

## ROLEMANIT ve FLUORIT gibi METALİK OLMİYAN MİNERALLERİN AGLOMERASYONU

H. Hayri ERTEN\* – Gülhan ÖZBAYOĞLU\*\*

### Özet

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmekte olan MAG-288 sayılı araştırma projesinin bir parçasıdır.

Bu araştırmadan amaç, gerek madencilik faaliyetleri esnasında ve gerekse zenginleştirme tesislerinden elde edilecek toz halindeki kolemanit ve fluorit cevherlerinin peletleme veya briketleme yoluyla aglomerasyona tâM tutularak endüstride kolayca kullanılabilir bir duruma getirilmelerini sağlamaktır.

Yapılan araştırmalar sonunda, kolemanit tozlarının briketleme yoluyla, fluorit tozlarının da peletleme suretiyle aglomerasyonlarının mümkün olduğu, ve özellikle fluoritin peletlenmesinde bağlayıcı olarak kolemanit tozlarının diğer bağlayıcılara göre üstünlük gösterdiği tesbit edilmiştir. Bu suretle, kolemanit tozları için yepyeni bir kullanma alanı bulunmuş olmaktadır.

### Abstract

This paper includes some of the findings during the research on "Agglomeration of nonmetallic minerals, such as colemanite and fluorspar". The project was supported by T.B.T.A.K. under the number of MAG-288.

The aim of the research was to investigate the possibility of agglomeration by pelletizing and briquetting of the fines and concentrates obtained during the mining and beneficiation of these minerals.

(\* ) Prof. Dr. M. Hayri Erten, O.D.T.Ü. Ankara.

(\*\* ) Öğretim Görevlisi Gülhan Özbayoğlu, O.D.T.U. Ankara.

As a result of studies on different types of colemanite and fluorspar ores, it was found that calcined colemanite can be agglomerated by briquetting, and fluorspar by pelletizing. It was also discovered that up to 30 percent calcined colemanite can be used as binder in pelletizing fluorspar fines and concentrates. Thus, a new field of usage may be developed for colemanite.

## 1. Genel Bilgiler ve Amaç

Metalik olmayan minerallerin aglomerasyonu üzerinde şimdiye kadar yapılmış olan araştırmalar metalik minerallere nazaran çok daha azdır. Özellikle, ekonomimizde büyük bir değeri olan kolemanit mineralinin aglomerasyonu hakkında literatürde herhangi bir referansa rastlamak mümkün olamamıştır.

Halen uygulanmakta olan madencilik usullerine göre, yataklardan ancak iri taneli kolemanit minerali istihsal edilmekte ve gerek kille karışık olan ve gerekse tane büyüklüğü itibarıyla gang minerallerinden elle ayrılabilen ince kısımlardan ise faydalanmak mümkün olamamaktadır.

Yakın bir gelecekte, flotasyon usulünün veya diğer zenginleştirme metodlarının uygulanması suretiyle şimdi atılmakta olan ince cevherlerin kurtarılması mümkün olsa bile, gerek nakliye ve gerekse kullanma bakımından ortaya yeni bir problem çıkmaktadır. Bu da, zenginleştirme tesislerinde cevherin hiç olmazsa —35 meşin (0.417 mm.) altına öğütülmüş olması ve bu incelikteki konsantrenin nakliye ve kullanma yönünden arzettiği güçlüktür.

Ayrıca, kolemanitte bulunan arseniği ve bünye suyunu gidermek için yapılan Kalsinasyon ameliyesi sonunda elde edilen —100 veya —200 meş iriliğindeki kolemanit için de yukarıda sayılan problemlerin varlığını kabul etmek gerektir.

Diğer taraftan, kolemanitin demir ve çelik endüstrisinde fluorit yerine kullanılması hususunda bazı çalışmaların yapıldığı ve patentlerin alındığı da malûmdur. Bu hal yaygınlaştığı takdirde, kullanılacak kolemanitin belirli bir tane büyüklüğünden küçük olmaması, ve toz halinde olanların da aglomerasyo-

na tâbi tutulduktan sonra kullanılması gerekecektir. Özellikle yüksek fırınlara verilecek şarjlarda toz halindeki maddelerin bulunmamasının gerekli olduğu herkesçe bilinen bir gerçektir.

Yukarda sayılan nedenler dolayısıyla, madenciliğimizin en önemli ürünlerinden birisi olan kolemanitin aglomerasyon yoluyla fiziksel özelliğinin İslahına çalışılmıştır.

Fluorite gelince; bilindiği üzere bu mineral demir ve çelik endüstrisinde eritici (flux) olarak kullanılmakta ve halen memleketimizde kullanılan miktarın büyük bir çoğunluğu dış memleketlerden ithal edilmektedir. Yurdumuzdaki fluorit yataklarının hemen hepsi bir zenginleştirme işlemini gerektirdiğinden ve madenciliğimizin bu günkü teknik bilgi ve sermaye yetersizliği karşısında bir çok fluorit madenlerimiz önemli bir faaliyet göstermemektedir.

Fluoritin zenginleştirilmesinde kullanılan en önemli metod flotasyon olup, bu usulle elde edilen konsantreler toz halinde olduğundan bunun da özellikle demir ve çelik sanayiinde kullanılabilmesi için bir aglomerasyon işlemine tâbi tutulması gerektir.

Fluorit tozlarının briket haline getirilmesinde sodyum silikat, kireç, katran, asfalt, ağır yağlar, çimento, nişasta, molas, magnezyum hidroksit ve alçı gibi bağlayıcılar kullanıldığı Stillman (1) tarafından bildirilmiştir. Pearson (2) da (%5 katran kullanmak suretiyle flotasyon konsantrelerinden gayet dayanıklı briketler yaptığını belirtmiştir. Bağlayıcı olarak asfalt kullanan Cameronun da (3) bazı şartlar altında iyi briketler yaptığı üeri sürülmüştür. Ancak, gerek katranın ve gerekse asfaltın ihtiva ettikleri yüksek kükürt nedeniyle demir ve çelik endüstrisinde pek rağbet görmeyecekleri aşikârdır.

U.S. Bureau of Mines araştırmacılarının yaptıkları peletleme deneylerinde (4) bağlayıcı olarak petrolden elde edilen organik maddelerle, selüloz endüstrisinden sağlanan selülozik maddeler kullanılmışsa da alınan neticeler pek olumlu olmamıştır. Aynı Bureau'nun yaptığı başka araştırmalarda, bağlayıcı olarak % 1.5-2 bentonit kullanmak ve peletleri 815°C de yakmak suretiyle oldukça dayanıklı peletler elde edildiği belirtilmiştir.

## 2. Etüd Sonuçları

### 2.1. Kolemanitle yapılan deneyler

Etibank Emet Kolemanit işletmesi'nde, hâlen çalışılmakta olan açık işletmedeki çeşitli cevherlerle, yeraltı ocaklarından çıkarılan ve şevke hazır durumda olan cevherden numuneler alınmıştır. Açık işletmenin her basamağından alınan numunelere ilâveten, basamaklardan atılan paşadan ve dış memleketler demir ve çelik endüstrisi için özel surette hazırlanıp ihraç edilen cevherden arta kalan tozlardan da bir miktar numune temin edilmiştir.

Alınan numuneleri tanımlamak için bunlara şu isim ve numaralar verilmiştir:

No:	Alındığı Yer
1	D Ç. ye satılan cevher tozları (—10 mm.)
2	Hisarcık açık işletmesinden atılan pasa (cevher ve toprak karışımı)
3	Hisarcık açık işletmesi 2. Basamak cevheri
4	Espey yeraltı ocağı cevheri
5	Hisarcık açık işletmesi 1 Basamak cevheri.

Laboratuvarımıza getirilen cevherler, önce 30 dakika müddetle içinde yalnız su bulunan bir bilyah değirmen kabında "attrition scrubbing\*" işlemine tâbi tutularak -J-22meş, —22/+150 meş ve —150 meş (şlam) fraksiyonlarına ayrılmış ve her fraksiyondan usulüne uygun numuneler alınarak MTA Enstitüsüne tahlile gönderilmiştir.

MTA'dan alınan tahlül sonuçlarına göre, her fraksiyonun  $B_2O_3$  muhtevası ve ağırlık bakımından verimli Tablo l'de verilmiştir.

Bu tablodan görüleceği üzere, çok basit bir yıkama işlemiyle, açık işletmeden pasa diye atılan toprakları ve parça cevherlerden arta kalan tozları zenginleştirip değerlendirmek mümkündür.

Kaba olarak yıkamağa tâbi tutulmuş bulunan çeşitli numuneler üzerinde şu deneyler yapılmıştır:

- a) Kalsinasyon deneyleri
- b) Briketleme deneyleri
- ç) Peletleme deneyleri

**Tablo 1 — Kolemanit Zenginleştirilmesi**  
(Metod: Attrition Scrubbing)

No.	Fraksiyon	Ağırlık	Ağırlık	%	% $B_xO_3$ Verimi
1	-j-22 Meş	1852	56.38	44.35	95.9
	-22 -t 150 Meş	655	19.94	33.16	2.5
	Slam (-150) Meşi	778	23.68	16.75	1.6
	TOPLAM	3285	100.00	26.06	100.0
2	+ 22 Meş	1806	32.72	41.48	71.6
	-22 +150 Meş	790	14.31	18.23	13.8
	Slam	2924	52.97	5.21	14.6
	TOPLAM	5520	100.00	18.94	100.0
3	+ 22 Meş	7100	79.53	48.78	81.6
	-22 +150 Meş	1066	11.94	47.77	12.0
	Slam	762	8.53	35.59	6.4
	TOPLAM	8928	100.00	47.53	100.0
4	+ 22 Meş	6482	74.95	48.96	79.3
	-22 +150 Meş	1130	13.06	44.96	12.7
	Slam	1037	11.99	30.73	8.0
	TOPLAM	8649	100.00	46.25	100.0
5	+ 22 Meş	3499	78.29	49.30	81.8
	-22 +150 Meş	495	11.08	47.05	11.1
	Slam	475	10.63	31.42	7.1
	TOPLAM	4469	100.00	47.14	100.0

#### 2.1.1. Kalsinasyon Deneyleri

Bağlayıcı ilâve edilerek veya yalnız suyla hamur haline getirildikten sonra, pelet veya briket haline getirilen kolemanit tozlarının 105°C de kurutulduktan sonra yeterli basınç mukavemetleri olmadığı görülmüş ve bunların 650°C civarında bir yakma işlemine tâbi tutulmaları gerektiği yapılan ilk deneylerden anlaşılmıştır. Ancak, bu deneylerde, daha önceden belirli bir sıcaklıkta kalsine edilmemiş kolemanit kullanıldığı

takdirde, hem peletlerin ve hem de briketlerin firma konur konmaz patlayıp toz oldukları görülmüştür. Bunun nedeni, pelet veya biriketler için uygulanan yakma sıcaklığında kolemanitin kristal suyunun uçmasıdır. Bilindiği üzere, saf kolemanitin kimyasal terkibi  $Ca\dot{A}Ou \cdot 5H^{\wedge}O$  olup, içinde %21.9 oranında kristal suyu bulunmaktadır.

—100 veya —200 meşe öğütölmüş çeşitli tip cevherler üzerinde yapılan kalsinasyon deneylerinde, numunelerin sabit ağırlığa gelebilmeleri için 500°C de bir saat, kalsinasyona tâbi tutulmaları gerekmiştir. Bütün bu deneylerdeki su kaybı %20'nin üstünde bulunmuştur.

#### 2.12. Briketleme Deneyleri

Briketleme deneyleri için önce Emet Hisarcık ve Espey ocakları kolemanitlerinin kaba yıkanmasından elde edilen +22 meşlik fraksiyonları, ayrı ayrı 35 meşin altına öğütölerek kalsinasyona tâbi tutulmuşlardır. Buradaki gaye, kalsinasyondan çıkan numunedeki tane dağılımını incelemek ve briket için optimum tane irüiğini tesbit etmektir. Briketleme veya peletleme işlemlerine tâbi tutulacak numunelerin çoğunluğunun ince konsantreler olacağı düşünölürse, +22 meşlik fraksiyonun en az 35 meşin altına öğütölmesinin gerekliliği ortaya çıkar. Deney için No: 5 numunesinin +22 meşlik fraksiyonu seçilmiştir.

Aşağıdaki tablo, kalsinasyondan çıkan numunedeki tane dağılımını vermektedir.

**Tablo 2 — 35 Meş Kolemanitin Kalsinasyonunun Elek Analizi Sonucu**

meş (Tyler)	Ağırlık, %	Toplam Ağırlık, %
— 35 + 48	0,6	0,6
— 48 + 65	3,7	4,3
— 65 +100	11,2	15,5
—100 +150	15,3	30,8
—150 +200	16,5	47,3
—200	52,7	100,0
Toplam	100,0	—

Görüldüğü gibi kalsinasyondan sonra numunenin sadece %4,3'ü 65 meşin üzerinde kalmaktadır. Briket için optimum tane büyüklüğünün tesbiti için kalsine edilmiş —35 meşlik fraksiyon doğrudan doğruya ve sonra da bütün numuneyi 65, 100, 150, 200 meşlerin altına öğütmek suretiyle aynı şartlarda briketler yapıp, 650° de 1 saat yakıldıktan sonra basınç mukavemetleri ölçülmüştür.

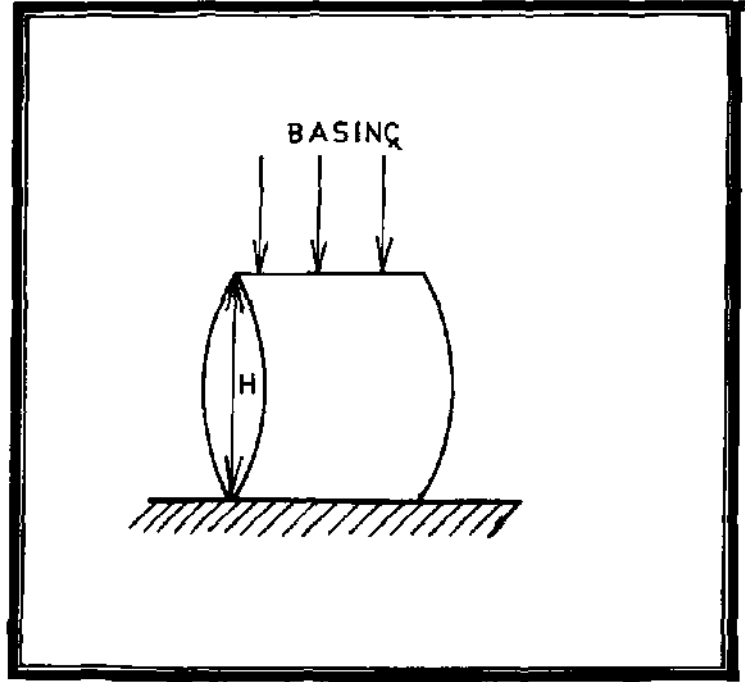
Tablo 3 — Briket Yapılacak Numunenin Optimum Tane İriliğinin Tesbiti

Tane büyüklüğü	Briketleme Basıncı, kg.mms	Bağlayıcı	Basınç mukavemeti, kg.
— 35 meş	11,4	yok	83
— 65 "	"	"	108
—100 "	"	"	168
—150 "	"	"	+220
—200 "	"	"	+220

100 kilogramın üstünde mukavemet veren briketler olumlu kabul edildiğinden, —100 meşlik numunenin briketleri optimum olarak seçilmişlerdir. Bundan som'a briketlere tatbik edilen basınçları, yakma derecelerini ve bağlayıcıları değiştirmek suretiyle diğer değişkenlerin tesirleri incelenmiştir. Briketleme işlemi sırasında, ilâve bağlayıcı kullanılsın veya kullanılsın, numune nemlendirilmekte ve çeşitli basınçlarda briketlenerek - ayrıca bir kurutma ameliyesine tâbi tutulmadan - değişik sıcaklıklarda yakılmaktadır. Fırından çıkarılan briketlerin sonra basınç mukavemetleri ölçülmektedir.

Briketlerin basınç mukavemetlerinin ölçülmesinde 2 yol takip edilmiştir. Bazı deneyler, silindir şeklindeki briketlerin paralel yüzeylerini basınç altında tutmak suretiyle yapılmış, fakat bu briketler çatladıktan sonra da ezilmeğe devam ettiklerinden, alınan sonuçlar teorik varsayımlara uymamıştır. Bunun üzerine briketler, Brazilian deneyinde olduğu gibi silindirik yüzeylerinden yüklenmiş ve ilk çatlağın meydana geldiği an deneye son verilmiştir.

ön deneylerde briketler 4 cm çapında ve 2 cm kalınlığında olmuştur da, bunların bazen kalıptan çıktıktan sonra, bazen de yüksek ısıda pişince ikiye ayrıldıkları veya yanlarından çatladıkları görüldüğünden 3 cm, 2 cm ve 1.5 cm çapında briketler denenmiş ve sonunda en iyi sonuçların 1,5 cm çapında ve aynı cm yükseklikteki briketlerle elde edildiği görülmüştür. Briketlerin basınç altında yükleme durumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 — Basınç deneylerinde briketlerin yüklenme durumu

1,5 cm çapında ve bağlayıcı kullanmadan, çeşitli basınçlarda yapılan briketlerin, 650°C de 1 saat yakılmasından sonraki basınç mukavemetleri Tablo 4'de verilmiştir.

100 meşin (0.147 mm) altına öğütülen numuneden 5,68 Kg/mm<sup>2</sup> basınç ile yapılan briketlerin yeterli mukavemet verdiği yukarıdaki Tablo 4'te görülmektedir. Ancak, yakma sıcak-



Tablo 4 — Bağlayıcı Kullanmadan Yapılan Briketlerin Basınç Mukavemetleri

Tane büyüklüğü (mey)	Briketlemede tatbik edilen basınç, kg/mm*					
	2.84	4.26	5.68	8.52	11.36	32.72
—100	52	61	108	111	168	195
—200	58	125	105	140	170	180

lığını değiştirmek suretiyle, briketlerin fırında kalma müddetini azaltmak için aynı deneyler değişik sıcaklıklarda tekrar edilmiş ve alman sonuçlar Tablo 5 de belirtilmiştir.

Tablo 5 — Yalana Sıcaklığının ve Süresinin Briketlerin Mukavemetine Etkisi

Yakma sıcaklığı v« suresi	Briketleme basıncı Kg/mm <sup>2</sup>		
	2.84	4.26	5.68
675°C, 20 dak.	102	105	156
700°C, 10 dak.	40	118	143

Bu tablodan görüleceği üzere, —100 meşlik tozdan yapılan yaş briketlerin 5,68 Kg/mm<sup>2</sup> lik (1000 Kg. yük) bir basmç altmda yapılması ve 675°C de 20 dakika yakılması suretiyle, 100 küogramın çok üstünde bir yan basınca karşı koyabilecek briketler yapmak mümkündür.

Kalsine kolemanite fuel öü, sodyum silikat, kireç, gum arabic ve bentonit katmak suretiyle yaş olarak yapılan ve 650-700°C de yakıldıktan sonra basınç deneyine tâbi tutulan briketlerin de 100 Kg.'m çok üstünde bir mukavemet gösterdikleri tesbit edilmişse de, bağlayıcı kullanmadan alman sonuçlar esasen yeterli görüldüğünden, bağlayıcılar üzerinde daha fazla durulmamıştır. Ancak, şu hususu ilâve edelim ki, bağlayıcılarla yapılan briketlerin yakmak yerine sırf havada veya 105°C de kurutulmaları yoluyla yapılan basmç deneylerinde alman sonuçlar çok düşük olmuştur.

Kolemanitin kalsine edilmeden ve yakılmadan briketlenmesini sağlamak için çeşitli bağlayıcılar üzerinde durulmuştur. Bu

arada kireç sütü, tinkal çözeltisi, borik asit ( $H_4B_3O_3$ ) ve molas denenmiş ve borik asitle yapılan deneyler en olumlu sonucu vermiştir. —100 meşe öğütülen kolemanite %5 nisbetinde su da eritilmiş  $H_3B_3O_3$  katıldığında ve sıcak bir preste  $160^\circ C$  de ve 500 Kg. basınç altında 2,5 cm çapında ve aynı kalınlıkta briketler yapıldığında, bunların 100 Kg.'ın üstünde bir basınca, dayanabüdıkları görülmüştür. Ancak, bu briketlerin yüksek ısıya dayanmadıkları ve  $400^\circ C$  de kısa bir sürede patlayarak tekrar toz haline geldikleri yapılan deneylerde görülmüştür. Peletleme ve briketlemeden esas gayenin demir ve çelik endüstrisine toz olmayan kolemanit temin etmek olduğuna göre, borik asitle yapılan briketlerin bu endüstri de kullanılmaları mümkün olmayacaktır.

### 2.1.3 Peletleme Deneyleri

Gerek bağlayıcı kullanmadan ve gerekse bağlayıcı olarak fuel oU, bentonit, Portland çimentosu, sodyum silikat, motor yağı, gum arabik, fluorit, ve kireç kullanmak suretiyle —100 veya —200 meşe öğütülmüş çeşitli kalsine Emet kolemanitinden yapılan ve  $105^\circ C$  de 2 saat kurutulduktan sonra  $650-700^\circ C$  de 10, 20, 30 ve 60 dakika müddetle yakılmak suretiyle peletler, genellikle yeterli bir basınç mukavemeti göstermemişlerdir. Isı,  $700^\circ C$  nin üstüne çıktığında gayet gözenekli fakat basınç mukavemeti çok düşük peletler elde edilmiştir. Peletlere bağlayıcı olarak %5 fuel oU ilâve edildiği ve kurutulduktan sonra  $680^\circ C$  de 60 dakika yakıldığında, ortalama 55 Kg. hk azamî bir basınç mukavemeti bulunmuştur. Diğer taraftan, kalsine edümeden —100 meşe Öğütülen kolemanite, yukarda sayılan bağlayıcılara üâveten borik asit ve molas katılmak suretiyle yapılan peletlerin sırf  $200^\circ C$  de 2 saat ısıtılmasından sonra da basınç mukavemeti çok düşük olan peletler elde edilmiştir.

## 2.2 Muoritle Yapılan Deneyler

Deneylere ilk olarak aşağıda analizi gösterilen yüksek tenörlü fluorit tozlarıyla başlanmış ve —100 veya —200 meşe öğütülen tozların, peletleme ve briketleme yoluyla aglomerasyonuna çalışılmıştır.

Kullanılan numunenin MTA Enstitüsü'nde yaptırılan analizi şöyledir:

CaF <sub>2</sub>	=	% 88.92
SiO <sub>2</sub>	=	% 2.50
CaCO <sub>3</sub>	=	% 7.49

### 2.2.1 Peletleme Deneyleri

Bu deneyler, bağlayıcı kullanmadan ve bağlayıcı olarak çimento, fuel oil, kireç, sodyum silikat, bentonit ve kalsme köle\* manit kullanmak suretiyel tekrar edilmiştir.

Bağlayıcı kullanmadan ve % 15-20 su ilâvesiyle yapılan peletler yeteri kadar basınç mukavemeti göstermediğinden bağlayıcı kullanmanın zarureti ortaya çıkmıştır.

Diğer taraftan, çimento, fuel-oil, kireç ve sodyum silikat gibi bağlayıcılar da genellikle olumlu sonuç vermemiştir.

Bağlayıcı olarak bentonit veya kolemanit kullanmak suretiyle yapılan peletlerin 105°C'de kurutularak 1150°C'de yakılmasıyla oldukça mukavemetli peletler elde edilmiştir.

Tablo 6'da çeşitli bentonit yüzdeleriyle —200 meşlik fluorit tozlarından yapılan peletlerden elde edilen deney sonuçları gösterilmiştir. 850°C ile 1250°C arasında yapılmış olan deneylerde en iyi sonuçların 1250°C'de alındığı görüldüğünden yalnız bu sıcaklığa ait mukavemetler tabloda verilmiştir.

**Tablo 6 — Bentonitli Fluorit Peletlerinin Basınç Mukavemetleri**

Bağlayıcı % Bentonit	Yalana ısısı °C	Yakma süresi dak.	Ortalama basınç mukavemeti kg
1.0	1150	10	69
1.5			89
2.0			100
3.0			136
5.0			140
7.5			128
10.0			108

Tablodan görüldüğü üzere her ne kadar %5 bentonitle âzami basınç mukavemeti elde edilmişse de, 100 kg'lık bir mukavemet için %2 bentonit yeterli görülmektedir.

—200 meş fluorit yerine —100 meş fluorit kullanıldığında genellikle peletlerin basınç mukavemeti düşmüştür. Örneğin %5 bentonitle elde edilen âzami mukavemet 95 kg olmuştur.

—200 meş fluorite, bağlayıcı olarak çeşitli oranlarda yine —200 meş kalsine Emet Hisarcık ocağı kolemaniti katılarak yapılan ve 105°C'de kurutulduktan sonra çeşitli sıcaklıklarda 10 dakika yakılarak meydana getirilen peletlerin basınç mukavemetleri ise Tablo 7'de belirtilmiştir.

Tablo 7 — EolemanitU Fluorit Peletlerinin Basınç Mukavemetleri

Sıcaklık (CO)	SÜie (dak.)	% K o l e m a n i t									
		1	2	3	5	7,5	10	15	20	25	30
1050	10	72	66	108	135	119	112	52	E r i d i		
»50	10	37	63	87	123	106	122	110	137	116	125

Bu tablodan anlaşılacağı üzere, fluorite %5'ten %30'a kadar kolemanit katmak ve 950°C'de 10 dakika yakmak suretiyle, basmç mukavemeti 100 kg'ın üstünde olan peletler yapmak mümkündür.

Lâboratuvarımızda yapılmış olan peletlerin büyüklükleri 6 mm ile 25 mm arasında değişmiştir. Yapılan basmç deneylerinde, genellikle 6-12 mm büyüklüğündeki peletlerin çok büyük peletlere göre daha yüksek basmç mukavemeti gösterdiği tesbit edilmiştir. Her basmç deneyi sonucu, asgari üç peletin basınç mukavemetinin ortalaması olarak alınmış olup, iri peletlerin çoğunlukta olduğu deneylerdeki bazı sonuçlarda anormallikler görülmüştür. Ancak, 100 kg'ın üstünde bir basınç mukavemeti veren bütün deney sonuçları "geçerli" görüldüğünden, pelet büyüklüğünün meydana getirdiği anormallikler üzerinde durulmamıştır.

—200 meş fluorit yerine —100 meş fluorit kullanmak ve bağlayıcı olarak %5 ve %20 oranlarında yine —100 meş kalsine kolemanit ilâve etmek suretiyle yapılan peletlerin 950°C'de 10 dakika yakılmasıyla, Tablo 8'de gösterilen rakamlardan biraz düşük olmakla beraber yine de 100 kg'ın üstünde bir pelet mukavemeti elde edilmiştir. Şu halde, pelet için kullanıla-

cak tozların —100 meş veya —200 meş inceliğinde olmasının yapılan peletlerin mukavemeti bakımından pek Önemli olmadığını söylemek mümkündür.

### 2.2.2. Briketleme Deneyleri

—100 ve —200 meş'e öğütülen fluorit tozlarına yalnız %10 kadar su ilâve etmek suretiyle, 5,68, 11,4 üâ 22,8 kg/mm<sup>2</sup> arasında değişen basınç altında yapılan briketlerin 750-1150°C arasında 10 - 60 dakika yakılmalarıyla elde edilen briketler genellikle 100 kg'ın altında bir yan basınç mukavemeti göstermişlerdir.

Fluorite katılan bağlayıcılardan sodyum silikat, fuel-oil ve çimento gibi maddeler olumlu bir sonuç vermemiş, buna karşılık bentonit ve kolemanitle yapılan briketler çok yüksek basınç mukavemeti göstermişlerdir. Örneğin %2,5, %5, %7,5 ve %10 bentonitle yapılan deneylerden, %2,5 bentonit ve 5.7 kg/mm<sup>2</sup> basınç (1000 kg yük) kullanmak ve 1150°C'de 10 dakika yakmakla 200 kg'a yakın bir yan basınca karşı koyan briketler yapmanın mümkün olduğu görülmüştür. —100 meş fluorit tozlarıyla çalışıldığı takdirde hem bentonit yüzdesini ve hem de briketleme basıncını artırmak gerekmiştir.

—200 meş fluoritin briketlenmesinde de %2.5 ile %25 arasında kalsine kolemanit kullanılabileceği yapılan deneylerden anlaşılmıştır. Bu yüzdelerdeki kolemanitle yapılan bütün briketler 950°C'de 10 dakika yakıldıklarında asgari 100 kg'lık bir basınca karşı koymuşlardır, örneğin %25 kolemanitle ve 5.7 kg/mm<sup>2</sup> basınç kullanarak, ortalama 178 kg'lık yüke dayanan briketler yapılmıştır.

—200 meş yerine —100 meş fluorit kullanıldığında da 100 kg'ın çok üstünde dayanıklığı bulunan briketler yapılmıştır.

Fluorite bağlayıcı olarak ilâve edilen kolemanitin 950°C'de yakılan peletler içindeki durumunu incelemek üzere, çeşitli X-ray deneyleri yaptırılmış ve bu deneylerden, kolemanitin fluoritin kristal yapıya bir etkisi olmadığı görülmüştür. Diğer bir deyişle, %30'a kadar kolemanit ihtiva eden fluorit peletlerinde büe, fluorit ve kolemanit orijinal özelliklerini muha-

faza etmişlerdir. Bunun sonucunda, kolemanitle fluoritin fiziksel olarak birleştikleri kanaatine varılmıştır.

ince kesitlerin mikroskop altında incelenmesi de X-ray yoluyla bulunan neticeleri doğrulamıştır.

### 2.3. Flotasyon Deneyleri

Şu ana kadar olan deneylerde, toz haldeki, zengin orijinal fluorit ve kolemanit cevherleri kullanılarak onların peletleme ve briketleme imkânları ve şartları incelenmiştir. Her bir cevher için uygun şartlar tesbit edildikten sonra, numunelerin flotasyon konsantresi olmaları halinde, kullanılan reaktiflerin aglomerasyon metodlarına olan etkilerini incelemek için bilhassa düşük tenörlü fluorit ve kolemanit cevherleri flotasyona tabi tutulmuş ve orijinal cevherlere tatbik edilen şartlarda pelet ve briketler yapılmıştır.

#### 2.3.1. Kolemanit Cevherinin Flotasyonu

Bilindiği gibi kolemanit cevherlerinin flotasyonunda yağ asitleri (oleik asit, R-710, R-723 vb.), sülfonatlar (R-825, R-801, Turkey Red Oil vb.), kerozen, naftenik asit ve fuel-oil gibi reaktifler tek tek veya karışımlar halinde ilâve edilerek kolemanit minerali gang minerallerinden ayrılmaktadır (5).

Flotasyon için, No. 2 (+22 meş) adlı numune önce 35 meş'in altına öğütülüp, sifon etmek suretiyle ince fraksiyonundan ayrılmıştır. Sonra pH'ında, 500 gr/t R-825 ve 85 gr/t Naftenik asit üâvesiyle kolemanit yüzdürülmüştür. Bu şekilde cevherin tenörü %41.4 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den %48.8 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'e çıkarılmıştır.

Aynı şekilde 2400 gr/t R-710 ve kerosene ile yapılan flotasyondan %53.8 BaOs'lük konsantreler elde edilmiş, kurutulmuş konsantreler kalsinasyona tabi tutularak bunlara da briketleme ve peletleme uygulanmıştır.

R-710 flotasyon konsantresi —200 meş'e öğütülüp, kalsine edilmiş ve hiçbir bağlayıcı üâve etmeden briketlenerek, 650°C'de 60 dakika yakılarak, basınç mukavemetleri ölçülmüştür.

Tablo 8 — Kalsine Kolemanit Konsantresinden Yapılan Briketlerin Orijinal Cevherinkiyle Mukayesesi

Numune	Briket basıncı, kg/mm <sup>2</sup>	
	11,86	22,72
Orijinal kolemanit (–200 meş)	99	131
Kolemanit flotasyon konsantresi (–200 meş)	124	112

Cevher değiştirildiği zaman flotasyon reaktiflerinin brikette olan tesirini görmek için No. 5 numunesinin -J-22 raç'lik fraksiyonu R-825 + Kerosene ile yüzdürülmüş, elde edilen konsantrenin kalsinasyonundan sonra yapılan briketler yine 650°C'de 1 saat yakılmış ve basınç mukavemetleri ölçülmüştür.

Tablo 9 — Kalsine Kolemanit Konsantresi ile Yapılan Briketin Orijinal Cevherinkiyle Mukayesesi

Numune	Briket basıncı, kg/mm <sup>2</sup>		
	5,68	11,36	23,72
Orijinal kolemanit (–100 meş)	108	168	195
Kolemanit flotasyon konsantresi (–100 meş)	122	158	185

Yukarıdaki neticelerden anlaşılacağı üzere, flotasyon reaktiflerinin briket mukavemetine menfi yönde bir etkisi olmamaktadır. Buna karşı, aynı kalsine kolemanit konsantrelerine fuel-öü, bentonit, çimento gibi bağlayıcıları da üâve etmek suretiyle yapılan peletler, orijinal cevherde de olduğu gibi olumlu neticeler vermemişlerdir.

### 2.3.2. Fluorit Cevherinin Flotasyonu

Fluorit cevherleri de, kolemanit cevherlerinde olduğu gibi yağ asitleri ve sülfonat gibi reaktiflerin üâvesiyle yüzdürülmektedir. Yalnız burada, gang minerallerinin bastırılması için bastıncılara (depressant) ihtiyaç vardır.

Aliphate 44-E, Quebracho ve NasSiOg ilâvesiyle sıcak pulpte yapılan ön deneylerden yüksek tenörlü konsantreler el-

de edilmiştir. Sonraki deneylerde, —65 meş'e öğütülmüş ve şlamından armmış numune, 8,5 pH'da  $PF_2$  emülsiyonu şeklindeki 600 gr/t oleik asit, toplam 320 gr/t  $Na_4SiO_3$  ve 500 gr/t mısır nişastası kullanmak suretiyle, oda sıcaklığındaki pülpten yüksek tenörlü konsantreler elde edilmiştir (5). Bu şeküde %20,96  $CaF_B$  ihtiva eden cevherden, % 93,44  $CaF_2$  ve %0,75  $CaCO^$  ihtiva eden konsantre elde edilmiştir.

Bu konsantre ile yapılan briketlerin basınç mukavemetlerinin de orijinal fluorit tozu ile yapılanınkine benzer olduğu görülmüştür. Bağlayıcı olarak %7.5 kolemanit ilâvesiyle ve 22,8  $kg/mm^2$  basmç altında yapılan briket neticeleri şöyledir:

**Tablo 10 — Fluorit Flotasyon Konsantresinin Briketlerinin Orijinal Cevherinkiyle Mukayesesi**

Numune	Yakına sıcaklığı ve zamanı	
	10Ö0°C, 10 dak.	950°C, 10dak.
—200 meg orijinal fluorit	+220	168
—200 meş fluorit flotasyon konsantresi	189	200

Fluorit konsantresinin peletlenmesinde de briketlemede olduğu gibi reaktiflerin genellikle menfi bir etkisi görülmemiştir. Bilhassa kolemanit ilâvesiyle yapılan flotasyon konsantresi peletlerinin 100 kilogramın üstünde basınç mukavemeti gösterdikleri tesbit edilmiştir.

### Sonuç

Bu çalışma ile fluorit ve kolemanit gibi metalik olmayan minerallerin aglomerasyonları imkânları araştırılmıştır. Bunlardan fluorit için peletleme usulü, kolemanit için ise briketleme usulü daha olumlu neticeler vermiştir.

Fluorit peletlenmesinde, toz cevhere, bentonit veya kalsine edilmiş kolemanit gibi bağlayıcıların Üâvesi, peletlerin basmç mukavemetlerini hissedilir şeküde artırmaktadır. Optimum yakma sıcaklığı 1050° ile 1150°C arasında bulunmuştur.



Kolemanit briketlenmesinde ise, önceden cevherin kalsinasyona tabi tutulması gerekmektedir. 100 mes/in altına öğütülmüş kalsine cevher, sadece nemlendirilerek, 5,68 kg/mm<sup>2</sup> basmç altında kolayca briketlenmekte ve bu briketlerin 650°C ile 700°C arasında yakılmasıyla 100 kilogramın üstünde basmç mukavemeti gösteren briketler elde edilebilmektedir.

Bu şekilde yurdumuzda henüz değerlendirilemeyen toz cevherlerin ve zenginleştirme tesislerinden gelecek ince taneli konsantrelerin aglomerasyonu ve demir-çelik endüstrilerinde kullanılması mümkün olacaktır.

#### **Bibliyografik Tanıtım**

1. Stillman, L. A.: "Briquetting". The Chem. Publish. Co., 1923.
2. Pearson, A.: "A projected Central Mill for the Durham Fluorspar Industry". Trans. of Inst. of Mining and Metallurgy; 1945-46, vol. 55, s. 303.
3. Cameron, E. L : "The concentration of Barite Fluorite Ores from the Lake Ainsle District, Nova Scotia" Trans. Canad. Inst. Min Metall. Vol. 48, 1945, s. 567-587,
4. Kenworthy, H.: "Nodulization and Pelletization of Fluorite Flotation Concentrates". US Bureau of Mines, Kept. Inv. No. 4829 (1951).
5. Yazar, B.- "Kolemanit Mineralinin Flotasyon Yolu ile Değerlendirilmesi" TBT.A.K., MAG-228.

