

Açık işletmelerde Alüminyum Granül Kullanımının Atım Pratiğindeki Rolü

The Importance of Aluminium Granuls
in Bench Blasting Practice

Taner SÜMER (*)
Mats JOHANSSON (**)
StigOLOFSUN (***)

ÖZET

Bu yazıda alüminyum granülün parçalanmaya etkisi, optimum kullanım oranı, maliyet analizi, fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Arazi deneylerinde (Bekhme ocakları, İsveç) elde edilen sonuçlar, pratikte yararlanılacak şekilde sunulmaktadır.

Optimum kullanım oranının %5 olduğu bulunmuştur. Söz konusu etkinin sağlanabilmesi için gerekli özellikler, bunların parçalanmaya etkileri, basitleştirilmiş bir maliyet analizi yöntemi ve yazarların pratik deneyleri özetlenmiştir.

ABSTRACT

In this paper, the effect of aluminium granuls on rock fragmentation, their optimum level of use, cost analysis, physical and chemical properties, were examined. The results obtained from experimentation in the field (Bekhme mine, Sweden) are presented in a form that can be used for practical purposes.

It was found that optimum level was 5%. The properties required to obtain the desired effect, their effect on fragmentation, simplified method of cost analysis and the practical experience of the authors were summarized.

(*) S.T.F.A. Teknik Ofis Şefi, LİBYA
(**) Mineraloji Müh. Nitro-Consult Araştırma Şefi, İSVEÇ
(***) Patlatma ve M.Müh. Nitro-Nobel Explosive Div., İSVEÇ

1. GİRİŞ

Alüminyum, elektrolit indirgeme ile, alüminyum grandileri ise havada atomizasyon tekniği ile elde edilmektedirler. Ticari olarak dört gruba ayrılmaktadırlar.

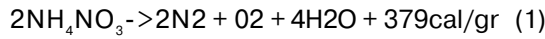
- Alüminyum granül,
- Kaplama granül,
- Atomize granül,
- Atomize kaplamalı granül.

Kullanım alanlarına göre sınıflandırma aşağıda verilmektedir.

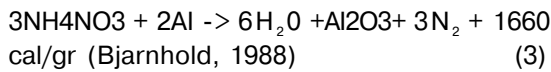
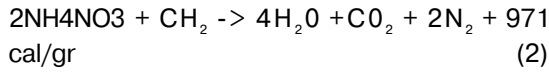
- Patlayıcı olarak % 15-20,
- Patlayıcı katkısı olarak %5-7,
- Amonyum nitratla mazot karışımında (AN-FO) verim artışı için %3 - 9,
- Sulu deliklerde ANFO yoğunluğunu artırmak için %5-8.

2. PATLATMA MEKANİZMASI

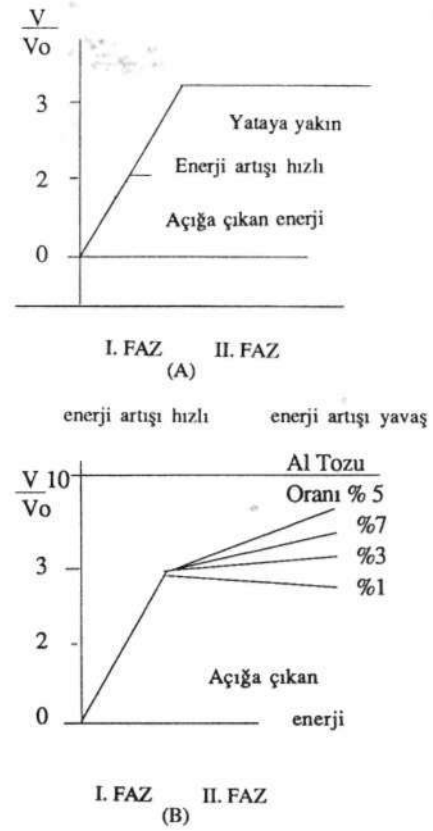
Amonyum nitrat, 68 atmosfer ya da 169,6 °C'de ekzotermik reaksiyonla çözülmeye başlar.



Bu reaksiyondan %20 oranında oksijen açığa çıkar. Bundan yararlanmak için ortama mazot, meşe kömürü ve alüminyum tozu gibi indirgen maddeler katılır, bu da açığa çıkan enerjiyi kat kat artırır.



Arazide bire bir boyutunda yapılan deneyler sonucu, patlamada delik hacmi üç katına çıktığında Şekil 1'de de görüldüğü gibi birinci faz tamamlanmakta, bundan sonra $(V/V_0) > 3$, V_0 = ilk delik hacmi, V = Son delik hacmi) enerji artmamakta ve ikinci fazda üretilen enerji, parçalanmaya yardımcı olmamaktadır. Al granülü katkısı 2. fazda açığa çıkan enerjinin parçalanmaya katkısını artırmaktadır. Bu katkı ortamdaki Al granül oranına göre değişmektedir.



Şekil 1. Patlamayla açığa çıkan enerji ile delik orijinal hacminin, patlamayla (V_0) büyüyen hacmine (V) oranı ilişkisi (Dougard, 1988; Olofsun, 1990)

Şekil 1'den kolayca görülebileceği gibi orta-ama konacak Al granül %5'i aşınca ortama verilen enerji başka şekillere dönüşmektedir ve maliyet arttığı halde parçalanmaya etkisi olmamaktadır. Bu ortak çalışma sonucu Nitro Nobel Firması, Emulite türü (Emilasyon) patlayıcılarında Al granül kullanımına son vermiştir. Yapılan deneylerde elde edilen enerji artış katkısının belirlenmesi için kullanılan Al granüllerinden en verimli olanın özellikleri 3. bölümde verilmiştir.

Al granül parçacıklarının yüzeylerindeki ufak hava kabarcıkları (10^{-2} - 10^{-4} mm) aşırı basınç etkisinde patlamayı ileten ufak kırmızı noktalara dönüşmesi ile Al granül tepkimeye girmekte, ısı ve enerji açığa çıkarmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Al granül pastan uzak tutulmalıdır (Landsdale, 1971).

3. ALÜMİNYUM GRANÜL SEÇİMİNDE GÖZ ÖNÜNDE TUTULMASI GEREKEN NOKTALAR

Patlatma deliğine ANFO ile karıştırılarak konan Al granülün beklenen kuramsal veriminin, pratikte ancak %50 - 85'i elde edilebilmektedir. Bunun nedenleri aşağıda verilmektedir.

3.1.1. Serbest Alüminyum İçeriği

Alüminyum granulier genelde ya ilk döküm metal alüminyumdan ya da ikinci el alüminyum folyeden elde edilir. Eğer alüminyum granül ilk döküm metalden elde edilir ise serbest alüminyum içeriği %92 - 98 (Cegeour, 1986) civarındadır. Eğer ikinci el alüminyum folyeden elde edilir ise serbest alüminyum içeriği %75 - 85 arasındadır.

Al granülün serbest Al içeriğinin fazla olması 3 nolu eşitlikte tepkimeye girebilir Al atomunun fazla olması demektir.

%85'lik bir Al granülden, %96'lık Al granülüne eşdeğer verim elde etmek için ağırlık olarak ortalama %25 - 30 fazla kullanılması gerektiği eldeki verilerin irdelenmesi sonucu çıkmıştır. Veriler (Gondmah, 1988), İsveç Nijelstad ocağından elde edilmiştir.

3.1.2. Özgül Yüzey

Genelde özgül yüzey, 0,1 ile 0,45 m²/g civarındadır. Özgül yüzey arttıkça granüllerde temas edebilecek 10⁻² - 10⁻⁴ mm'lik hava kabarcıkları sayısı artacak bunlar patlamanın ilerlemesi sırasında patlama işleminin sürekliliğini sağlayacak ısıl noktalarını oluşturacaktır (Landsdale, 1971).

3.1.3. Tepkime Süresi

Tepkime süresi 2 saniyeden 50 saniyeye kadar değişir. Amaç Al granülün bir an önce tepkimeye girmesidir. Bu süre $V/V_0 < 10$ sınırları içinde kaldığı sürece Al granüllerin patlamaya bir katkısı olacaktır. Bu süre dışında ise Al granüllerinin vereceği enerji, ısı ve ışığa dönüşecek fakat taşın parçalanmasına fayda sağlamayacaktır (Bjarnhold, 1988).

3.1.4. Yağ İçeriği

Al granülleri eldesinde ortamda %0,5 civa-

rında oluşan yağ, bu granülün yağ içeriği diye tanımlanır. Granüllerin yağ içeriği arttıkça granülün özgül yüzeyi azalacaktır. Bu da granülün dış ortamla atom alışverişini azaltacaktır. Aynı özgül yüzeye sahip iki tür Al granülünden yağ içeriği büyük olan Al granülün patlama tepkimesine katkısı yağ içeriği az olana göre daha az olacaktır.

3.2. Fiziksel Özellikler

3.2.1. Granülometrik Dağılım

Al granüllerin ANFO ile istenen oranda karışabilmesi için granülometresi uniform olmalıdır.

Piyasada kaliteli olarak sınıflanan Al granül granülometresi Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. İyi Bir Granül Granülometresi

ASTM ELEK NO.	%Elek üstü
30	2-8
40	4-25
140	20-30
200	50-80
325	75-95

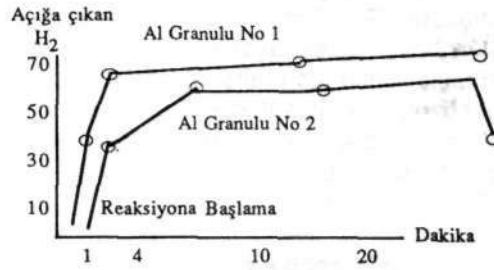
a) Normalde Al granül kullanılması tercih edilmelidir. Pul, pul Al granül kullanılacaksa, içereceği % 0,04 oranındaki demir ve %0,01 oranındaki bakır, Al taneciklerinin tepkimeye girmesini zorlaştıracaktır (Landsdale, 1971).

b) Al granüllerin teflon ve sitrik asitle kaplanmaları bunları uzun süre pastan korur ve depolanma sürelerini artırır. Fakat kaplama kalınlıkları belli bir değeri aşınca serbest yüzeyden atom alışverişi azalacağı için Al granül, enerjisinin tamamını aktif hale geçiremeyecektir.

Söz konusu kaplama kalınlığına ait standartlar ülkeler bazında değil genelde ticari şirketler bazında oluşmuştur ve lisans karşılığı aktarılırlar.

Al granüllerin yukarıda açıklanan özellikleri Şekil 2'de daha açık görülmektedir.

Eğrinin incelenmesinden de kolayca anlaşılabileceği gibi Al granül No 1'in tepkimeye girme ve enerjisini aktive etme süresi 2 nolu eşitliğe göre daha kısa olduğundan patlama sırasında $V/V_0 < 10$ sürecinde daha çok enerji açığa çıkarıp parçalanmaya daha çok katkıda bulunacaktır.



No: 1	
Serbest Atom	: % 95-96
Çap	: % 98 < 38 µm
Yağ İçeriği	: % 0,35
Özgül Yüzey Alanı	: 3,56 m ² /gr
Patlama Süresi	: 6 s
No: 2	
Serbest Atom	: % 90 - 92
Çap	: % 60 < 38 µm
Yağ İçeriği	: % 1
Özgül Yüzey Alanı	: 1,02 m ² /gr
Patlama Süresi	: 33 s

Şekil 2. Piyasada mevcut iki ayrı Al granülün özelliklerine bağlı olarak tepkimeye katılma eğilimleri

4. ÖRNEK PATLAYICI MALİYET HESABI

Üretici firmanın verdiği Al granül kullanım yüzdesine göre verim artış değerleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Probleme ilişkin veriler aşağıda verilmiştir.

Al granül fiyatı	2\$/kg
ANFO fiyatı	0,5\$/kg
Jelatin fiyatı	1,5\$/kg
Kullanılacak Al katkısı	%10
Delik çapı	102 mm (4")
Delik boyu	15 m
Toz faktörü	0,35 kg/m ³

Çizelge 2: Üretici Firmanın Alüminyum Granülün ANFO Gücündeki Etkisiyle İlgili Verileri (Landsdale, 1971)

Al Kullanım Yüzdesi	Verim Artışı	Ağırlık/Dayanım	Yoğunluk
0,0	1,00	100	0,83
2,5	1,10	110	0,85
5,0	1,20	118	0,86
7,5	1,27	125	0,87
10,0	1,38	133	0,88
12,5	1,47	139	0,89
15,0	1,55	146	0,90

Granülsüz ve Al granüllü kullanımlar arasındaki maliyet farkı ve bunun getireceği yararlar bir sonraki bölümde incelenmiştir.

ÇÖZÜM: Problem ilk önce delik bazında çözülecektir.

1) %10 Al granül katkısı kullanılıncaya verim artışı Çizelge 2'den 1,38 olacak, yani %10 Al katkı kullanılıncaya 1 yerine 1,38 ton taş çıkacaktır.

2) Delik hacmi : $3,14 (0,051)^2 \times 15 = 0,1225 \text{ m}^3/\text{delik}$

2,5 m sıkılama yapıldığında Anfo ile doldurulacak delik yüksekliği;

$$15 - 2,5 = 12,5 \text{ m}$$

delik hacmi ise;

$3,14 (0,051)^2 \times 12,5 = 0,1024 \text{ m}^3/\text{delik}$ olacaktır.

3) Sadece Anfo ve %5 Jelatin yemleme için kullanılırsa ve Anfonun yığın yoğunluğu 880 kg/ms alındığında;

$$880 \times 0,1024 = 90,1 \text{ kg/delik}$$

Anfo kullanılacaktır. Bunun %5'i yani 4,5 kg Jelatin yemleme gerekecektir. Bu değer 5 kg olarak yuvarlatıldığında, kullanılacak Anfo miktarı ise;

$$90 - 5 = 85 \text{ kg olacaktır.}$$

Sonuç olarak özetlenirse karışımda 85 kg Anfo ve 5 kg Jelatin bulunacaktır.

$$4) 85 \text{ kg Anfo} \times 0,5 \$/\text{kg} = 42,5 \text{ \$}$$

$$5 \text{ kg Jelatin} \times 1,5 \$/\text{kg} = 7,5 \text{ \$}$$

$$\text{Toplam} = 50,0 \$/\text{delik}$$

Sadece Anfo ve Jelatin kullanıldığında patlayıcı maliyeti 50 \$/delik olacaktır.

5) Buna %10 Al tozu katıldığında, delik başına ek maliyet,

$$90 \times 0,1 \times 2 \$/\text{kg} = 18 \text{ \$ olacaktır.}$$

Buna karşılık 9 kg Anfo azalacak, bu da;

$$9 \times 0,5 \$/\text{kg} = 4,5 \text{ \$ tasarruf sağlayacaktır.}$$

Bu durumda net maliyet artışı;

$$18 - 4,5 = 13,5 \text{ \$ /delik olacaktır.}$$

6) Al granül kullanıldığında toplam maliyet ise;

$$50 + 13,5 = 63,5 \text{ \$ /delik olacaktır.}$$

7) Delme düzenin 3,60 x 4,70m olduğunu varsayarsak, bir delik;

$$3,60 \times 4,70 \times 15 = 254 \text{ m}^3$$

taş verir. Bu da yaklaşık;

$$254 \times 2,4 = 61 \text{ Oton}$$

taşa karşılık gelmektedir.

8) Anfo + Jelatin kullanıldığında birim taş için patlayıcı maliyeti;
 $50/254 = 0,2\$ / m^3$ yada
 $50/610 = 0,082 \$ / ton$ olmaktadır.

9) Al granül kullanıldığında birim taş için patlayıcı maliyeti: Üretici firmanın verilerinin (Çizelge 2) doğru olduğu kabul edilirse, Al granül kullanmadan ötürü 1,38 lik verim artışıyla bir delikten üretilen taş;

$$254 \times 1,38 = 351 \text{ m}^3 \text{ ya da}$$

$$610 \times 1,38 = 842 \text{ ton olacaktır.}$$

Bu durumda birim taş için patlayıcı maliyeti;

$$63,5/351 = 0,181 \$ / m^3 \text{ yada}$$

$$63,5 / 842 = 0,075 \$ / ton \text{ olmaktadır.}$$

Bu firma verilerine göre Al granül kullanımının;

$$0,082 - 0,075 = 0,007 \$ / ton$$

kârlı olduğu görülmektedir. Bu değeri Türk Lirasına çevirirsek (1\$ = 2750 TL),

$$0,007 \times 2750 = 19,3 \text{ TL/ton olmaktadır.}$$

SONUCUN İRDELENMESİ

- Hesaplamalar sonucu ortaya çıkan 19,3 TL/ton kâr, izafi kârdır. Asıl giderleri irdelersek Al granül, ekonomik olarak en az 6 ayda bir kez alınabilir.

- Gerekli miktarı getirmek için en az 4 ay önceden 6 aylık malzeme bedeli %25'inin dolar olarak fabrikaya verilmesi,

- Malzemenin, 2 ay önce gümrüğe gelmesi ve %9 - 11 arasında gümrük ile alış fiyatının %1,5'i oranında taşıma ve sigorta bedelinin dolar olarak ödenmesi,

- Bedelin %75'i olan geri kalan bölümün, malzeme gümrüğe gelince dolar olarak ödenmesi,

- Şantiyeye nakli ve şantiyede depolaması için ayrı bedel ödenmesi gerekmektedir (personel+depo ücreti).

Yukarıdaki son altı maliyet kalemi her bir proje için farklı olacağından ayrı ayrı hesaplanıp bunun toplam maliyeti ton taşa bölünüp 19,3 TL/ton izafi kârdan çıkarılarak net kâr (ya da zarar) hesaplanır.

Bu hesap yöntemi, Al katkısı %1 'den başlayıp %10'a kadar artırılarak, her bir yüzde için yinelenen ve optimum maliyeti ya da minimum zararı veren Al katkı yüzdesi bulunacaktır. Patlatmadan sorumlu mühendis bulunan değeri, verimlilik üst sınırı (%5) ile karşılaştırıp, Al granül kullanılıp kullanılmayacağına karar vermelidir.

5. ALÜMİNYUM GRANÜLÜN PRATİKTE KULLANIM ORANLARI

Al granülün kullanım oranları Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 3. Al Granülün Kullanım Oranları

Al Granül Kullanım Yeri	Al Granül Kullanımı %	Taş Cinsi
Ata Baraj ı (Türkiye)	% 9-13	Bazalt
Barit Maden (Türkiye)	%5	Barit
Nijelsalt (İsvec)	%3	Granit

Ata Barajı'nda Al Granül kullanımının fazla olmasının nedeni sulu deliklerde Nitrat kullanmak için ANFO Al granül karışımının yoğunluğunu birden büyük bir değere yükselterek, gerekli su izolasyonu (PVC boru) içinde suda batmasını sağlamaktır. Böylece ANFO Al karışımının kullanımının hem ekonomik hemde verimli olması sağlanmaktadır.

Gondmah (1988) tarafından yapılan saha çalışmasında Al %1 -10 arasında artımlı olarak kullanılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4: Saha Çalışmalarında Elde Edilen Veriler

Al %si	Maliyet/m ³	Parçalanma S50	
1	221	60	
2	222	60	S50: Patlatmadan çıkan taşların
3	218	52	%50 sinin
4	217	47	geçtiği elek
5	217	45	çapı
7	233	44	
8	247	43.5	
10	255	43	

6. PRATİK ÖNERİLER

- Anfo ile Al granülün uniform karışımı taban şarjı olarak kullanılmalı,

- Bu karışım kesinlikle kuyu başında yapılmalı,

- Al granül karışımı Anfo, bir an evvel patlatılmalı,

- Al granül ambalajının nem geçirimsizliği sağlanmalıdır.

7. SONUÇ

Üç ayrı taş ocağında yapılmış olan maliyet ve verimlilik optimizasyonu sonucu Al granülü kullanımının ekonomik olmadığı görülmüştür. Al granül kullanılması ekonomik açıdan verimli olabilecek ocaklarda ise %5'den fazla kullanımının bir fayda vermeyeceği, ayrıca taşta fazla mikro çatlak oluşturduğu gözlenmiştir. Üretici firmanın Çizelge 4'de vermiş olduğu verim artışları değerleri %5 ten sonra fazla iyimler bulunmuştur. Ülkemizde Al granülü fiilen kullanan ocakçılarla ayrı ayrı görüşülmüş ve kendileri bekledikleri yararlılığı görmediklerini ifade etmişlerdir.

Yukarıda belirtilen olumsuz sonuçlara karşın; bu çalışmada, gerekli bilgilerin ve hesaplama yöntemlerinin mühendislere aktarılıp kararların sahada verilmesinin sağlanması amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

- BJARNHOLD, G., 1988; "Initiation and Detonation In Pre-compressed Explosives, Primer Recommendations", Nitro Nobel A.B. Swedefo.
- BJARNHOLD, G., 1988; "Practical Detonics and Fragmentation", Head of Research Dept. Swedish Detonitic Foundation.
- CEGEOUR, P., 1986; "Division Techniques Avancées", Fines Particules Aluminium 23 Rue Balzac - 5008 Paris Cedex
- DOUGARD, T., 1988; "Explosive Characteristics", Nitro Nobel A.B. Head of Training Dept., Sweden.
- GONDMAH, M., 1988; Mine Super Intendent Ghana National Manganese Corp. P.O. Box 2 Nstu - Wassaw Western Region Ghana West Africa.
- LANSDALE, R., 1971; "How Aluminum Additives Import Energy and Sensitivity to Explosives", General Manager Australia and Southeast Asia for Marton Power Shouel Cop.
- OLOFSUN, S., 1990; "Applied Explosives Technology For Construction and Mining".