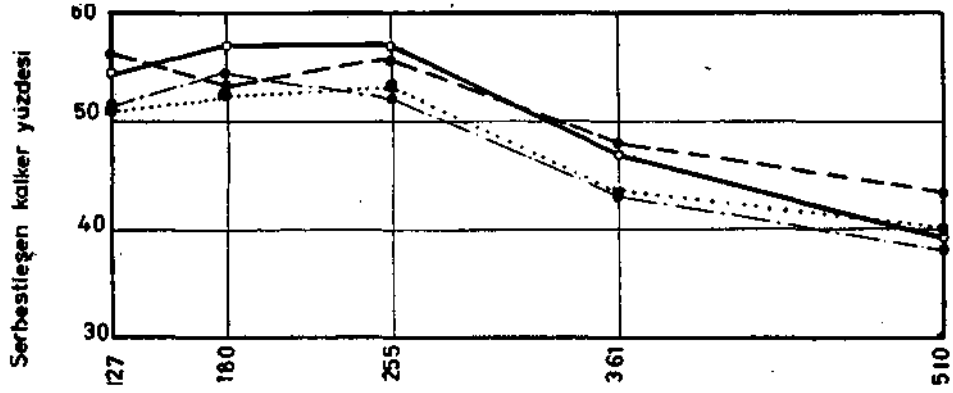
Karışım A - B	Orijinal (-30+30 mm.) % A	Mahsul (-6 mm.) % A	Muhtemel ayırıcılık sebebi
Pirotit-Flint	60,0	98,3	İki mineral arasındaki geçirgenlik farkı
Flint-Granit	50,0	98,7	Flint çakıllarının sathı çok düz
Kalker- Felsit	50,0	72,0	Muhtemel farklı sath geçirgenliği

Ayırıcı kırmanın tabii cevherlere tatbiki imkânı :

Yukarıki neticeler su altı arkının çok büyük bir ayırıcılığa sahip olduğunu göstermektedir. Yalnız burada gözden kaçırılması icap eden bir husus bu ayırıcılığın suni şekilde hazırlanmış karışımlar yani içinde serbest mineral taneleri olan karışımlar için olduğudur. İnce şekilde dissémine bir cevher bu elektrohidrolik kırıcıya verilirse su altı arkının bu cevherde bulunan bir minerali kırıp diğer minerali kırmasına veya bir mineral az kırıp diğer minerali daha fazla kırmasına pek imkân yoktur.

Bu buluş su yüzüne çıkmadan önce, yazar doktora çalışmaları esnasında, elektrohidrolik kırmanın ayırıcılığını tesbit için yine bazı tecrübeler yapmış idi (10). Bu deneylerde Piroklor - Karbonit ve bir Krom cevheri muhtelif cins kırıcılarda ve bu ara-

Yukarki neticelere göre tatbik edilen elektrohidrolik kırmanın diğer kırma çeşitlerinden pek farklı bir ayırıcılık vasfı yoktur. Yalnız burada unutulmaması icap eden husus kullanılan kırıcının ayırıcılık vasfının sivri uçlu elektrotlar kullanılması nedeni ile büyük ölçüde azalmış olduğudur. Diğer bir husus kırılmayan cevherlerin sistemden devamlı olarak alınamaması sebebi ile mevcut olan ayırıcılık vasfından da istifade edilememiş olduğudur. Bu son husus biraz izah istemektedir. Mesela muayyen adet A tanesi ve muayyen adet B tanesi kırılmak üzere sisteme alınsın. Biz bu muayyen- zaman sonunda kırılmayan B tanelerini sistemden alamazsak pek tabiidirki bu ayırıcılık vasfından istifade edemeyiz ve müteakip merhalede bu kalan B taneleri kırılır ve mahsul içinde birbirlerine karışırlar. Yukarki kırmada da pek tabii bu hal vukua gelmiştir.



Şekil:8-Ortalama tane büyüklüğü, mikron Piroklar-Karbonit cevherinde muhtelif tane büyüklüklerinde serbestleşen kalker yüzdesi

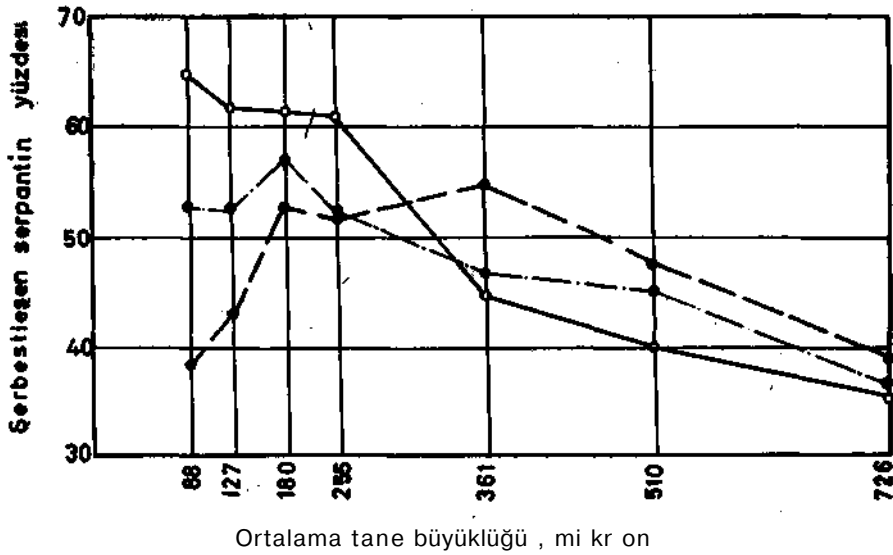
- o Elektrohidrolik kırıcı
- Çekiçli kırıcı
- o Çeneli kırıcı
- Titreşimli değirmen

Netice ve geteekte bu aynalık özelliğinden istifade imkanı :

Geliştirilen kırıcıda su altı arkının ayrıcılık vasfı çok aşikâr olarak gözükmemektedir. Mezkur kırıcı ile tabii cevherler kırılıp serbestleşme yüzdeleri araştırılmadığı için bu mevzuda bu bakımdan bir söz söylemek

için vakit henüz erkendir. Fakat teorik olarak bu özellikten istifade imkanı vardır ve bu da aşağıdaki iki şekilde olabilir.

1. Cevherler serbestleşmiş halde kırıcıya verilebilir ve elektrohidrolik kırıcı kırıcı olarak değilde bir nevi konsantratör olarak vazife görür.



Şekil: 9-Promit cevherinde muhtelif tane büyüklüklerinde serbestleşen serpantin yüzdesi

2. Cevherler elektrohidrolik kırıcıya direkt olarak verilir ve kırıcı o şekilde ayarlanır ki minerallerin serbestleşirle tane; büyüklüğü altında konsantratör olarak çalışır.

Bu arada en mühim husus yukarıdaki prosesi devamlı olarak yapacak bir elektrohidrolik kırıcının geliştirilmesidir. Bu kırıcı da istenen en mühim özellikler şunlar olmalıdır :

1. Kırıcı inkitasız çalışmalıdır.

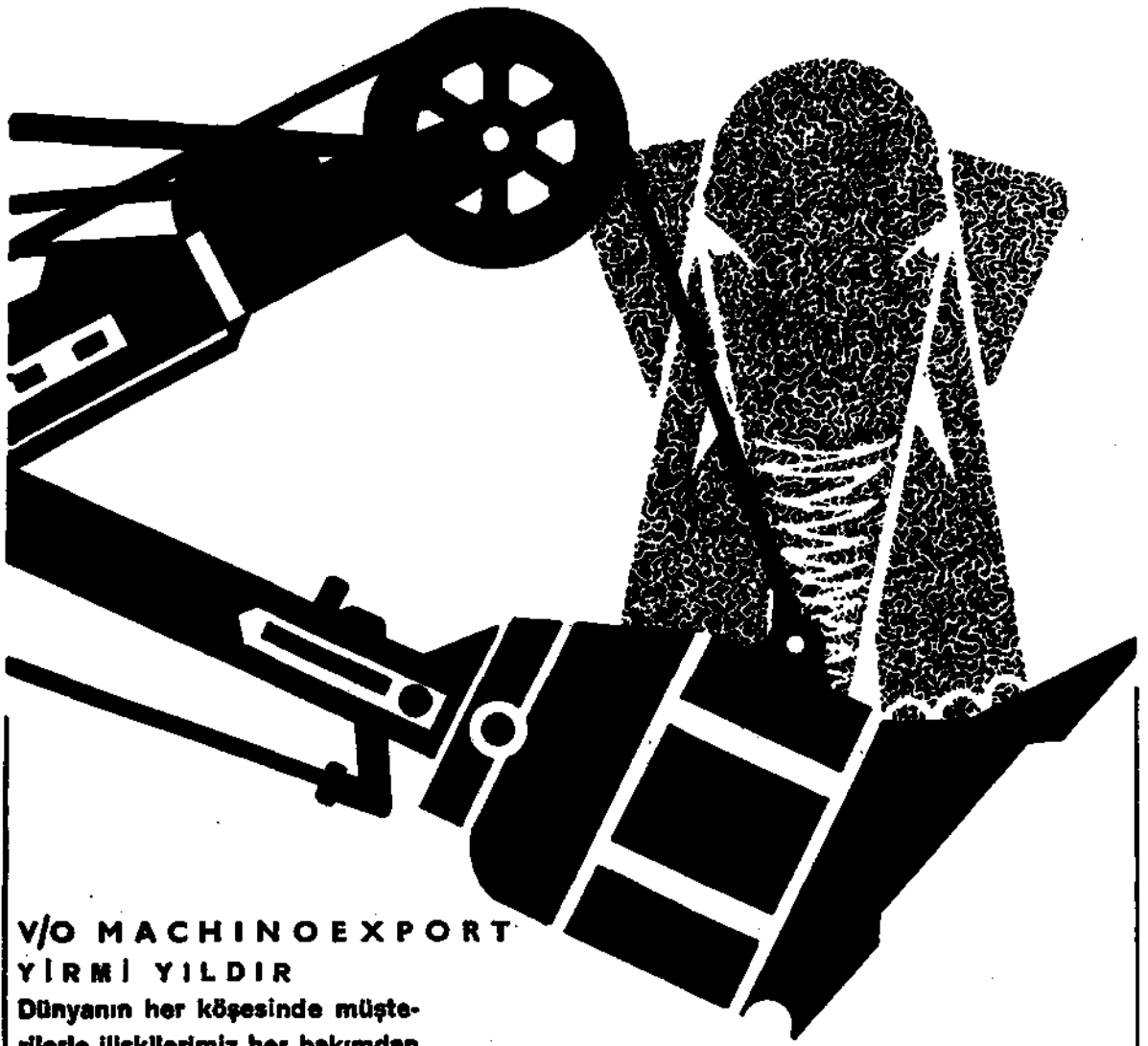
2. Kırılmayan mineral taneleri «istemden bir mekanizma ile ayrılabilmelidir.

3. Su altı arkı uzunluğu serbestleşirle tane büyüklüğünden küçük olmalıdır ki konsantratör olarak çalışabilsin.

Yazarın kanaati böyle bir kırıcının geliştirilmesinin ve ekonomik olarak çalışmasının çok güç olduğudur. Fakat zamanla bir çok imkansız sayılan şeylerin gerçekleştiği de bir hakikatdir.

REFERANSLAR

1. BERGSTROM, B. H.: The Electroydraulic Crusher, Eng. and Min. Jour. 162, (1961) Feb. 134.
2. CARLEY - MACAULEY, K. W. ve diğer : Energy Comsumption in Electrohydraulic Crushing. Trans. Ist. Chem. Engr. 44 (1966) T395.
3. COOI^ M. A.: The Science of High Explosives, Reinhold Corp.
4. FRÜNGEL, F.: High Speed Puise Technology (1965) Academic Press.
5. MAROUDAS, N. G. : A.E.R.E. M. 1261, (1963).
6. MAROUDAS, N. G., JOHNSTON, H. A., YtGfr, E.: The Mechanism of Eleotrohydraulic Crushing, (Dechema Monog. 57 (1967) 551.
7. MARTİN, E. A.: The Underwater spatk an example of gaseous conduction at about 100 000 atmosphereSj Jour. Appl. Phys. 31 (1960) 2, 255.
8. RİNEHART, J. S.: The Role of Stress Waves in the Comminution of Brittle Rocklike Materials. Int. Symp. on Stress Wave Pto-pa. in Mat. (1960), 247.
9. YİĞİT, E. ve diğer : Shape and Size Distribution of Eticrohydraulically Crushed Aggregates, Trans. Inst. Quarry, (1967), 00, 167.
10. YİĞİT, E.: Ph. D. Thesis, Londra Üniversitesi.
11. YİĞİT, E.: Yeni bir kırma tekniği . Elektrohidrolik kırma ve ufalamanın esasları, Madencilik, Mayıs 1971.



**V/O MACHINOEXPORT
YİRMI YILDIR**

Dünyanın her köşesinde müşterilerle ilişkilerimiz her bakımdan tam bir gelişme göstermiştir.

ELEKTRİKLE İŞLEYEN EKG-81 MODEL AĞIR-İŞ PALETLİ EKSKAVATÖRLER

- Özellikle, gerek kayalık arazide ağır kazma ve yükleme işlerinde, gerekse çok değişik şantiyelerde çok değişik işlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.
- Yüksek verimlilik, emniyetli işleyiş ve kumanda kolaylığı gibi meziyetleriyle benzerlerinden ayrılır.
- Her ana ve talf mekanizma için bağımsız birer doğru-akım motoruyla birlikte teslim edilmekte olup, bu motorlar bir voltaj-ayar sisteminden enerji alırlar.
- 8m³'lük ağır toprağı taşıyabilecek kapasitede bir kepçesi vardır.
- Seyir hızı saatte 0.5 km'dir

İhracatçısı :



**Moscow, V-330, USSR.
Telex : 270**

Etraflı bilgi edinmek için müracaat :

**SSCB TÜRKİYE TİCARET MÜMESSİLLİĞİ
Atatürk Bulvarı 106
Yenişehir, A N K A R A
Telefon : 12 16 80**