

**TÜRKİYE MADENCİLİK BİLİMSEL
VE TEKNİK 5.KONGRESİ**
14-18/2/1977.dsi salonu/ankara

KÖMÜR MESARALLERİNİN
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ VE
KÖMÜR TEKNOLOJİSİNDEKİ
ÖNEMİ

TMMOB

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

KÖMÜR MASERALLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ VE KÖMÜR TEKNOLOJİSİNDEKİ ÖNEMİ

Gülhan ÖZBAYOĞLU *

Çetin HOSTEN **

Özet :

Bu tebliğde kömür maserallerinin zenginleştirilmesi ve kömür petrografisinin bazı uygulamaları ile ilgili bir laboratuvar çalışması sunulmaktadır.

Maseralleriñ farklı tane ve gravite fraksiyonlarındaki dağılımı incelenmiş ve bu özelliklerinden faydalanılarak maseral konsantreleri elde edilmiştir. Bir flotasyon devresi incelenerek maserallerin yüzebilirlikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Araştırma neticesinde serbest şişme ve Hardgrove öğütülebilirlik indekslerinin değişiminin petrografik kompozisyon ile yakından ilgili olduğu görülmüştür.

Abstract :

This paper presents a laboratory study of the enrichment of coal macerals and some applications of coal petrography.

The distribution of macerals in various size and gravity fractions was investigated and utilizing the behaviour characteristics of macerals under breakage and gravity separations reasonably pure maceral concentrates

(*) Maden Yük. Müh., Öğretim Görevlisi, O.D.T.Ü., Maden Müh. Bölümü.

(**) Maden Yük Müh., Asistan, O.D.T.Ü., Maden Müh. Bölümü.

were obtained. In addition, the floatability of macerals was indicated.

The free swelling index and the Hardgrove grindability index were found to be related to pétrographie components.

1. Girts

Kömür homojen bir madde olmayıp, farklı bitki kalıntılarından oluşan ve değişik fiziksel ve kimyasal özellikler gösteren petrografik birimlerden teşekkül etmiş olup, kömürleşme derecesine göre kompozisyonu değişen organik bir kayadır. Kömürün teknolojik özellikleri, onun petrografik yapısı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle, kömür petrografisinin kömür teknolojisinde pratik ve faydalı bir araç olarak kullanılması yolunda ileri adımlar atılmıştır. Örneğin, kömürün petrografik birimlerinin çeşitli proseslerdeki etkinliğini önceden bilebilirsek, bütün kömürlerin yalnızca petrografik analizlerine bakarak, onların bu proseslere olan uygunluklarını tahmin etmemiz mümkün olacaktır. Bunun için, petrografik birimlerin saf olarak elde edilmesi ve kimyasal, fiziksel ve teknolojik özelliklerinin tam olarak ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Sunulan araştırmanın amacı iki yönlüdür :

1. Kömürün petrografik birimlerinin zenginleştirilmesi,
2. Kömürün petrografik kompozisyonunun öğütme ve serbest şişmeye olan etkisinin saptanması.

Araştırmada, Zonguldak Üzülmüş bölgesi «Acılık» damarı ve Kozlu bölgesi «Çay» damarının kömürleri kullanılmıştır.

Deneylerin açıklanmasına geçmeden önce, kömürün petrografik yapısından ve onun kömür teknolojisindeki bazı uygulamalarından bahsetmekte yarar vardır.

2. Kömürün Petrografik Yapısı :

Uluslararası Kömür Petrolojisi Komitesi tarafından kabul edilen Stopes - Heerlen sistemine göre (Tablo-1) taşkömürleri gözle ayırdedilebilen dört ayrı bant (kaya tipi) içer-

mektedirler *K* «Vitrain», «clarain», «durain» ve «fusain» olarak isimlendirilen bu bantların özellikleri kısaca şöyledir :

- «Vitrain» : Kömürün en parlak bantıdır. Homojen bir yapıya sahiptir. Yüzeyi konkav olan küpler şeklinde kırılır ve eli boyamaz. Kırılmandır.
- «Clarain» : Parlak olup, donuk şeritler içerir. Bileşimi «vitrain» ve «durain» oranlarına göre değişir. Kömürlerin en yaygın olan bantıdır.
- «Durain» : Kömürün donuk bantıdır. Rengi griden kahverengimsi siyaha kadar değişiklikler gösterir. Çok serttir ve kırıldığında düzgün yüzeyler vermez.
- «Fusain» : Kömür bantları arasında odun kömürünü andıran ipliksi yapısı, siyah ve grimsi-siyah rengi ile ayırdedilebilen, kırıldığında elleri boyayan çok kırılman ve toz haline gelebilen bir banttır. Bazı hallerde, içerdiği mineraller yüzünden sertlik kazanır.

Kömürün içerdiği bu makroskobik kaya tipleri mikroskop altında incelendiğinde, bunların da çok küçük birimlerden oluştuğu görülür. Bu birimlere, kayaları oluşturan inorganik ünitelere benzedikleri için mineral sözcüğünün benzeri olan «maseral» adı verilmiştir. Uygulamadaki kolaylıklarından dolayı benzer mikroskobik ve teknolojik özelliklere sahip maseraller üç grupta birleştirilmiştir. Bu gruplara «Vitrinite», «Exinite» ve «Inertinite» adları verilmiştir. Aşağıda maseral gruplarının özelliklerinden kısaca bahsedilmektedir :

- «Vitrinite» : Parlak kömürlerin en yaygın birimi olup, yansıyan ışıkta gri renkte görülür. Orijini ağaç ve ağaç kabuğu dokusuna dayanır. Karbon yüzdesi kömürleşmeye bağlı olarak değişir.

- «Exinite» : Orijini ağaç dokusu dışındaki bitkisel maddelere (lignin) dayanan bu grup maseraller, mikro ve makro sporlardan, hücrelerin dış yapılarından, reçine ve yosun artıklarından oluşur. Yansıyan ışıkta makrosporlar kırmızımsı sarı, diğerleri «vitrinite» den daha koyu bir gri renkte görülürler.
- «Inertinite» : Belirgin hücre yapısı gösterir. «Mikrinite» dışında diğerlerinin orijini bitkinin ağaç dokusuna dayanır. Yansıyan ışıkta sarımsı beyaz renkte görünürler.

Tablo 1 — Kömürün Petrografik Yapısı *

| Makroskobik bantlar | Mikroskobik bantlar | Maseral grupları | Maseraîler |
|---------------------|---------------------------|--|---|
| Vitrain | Vitrite % 95 vitrinite | Vitrinite | Collinite Tellinite |
| Clarain | Clarite | Vitrinite (çok) Exinite ve Inertinite (az) | Sporinite Resinite Cutinite Alginite |
| Durain | Durite | Inertinite (çok) Vitrinite ve Exinite (az) | Fusinite Micrinite Sclerotinite Semifusinite |
| Fusain | Fusite | Inertinite | Fusinite |

3. Maserallerin Kömür Teknolojisindeki önemi

Maserallerin kömür teknolojisindeki öneminden bahsederken, maserallerin tek tek incelenmesi yerine, grup maserallerin etkisi üzerinde durulacaktır.

3.1. Koklaştırma

Koklaştırılacak kömürlerin maseral bileşimi koklaştırmada rol oynayan en etken faktörlerdendir²⁻³. Koklaşma sırasında bazı maseraller şişerek koklaşmaya uygun özellikler gösterirken, bazıları çok az veya hiç şişme özelliği göstermezler. Koklaşmaya uygun özellikler gösterenler «etken», diğerleri ise «asal» maseraller adı altında toplanırlar. «Etken» maseraller vitrinite ve exinite maseral gruplarından oluşurken, «asal» maseraller inertinite maseral grubunun büyük bir kısmını kapsar. Etken maseraller tek başlarında koklaştırıldıklarında çok fazla şişme indeksi gösterdiklerinden uygun nitelikli kok elde edilememektedir. Belirli miktarlarda asal maseraller katıldığında kokun sağlamlığı artmaktadır. Bu da optimum niteliklerdeki kok üretimi için etken - asal maseral oranının ayarlanması gerektiğini ortaya koymuştur. O halde selektif şekilde ayrılacak maseral grupları koklaşmaya en uygun şartlarda karışımlar hazırlanmasına olanak sağlayacaktır.

3.2. Hicfarojenasyon

Maseral grupları hidrojen ilâvesine karşı değişik alınganlık gösterirler¹. Örneğin, vitrinite ve exinite derhal hidrojenezasyona uğrarken, inertinite bu durumdan etkilenmez. Yapılan çalışmalar, düşük kömürleşme dereceli kömürlerin, en fazla vitrinite içeren parlak bantlarının hidrojenezasyona en uygun kömürler olduğunu saptamıştır. Burada kül içeriğinin % 4 ün altında olmasına dikkat edilmektedir⁴.

3.3. Biriktleme

inertinite grup maserallerinin çoğunlukta olduğu fusain bantı, çok ince tanelere kırıldığından toplam yüzey alanının artmasına, dolayısıyla bağlayıcı sarfiyatının yükselmesine yol açmaktadır. O halde, biriktilenecek kömürden bu grup maserallerinin ayrılması, elde edilecek briketin cinsini etkileyeceği gibi bağlayıcı masrafının da azalmasına olanak sağlayacaktır⁵.

4. Maseraillerin Zenginleştirilmesindeki Deneysel Yöntemler ve **Sonuçlar**⁶

Maseraillerin zenginleştirilmesi için ilk evrede kırma - eleme ve yüzdürme - batırma deneyleri yapılarak maseraillerin farklı fraksiyonlardaki dağılımı incelenmiş ve daha sonra temiz maseral konsantreleri elde edilmesine geçilmiştir. Aşağıda bu deneyler hakkında daha geniş bilgi verilmektedir.

4.1. Kırma - Eleme Deneyleri

Üzülmez bölgesi «Acılık» kömür damarı ve Kozlu bölgesi «Çay» damarından alınan numuneler laboratuvarında çekiçli kırıcı ile -6,35 mm'ye kırılmışlardır. Kırılan numune elenerek yedi ayrı tane iriliğine ayrılarak her fraksiyondaki maseral bileşimi saptanmış ve maseraillerin tane fraksiyonlarındaki dağılımı incelenmiştir. Tablo - 2 de Acılık ve Çay damarı numunelerinin maseral bileşimi verilmiştir.

Tablo 2 — Acılık ve Çay Damarı Numunelerinin Maseral Bileşimi (hacimce yüzde olarak)

| | Vitrinite | Exlmlte | ImertMte | Mineral Maddeler |
|-----------------|------------------|---------|----------|------------------|
| Acılık numunesi | 64.2 | 11.2 | 19.6 | 5.0 |
| Çay numunesi | 64.0 | 8.4 | 25.4 | 1.2 |

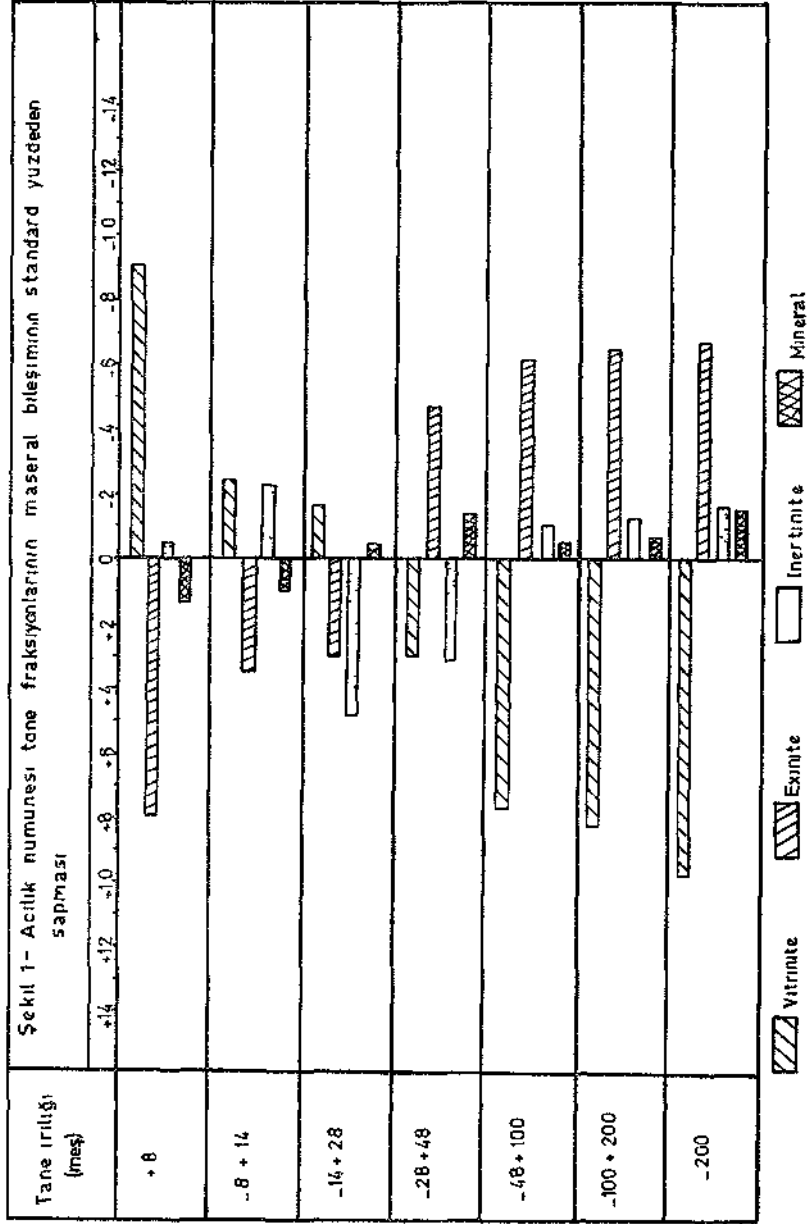
Deneysel verilerin daha açık bir şekilde izlenebilmesi için her tane fraksiyonu için saptanan maseral yüzdelerinin «standart» yüzdeden olan sapmaları hesaplanmış ve Tablo - 3 ile Şekil -1 ve Şekil - 2 de gösterilmiştir. Eğer kırma işlemi neticesinde herhangi bir maseral için belli bir tane fraksiyonunda herhangi bir artma veya azalma olmamış ise o fraksiyondaki maseral yüzdesi aynı maseralin kırıcıya giren numunedeki yüzdesine eşit olacaktır. Bu yüzde, o maseral için standart yüzde olarak alınmıştır. (+) işareti artışları, (-) ise azalmaları göstermektedir.

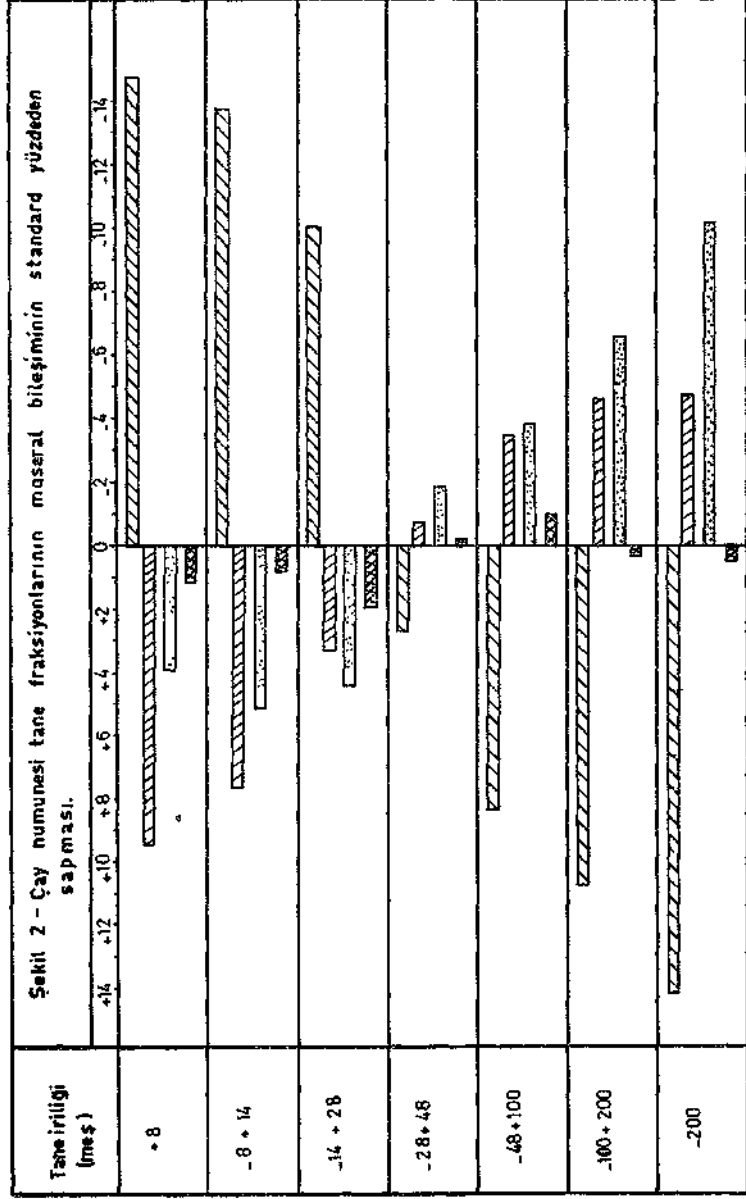
Tablo ve şekillerde görüldüğü üzere 'vitrinite ince tanelere gidildikçe zenginleşme eğilimindedir. Exinite ise iri ta-

nelerde kalmaktadır. Inertinite dağılımı her iki kömür için farklılıklar göstermiştir. Acılık numunesinde, daha çok ara irilikteki tanelerde, çay kömürü numunesinde ise genellikle iri tanelerde toplanmıştır. Beraberinde fazla inertinite olmaksızın vitrinite'in ince tanelerde zenginleşmesi Çay damarı kömürü için iyi bir özellik olabilir.

Tablo 3 — Tane Fraksiyonlarının Saptanan Maseral Bileşim, lerinin Standart Yüzdeden Sapması (¥ : Vitrinite, E : Exinite, I : inertinite, M : Mineral, AV : Vitrinite için standart yüzdeden sapma, AE : Exinite için standart yüzdeden sapma, AI : Inertinite için standart yüzdeden sapma, AM : Mineral için standart yüzdeden sapma).

| Acılık Kömürü | V | E | I | M |
|----------------|--------|-------|-------|-------|
| + 8 ineş | - 9,0 | + 8,0 | - 0,4 | + 14 |
| - 8 + 14 meş | - 2,4 | + 3,6 | - 2,3 | + 1,1 |
| - 14 + 28 meş | - 1,6 | - 2,9 | + 4,9 | - 0,4 |
| - 28 + 48 meş | + 3,0 | - 4,7 | + 3,1 | - 1,4 |
| - 48 + 100 meş | + 7,7 | - 6,2 | - 1,0 | - 0,5 |
| -100 + 200 meş | + 8,3 | - 6,4 | - 1,2 | - 0,7 |
| - 200 meş | + 9,8 | - 6,7 | - 1,6 | - 1,5 |
| Çay Kömürü | ¥ | E | I | M |
| + 8 meş | -14,7 | + 9,5 | + 3,9 | + 1,3 |
| - 8 + 14 meş | -14,0 | + 7,8 | + 5,2 | + 1,0 |
| - 14 + 28 meş | -10,0 | + 3,5 | + 4,4 | + 2,1 |
| - 28 + 48 meş | + 2,7 | - 0,7 | - 1,9 | - 0,1 |
| - 48 + 100 meş | + 8,3 | - 3,4 | - 3,9 | - 1,0 |
| -100 + 200 meş | + 10,8 | - 4,6 | - 6,6 | + 0,4 |
| - 200 meş | + 14,1 | - 4,7 | -10,2 | + 0,8 |





Etken (vitrinite + exinite) ve asal (inertinite) maserallerin dağılımını göstermek üzere etken/asal oranları hesaplanmış ve Tablo - 4 de gösterilmiştir. Genel eğilim, tane iriliği azaldıkça oranın artması doğrultusundadır.

Tablo 4 — Tane **Fraksiyonlarındaki** Etken/Asal Oranları

| Tane Ebada (Meş) | Etken/Asal Oram | |
|------------------|-----------------|--------------|
| | Acılık Numunesi | Çay Numunesi |
| + 8 | 2,90 | 2,03 |
| — 8 + 14 | 3,28 | 1,96 |
| — 14 + 28 | 2,44 | 2,06 |
| — 28 + 48 | 2,80 | 2,90 |
| — 48 + 100 | 3,33 | 3,40 |
| —100 + 200 | 3,40 | 3,68 |
| — 200 | 3,66 | 4,50 |

4.2. Yüzdürme - Batırma Deneyleri

Acılık numunesi tane fraksiyonları ile yüzdürme - batırma deneyleri yapılarak maserallerin zenginleştirilmesine çalışılmıştır. Özgül ağırlıkları 1,30; 1,35 ve 1,40 olan sıvılarla yapılan deneylerde her gravite fraksiyonunun maseral bileşimi saptanarak etken/asal oram hesaplanmıştır.

Her tane fraksiyonu için yüksek gravite fraksiyonlarına doğru etken/asal oranının azaldığı görülmüştür (Tablo-5).

Tablo 5 — Yüzdürme Batırma Deneylerinde Etken/Asal Oranları

| Tane Ebada (Meş) | Özgül Ağırlık | Etken/Asal Oram | | | |
|------------------|------------------|-----------------|-------------|------------|--------|
| | | —1,30 | 1,30 + 1,35 | —1,35—1,40 | + 1,40 |
| —100 + 200 | | 14,22 | 4,32 | 2,16 | 1,10 |
| — 48 + 100 | | 10,99 | 5,63 | 2,06 | 0,94 |
| — 28 + 48 | | 12,12 | 5,31 | 2,86 | 1,01 |
| — 14 + 28 | | 43,05 | 7,33 | 2,22 | 0,75 |
| + 14 | | 95,15 | 13,71 | 3,41 | 0,37 |
| — 200 | İşleme sokulmadı | | | | |

Tane iriliği azaldıkça maserallerin serbestleşme olasılıkları arttığından, daha iyi ayrışma olduğu açıktır.

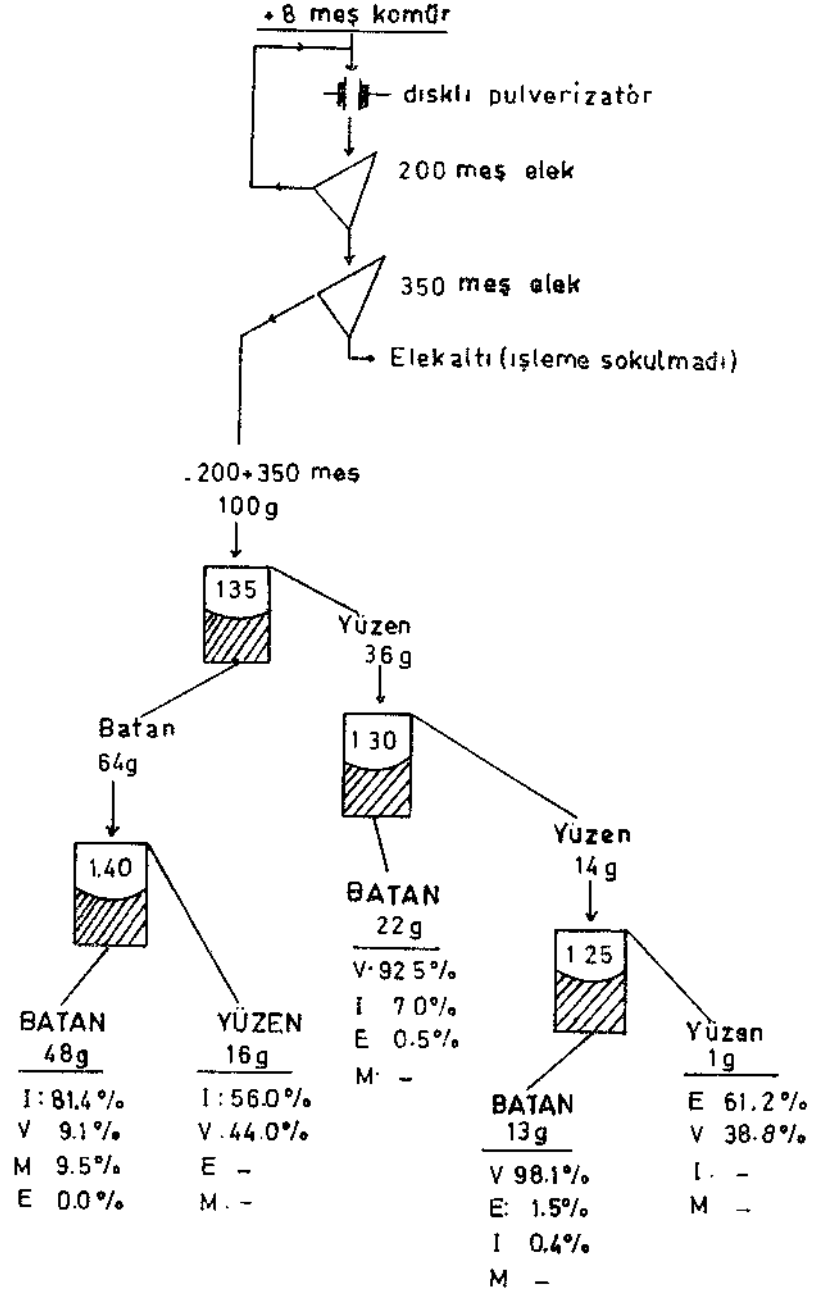
4.3. Temiz Maserale Konsantreleri Elde Edilmesi

Temiz maserale konsantreleri elde etmek amacı ile maserallerin kırma ve yüzdürme - batırma deneylerindeki davranış farklılıklarından faydalanılmıştır.

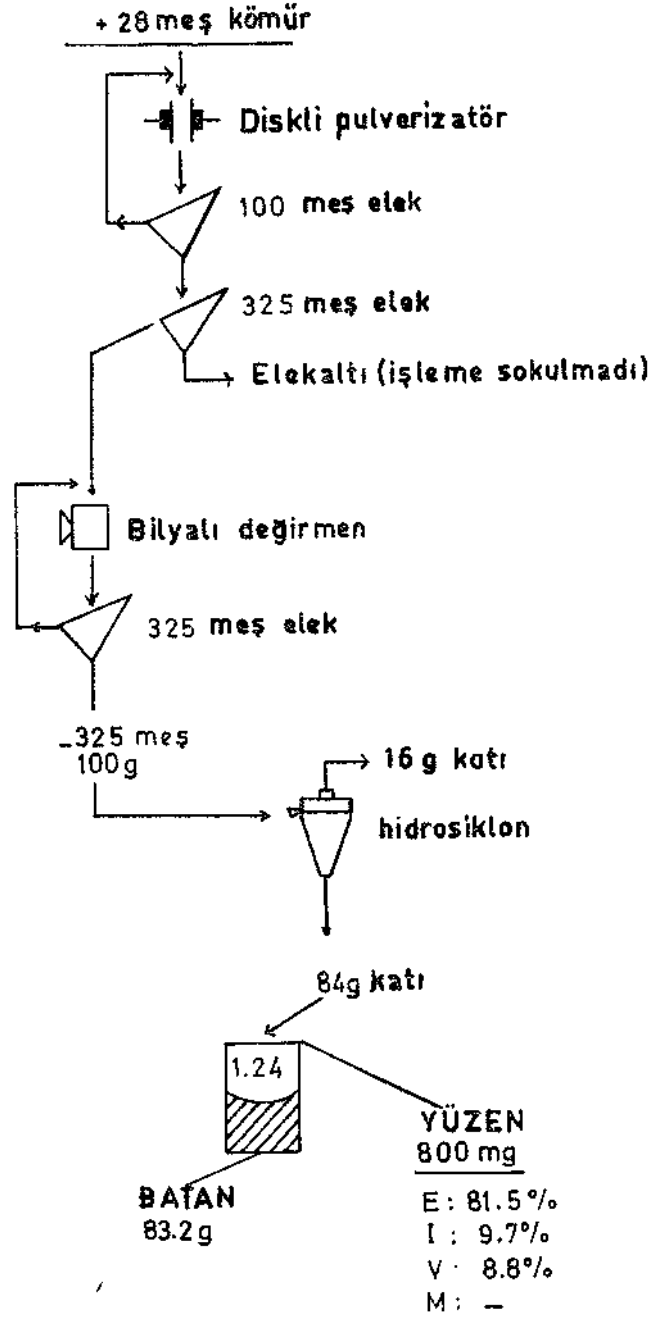
Bu evredeki deneylerde çok ince tanelerle çalışıldığından, yüzdürme ve batırma deneyleri organik sıvılarla yapılmış ve tanelerin çökelme hızını arttırmak için santrifüj kullanılmıştır.

Deneyler neticesinde görülmüştür ki, vitrinite konsantrasyonu sorun yaratmamaktadır. — 200 + 350 meş'lik tane fraksiyonunun 1,25 -1,30 gravite fraksiyonunda hacimce % 98,1 saflıkta vitrinite konsantresi elde edilebilmektedir (Şekil-3). 1,25 özgül ağırlıklı sıvıda yüzen kısım ise exinite yönünden zengindir, fakat çok miktarda da vitrinite içermektedir. Inertinite grup maserali adı altında toplanan «semi - fusinite» ve «masif micrinite» gibi maseraller özellikleri açısından diğer maseraller arasında geçiş niteliğinde olduklarından, bu grup maserallerin zenginleştirilmesi sorun yaratmaktadır. 1,40 özgül ağırlığındaki sıvıda batan kısımda inertinite miktarı % 81,4 e kadar yükseltilebilmiştir.

Daha temiz exinite konsantresi elde edebilmek için «Çay» kömürünün exinite yönünden diğer tane fraksiyonlarına oranla daha zengin olan + 28 meş'lik kısmı 100 meş'e öğütülmüş ve vitrinite yüzdesi fazla olan —325 meş fraksiyonu devreden çıkarılmıştır. — 100 + 325 meş fraksiyonu tekrar — 325 meş'e öğütülmüş ve yine ince tanelerdeki «vitrinite» i atmak için hidrosiklonla bu fraksiyonun % 16 lık ince tane fraksiyonu devreden çıkarılmıştır. Arta kalan kısım 1,24 özgül ağırlıklı sıvıda işleme sokulduğunda yüzen kısmın % 81,5 exinite içerdiği görülmüştür (Şekil-4).



Şekil 3- Acılık kömürü maserallerinin zenginleştirilmesi



Şekil—4
Çay Kömüründen Exinite Zenginleştirilmesi

5. Maseralerin Flotasyon Ürünlerindeki Dağılımı*

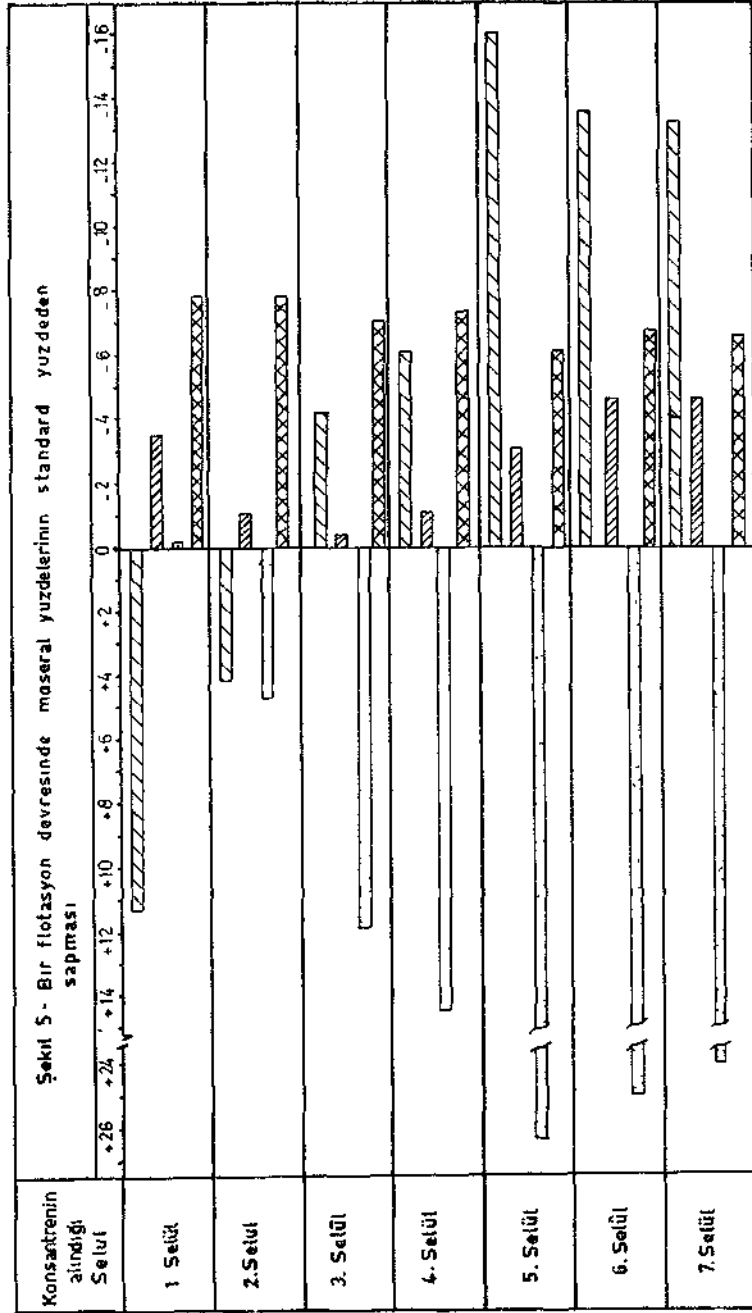
Bu amaçla Zonguldak Merkez lavvarı flotasyon bataryasından alınan numunelerin petrografik analizleri yapılmış ve Tablo - 6'da verilmiştir.

Tablo 6 — Flotasyon Devresinde Maserallerin Dağılımı

| | Vitrinite | Exmite | Inerttoite | Mineral |
|----------------------|-----------|--------|------------|---------|
| Tüvenan | 71,9 | 6,7 | 133 | 8,1 |
| 1. Selül konsantresi | 83,3 | 3,2 | 13,2 | 0,3 |
| 2. Selül konsantresi | 76,1 | 5,6 | 18,0 | 0,3 |
| 3. Selül konsantresi | 67,6 | 6,3 | 25,1 | 1,0 |
| 4. Selül konsantresi | 65,8 | 5,6 | 27,9 | 0,7 |
| 5. Selül konsantresi | 55,8 | 3,7 | 39,8 | 0,7 |
| 6. Selül konsantresi | 58,2 | 2,0 | 38,3 | 1,5 |
| 7. Selül konsantresi | 58,6 | 2,0 | 37,8 | 1,6 |
| Artık | 15,2 | 1,3 | 6,3 | 77,2 |

Şekil - 5'te ise Tablo - 6'da verilen maseral yüzdelерinin standart yüzdeden (0) sapmaları gösterilmiştir.

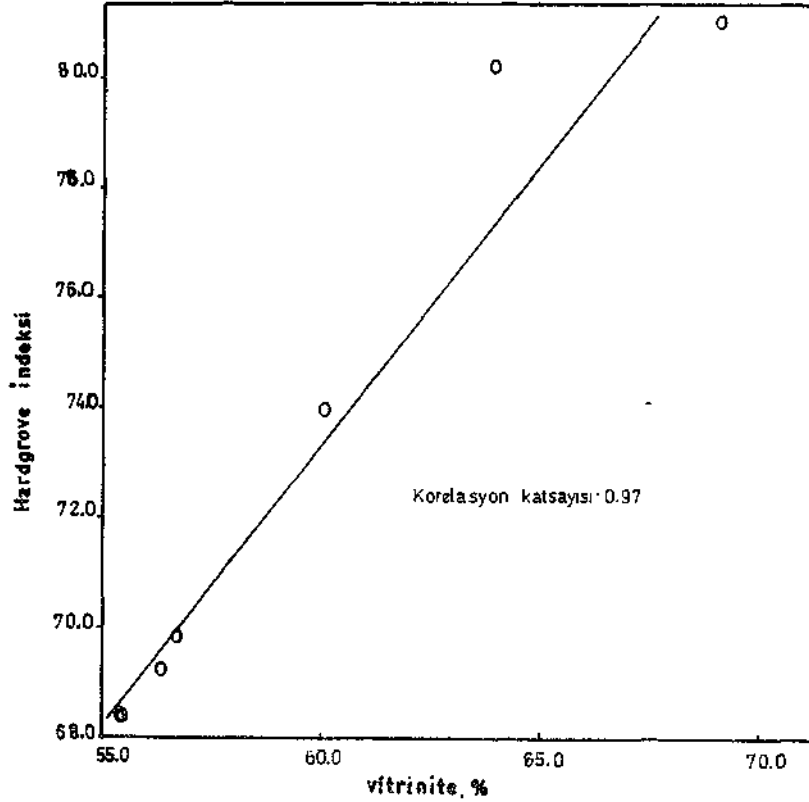
Şekilden görüldüğü üzere vitrinite en yüksek flotasyon hızına sahiptir ve ilk selüllerde görünür bir konsantrasyon vardır. Inertinite yüzdesinin son selüllere doğru artması inertinite'in yüzebilirliğinin diğerlerine oranla düşük olduğunu göstermektedir.



6. Hardgrove Öğütülebilirlik ve Serbest Şişme İndeksi Deneyleri⁶

Petrografik kompozisyonunun kömürün bazı teknolojik özellikleri üzerine olan etkisini incelemek amacı ile «Çay» damarı numunesi üzerinde öğütülebilirlik ve serbest şişme deneyleri yapılmıştır.

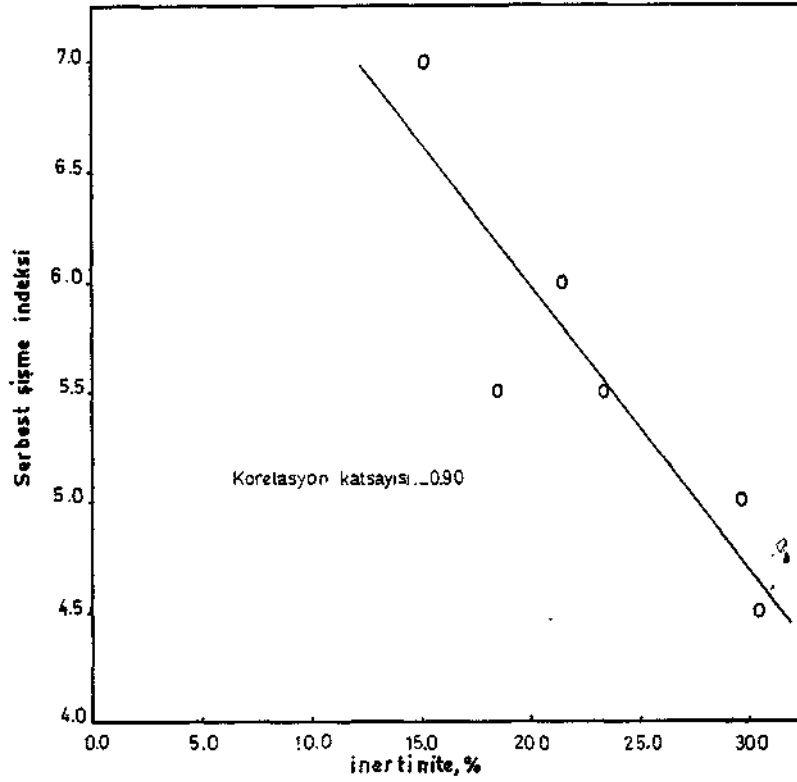
Petrografik kompozisyonu farklı numunelerle yapılan «Hardgrove» öğütülebilirlik deneylerinde, numunenin vitrinite miktarı arttıkça Hardgrove öğütülebilirlik indeksinin de arttığı görülmüştür (Şekil - 6).



Şekil 6- Hardgrove öğütülebilirlik indeksinin vitrinite ile bağıntısı

Çay numunesinin tane fraksiyonları üzerinde yapılan serbest şişme indeksleri 4 1/2 ile 7 arasında değişme göstermiştir (Tablo - 7). Bu değerlerin petrografik veri ile korelasyonları yapıldığında, en iyi korelasyonun inertinite yüzdesi ile elde edildiği görülmüştür (Şekil-7). Artan inertinite yüzdesi, şişme indeksinin azalmasına neden olmuştur.

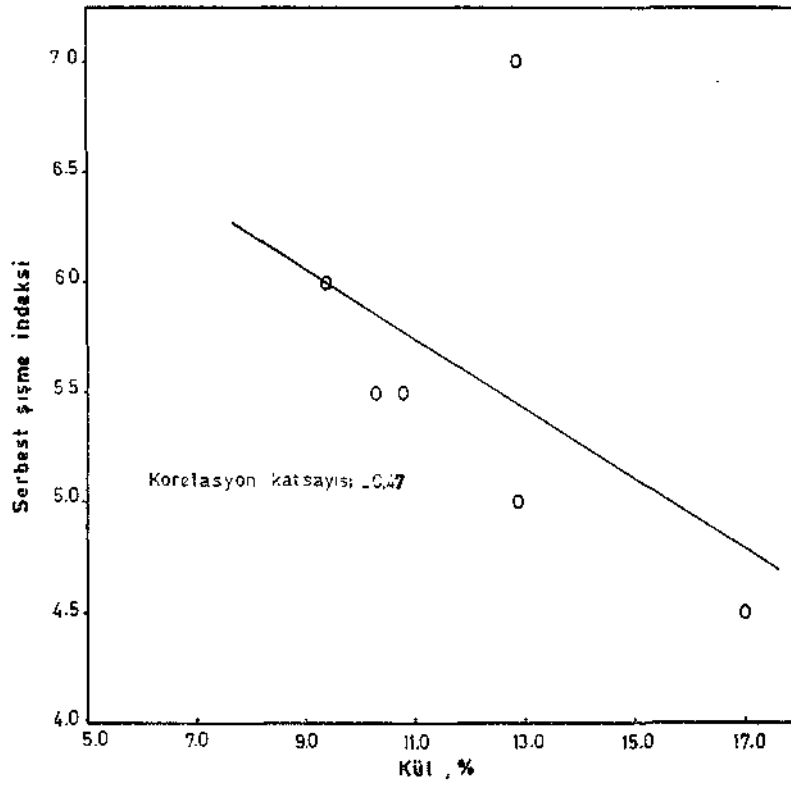
Kül miktarı ile şişme indeksi arasındaki bağıntının ise düşük korelasyon katsayısı verdiği saptanmıştır (Şekil-8).



Şekil 7- Serbest şişme indeksinin inertinite ile bağıntısı.

Tablo 7 — Çay Numunesi Tane Fraksiyonlarının Serbest Şişme İndeksleri

| Tane büyüklüğü (meş) | Şişme indeksi | Petrografik Kompozisyon (%) | | | |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|---------|------------|---------|
| | | Vitrinite | Exinite | Inertinite | Mineral |
| — 8 + 14 | 4 1/2 | 50,0 | 16,2 | 30,6 | 3,2 |
| — 14 + 28 | 5 | 54,0 | 11,9 | 29,8 | 4,3 |
| — 28 + 48 | 5 1/2 | 66,7 | 7,7 | 23,5 | 2,1 |
| — 48 + 100 | 6 | 72,3 | 5,0 | 21,5 | 1,2 |
| — 100 + 200 | 5 1/2 | 74,8 | 3,8 | 18,8 | 2,6 |
| — 200 | 7 | 78,1 | 3,7 | 15,2 | 3,0 |



Şekil 8 - Serbest şişme indeksinin kül ile bağıntısı

7. Sonuçlar :

Yukarıda açıklanan çalışmaların ışığında aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- 1 — Kıırma ve eleme işlemleri maserallerin dağılımında önemli bir etkindir.
- 2 — Vitrinite ince tanelerde, exinite iri tanelerde kalma eğilimindedir. Inertinite ise bu açıdan farklılıklar göstermektedir.
- 3 — Yüzdürme - batırma işlemleri etken maserallerin hafif gravite fraksiyonlarında toplanmasına neden olmaktadır.
- 4 — «Vitrinite» in kolaylıkla temiz konsantreler halinde elde edilebilmesine karşı, «exinite» ve «inertinite» konsantrasyonu sorunsaldır.
- 5 — Vitrinite inertinite'e oranla daha yüksek yüzebilirliğe sahiptir.
- 6 — Serbest şişme ve öğütülebilirlik değerlerinin petrografik kompozisyon ile yakından bağıntısı vardır. Asal maserallerin fazlalığı şişme indeksini düşürmekte, artan vitrinite oranı ise öğütmeyi kolaylaştırmaktadır.

K a y n a k l a r :

- 1 — International Handbook of Coal Petrography, 2nd Edition, International Commission for coal petrology, Centre National de a Recherche Scientifique, Paris, 1963.
- 2 — SHAPIRO, N., GRAY, R. O. : «The Use of Coal Petrography in Coke - making», Journal of Inst. Fuel. Haziran, 1964, s. 234.
- 3 — HARRISON, J. : «Coal Petrography applied to coking problems», Proc. of the Illinois Min. Inst. 1961, s. 18.
- 4 — LOWRY, N. H. : «Chemistry of coal utilization», Spp. Volume, John, Wiley and Sons, London, s. 1043.
- 5 — Stach, E. : «The Significance of pétrographie methods of Investigation for the upgrading of coal», Lehrbuch der Kohlenmikroskopie, 1949, s. 236.
- 6 — HOSTEN, . : «Enrichment of Coal Macerals and Some Applications of Coal Petrography», M.S. thesis, 1976, O.D.T.Ü.