

LABORATUVAR - PİLOT TİP MULTİ GRAVİTE CİHAZI İLE KÖMÜR-SU KARIŞIMLARI İÇİN SÜPER DÜŞÜK KÜLLÜ KÖMÜR ÜRETİMİ

PRODUCTION OF CLEAN COAL WITH LOW ASH CONTENT FOR COAL-WATER SLURRY BY LABORATORY TYPE MULTY GRAVITY SEPARATOR

Ismail YILDIRIM
Gündüz ATEŞOK
Mürsel ÇELİK

İ.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher ve Kömür Haz. A.B. Dalı, İstanbul

ÖZET: Richard Mozley tarafından geliştirilen C-900 Laboratuvar-Pilot tip Multi-Gravite ayması ile Zonguldak kömüründen kömür-su karışımları teknolojisinde kullanılmaya uygun düşük küllü kömür üretimi bu çalışmanın esasını teşkil etmektedir. Çalışmada, tamamı 0.5 mm altında bulunan numune **İmlfamliqlr alamm**, tambur dönüş hızının, yıkama suyu miktarının ve tambur eğiminin zenginleştirmeye etkileri araştırılmıştır. Şlam alınmış numune ile, optimum koşullarda yapılan zenginleştirme deneyi sonunda; **deneye giren numunenin %57'si % 7 kül içeriği ve %76 yanabilir verimle temiz kömür olarak üretilmiştir.**

ABSTRACT: The aim of this experimental study is to investigate the possibilities on the production of clean coal with low ash content from the Zonguldak bituminous coal to be used in coal-water slurries, by C-900 Laboratory-Pilot Type Multi Gravity Separator. In the experiments by using bituminous coal in the size range of -0.5 mm, the effects of slime, rotational speed, amount of wash water and tilt angle on the concentration are investigated. As a result of experiments done on the deslimed sample in the optimum conditions a clean coal is produced with 7% ash content and 76% combustible recovery.

1.GİRİŞ

Kömür hazırlama işlemleri sırasında üretilen büyük miktarlardaki ince kömür hem ekonomik olmayan hem de teknik açıdan sorunlu susuzlandırma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Son yıllarda geliştirilen kömür-su karışımları (KSK) teknolojisi ile susuzlandırma yapılmadan pülpün doğrudan enerji santrallerinde veya buhar kazanlarında kullanım imkanı doğmuştur. Yüksek kati içeriği, taşıma ve depolama maliyetlerinden tasarruf ve kazan tesisinde artık gaz ısı kayıplarında azalma gibi avantajlardan dolayı KSK geleceğin yakıtı olarak kabul edilmektedir. Kömür-su karışımlarını nakledecek en basit sistem hidrolik nakliye sistemidir. Pülp te katı oranı (PKO) %50'den fazla olan KSK'nı klasik yöntemlerle basacak pompalar pratik değildir. Ayrıca boru hattının çeşitli noktalarında oluşan katı-sıvı faz ayrımları tıkanmalara neden olmaktadır (Schick, 1982).

Susuzlandırma işlemine alternatif olabilecek KSK kullanım açısından aynı zamanda fuel oil'e rakip olabilecek bir sistemdir. Fuel oil fiyatları şimdilik ucuz olduğundan dolayı, KSK fuel oil ile mukayese edilmekten ziyade, gerek ilk yatırım gerekse üretim maliyetlerinden dolayı susuzlandırma ve termal kurutma işlemlerine alternatif olarak kabul edilmektedir. Yetmişli yılların sonlarında popüler olan kömür-yağ karışımından yerini seksenli yılların sonunda PKO değeri yüksek olan KSK'na terketmiştir.

Bu özelliklerinden dolayı KSK'nın hazırlanması ve yakılması üzerinde yapılan araştırmalar son 10 yılda büyük ivme kazanmıştır. Tipik bir KSK; %70-75 kömür, %25-30 su ve yaklaşık %1 kimyasal katkı maddesi içermektedir. KSK'da aranan nitelikler şöyle sıralanabilir: kaliteli bir kömür (maksimum %8 kül ve yüksek ısı değeri), elverişli bir PKO, ince boyut dağılımı ve karışımı pompalamak için makul bir viskozite. Pulverize kömür ile karışındığında, suyun varlığı KSK'da her %10 nem değeri için kazan

veriminde yaklaşık %1 oranında bir düşüşe neden olmaktadır (Beer, 1985).

Bu çalışmada, Türkiye'de mevcut bitümlü kömür ile çalışan ve en büyük kapasiteli yıkama tesisi olan Zonguldak Merkez Lawanna gelen tuvenan kömürün %25'ini oluşturan -0.5 mm boyutundaki kömürden düşük küllü temiz kömür elde etme olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla İngiliz Teknoloji Grubu desteğinde Richart Mozley tarafından geliştirilen farklı özgül ağırlıklı ve çok ince boyutlu tanelerin akışkan ortamda birbirinden ayrılması prensibi ile çalışan Multi-Gravite Separator (MGS) ayırıcısı kullanılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Multi-Gravite Ayrıcı (MGS)

İngiliz Teknoloji Grubu desteğinde Richart Mozley tarafından ince ve çok ince boyutlu minerallerin ayrılması amacıyla geliştirilmiş ve endüstriyel ölçekte kullanımı gerçekleştirilen bir gravite ayırıcısı olan multigravite cihazı, sarsıntılı masa düzeninin bir tambur şekline dönüştürülerek kullanılması prensibi ile tanımlanabilir. Bu tamburun belirli hızla döndürülmesiyle mineral tanelerine karşı etkin olan yerçekimi kuvvetinden daha büyük bir merkezkaç kuvvetinin etkisi altında tanelerin tambur yüzeyinde yan katı bir tabaka oluşturması ve yardımcı üniteler aracılığı ile zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

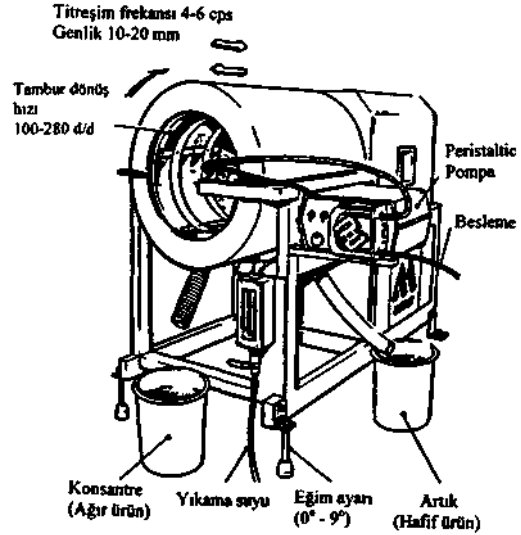
Deneylerde kullanılan laboratuvar ölçekli MGS ünitesinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Cihaz bir yanı açık uçlu 0.6 m. uzunluğunda 0.5 m çapında tambur şeklinde bir gövdeye sahiptir. Tambur iç yüzeyi üzerinde 6-24 g değerinde yerçekimi kuvvetine eşdeğer bir merkezkaç kuvveti oluşturacak şekilde 150-300 d/d hızla saat yönünde dönmektedir. Aynı anda eksenel doğrultuda 4-5.7 cm.sn⁻¹ frekansla 10-20 mm arasında değişen smüzoidal bir titreşim hareketi de tambur hareketi üzerine eklenmiştir.

Tambur hareketini sağlayan eksantrik shaft tarafından tahrik edilen, tamburla aynı yönde, tambura göre biraz daha hızlı dönen ve üzerinde küreyiciler bulunan bir ünite vardır. Çalışma sırasında küreyiciler kat taneleri tamburun dar, açık dış ağzına hareket ettirecek şekilde dizayn edilmiştir. MGS

ünitesi %20-SO katı oranında 0.2 t/s kapasite ile çalışabilmektedir.

MGS ünitesinden ayırma işlemi ise uygun katı orandaki pülp, belirli bir basınçla hareketli tamburun orta noktasından iç yüzeye beslenir. Bir anlamda besleme sırasında oluşacak türbülans etkisi azaltılmaktadır. Yıkama suyu ise tamburun üst çıkış ucuna yakın bir noktadan verilir. Ağır veya yüksek özgül ağırlıklı mineraller akışkan tabaka içinde dibe çökmekte, tambur yüzeyine tutunmakta ve merkezkaç kuvvetinin etkisiyle adeta katı halde tabaka oluşturmaktadır. Akışkan tabakanın üst yüzeyleri ise büyük oranda katı taneler içermeyen sulu durumda hafif mineralleri kapsar.

Gövdeye verilen titreşim hareketiyle; akışkan tabaka içindeki tanelere ek bir ayırma kuvveti uygulanmış olmaktadır, özel olarak dizayn edilmiş küreyicilerse tambur yüzeyinde hareket ederlerken tambur yüzeyinde oluşan tabakayı küremekte, böylece dereceli tabakalaşma sağlamaktadır. Tambur yüzeyine tutunarak hareket eden yüksek yoğunluklu taneler küreyiciler tarafından yukarı doğru taşınarak üst çıkıştan, hafif yoğunluklu taneler ise yıkama suyu etkisiyle alt çıkıştan alınır (Yüce, E, 1994).



Şekil 1. Laboratuvar ölçekli MGS Cihazı.

2.2. Deneysel Numunesi

Deneysel çalışmaların esasını teşkil eden numune, Zonguldak Merkez Lawan'ında 0.5 mm'lik süzme eleğinden elenen numune olup; flotasyon ünitesine gönderilmektedir. Numunenin elek analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 2'de ise numunenin kimyasal analiz sonuçları gösterilmiştir.

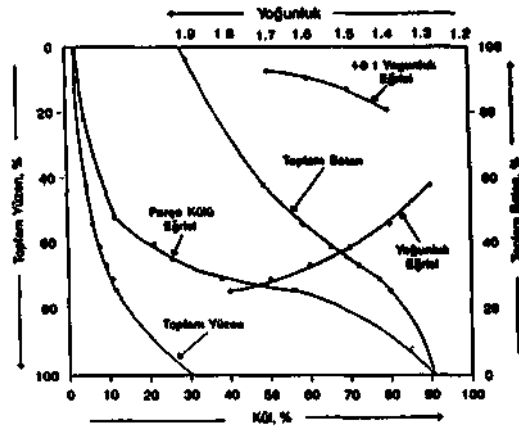
Çizelge 1. Numunenin Boyut ve Boyuta Göre Kül Dağılımı Sonuçları.

Boyut (mm)	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)
-0.6 + 0.5	6.5	24.51	7.6
-0.5 + 0.3	20.2	29.45	22.3
-0.3 + 0.2	9.2	31.65	9.9
-0.2+0.15	8.2	33.12	8.6
-0.15+0.1	6.5	34.39	6.7
-0.1+0.074	11.1	28.43	12.4
-0.074	38.3	45.68	32.5
TOPLAM	100.0	36.06	100.0

Çizelge 2. Numunenin Kimyasal Özellikleri.

Eleman	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem, %	6.30	—
Kül%	33.62	36.06
Uçucu Madde, %	19.97	21.31
Sabit Karbon, %	35.11	42.63
Toplam Kükürt, %	0.53	0.57
Alt Isıl D., kcal/kg	4287	4623
Üst Isıl D., kcal/ka	4483	4785

Deneysel çalışmalarda kullanılan numunenin yanabilme özelliklerini saptamak amacıyla; söz konusu numune -0.6+0.3 mm ve -0.3+0.074 mm boyut gruplarına ayrılmış ve 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 1.7 ve 1.8 yoğunluklarında yüzdürme batırma deneylerine tabi tutulmuştur. -0.6+0.074 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma deney sonuçları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. -0.6+0.074 mm Boyut Grubunda Bulunan Deneysel Numunesinin Yüzdürme-Batırma Deney Sonuçları.

2.3. Yöntem

MGS cihazı ile yapılan zenginleştirme deneylerinde çeşitli aktörlerin zenginleştirmedeki etkilerini saptamak amacıyla 500 gr'lık numuneler üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler şlamlı ve şlamlı (-0.074 mm) alınmış numunelerle gerçekleştirilmiştir.

Pülpte katı oran %20'ye ayarlanmış ve yıkama suyu valf yardımıyla ayarlandıktan sonra, tambur belirli bir hızda olacak şekilde makine çalıştırılmıştır. Daha sonra pülp halinde olan numune yaklaşık 1 lt/dak'lık bir besleme hızıyla MGS cihazı üzerindeki huniden düzgün bir şekilde beslenmiştir. Besleme bitince ayıncıdan gelen malzeme alması durduğunda makine durdurulmuş; ağır ürün (artık) MGS ayırıcısının açık yüzündeki kovadan, hafif ürün (temiz kömür) eğimli olduğu dipteki kovadan alınmıştır.

MGS ile yapılan deneylerde aşağıda belirtilen faktörlerin zenginleştirmeye etkisi araştırılmıştır.

- Tambur dönüş hızı (180-200-220-240 d/d)
- Yıkama suyu miktarı (1-2-5-8 lt/d)
- Tambur eğimi (0.5-1.5-3-4.5 °)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tambur Dönüş Hızının Zenginleştirmeye Etkisi

Değişik tambur hızlarıyla (180-200-220-240 d/d) ye şlamu-şlamı alınmış numuneler ile aşağıdaki koşullarda yapılan deneylerin sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

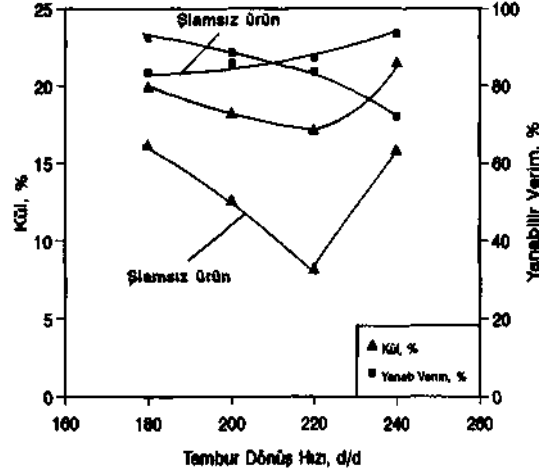
- * Numune miktarı: 500 gr
- * P.K.O: % 20
- * Tambur eğimi: 1.5°
- * Yıkama suyu miktarı: 2 lt/d
- * Besleme hızı: 1 lt/d
- * Tambur titreşim genliği: 15 mm
- * Tambur titreşim frekansı: 4.8 sn⁻¹

Şekil 3'ten görüldüğü gibi; tambur hızı arttıkça her iki numune ile yapılan deneyde de temiz kömür kül içeriğinin düştüğü ve veriminde artış saptanmış, ancak 220 d/d dönüş hızı üzerine çıkıldığında verimde artışın devam ettiği Mat kül içeriğinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu durum, tambur dönüş hızının artmasıyla tanelere uygulanan santrifüj kuvvetinin artması ve bunun da ağır minerallerin hafif minerallere karışmasıyla izah edilebilir. Yapılan deneyler sonucunda; gerek kül, gerek yanabilir verim balonundan en uygun hızın 220 d/d olduğu saptanmıştır.

3.2. Yıkama Suyu Miktarının Zenginleştirmeye Etkisi

Değişik yıkama suyu miktarlarında (1, 2, 5, 8 lt/d) ve şlamu-şlamı alınmış numuneler ile aşağıdaki koşullarda yapılan deney sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.

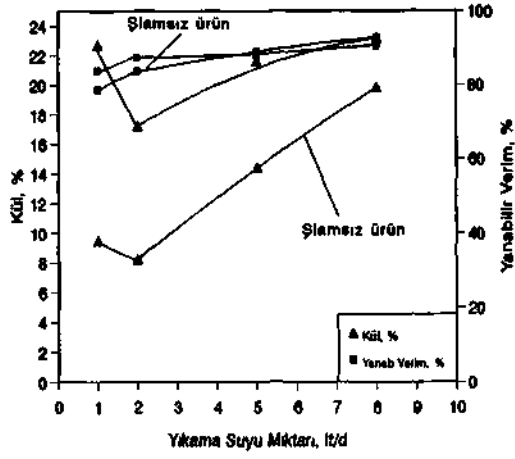
- * Numune miktarı: 500 gr
- * P.K.O: % 20
- * Tambur eğimi: 1.5°
- * Tambur dönüş hızı: 220 d/d
- * Besleme hızı: 1 lt/d
- * Tambur titreşim genliği: 15 mm
- * Tambur titreşim frekansı: 4.8 sn⁻¹



Şekil 3. Şlamlı ve Şlamı Alınmış Numunelerin Zenginleştirilmesinde Tambur Dönüş Hızının Ayırmaya Etkisi.

Şekil 4'den görüldüğü gibi, her iki numune ile yapılan deneyde de optimum yıkama suyu miktarının 2 lt/d olduğu tesbit edilmiştir. 2 lt/d'nin altındaki yıkama suyunda kül içeriğinin arttığı ve yanabilir verimin de düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum yıkama suyunun çok düşük olduğu değerlerde ayırıcı içinde bulunan ağır minerallerin boşalma ağzında çökmesi ve uygun bir ayırma yüzeyinin sağlanamaması ile açıklanabilir.

2 lt/d üzerindeki yıkama suyu miktarında ise, kül içeriğinde ve yanabilir verimde artma gözlenmiştir. Bu durum yıkama suyunun fazla olması durumunda suyun sürüklemeye kuvvetinin (santrifüj kuvvetindeki azalma dolayısıyla) ve cihaz eğiminin etkisiyle ağır minerallerin bir kısmının hafif mineral boşalma ağzına gelmesiyle açıklanabilir.



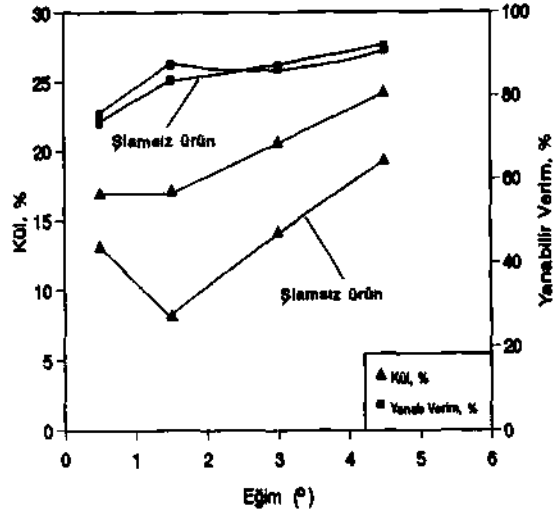
Şekil 4. Şlamh ve Şlamı Alınmış Numunelerin Zenginleştirilmesinde Yıkama Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi.

3.3. Tambur Eğiminin Zenginleştirmeye Etkisi

Değişik tambur eğimlerinde (0.5-1.5-3-4.5°) her iki numune ile yapılan deneylerde aşağıdaki koşullar sabit alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir.

- * Numune miktarı: 500 gr
- * P.K.O: % 20
- * Yıkama suyu miktarı: 2 lt/d
- * Tambur dönüş hızı: 220 d/d
- * Besleme hızı: 1 lt/d
- * Tambur titreşim genliği: 15 mm
- * Tambur titreşim frekansı: 4.8 sn⁻¹

Şekil 5'te görüldüğü gibi, en uygun tambur eğiminin 1.5° olduğu saptanmıştır. 1.5°'den daha yüksek eğimlerde lavenin küllü içeriğinde ve yanabilir verimde artış gözlemlenmiştir. Bu durum tambur eğiminin artmasıyla ağır mineral tanelerine etki eden yerçekimi kuvvetinin bileşenini de arttıracığından, ağır mineral tanelerinin hafif mineral tanelerine karışması ve suyla beraber hafif mineral boşalma ağzına gelmesiyle açıklanabilir.



Şekil 5. Şlamh ve Şlamı Alınmış Numunelerin Zenginleştirilmesinde Eğimin Ayırmaya Etkisi.

3.4. Belirlenmiş Optimum Koşullarda Gerçekleştirilmiş Deney Sonuçları.

MGS cihazında kömür zenginleştirmek için belirlenen optimum koşullar aşağıdaki gibidir:

- * Numune boyutu: -0.6+0.074 mm
- * Tambur dönüş hızı: 220 d/d
- * Yıkama suyu miktarı: 2 lt/d
- * Eğim: 1.5°
- * P.K.O: % 20
- * Besleme hızı: 1 lt/d
- * Tambur titreşim genliği: 15 mm
- * Tambur titreşim frekansı: 4.8 sn⁻¹

Belirlenmiş olan optimum koşullarda 1000 gr numune üzerinde kademeli zenginleştirme deneyi yapılmış olup; elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir. Temizleme iki kademede gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4'te ise; deney sonuçlarının şlamlı (-0.074 mm dahil) gösterimi verilmiştir.

Buna göre beslenen numunenin %57'si %7.01 küllü içerikli temiz kömür olarak, %75.8 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Çizelge 3. Belirlenen Optimum Koşullarda Yapılan Deneysel Sonuçları.

• Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Venm (%)
Temiz Kömür-1	57.0	7.01	75.8
Temiz Kömür-2	4.6	15.17	56
Temiz Kömür-3	3.2	27.69	33
Araürün-1	7.3	53.74	4.8
Araürün-2	5.4	66.45	26
Şist	22.5	75.62	7.9
TOPLAM	100.0	30.07	100.0

Çizelge 4. Belirlenen Optimum Koşullarda Yapılan Deneysel Hesaben Birleştirilmiş Sonuçları.

Ürünler	Miktar (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)
Temiz Kömür	35.2	7.01	51.2
Araürün	12.6	44.33	110
Artık	13.9	75.62	5.3
Şlam(-74 um)	38.3	45.68	32.5
TOPLAM	100.0	36.06	100.0

4. SONUÇLAR

C-900 Laboratuvar/Pilot tip Multi Gravite Ayrıcısı ile yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda; kömür-su karışımın (KSK) teknolojisinde kullanılmaya uygun bir düşük küllü temiz kömür ürünü Zonguldak kömüründen elde edilebilmektedir.

Tamamı 0.6 mm altında olan deney numunesi içinde %38 gibi önemli bir oranda bulunan şlam boyutundaki kömür (-74 um), MGS'deki şartların bozulduğundan, elde edilen temiz kömür ürünündeki kül içeriği, kabul edilebilir kül içeriği olan %10'un altına indirilememektedir.

Şlam alınmış numune ile optimum koşullarda, temizleme devreleri tertiplenerek yapılan iki kademeli zenginleştirme deneyi sonunda; deneye giren numunenin %57'si %7.01 kül içeriği ve %75.8 yanabilir verimle temiz kömür olarak üretilmiştir.

5. KAYNAKLAR

- Schick, M.J., Villa, J.L., 1982. Surfactants in Coal Technology, J. American Oil Chemist. Soc., 1349-1359.
- Beer, J.M., 1985. Coal-Water Fuel Combustion; Fundamentals and Application, Proc. Second European Conf. on CLM, London, 377-405.
- Hamilton, B, Arnold, D.W., 1992. Coal-Water Fuel as a Low Cost Alternative to Dewatering Fine Coal, Proceedings of 17th Int. Conf on Coal Util, and Slurries Tech., Florida, 7-18.
- Sun, C.G., Wu, J.S., 1993. Upgrading of Low Rank Coals and Their Preparation of Highly Loaded CWS Fuels, 18th Int. Conf. on Coal Util, and Fuel Systems, Florida, 829-833.
- Uyar, T.S, Ayok, T, Tekeli, M., Demir, C., 1990. Preparation of a Slurry Fuel from Elbistan-Turkey Low Rank Coal, 11th Int Coal Prep. Cong., Japan.
- Yüce, E, 1994. "Multi Gravite Ayrıcısı", Madencilik Dergisi, Maden Müh. Odası Yayın Organı, Cilt:33, Sayı:1, Mart 1994.
- Ateşok, G., Onal, G., Altaş, A., Arslan, F., 1993. Economical Beneficiation of Fine Coal By Using Reichert Spiral and its Application to Turkish Coals, 18th Int. Conf. on Coal Util, and Fuel Systems, Florida.