

ZONGULDAK TOZ KÖMÜRLERİ ÜZERİNDE YAĞ AGLOMERASYONU ÇALIŞMALARI

OIL AGGLOMERATION STUDIES ON ZONGULDAK COAL FINES

Çetin HOŞTEN(*)
Yaşar UÇBAŞ(**)

ÖZET

Bu bildiride Çatalağzı lavuarından alınan -flotasyon girdisi brüt kömür ve jig çıkışı ara ürün numuneleri ile yapılan yağ aglomerasyonu deneylerinin sonuçları sunulmuştur. Her iki numune için bağlayıcı yağ miktarının ve türünün, süspansiyondaki katı oranının ve tane boyunun, aglomerasyonun performansı üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Sonuçlar kullanılan yağ miktarının aglomeratların kül miktarını belirlediğini, aglomeratların kül miktarının katı oranındaki değişimlerden etkilenmediğini, tane boyutu küçüldükçe daha düşük küllü aglomeratların elde edilebildiğini, gazyağı ve solvent na-ftanın aynı düzeyde etkili olduğunu ve aglomerasyonun -flotasyona göre daha düşük küllü kömür üretebildiğini göstermiştir.

ABSTRACT

This paper presents the results -from an experimental evaluation of oil agglomeration applied to -fine coal samples taken -from Çatalağzı Washery -flotation -feed and jig middlings streams. The e-f-fects of some critical variables such as oil dosage and type, pulp density, -feed -fineness were studied -for both samples.

The results of the study indicated that oil dosage controlled the ash content of the oil-agglomerated coal product; kerosene and solvent naphta had similar effects on the efficiency of the process; ash content of agglomerates was not sensitive to variations in pulp density; finer grinds were necessary to obtain lower ash contents; and oil agglomeration yielded products with lower ash contents than that of flotation concentrates of current practice.

» Doç.Dr., Maden Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara.

** Maden Y. Müh., Maden Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

1. GİRİŞ

Kömür madenciliği ve kömür yıkama işlemleri sırasında ortaya çıkan toz kömürün (-0,5 mm) temizlenerek kazanılması ekonomik nedenler ve çevre sorunları gereği zorunlu olmaktadır. Madencilik tekniklerinde mekanizasyonun payının giderek artması sonucunda tuvönan kömür içindeki toz oranının "/.20-25'e kadar çıkabildiği ve kömür/su, kömür/yağ karışımı gibi -fuel-oil'a alternatif oluşturabilecek yakıtlarda kullanılacak süper temiz kömür üretiminin gerektirdiği çok ince öğütme (-0,037 mm) gözönünde bulundurulduğunda toz kömürlerin temizlenmesi daha da önem kazanmaktadır.

Köpüklü -flotasyon, özellikle metalurjik kömür tozlarının piritik kükürt ve külden temizlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem olmakla birlikte, verim ve seçicilik 0,074 mm'nin altındaki tozlarda, özellikle kil oranının yüksek olduğu ortamlarda ve de oksitlenmiş kömürlerde düşük olmaktadır. Ayrıca, temiz toz kömür -filtre kekindeki yüksek nem oranı da teknik ve ekonomik açılardan sorun yaratabilmektedir.

Flotasyonun yerini alabilecek bir seçenek olarak gösterilen yağ aglomerasyonunun, yüksek kul OX25) ve kil içeren tuvönan toz kömür (-0,5 mm) veya ince öğütülmüş (-0,074 mm) ara ürünlerin temizlenmesinde çok etkin bir yöntem olduğu bilinmektedir (Hazra ve diğ. , 1986; Guerra ve diğ. , 1986).

1.1. Amaç

Türkiye'de sadece Zonguldak havzasına dayalı olan metalurjik kömür üretimi ağır sanayimizin gereksinimini karşılayamaz iken lavuar ara ürünlerine ek olarak -0,5 mm boyutunda koklasabilir kömürlerin de termik santrallarda değerlendirilmesi düşünülmektedir (Keskin ve Cuhadaroğlu, 1987). Zonguldak havzası lavuarlarında, flotasyon devrelerinde zenginleştirilen toz kömürün kül oranı %15'in üzerinde, filtre keki nemi ise X20-24 dolaylarındadır ve harmanlandıkları iri lave kömürün külünü ve nemini yükseltmektedirler. Flotasyondaki verim ve selektivite düşüklüğü nedeniyle, denize verilen flotasyon artıklarındaki kömür, ekonomik kayıpların yanı sıra deniz

ve çevre kirlenmesi açısından sorun yaratmaktadır. Yağ aglomerasyonu son yıllarda Üzerinde bir çok temel ve uygulamalı araştırma yapılan ve sorunlu -flotasyon devreleri için su anda en azından teknik açıdan alternatif oluşturulan bir yöntemdir. Bu bildiri, yağ aglomerasyonunun kömürlerimize uygulanabilirliğini saptamak ve kısıtlı metalürjik Kömür kaynaklarımızın daha iyi değerlendirilmesi konusunda bir alternatif yaratabilmek ümidiyle başlattığımız laboratuvar çalışmalarımızın ilk aşamadaki (Ucbaş, 1988) sonuçlarını içermektedir.

2. YAĞ AGLDMERASYONUNUN TEMEL İLKELERİ

Yağ aglomerasyonu (küresel aglomerasyon) , -flotasyonda olduğu gibi,, kömürün ve beraberindeki mineral maddelerin yüzey özelliklerindeki -farklılıklardan yararlanarak seçimli ayırım yapabilen bir zenginleştirme yöntemidir. Kömür doğal olarak beraberindeki inorganik maddelere göre daha hidro-fobiktir. Toz kömürün sudaki süspansiyonuna yağ konulup karıştırıldığında hidrofobik kömür tanecikleri ince bir yağ tabakası ile kaplanırlar. Karıştırma sonucunda yağ kaplı kömür tanecikleri çarpışır ve yüzeylerindeki yağın bağlayıcı etkisiyle birbirlerine tutunarak aglomeratları oluştururlar. Hidrofilik mineral maddeler ise dağılık bir halde süspansiyonda kalırlar. Dağılmaya karşı dayanıklı aglomeratlar mekanik bir yöntemle (**eleme**) süspansiyondan alınırlar(Capes, 1980). Yağ aglomerasyonunun süreç kinetiğini etkileyen en önemli iki -faktör olan kullanılan yağ miktarı ve karıştırma hızı aynı **zamanda** en önemli maliyet unsurlarıdır(Mehrotra ve diğ. , 1980).

Yağ aglomerasyonunun zenginleştirme işlevi yanı sıra diğer önemli bir -faydası da yağ aglomeratları halindeki kömürün termal kurutmaya gerek kalmadan neminin süzme eleklerinde veya vakum -filtrelerinde X10 düzeyine indirilebilmesidir(Nicol ve diğ., 1980). Lavuar atığı sularından kömür kazanılarak aynı zamanda çevre sorunlarına da çözüm getirme potansiyeline rağmen yağ aglomerasyonunun henüz endüstriyel capta bir uygulaması yoktur.

3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada Zonguldak-Catalağzı Lavuarı'ndan **alınan** iki -Farklı kömür numunesi kullanılmıştır:

Numune A - -flotasyon girdisi brüt kömür (3C92 -0,5 mmj
7.42,9 kül)

Numune B - jig çıkışı **ara** Urun <7.100 -10 mm; %/52,4 **kül**)

Ara uran numunesinin XSO'ini oluşturan -10+0,5 **mm** •fraksiyonu merdaneli kırıcıda 0,5 mm'nin altına kırılarak numunenin tamamının 0,5 mm'nin altında olması sağlanmıştır. Ancak, her iki numunede de -0,5 mm boyutta iyi **bir** aglomerasyon rejimi sağlanamadığından numunelerin **daha** ince öğütülmesi gerekmiştir. Bu nedenle numuneler porselen değirmende kuru olarak 0,147 mm(100 mes) ve 0,074 mm(200 mes)'in altına öğütülmüşlerdir.

Aglomerasyon deneylerinde bağlayıcı yağ olarak **gazyağı** (öz. ağı. 0,78) ve kok -fırını yan ürünü solvent **na-fta** (öz.ağı. 0,B6) kullanılmıştır.

Laboratuvar capta yürütülen yağ aglomerasyonu **deneyleri** 9 cm çapında, kenarlarında türbülans sağlamak için 2 cm genişliğinde iki adet delikli levha bulunan, bir **litrelik** silindirik cam kap içinde yapılmıştır. Karıştırma işlemi, 5 cm çapında ve 1 cm eninde altı adet düz kanatçığı **olan ve** karıştırma kabının tabanından 1 cm yukarıda tutulan **pervane** ile sağlanmıştır. Karıştırma hızı 500 dev/dak. **olarak** ayarlanmıştır. Her deney için istenilen katı oranını **elde** edecek miktarda tartılan toz kömür suya katılmış ve **gerekli** dağılmayı sağlamak için 5 dakika süreyle karıştırıldıktan sonra istenilen miktarda bağlayıcı yağ süspansiyona **ilave** edilmiştir. Karıştırmaya 30 dakika daha devam edilerek agiorneratların oluşması ve büyümesi sağlanmıştır. Oluşan aglomeratlar, süspansiyonun 65 mes (-100 mes numune kullanıldığında) veya 150 meş (-200 mes numune kullanıldığında) eleklerden süzülmesiyle tutulmuştur. **Elek** üzerindeki aglomeratlar suyla yıkandıktan sonra **105°C** de kurutulmuş ve TS 330 standart metoduna uygun **olarak kül** analizleri yapılmıştır. Agiomeratlarda kazanılan **yanabilir** madde (combustibles) randımanı, R, aşağıdaki **-formale göre** hesaplanmıştır :

$$R = (C_A/C_P) \times 100$$

$$C_A = M_A < 100 - A_a$$

$$C_P = M_P \times 100 - F_a$$

M_A : kurutulmuş aglomeratların ağırlığı

A_a : kurutulmuş aglomeratların kül yüzdesi

C_A : aglomeratlardaki yanabilir madde ağırlığı

tip : deneye giren brüt kuru kömür ağırlığı

F_a : kuru brüt kömürün kül yüzdesi

C_P : s brüt kömürdeki yanabilir madde ağırlığı

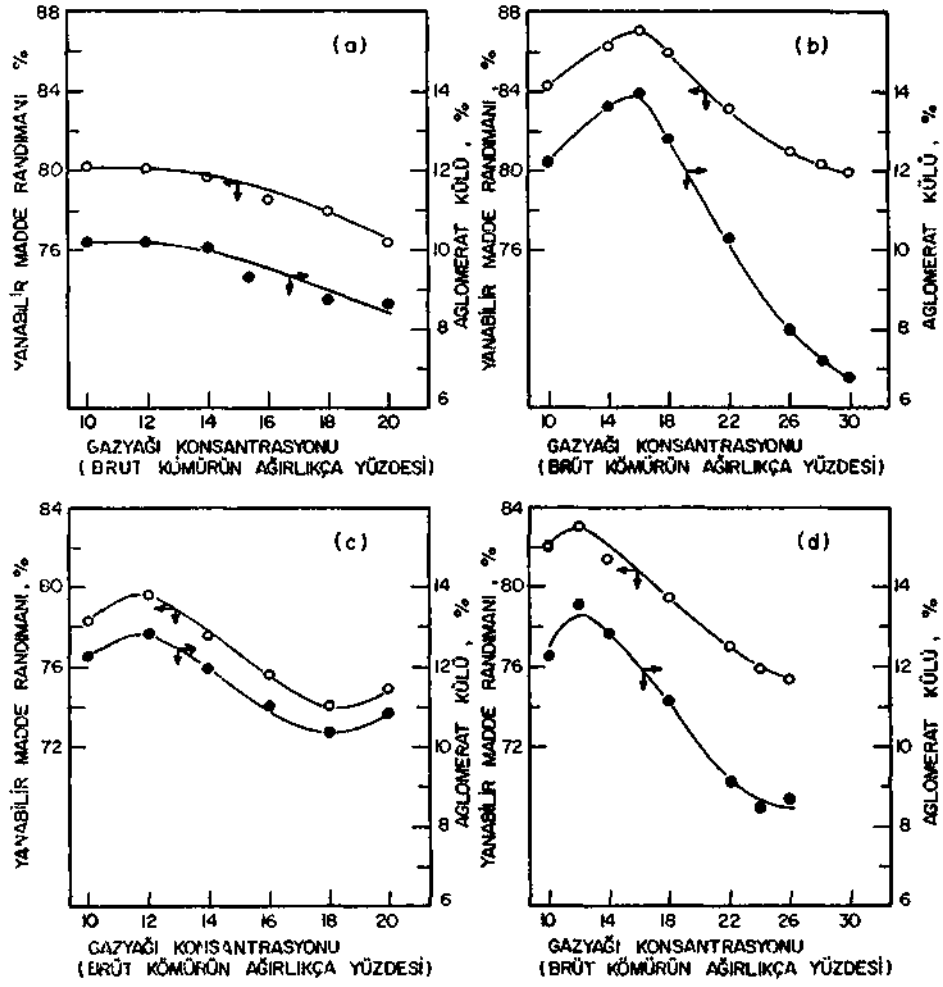
4. DENEYSEL BULGULAR VE İRDELENMESİ

Numune A ve **Numune B** ile yapılan aglomerasyon deneylerinde, kullanılan yağ miktarı ve türü, süspansiyondaki katı oranı ve öğütme inceliği değişkenlerinin, yanabilir madde kazanma randımanına ve **aglomerat**larda kazanılan temiz kömür külüne olan etkisi incelenmiştir.

4.1. Yağ Miktarının Etkisi

Yağ konsantrasyonunun , süspansiyondaki katı miktarının ağırlıkça yüzdesi olarak verildiği bu deneylerde oldukça geniş bir konsantrasyon aralığında aglomerat oluşturmak mümkün olmuştur. Ancak, çok düşük yağ konsantrasyonlarında (<"/.B) oluşan aglomeratların elek üzerinde süzme esnasında kolayca dağıldıkları gözlenmiştir. Artan yağ miktarı ile birlikte daha kompakt ve küresel aglomeratlar elde edilmiş **vs elek** üzerindeki süzme işlemi daha verimli olmuştur. **A>ırı** miktarda yağ (07.20) kullanıldığında ise **aglomeratların** küreselliği bozulmuş ve iri salkımlar oluşmuştur.

Agglomeratların oluşturulmasında **kullanılan** gazyağının temiz kömürdeki yanabilir **madde randımanına** ve kül yüzdesine olan etkisi -100 mes ve -200 **me> e** öğütülmüş numuneler için Sekil 1' de gösteri **imletir**. **Artan** gazyağı konsantrasyonuna bağımlı olarak aglomeratların kül yüzdesinde ve randımanlarda bir paralellik gözlenmiştir. Öğütme inceliğine ve numune türüne göre değişen kritik bir yağ konsantrasyonunun üzerinde kül ve randıman değerleri birlikte azalmıştır. Kullanılan yağ miktarı aglomeratların



Şekil 1. Yaş miktarının yanabilir madde randımanına ve aglomerat külüne etkisi. Katı oranı %10; (a)-100 meş Numune A; (b)-200 meş Numune A; (c)-100 meş Numune B; (d)-200 meş Numune B.

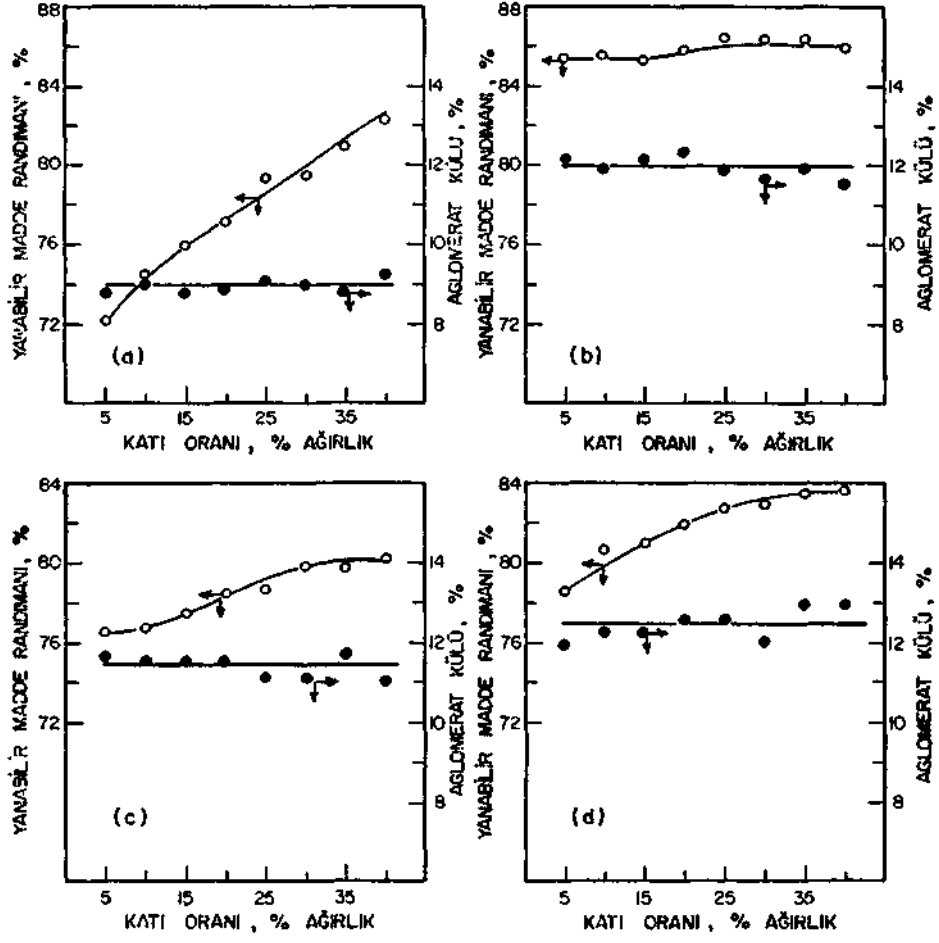
yapısını belirlemektedir. Az miktarda yağın kullanılmasıyla gevsek floküle bir yapı oluşmakta ve yağ miktarının artırılmasıyla da bu gevsek yapı içinde sulu ortamın doldurduğu gözenekler giderek artan oranlarda yağ ile kaplanmakta ve daha kompakt bir yapı oluşmaktadır(Meadus ve Sparks, 1983) . Gevsek yapıllı aglomeratların gozeneHerını kaplayan su içindeki sıst ve mıkst taneciklerin aglomeratların külünü artırdığı sanılmaktadır.

•<10 kül içeren kömür elde etmek için 100 mes'in altına öğütülmüş -flotasyon brüt kömür numunesi için X12-14 düzeyinde gazyağı gerekirken, 200 mes'in altına öğütülmüş aynı tür numune için gerekli yağ konsantrasyonu X22 dır. Daha ince öğütme neticesinde yüzey alanının artması nedeniyle yağ kullanımı artmış olmakla birlikte kömür ve mineral maddeler arasındaki serbestleşmenin artması nedeniyle de randıman X80 ' den X83 ' e çıkmıştır. Ara ürün numunesinde de benzer sonuçlar alınmıştır. Ancak, aynı kül düzeyinde elde edilebilecek kömürdeki yanabilir madde randımanı -flotasyon numunesine göre 4-5 puan daha düşük kalmıştır ki bu da ara Urun numunesinde serbestiesmenin daha az olabileceğine bağlanmaktadır.

4.2. Katı Madde uranının Etkisi

Sekil 2, süspansiyondaki katı madde oranının her ıkı numune için randıman ve kül yüzdelerine olan etkisini göstermektedir. Literatürde rapor edilmiş çalışmalarda da (Nicol ve Brown, 1977; Pawlak ve diğ., 19B5) belirtildiği gibi katı oranının aglomeratların kül yüzdesi üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Yanabilir madde randımanı ise artan katı oranına bağlı olarak artmıştır. Süspansiyondaki katı oranı arttıkça karıştırma esnasında katı taneciklerinin, yağ tcürecikleri ve birbirleri ile olan çarpışma olasılıkları artmaktadır. Bunun da randımandaki artışın nedeni olduğu sanılmaktadır.

Yağ agiornerasyonu için gerekli ekipman kapasitesini belirleyecek olan en önemli -faktörlerin arasında aglomerat oluşumu için gerekli zaman ve katı oranı bulunmaktadır. Katı oranındaki artışa bağımlı olarak aglomeratların oluşumu için gerekli zamanın azalıyor olması da bilinmektedir(Swanson ve diğ., 1977). Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi **V.ZO** katı oranının Üzerinde aglomerasyon



Şekil 2. Katı oranının yanabilir madde randımına ve aglomerat külüne etkisi, (a)-100 meş Numune A, yağ kons. %18; (b)-200 meş Numune A, yağ kons. %18; (c)-100 meş Numune B, yağ kons. %14; (d)-200 meş Numune B, yağ kons. %14.

namkan görünmektedir. Bu yönüyle yağ aglomerasyonu, -flotasyona göre daha avantajlıdır. Flotasyonda yüksek katı oranları temiz kömür külünü artırmakta (Ünlü ve Doğan, 1986) ve bu nedenle de katı oranının düşük (7.10) tutulması gerekmektedir.

4.3. Yağ Türünün Etkisi

Tablo 1' de gazyağı ve kok -fırını yan ürünü solvent na-fta ile yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Her iki yağ türü ile aynı yağ konsantrasyonunda elde edilen aglomeratların kül yüzdeleri pek farklı olmamakla birlikte gazyağı biraz daha yüksek randıman sağlamıştır. Gazyağı ve solvent na-fta gibi ince (na-fta) yağların düşük kül aglomeratlarının elde edilmesinde, kalın (ağır) yağların ise randımanın yüksek olması istendiği durumlarda daha uygun olduğu belirtilmektedir (Pawlak ve diğ., 1985). Kalın yağlar ince yağlara göre daha ucuzdur ve daha dayanıklı aglomeratlar oluşturmaktadırlar. Bu nedenle ince ve kalın yağların optimum oranlarda karıştırılarak kullanılması da literatürde rastlanan bir yöntemdir.

Tablo 1. Yağ Aglomerasyonunda Kullanılan Gazyağı ve Solvent Naf tanın Etkilerinin Karşılaştırılması.
(-100 mes -flotasyon brüt kömür numunesi, 7.10 katı)

Yağ Türü	Yağ Konsantrasyonu	Yanabilir Madde Randımanı	Aglomerat Külü
Gazyağı	7.14	7.79,7	7.10,14
	7.18	7.78,0	7.8,78
Solvent na-fta	7C14	X76,6	7.9,70
	X18	X72.7	7.8,69

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Zonguldak toz kömürü ile elde edilen sonuçlar, kullanılan yağ miktarının ve tane boyunun yağ aglomerasyonunda en önemli iki etken olduğunu doğrulamaktadır, iyi bir aglomerasyon rejimi oluşturabilmek ve düşük kullu aglomeratlar elde edebilmek için brut kömürün, standard flotasyon boyutundan daha ince öğütülmesi gerekmektedir. Belli bir öğütme inceliğinde yapılan deneylerde, yağ miktarı arttıkça aglomeratlardaki kül miktarı azalmaktadır. Öğütme inceliği artırıldığında ise çok daha düşük küllü kömür elde etmek mümkündür. Aglomerasyon yöntemiyle, X10-12 veya daha az kül içeren kömürün oldukça yüksek randımanlarla elde edilmesi mümkün görünmektedir. Bu değerler, aglomerasyonun palptaki katı oranına karşı pek duyarlı olmaması nedeniyle, -flotasyon a göre çok daha yüksek palp katı oranlarında elde edilebilmektedir. Deneylerimizde aglomeratların' nem miktarı belirlenmemiş olmakla birlikte yağ aglomeratları halindeki konsantrelerin -flotasyon konsantrelerine göre daha kolay ve daha düşük nem oranlarına susuzlaştırılabildikleri de bilinen bir gerçektir.

Bu sonuçlar doğrultusunda, yağ aglomerasyonu teknik acıdan flotasyona göre daha üstün görünmekle birlikte, aglomerasyonda kullanılan yağ miktarının flotasyonda kullanılanın yaklaşık 200 kere daha fazlası alması ekonomik acıdan büyük bir engel oluşturmaktadır. **İlave edilen yağın** ucuz ve verimli bir şekilde geri kazanılabileceği düşünülse bile, yöntemin brüt flotasyon malzemesinin temizlenmesinde uygulanabilirliği ekonomik acıdan çok detaylı **bir** şekilde araştırılmalıdır. Yağ masrafının düşürülebilmesi için **aynı** deneylerin daha ucuz olan ağır **yağlarla yapılması ve** sonuçların karşılaştırılması yerinde olacaktır.

Flotasyona giren malzemenin **sınıflandırılarak,** flotasyonda sorun yaratan ince kısımlardaki (**örneğin -100** mes) malzemenin konsantrasyonu veya denize atılan **mevcut** flotasyon artıklarındaki kömür kaçaklarının **kazanılmasında** yağ aglomerasyonunun daha ekonomik olabileceği **görüşüyle** bu yöndeki çalışmalarımız sürdürülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- CAPES, C.E., 1980; "Principles and Applications of Size enlargement in Liquid Systems", Fine Particles Processing, P. Somasundaran (Ed.), AIME, New York, Cilt 2, s.1442-1462.
- GUERRA, E.A. ve diğ., 1986; "A Comparative Study of Oil-based Beneficiation Processes of Ultrafine Brazilian Coals", CIM 10th Int. Coal Prep. Congr., Edmonton, Canada, s. 105-121.
- HAZRA S.K. ve diğ., 1986; "Studies on the Performance of an Oil Agglomeration Process Evaluated From Bench-scale Batch and Continuous Operations with Critical Variables", CIM 10th Int. Coal Prep. Congr., Edmonton, Canada, s. 163-177.
- KESKİN, Y. ve CUHADAROĞLU, D., 1987; "Zonguldak Çatalağzında Kurulmakta Olan Termik Santralın Yakıt Gereksiniminin Karşılınması", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, s. 521-527.
- MEADUS, F.W. ve SPARKS, B.D., 1983; "Effect of Agglomerate Pore Structure on Efficiency of Solid-liquid Separation by an Agglomeration Technique", Separation Science and Technology, Cilt 15, s. 341-362.
- MEHROTRA, V.P. ve diğ., 1980; "Oil Agglomeration Offers Technical and Economical Advantages", Mining Engineering, Cilt 32, Sayı 8, s. 1230-1235.
- NICOL, S.K. ve diğ., 1980; "Oil Assisted Dewatering of Fine Coal", Fine Particles Processing, P. Somasundaran (Ed.), AIME, New York, Cilt 2, s. 1661-1675.
- NICOL, S.K. ve BROWN, A., 1977; "An Experimental Appraisal of the Beneficiation of Fine Coal by Selective Agglomeration", Proc. Australas. Inst. Min. Metall. Sayı 262, s. 49-55.
- PAWLAK, W. ve diğ., 1985; "Selective Agglomeration of Low Rank Bituminous and Subbituminous Cretaceous Coals", Proc. 4th Int. Symp. on Agglomeration, Toronto, Iron and Steel Soc., Warrandale, PA, s. 907-915.
- SWANSON, A.R. ve diğ., 1977; "Some Fundamental Aspects of the Selective Agglomeration of Fine Coal", Agglomeration 77, K.V.S. Sastry (Ed.), AIME, New York, Cilt 2, s.939-951.
- UÇBAŞ, Y., 1988; "Oil Agglomeration Beneficiation of Zonguldak Coal Fines", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara.

