

TÜRKİYE 6. KÖMÜR KONGRESİ  
The Sixth coal Congress of TURKEY

ZONGULDAK KÖMÜRLERİNDEN SUPER TEMİZ KOMUR ÜRETİ'Lİ'U

PRODUCTION OF SUPER CLEAN COAL FROM ZONGULDAK BASIN

Gulhan OZBAYOĞLU\*  
Mürüvvet MAMUREKLI<sup>xx</sup>

ÖZET

Zonguldak Merkez Lavvarı -50+18 mm jıxg konsantresi kul-  
lanmak suretiyle Zonguldak Havzası kömürlerinden super temiz  
komur üretim olanakları incelenmiştir. Basamaklı olarak öğü-  
tülen komurun +28 mes fraksiyonunu 2 defa ve -28 meş fraksi-  
yonunu ise bir defa 1.30 yoğunlukta yıkamak suretiyle bir on  
temizleme işlemi yapılmış ve % 12,11 kul içeren jıg konsant-  
resinden % 3,74 kullu bir komur üretilmiştir. Bu komur daha  
sonra yaş olarak 400 meşin altına ogutulmuş ve flotasyonla  
temizlenmiştir. Gazyağı+Amıl Alkol reaktif kombinasyonu ile  
komurun kul içeriğı % 2,16'ya kadar düşürülebilmıştır.

ABSTRACT

The possibility of super clean coal production from Zon-  
guldak Basın by using -50+18mm jig concentrate was investigated.  
Ground coal produced by staged grinding was screened at 28  
mesh and +28 mesh fraction was treated twice and -28 mesh  
fraction was treated once by sink-float test at 1.30 sp. gravit5  
Sink-float tests showed that it was possible to clean the  
jig concentrate from 12.11 % ash down to 3.74 % ash. Float  
product after wet grinding down to 400 mesh was treated by  
flotation. By using kerosene + Amyl Alcohol combination the  
ash content of coal was reduced down to 2,16 %.

(x) Doç.Dr. Maden Muh. Bolumu, ODTÜ

(xx) Araş.Gor. Maden Muh. Bolumu, ODTÜ

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Amaç

Son yıllarda, dünyada komur hazırlama konusundaki araştırma programları, enerji planlamalarına ve yeni komur kullanım teknolojilerine bağlı olarak değişmiştir, özellikle 1974 enerji krizinden sonra araştırmalar toz ve şlamların temizlenmesi ve petrol ve doğal gazın yerini alabilecek yüksek kaliteli katı yakıt üretimi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Hava ve çevre kirliliğini önleyici kanunların katı standartları karşısında enerji gereksiniminin karşılanması için etkili komur yıkama ve yakma teknolojisinin uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Özellikle toz komur yıkama yöntemlerinden flotasyon yönteminin geliştirilmesiyle etkili bir kül ve kükürt atımının sağlanması ve super temiz komur üretimine geçilmesi konusu bugün de güncelliğini sürdürmektedir. Elde edilen super temiz komurun su/komur veya yağ/komur bulamacı şeklinde fuel oil vb. yerine güç üretiminde kullanılmasına çalışılmaktadır. Super temiz komur üretimi ayrıca özel amaca yönelik komur kullanan sanayilerin de gereksinimlerini karşılamaktadır.

Super temiz komur üretimi için komurun uygun olması, diğer bir deyişle komurun bünyesel kül ve kükürt içeriğinin yüksek olmaması şarttır.

Bu araştırmadan amaç, fiziksel yöntemlerin (ağır-ortam ayırımı ve flotasyon) uygulanmasıyla Zonguldak kömürlerinden hangi saflıkta temiz komur üretiminin mümkün olduğunun ortaya konulmasıdır.

### 1.2. Terazı Komur Üretimi Konusunda Yapılmış Çalışmalardan Bazıları

U.S. Bureau of Mines'da çok ince öğütme ve bunu takiben flotasyon yönteminin uygulanmasıyla kükürt atımı ve temiz

kömür eldesi çalışmaları 1977'lerde başlatılmıştır(1,2). Bu çalışmalarda Pennsylvania Upper Freeport kömürü -kullanılmış ve önce -28 meşe öğütülen numune % 5 katı yoğunluğunda MIBC ile yüzdürülerek kaba bir konsantre elde edilmiştir. Daha sonra kaba konsantrenin yaş olarak öğütülmesi ve iki aşamalı flotasyon uygulanmasıyla % 26 kül ve % 1,1 piritik kükürt içeren kömürden % 4,5 kül ve % 0,1 piritik kükürtlü kömür üretilmiştir.

Amax araştırma laboratuvarlarında güç üretimi için kömür-yakıtlı doğrudan ateşlemeli gaz türbünleri için süper-temiz kömür/su bulamacı yakıtı hazırlanmıştır. Temiz kömür, 44 mikronun altına öğütülen Eastern Kentucky yüksek uçuculu taş-kömüründen üretilmiştir. Standart fiziksel kömür yıkama tekniklerinin uygulandığı bu kömürden % 1,96 kül içeren bir kömür elde edilmiştir (3).

Çok ince kömür tozlarının temizlenmesinde öğütme tipinin etkisi incelenmiş ve yaş öğütmenin, kuru öğütmeye göre daha fazla kül atımını sağladığı bulunmuştur(1).

Suyla karıştırılmış 20 mikronun altına öğütülmüş ince kömür tozlarına, Otisca T-Yöneraine göre organik bir sıvı ilave edilerek kömür taneciklerinin seçimli olarak topaklaşması sağlanmış ve bir elekten elenmek suretiyle % 2'nin altında kül içeren temiz kömür üretilmiştir. Bu yöntemle kömürden piritik kükürttin hemen hemen hepsinin atılması mümkün olmuştur (4). Çalışmalar 2 ton/gün kapasiteli bir pilot te-siste yürütülmüştür.

Zonguldak-Çaydamarı kömüründen elle seçilmiş, 0,5-1 cm boyutundaki vitrain bantları üzerinde yapılmış kimya analizleri kömürün % 3,28 kül ve % 0,22 kükürt içeriğini göstermiştir (5). Bu da kömürün öğütülmesinden sonra gravite ve flotasyon yöntemlerinin uygulanmasıyla kül içeriğinin daha da düşürülebileceğini göstermektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Kömür Numunesinin Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan kömür, Zonguldak Merkez Lavva-  
rında Üretilen -50+18 mm boyutundaki jig konsantresidir.  
Numunenin kimyasal ve petrografik analizleri Tablo 1 ve 2 'de  
verilmiştir,

Tablo -1 : Kömür Numunesinin Kimyasal Analizi

Analizler		İlınan	Havada Kuru Kömür	Kuru, külsüz Kömür
Kısa Analiz	Nem	0.74	—	—
	Kül	12.02	12.11	—
	Uçucu Madde	28.10	28.31	32.21
	Sabit karbon	59.14	59.38	67.79
Elementer Analiz	Kül	12.02	12.11	—
	Karbon	74.64	—	85.55
	Hidrojen	4.26	—	4.88
	Azot, oksijen,	8.16	—	9.35
	<b>Kükürt</b>	<b>1 0.19</b>	0.19	0.22

(z) N+0 farktan bulunmuştur.

Tablo- 2 : Kömür Numunesinin Petrografik Analizi

Grup Maseral	% (hacimsel)
Vitrinit	<b>78.5</b>
Ekzinit	7.0
tnertinit	12.0
Pirit	0.5
Mineral Madde	2.0

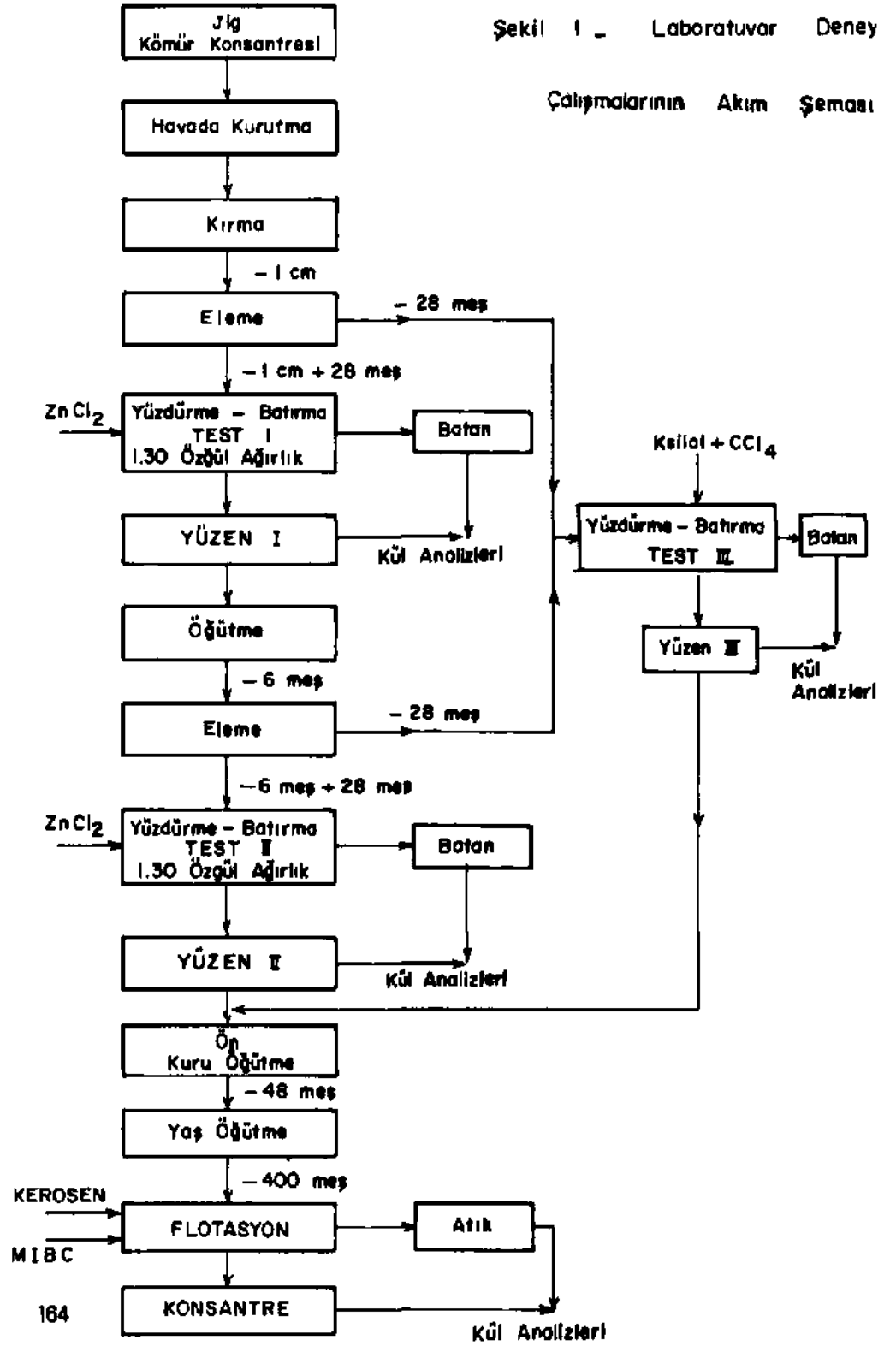
Minerolojik analize göre kömürdeki inorganik safsızlıkların % 60'ını kil mineralleri, % 15'ini pirit, % 18'ini kalsit ve % 7'sini kuvars oluşturmaktadır. İnorganik safsızlıkların tane boyutları 0.02 ile 0.6 om arasında değişmektedir.

## 2.2. Yöntem

Süper temiz kömür üretiminde uygulanan yöntemin akım şeması Çizelge- 1'de gösterilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi yöntem +28 meş ve -26 meş boyutundaki kömürün **1.30** yoğunluğundaki ortamda ayırımına ve elde edilen kömürün 400 meşin (37 mikronun) altına öğütülerek flotasyonla temizlenmesine dayanmaktadır. 1.30 yoğunluğundaki ağır ortam +28 **meş** fraksiyonu için  $ZnCl_2$  ile, -28 **meş** fraksiyonu için ise CCl<sub>4</sub>, ve Ksilol karışımı ile hazırlanmıştır. 400 meşin altına yapılan öğütme yaş olarak ve porselen bilyalı değirmende gerçekleştirilmiştir. Öğütülmüş numunenin Coulter Counter yardımıyla yapılan tane dağılımı analizine göre numunenin % 88'i 30 mikronun, % 78'i 20 mikronun,  $X$  52'si 10 mikronun ve % 24'ü 5 mikronun altındadır.

**Flotasyon deneylerinde, Denver Sob-A** flotasyon makinasının 1 litrelik selulleri kullanılmıştır. **Ağırlıkça % 10 katı yoğunluğunda yapılan deneylerde şartlandırma ve flotasyon samanları 75 saniye olarak sabit tutulmuştur. Pülpün orijinal pH'sı 7.9'dur.**

Şekil 1 - Laboratuvar Deney Çalışmalarının Akım Şeması



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (6)

#### 3.1. Ağır Ortam Ayırımı

Ağır ortamda yapılan yüzdürme-batırma deney sonuçları Tablo-3'te verilmiştir.

Tablo- 3 : Ağır Ortam Ayırım Sonuçları

		Ürünler	% Ağırlık	% Kül
-1 cm +28 meş boyutlu kömürün 1.30 yoğunluğundaki yüzdürme-batırma deneyi <b>sonucu.</b>	îri boyutta 1. Temizleme	YÜZEN	46.45	5.05
		BATAN	48.78	16.22
1.Temizleme Yüzen Ürününün 6 meşin altına öğütülmesi sonucu çıkan -6 +28 meş fraksiyonunun 1,30 yoğunluğundaki yüzdürme-batırma deneyi sonucu	İnce boyutta 2. Temizleme	.YÜZEN	33.47	3.78
		BATAN	3.49	10.63
Bütün -28 meş fraksiyonlarının 1.30 yoğunlukta-ki yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	İnce boyutta 1. Temizleme	YÜZEN	7.56	3.56
		BATAN	6.70	19.28
T O P L A M		YÜZEN	41.03	3.74
J İ G K O N S A N T R E S İ			100.00	12.11

Tablo-3'ten görüldüğü gibi % 12.11 kül içerikli jig konsantresinin farklı boyutlarda 2 defa 1.30 yoğunlukta temizlenmesi sonucu elde edilen toplam kömür ürününün kül içeriğini % 3.74'e indirmek mümkün olmuştur. -28 meşlik fraksiyonda

inorganik safsızlıkların daha fazla serbestleşmesi sonucu kül içeriği % 3,56'ya kadar düşürülebilmektedir. Daha ince boyutlarda yapılan yuzdürme-batırma deneyleri topaklaşma ve uzun süreyi gerektiren ayırım gibi problemler yarattığından bu boyuttaki temizleme işlemine flotasyonla devam edilmiştir.

### 3.2. Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Ağır ortam ayırımı sonucu elde edilen kömür 400 meşin altına Öğütüldükten sonra çeşitli flotasyon parametrelerinin değiştirilmesiyle deneyler yapılmıştır. pH 4'ten 12 'ye kadar yapılan deneylerde üretilen kömür konsantresinde en düşük külün pH 6-7 arasında olduğu görülmüştür. Buna karşın, pH 6'da kömür randımanı en üst düzeyde olmuştur.

Flotasyonda toplayıcılardan kreosot, fuel oil (No:6) ve gazyağı tek başlarına kullanılmış ve alınan sonuçlar Tablo-4 te gösterilmiştir. Deneylerde toplayıcılardan 1 damla pülpe ilave edilmiştir. Ptilpün pH'sı 6'ya ayarlanmıştır.

Tablo- 4 : Toplayıcılarla Yapılan Flotasyon Deney Sonuçları

Toplayıcı	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılım
Kreosot	Konsantre	23.83	2.18	15.47
Fuel Oil	Konsantre	24.20	2.20	15.53
Gazvaftı	Konsantre	24.06	2.32	15.60

1 damla kreosot : 0.023 g.

1 damla fuel oil : 0.025 g.

1 damla gazyağı : 0.016 g.

Tablo-4' ten görüldüğü gibi kreosot ve fuel oil gibi hem toplayıcı, hem de köpürtücü Özelliği taşıyan reaktiflerin kullanılmasıyla kömürdeki kül oranını % 2.18'e düşürmek mümkün olmuştur. Kömürün ağırlık yüzdesi hepsinde benzer çıkmıştır.



Gazyağının köpürtücü özelliği olmadığından deneylere gazyağma köpürtücü ilâve etmek suretiyle devam edilmiştir. Deney sonuçları Tablo-5'te verilmiştir. MIBC'ün pülpteki konsantrasyonu 160 g/ton'dur.

Tablo - 5 : Köpürtücü Takviyeli Gazyağının Flotasyon Sonuçları

Gazyağı a/ton	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılımı
85	Konsantre	42.02	2.33	27.02
110	Konsantre	44.49	2.35	30.76
170	Konsantre	69.45	2.40	49.26
256	Konsantre	71.87	2.49	54.46
310	Konsantre	58.02	2.58	45.22
340	Konsantre	51.82	2.72	40.04

Tablo 5'ten de izlendiği gibi gazyağına köpürtücü ilâvesi randımanı derhal % 24'ten % 40'a yükseltmiş, buna karşın kül içeriği sabit kalmıştır. Gazyağının konsantrasyonunun arttırılması kömür randımanını  $Z$  71.87'ye kadar yükseltmiş, fakat kül oranının da  $X$  2.49'a yükselmesine neden olmuştur.

Gazyağına MIBC'ün dışında amid alkol ve nonil alkol ilâveleri ile deneylere devam edilmiştir. Köpürtücü cinslerinin kömür kalitesine etkileri Tablo-6'da verilmiştir. Gazyağı konsantrasyonu 170 g/ton, köpürtücü miktarı ise 160 g/ton'dur.

Tablo- 6 : Değişik Köpürtücülerle Yapılan Flotasyon Sonuçları

Köpürtücü	Ürünler	% Ağırlık	% Kül	% Kül Dağılımı
Amil Alkol	Konsantre	41.25	2.16	27.00
Nonil Alkol	Konsantre	25.37	2.22	16.87
MIBC	Konsantre	69.45	2.40	49.26

Kömür flotasyonunda Gazyağı + Amil Alkol kombinasyonunun ilâvesiyle kül oranı % 2.16'ya düşürülebilmektedir. Bu netice % 2.18 kül veren yalnızca kreosotun kullanıldığı deney sonucuyla karşılaştırıldığında yukarıdakinin hem kül oranı, hem de randıman yönünden daha başarı olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Ağı ortam ayırımı ve flotasyon yöntemlerini birarada uygulamak suretiyle Zonguldak kömürlerinin kül içeriği % 2.16 ya kadar düşürülebilmektedir. Flotasyonda uygulanan çeşitli parametrelerin ışığında, elde edilen kömürlerin kül içerikleri genellikle % 2.16-2.50 arasında değişmiştir. Aynı kömürlerin ağırlık oranları ise % 41.25- % 71.87 arasında oynamaktadır. Dikkat edilmesi gereken bir nokta bu randımanların yalnızca flotasyon devresindeki randımanlar olduğudur. Hesaplar jig konsantresini başlangıç almak üzere yapıldığında randımanlar % 16.93 - 29.49'a düşmektedir. Fakat önceden de belirtildiği gibi deneylerde asıl amaç kül içeriğini en alt düzeye düşürmek olduğundan, randımanı arttırıcı önlemlerin alınması yönünde herhangi bir çaba sarfedilmemiştir. Bu yüzden randımanların, yukarıda verilenlerin çok üstünde olacağı kesindir.

Yapılan deneyler, Zonguldak kömürlerinden % 2.50'den az kül içerikli kömürlerin elde edilebileceği gösterilmiştir. Çok özel amaçlar için kullanılabilecek bu kömürler, lavvarlarda üretilen iri boyutlardaki kaliteli kömürlerimizin daha farklı değerlendirilmesine ve çok yüksek fiyatla pazarlanmasına olanak sağlayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. MILLER, K.J., Coal - Pyrite Flotation in Concentrated Pulp ; A Pilot Plant Study, *U.S.* Bureau of Mines, Report of Investigation, 8239, 1977.
2. MILLER, K.J., Deesulphurization of Various Mid western Coals by Flotation, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigation 8262, 1978.
3. SMITH, F.J., ANAST, K.R., BHASIN, A.K., Properties Ultra-Clean-Water Slurry Fuels for Directory Fine Gas Turbines, The Amer. Soc. Mechanical Engineers, Rep. No : 84- JPGC-GT- 5, Oct. 1984.
4. SIMMONS, F.J., KELLER, D.V., Two Ton-Per-Day Production of Otisca T-Process Ultra-Clean Coal/Water Slurry, 10th. Intern. Coal Preparation Congress, Vol. 1, Sept. 1-5,1986, Edmonton-Canada, 1-9 p.
5. OZBAYOĞLU.G., Determination of the Flotati on characteristics of Several Turkish Bituminous Coal Seams in Zonguldak Coal Basin, Ph.D.Thesis, METU, Mining Eng. Department Ankara, Dec. 1977.
6. MAMUREKLI-M., An Investigation on the Production of Super Clean Coal from Zonguldak Basin, Master Thesis, METU, Mining Eng. Department, Ankara, Sept. 1987.

