

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

TOZ KÖMÜRÜN
KÜRESEL
AGLOMERASYONLA
KAZANILMASI

TMMOB

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

TOZ KÖMÜRÜN KÜBESEL AGLOMERASYONLA KAZANILMASI

Dr. Halim DEMİREL *

Özet :

Bu tebliğde verilen çalışma, küresel aglomerasyon işleminin toz kömürün kazanılmasında kullanımını kapsamaktadır.

Önce, hidrokarbonlu bağlayıcı sıvıyla elde edilen kömür peletlerinin oluşum mekanizması incelenmektedir. Daha sonra, elde edilen kömür peletlerine uygulanan analizlerin sonuçları ile deneysel sonuçların ve sayısal değerlerin tartışılması yapılmaktadır. Ayrıca küresel aglomerasyon yönteminin endüstriyel tesislere uygulanmasının saptanması değerlendirilmektedir.

Abstract :

The work described in this paper deals with the application of spherical agglomeration process to fine coal recovery.

Initial work was concerned with the formation of hydrocarbon based coal pellets. From there on the work carried out included the chemical and physical analysis of the pellets.

Experimental results and their discussion were carried out. Attempts are also made to assess the applicability of the process to commercial plants.

(^v) Maden Müh. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Maden Bölümü Öğretim Görevlisi.

Giriş :

Küresel aglomerasyon, bileşenlerinden büyük hacimde ürün elde etmek için boyut büyütme yöntemlerinden biridir.

Aglomerasyon tekniği endüstrinin çeşitli bölümlerinde kullanılmaktadır. Oldukça ince taneli malzemeler büyük aglomeralar haline getirilerek taşıma kolaylığı ve daha sonra yapılacak işlem için malzeme özelliğinin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Gübre sanayinde uygulanan topraklama işlemi gibi birçok aglomerasyon tekniği geliştirilmiştir. Gübrenin aglomera edilmesindeki avantaj kekleşme eğiliminin azalması ve toprağa düzenli dağılımın yapılabilmesidir.

Alışıl gelmiş aglomerasyon işlemlerinde biriktleme, ekstrüzyon ve peletleme endüstride geniş çapta uygulanması olan yöntemlerdir. Bununla beraber küresel aglomerasyon yeni bir yöntem olması nedeniyle henüz endüstride geniş çapta uygulaması yoktur.

Küresel aglomerasyonla alışıl gelmiş peletleme tekniği arasındaki en önemli fark birincisinde beslemenin süspansiyon halinde yapılmasıdır.

Yağ, katı tanelerin yüzeyini kaplar ve bunların karıştırılması sonucu aglomera olarak küresel peletler oluşur. Elde edilen peletler hidrofobik olduğundan elek kullanılarak sudan kolayca arıtılabilir.

Kömürün peletlenmesinde kullanılan ve yüksek hızlı santrifüj filtre ile birlikte çalışan bir çeşit küresel aglomerasyon yöntemi Brisse ve Mc Morris (3) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde; koyulaştırılmış şlam (%40-50 katı) önceden belirlenen miktarda yağ ile karıştırılarak faz değiştirme karıştırıcısına beslenmektedir. Kömür yüzeyindeki su ile yağ yer değiştirerek faz değişimi oluştuktan sonra aglomera içeren süspansiyon yüksek hızlı santrifüj filtreye aktarılıp suyu atılmaktadır. Kömür tane büyüklüğü, süspansiyon yoğunluğu, çalışma ısı ve yağ tipine bağlı olarak yağ miktarı % 3 -10 arasında değişebilir.

Esas küresel aglomerasyon yöntemi, Kanada Ulusal Araştırma Merkezi'nde Farnand, Smith ve Puddington (7) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmalar, uygun şartlandırın«

kullanılarak seçimli aglomerasyon yapılabileceğini göstermiştir.

Puddington ve diğerleri (^{12-13,14,15,16}) 1968 -1969 yılları arasında bir seri araştırma yapmışlardır. Çalışmaları arasında kömürün küresel aglomerasyonu da yer almaktadır (¹²).

Sonuç olarak kömürün kül miktarı ve kükürt miktarının peletlemeyle azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca süspansiyonun pH değerinin küresel aglomerasyonda etken faktör olduğu da gösterilmiştir.

Zuiderweg ve N. Van Lookeren Campagne (") petrol gazifikasyon tesisinde süspansiyon içindeki' artıkların küresel aglomerasyon yöntemiyle temizlenebileceğini göstermişlerdir. Yazarlar bu yöntemin kömür şamlarında da uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Capes, McWhinney ve Coleman (¹⁸) % 50 - 20 n m kömür taneleri bulunan lavvar şamlardan kömürün kazanılmasında ve temizlenmesinde küresel aglomerasyonu etkin biçimde uygulamışlardır.

Bugüne dek kömür şamlardan temiz kömürün elde edilmesi flatasyon yöntemiyle yapılmakta ve elde edilen ürün filtreden geçirilerek sudan arıtılıp filtre keklerinin kurutulması ile gerçekleştirilmektedir.

Bu pahalı yöntemin yerini çok daha az işletme masrafları olan küresel aglomerasyonla değiştirmek ekonomik olarak daha uygundur (²⁰) Kömür madenlerinde ve kömür hazırlama tesislerinde gün geçtikçe daha çok mekanizasyona gidilmesi sonucu oluşan toz kömürün endüstriyel alanda kullanılacak biçimde değerlendirilmesine gerek duyulmaktadır. Diğer taraftan çevre kirlenmesi sorununa bir çözüm getirmek amacıyla kömür hazırlama tesislerinden çıkan artık ve toz kömürün kazanılması bugüne dek geliştirilmiş yöntemlerle yapılmaktadır.

Toz Kömür Kazanma Yöntemleri ı

Kömür temizleme yöntemlerinin çoğu kömür ile içindeki yabancı maddelerin yoğunluk farklarından yararlanılarak geliştirilmiştir. Bununla birlikte uygulamada, gravite yöntemleri 100 meşden daha küçük kömür tanecikleri için ba-

şanlı olmamıştır. Bu tane büyüklüğünden daha küçük kömür taneciklerini temizlemek için kömürün ve yabancı maddelerin yüzey kimyasından faydalanılan yöntemler kullanılmaktadır.

Köpüklü yüzdürmede hidrofobik olan kömür taneleri hava kabarcıklarına tutunarak hidrofilik olan yabancı maddeler artık olarak çökerler. Bu yöntem halen en çok kullanılan yöntemdir. Yüzdürülen köpük daha sonra filtre edilerek ve kurutulularak kullanılır duruma getirilir. Kömür tozları 75 y. m den küçük olduğundan ve yabancı madde olarak kil de bulunursa köpüklü yüzdürme yetersiz hale gelir. Buna rağmen kömürün yüzdürülmesinde kullanılan az miktarda yüzey şartlandırıcı reaktif artırılarak (örneğin; katı beslemenin % 5 - 50 si kadar) süspansiyondan bu ince tanecikler kazanılabilir (²).

Bu tip yöntemlerden birincisi Trent yöntemidir. Toz kömür su ve % 30 yağ ile karıştırılıp kömür ve yağdan oluşan balçık elde edilmektedir. İkincisi olan Convertol yönteminde (³) % 3-10 oranında yağ süspansiyonla hızlı şekilde karıştırılıp ürün yüksek hızlı santrifüjlü eleğe (60 - 80 Meş) sudan arıtmak için beslenmiştir.

Bu yüksek dozajlı yağ yöntemleri ince floküle olmuş konsantre vermektedir ve en önemli sorunlardan biri bu konsantrelerin sudan arıtılması ve kullanılmasıdır. Örneğin, Gonvertol yönteminde kömürün elde edilebilirliği, santrifüj eleklerin kullanım nedeniyle aşınmasından dolayı düşmekte ve kömür taneciklerinin kaybına yol açmaktadır.

Küresel aglomerasyon yöntemi (^{12, 16, 20}) kömür tozlarının yağ Ue oluşturduğu sert peletler halinde kazanılmasını sağlamaktadır. Pelet formunda elde edilen ürünün birçok avantajları vardır. Bunlar sırasıyla;

- 1) İri peletler elde edilmesi nedeniyle yüzey suyundan arıtılması kolaylaşır.
- 2) Daha kolay taşınma ve depolanma sağlanır(örneğin, toz ve oksidasyon en az düzeye indirilir),
- 3) Zayıf koklaşma özelliği olan kömürlerin koklaşma özelliğini artırır (¹⁸⁻²⁰).

Bu tebliğ kömür yıkama tesisinden çıkan kömür ve artık süspansiyonların yarı - pilot tesis çalışmalarını ve elde edilen sonuçları kapsamaktadır. Ayrıca deneyler sırasında küresel aglomerasyona etki eden faktörler de incelenmiştir.

Deney Malzemesinin Hazırlanması ve Felet Oluşma, Mekanikası :

Kömür numunesi parça kömür olarak alınmıştır. Önceden yapılan deneyler kömür tane büyüklüğünün çok önemli faktör olduğunu göstermiştir. Bu nedenle tane büyüklüğü dağılımının değişmemesini sağlamak amacıyla tüm deneyleri kapsayacak miktarda numune hazırlanmıştır. Tane büyüklüğü dağılımı Çizelge -1 de, ayrıca kimyasal analiz sonuçları Çizelge - 2 de verilmiştir.

Hazırlanan numunelerden önce, kömür/su süspansiyonu hazırlanıp, tüm kömür ıslandıktan sonra bağlayıcı sıvı ile birlikte küresel aglomerasyon aygıtına verilmiştir.

Çizelge -1
Beslenen Kömürün Tane Büyüklüğü Dağılımı

Meş olarak tane büyüklüğü	•' Yüzde ağırlık
- 35 + 48	3,09
— 48 + 65	8,01
- 65 + 100	8,96
- 100 + 150	28,54
- 150 + 200	22,40
- 200 + 270	17,92
— 270	11,08

Çizelge!-2
Beslenen Kömürün Analiz Sonuçları

Rutubet miktarı	% 1
Kül miktarı	% 4,85
Yanan madde miktarı	% 25,85
Kükürt miktarı	% 1,85
Toplam ısı değeri	8200 Cal/gr.

Kullanılan bağlayıcı sıvı % 60 katyonik bitüm/su emülsiyonu olup yoğunluğu 1,025 ve viskozitesi 25°Cde 430 Redwood saniyedir. Bitüm emülsiyonuyla yapılan deneylerde pelet oluşmasının önceki çalışmalardan (") farklı olduğu görülmüştür.

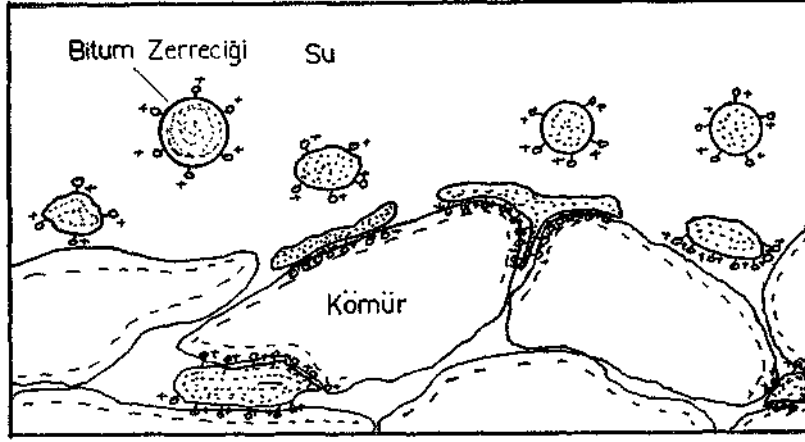
Emülsiyonun bileşenlerine ayrışması küresel aglomerasyonda önemli bir avantajdır. Emülsiyonun ayrışması reaktifler kullanılarak kolayca kontrol edilebilir. Katyonik emülsiyonun ayrışması birçok değişkene bağlıdır. Bunlar; bitüm kalite ve konsantrasyonu, emülsife reaktifinin miktar ve tipi, yüzey özellikleri ve katı tanelerin mineralojisidir. Katı süspansiyonu asitli ve emülsiyonun pH değeri düşükse emülsiyonun ayrışması çok çabuk olur ve kömür tanelerinin yüzeyini tamamen kaplama zamanı bulamaz. Bu nedenle yapılan çalışmada kömür süspansiyonunun ve emülsiyonun pH değeri sürekli olarak kontrol edilerek ayrışma en elverişli durumda tutulmuştur.

Katyonik emülsiyonun katı taneleri kaplaması aşağıdaki kuramla açıklanabilir :

Bu kurama göre, katyonik emülsiyonları yüksek titreşimli kinetik enerjisi nedeniyle tüm katı yüzeyleri için doğal bir çekicilik taşır. Katı tane etrafını saran su tabakasını geçerek katı yüzeyiyle temas kurar. Bitüm ve katı tane arasında Van Der Waal's çekim kuvvetiyle yapışma olur.

Bitümün kömür tanelerini kaplama mekanizması Şekil-1 de gösterildiği gibi olmaktadır. Süspansiyondaki kömür taneleri eksi yüzey yüküne, bitüm tanecikleri de artı yüzey yüküne sahip olduğundan zıt kuvvetlerin birbirlerini çekmesiyle kömür yüzeyindeki su ile yer değiştirerek kuvvetli kömür/bitüm ortak yüzeyi oluşur. Bitümle kaplanan kömür taneleri birbirine yapışarak flokları, floklar da peletleri oluşturur.

Peletlerin oluşması iki kademede olmaktadır. Birinci kademede, kömür taneleri emülsiyondaki bitümle kaplanır ve floklar oluşur. İkinci kademede oluşan floklar birbirine yapışıp pelet çekirdeği oluştuktan sonra bu çekirdek üstüne tabakalaşma ve sıkışma ile kuvvetli peletler oluşur. Birinci ka-



ŞEKİL. 1 Kömür Taneciklerinin Emalsiyonla Kaplanması

demenin oluşması çok kısa sürmektedir (15 saniye). İkinci kademe ise bağlayıcı sıvı konsantrasyonu, karıştırma hızı ile değişik sürelerde oluşmaktadır.

Deney Sonuçları :

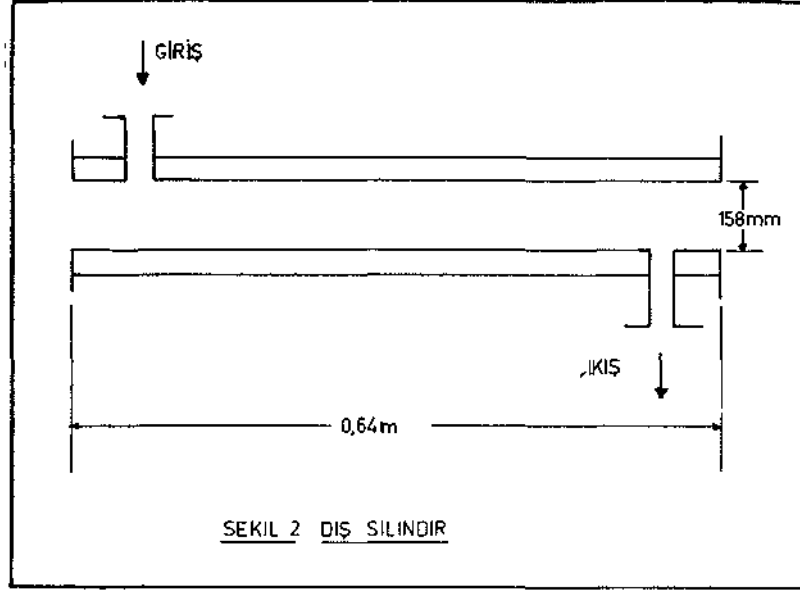
İlk Deneyler :

Sürekli peletleme yöntemine veri sağlamak amacıyla bir seri laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde kullanılan aygıt yazarın daha önce yaptığı çalışmada geniş olarak açıklanmıştır (").

Kömür süspansiyonu önce 10 dakika ve 2000 d/d hızla karıştırılarak homojen bir süspansiyon sağlanır. Sonra gerekli miktarda bitüm-Gsu emülsiyonu eklenerek 10 dakika daha karıştırılıp 50 meşlik bir eleğe boşaltılarak sudan arıtılmıştır. Elde edilen verilerden faydalanılarak sürekli çalışan yarı - pilot peletleme aygıtı dizayn edilmiştir.

Sürekli Çalışan Sistemi :

İlk deneylerde kullanılan aygıt ve elde edilen verilerden faydalanılarak dizayn edilen aygıt Fotoğraf -1 de verilmiştir. Sistem aynı eksenli iki silindirden oluşan bir peletleme bölü-



mü içerir. Dış silindir yumuşak çelikten yapılmış olup giriş ve çıkış vanaları yerleştirilmiştir (Şekil - 2).

İç silindir ise, iki ucu kapalı içi boş yumuşak çelik tüpten yapılmıştır. Şekil - 3. Bu iç silindire yapılan besleme hizasında dört takım çift kanatlı pervaneler 90° aralıklarla yerleştirilmiştir. Pervanelerin hemen giriş ağzında oluşları aglomerasyonu hızlandırmak amacıyla beslenen malzemeye en büyük makaslama kuvveti vermesi içindir. Ayrıca süspansiyon şartlandırma tankı, bağlayıcı sıvı besleme tankları, ısı kontrol devresi, boşaltma ve sudan arıtma düzenleri bulunmaktadır.

Süspansiyon, şartlandırma tankında hazırlandıktan sonra peletleme aygıtına beslenirken bağlayıcı sıvı da birlikte verilir. Tüm sistem 60°C sıcaklıkta tutulmak amacıyla ısı kontrol düzeni yapılmıştır. Önceki çalışmalar⁽¹⁸⁾ elde edilen peletlerin dayanım gücünün kullanılan hidrokarbonun viskozitesiyle bağlı olduğunun göstermiş olup bu çalışma sırasında yapılan ön deneylerde 60°C sıcaklığın bitüm için en uygun sıcaklık olduğu saptanmıştır. Küresel aglomerasyonu etkileyen değişkenler şunlardır :

Beslenen kömürün tane büyüklüğü
Katı/su oranı
Bağlayıcı sıvı konsantrasyonu
Çalışma ısısı
Karıştırma hızı

Bu çalışmanın amacı kömür peletlerinin taşmabilirliği ve yanma özelliklerine göre ticari değerini saptamaktır. Bu nedenle değişkenlerden, yalnız karıştırma hızı değişken olarak alınıp diğerleri aşağıdaki değerlerde sabit tutulmuştur :

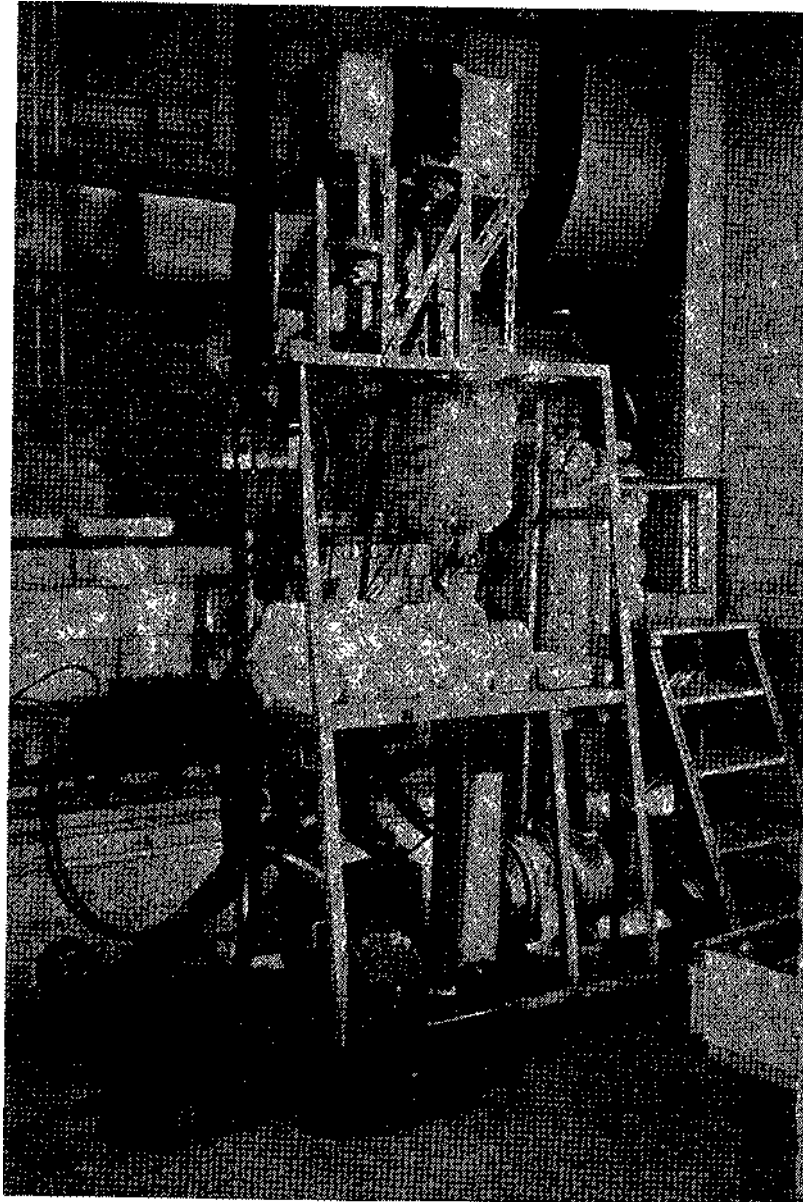
Beslenen kömürün tane büyüklüğü % 80-100 meş
Katı/sıvı oranı 0,1 g/ml
Bağlayıcı sıvı konsantrasyonu 0,25 ml/g
Çalışma sıcaklığı 60 °C
Çalışma süresi 30 dakika
Karıştırma hızı 1000,1500,1750, 2000, 2500 d/d

Taşmabilirlik, peletlerin tane büyüklüğü ve kırılmaya karşı dayanımı ile saptanır. Yanma özelliği ise kül miktarı, rutubet miktarı, kükürt miktarı ve ısı değeri ile belirlenir,

Yapılan deneylerden elde edilen peletlere uygulanan analiz sonuçları Çizelge-3 de verilmiştir. Çizelge-3 den görüleceği üzere rutubet miktarı hız arttıkça azalmaktadır. Bu da hız arttıkça peletlerin sıkılaştığı ve yüzey suyunu dışarı attığını göstermektedir.

Çizelge - 3
Bitümlü Kempt Peletlerinin Analiz Sonuçları

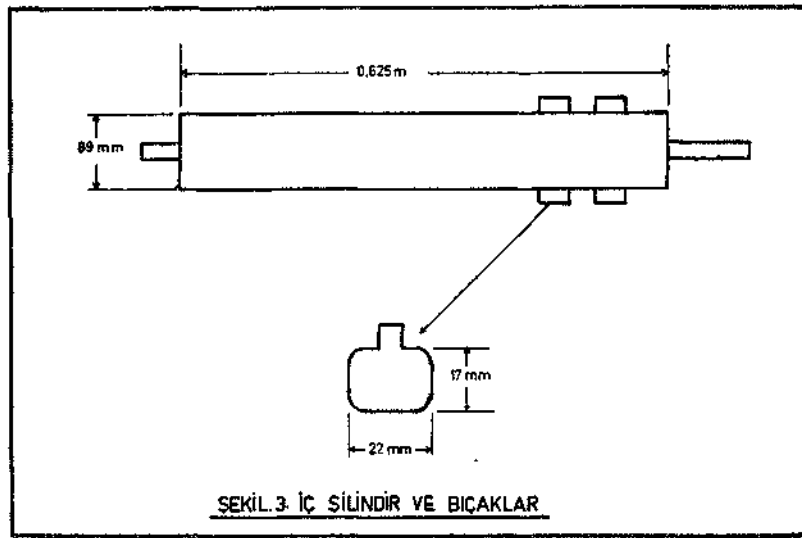
Karıştırma h m d/ct	Rutubet maktam %	Kil mdktarı%	Ysaam> madde miktarı %	Kükürt miktam%	Toplam ısı değeti cal/g
1000	2,01	4,20	34,29	2,16	8660
1500	1,91	4,19	34,85	2,19	8690
1750	1,80	4,09	35,89	2,20	8687
2000	1,73	4,02	35,13	2,21	8695
2500	1,63	4,02	35,41	2,23	8701

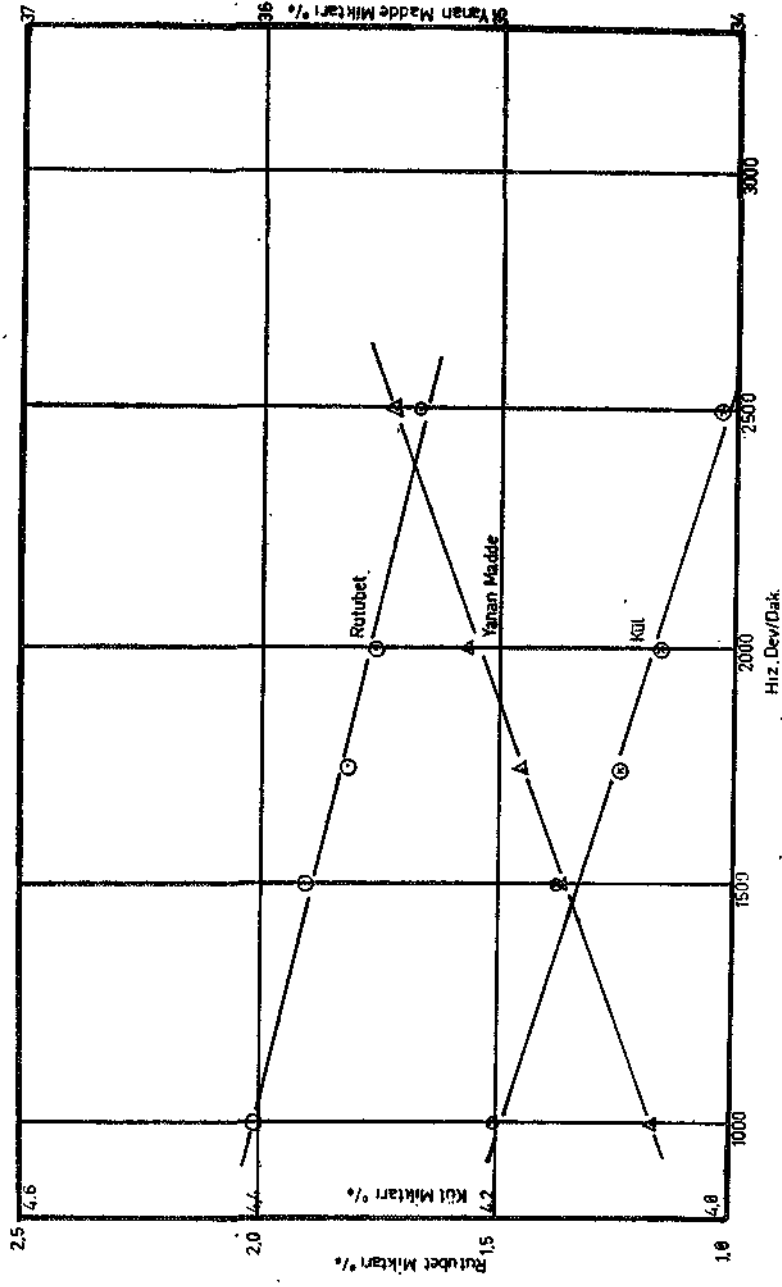


Fotoğraf — i

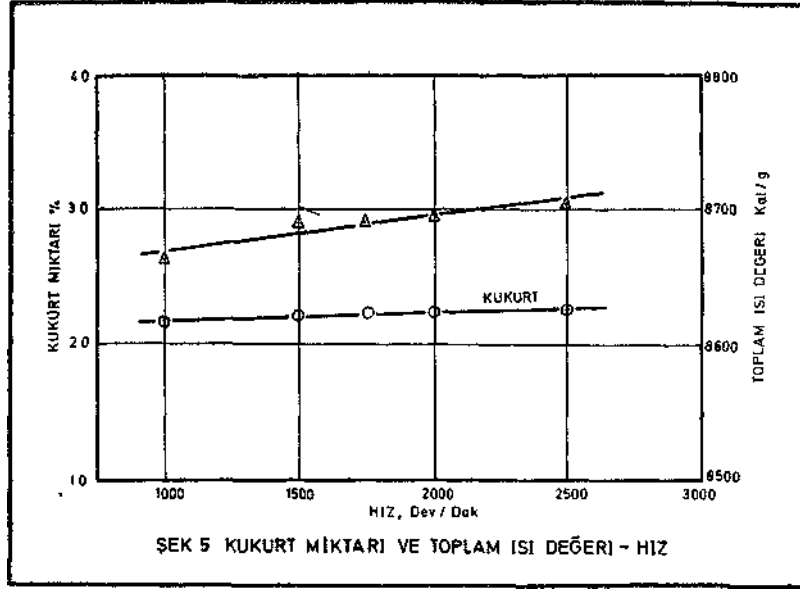
Artan hızla kül miktarının azalıp diğerlerinin artması pelettteki kömür ve bağlayıcı sıvı miktarının arttığı ve yabancı maddelerin azaldığı göstermektedir.

Brookes'un çalışmalarında (") kömür süspansiyonunun Fann döner viskosimetresinde denenmesinde Bingham sıvı hareketine uygun sonuçlar alınmıştır. Kömür süspansiyonlarının Bingham sıvısı karakterinde olduğunu varsayarsak; karıştırma hızı arttıkça etken viskositeyi azaltacak ve bunun sonucu olarak sıvı hareketinin tanelerin hareketine karşı olan direncini azaltacak ve böylece tanelerin hareketi artacaktır. Böylece taneler daha büyük çarpma hızına, dolayısıyla daha iyi sıkışmış peletlerin oluşmasına yol açacaktır. Ayrıca tanelerin peletleme aygıtının iç yüzeyine sürtünmesi artacak ve bağlayıcı sıvının tam kullanılması sağlanmış olacaktır. Artan hızla daha iyi sıkışmış ve yüzey suyunu atmış peletler elde edilir. Bunun doğrulanması Şekil-4 de görülmektedir. Burada hız arttıkça rutubet miktarı azalmaktadır. İkinci bir kanıt olarak kırılma dayanımının artması gösterilebilir (Şekil-8).



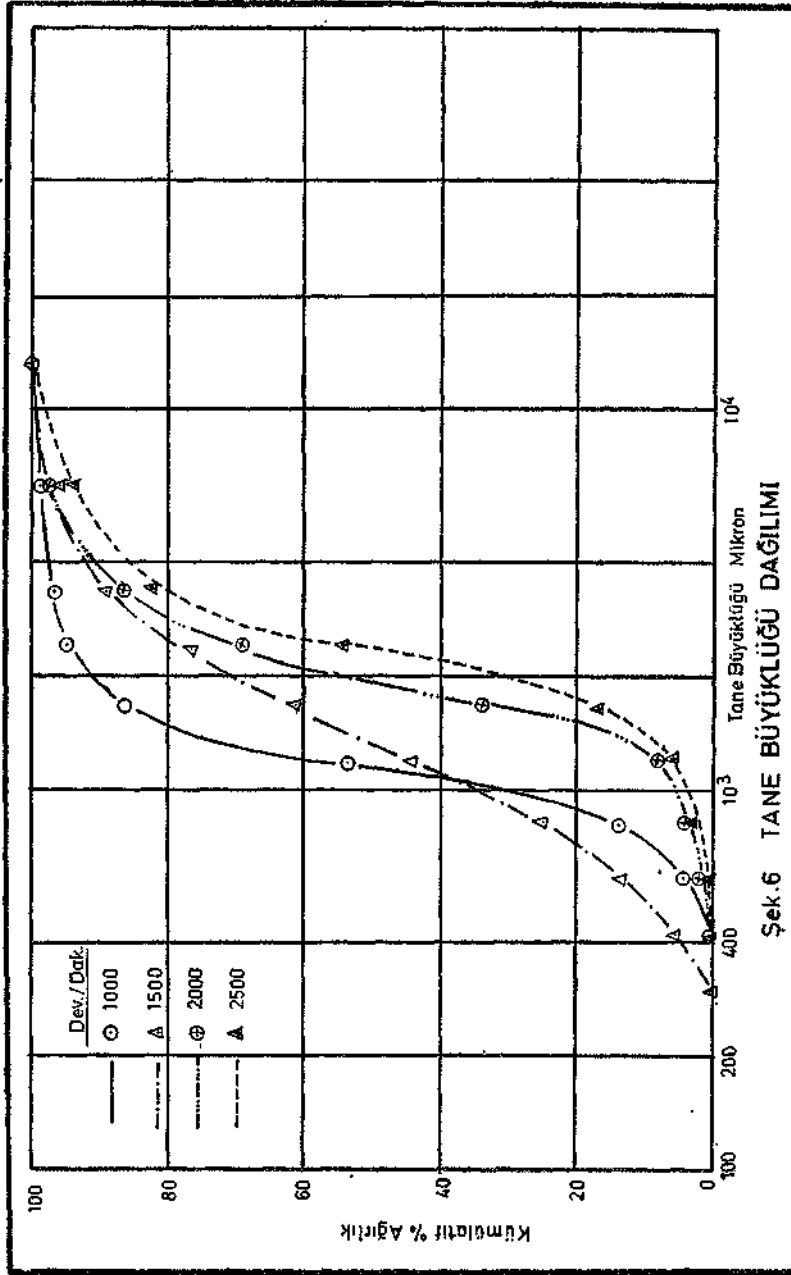


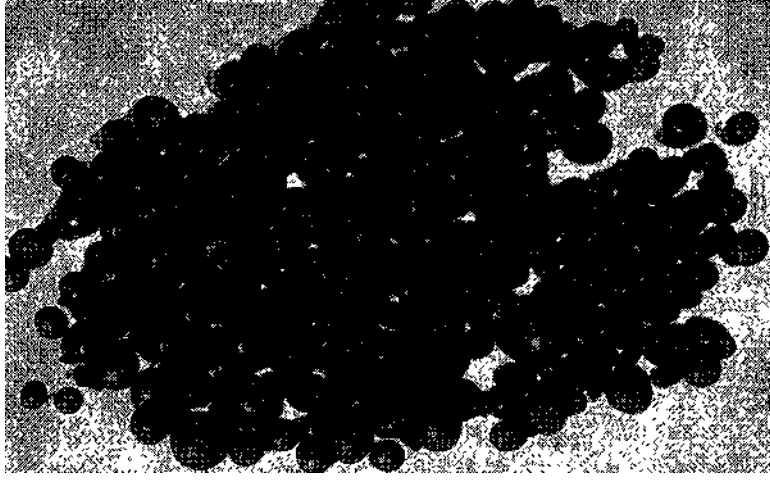
ŞEKİL. 4. ANALİZ SONUÇLARI— HIZ



İkinci olarak bağlayıcı sıvının kazanılmasının artması Çizelge - 3, Şekil - 4 ve Şekil - 5 den görüleceği üzere kül miktarının azalması, yanan madde miktarı, kükürt miktarı ve ısı değerinin artması ile kanıtlanabilir.

Karıştırma hızının artırılmasının diğer bir etkisi de Şekil - 6 da verilen tane büyüklüğü dağılımıdır. Tüm hızlar için tane büyüklüğü dağılımı aynı biçimde olmakla birlikte hız arttıkça tane büyüklüğünün arttığı görülmüştür. Bunun nedeni oluşan pelet çekirdeklerinin hızla hem birbirlerine çarparak hem de silindir iç yüzeyine sürtünerek büyümeleri gösterilebilir. Fotoğraf-2; 2000 d/d da elde edilen peletleri göstermektedir.





Fotoğraf — 2

Peletlerin *Baj&nms.* :

Peletlerin dayanımı taşmabilirlik bakımından önemli bir özellik olmakla birlikte tek bir değerle tanımını çok zordur. En basit durumda kırma yükünün uygulanmasma ve peletin elastik veya kırılğan oluşuna bağılı olacaktır. Temel yöntem olarak basit düşürme deneyi ve basma dayanım deneyi uygulanmaktadır.

Düşürme Deneyi :

Fine ve Wahl (⁸) ve diğler araştırmacılar demir cevheri peletlerini önceden seçilen yükseklikten çelik bir plakaya düşürerek deneyi uygulamış ve kırıldığı düşme sayısını kaydetmişlerdir. Bu çalışmada aynı deney uygulanmış ancak 30 kez düşürmeye karşılık hiçbir bozulma görülmemiştir.

Basma Dayanımı Deneyi :

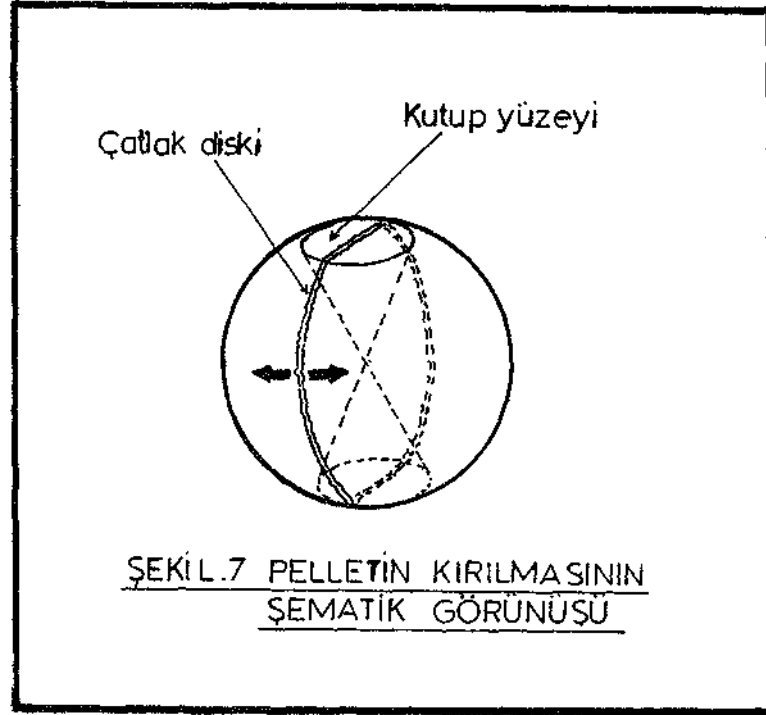
Newitt ve Conay - Jones (⁴) kum peletlerini iki paralel plaka arasında kırmış ve kırma yükünün, pelet oluşumundaki kohezyon kuvvetlerine bağılı olduğunu saptamışlardır.

Bergtrom ve arkadaşları (⁵) peletlere yavaş yavaş basma yükü uygulayıp yük - def ormasyon eğrileri ile elastik cisim-

terin kuramsal dayanım eşitlikleri ile ilişki kurmuşlardır. Rumpf (6) ise çalışmalarında kireçtaşmdan yapılmış peletlere uyguladığı çekme ve basma dayanım kuvvetlerini karşılaştırmıştır.

Diğer araştırmacılar f¹⁰,»²¹) da özel olarak peletler için geliştirilmiş basma dayanımı deney yöntemleri kullanmışlardır.

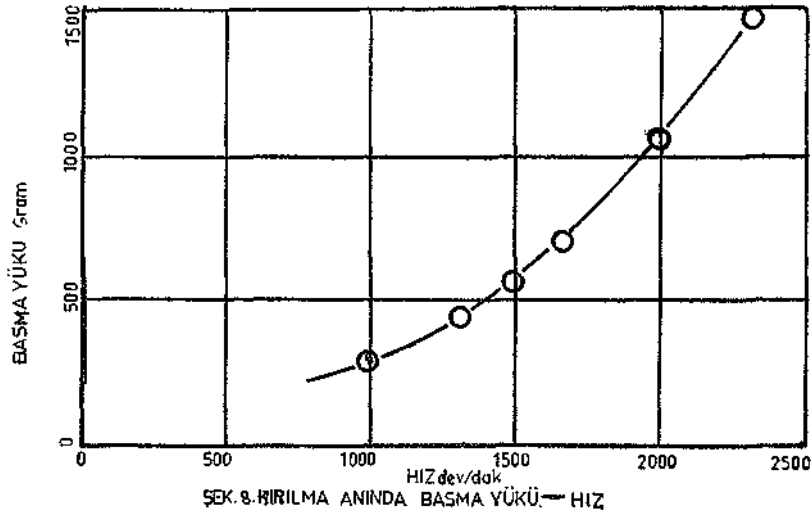
Bu çalışmada sabit deformasyon hızı ile çalışan deney aygıtı (20) kullanılmıştır. Basma dayanım deneyi en basit biçimde aygıtın düz paralel yükleme plakaları arasında kırılması ve kırılma anındaki yükün kaydedilmesini kapsar. Şekil - 7 de görüleceği üzere peletin alt ve üst kutup yüzeylerinde küçük çatlaklar oluşmaktadır. Bu çatlaklar peleti yaklaşık iki yarı küreye ayırır ve disk şeklindeki kesitte gerilme kırılmasına neden olur.

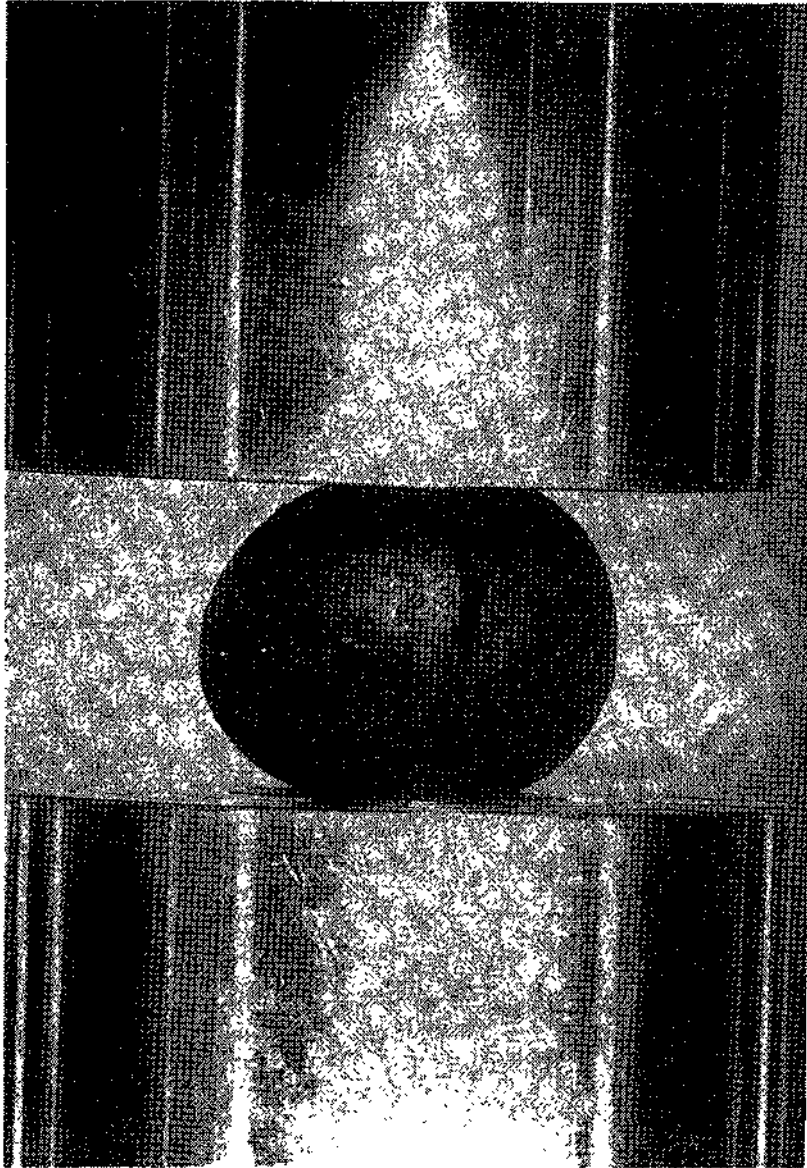


Kırılma yükü L genellikle pelet çapı ile aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi bağıntılıdır.

$$L = k.d^n$$

Burada; k, peleti oluşturan taneler arasındaki kohezyon kuvvetiyle ilgili faktör ve d^n de gerilme kırılmasının olduğu disk alanındaki tanelerin kenetlenmesini göz önünde bulunduran bir faktördür, n katsayısı 2 olduğunda düzenli biçimde kenetlenmiş tanelerden oluşan peletlerin dayanımı söz konusudur. Şekil - 8 de elde edilen peletlerin kırılma dayanımlarının karıştırma hızına göre nasıl değiştiği gösterilmektedir. Fotoğraf - 3 de kırılma anında peleti göstermekte-





Fotoğraf — 3

dir. Bu sonuçlardan yüksek hızlarda dayanımın arttığı, dolayısıyla peletlerin taşmabilirliği ve rutubet miktarı yönünden avantajlı bir durum ortaya çıktığı görülmektedir.

S o n u ç :

Endüstride karşılaşılan toz kömürün kazanılması sorununun çözümüne bir yaklaşım olarak geliştirilen küresel aglomerasyon tekniği incelenerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Toz kömür kazanmada kullanılan flotasyon-filtrasyon - kurutma tekniğinin yerine küresel aglomerasyonun uygulanmasının ekonomik yönden daha elverişli olacağı saptanmıştır. Ayrıca toz kömürün taşınması sırasında doğan toz ve kayıpların küresel aglomerasyon yöntemiyle ortadan kalktığı ve çevre sorunu olarak görülen suların kirletilmesi de ortadan kalkmış olacaktır. Bu nedenle endüstriyel uygulamaya geçmeden önce çeşitli tesislere ek olarak küresel aglomerasyonun dizaynı, teknolojik fizibilitesi ve ekonomik analizi yapılmalıdır. Ancak bundan sonra uygulamaya geçilebilir.

K a y n a k l a r :

- 1 — Ralston, O.C. : Coal Age, Vol. 22 1922, s. 911
- 2 — Zimmerman, R.E. : Coal Technology, Vol. 3 1948 s. 2397
- 3 — Briss, A.H. and McMorris Jr, W.L. : Convertol Process: Efficient Method Removes Usable Coal from High Ash Slurries. Trans. AIME Ming. Eng. Vol. 211 1958 s. 258.
- 4 — Newitt, D.M. and Convay - Jones, J.M. : A Contribution to the Theory and Practice of Granulation. Trans. Inst. Chem. Eng. Vol. 36 1958 s. 422.
- 5 — Bergstrom, B.H., Sollenberger, C.L., Mitchell, Jr. W. : Energy Aspects of Single Particle Crushing. Trans. AIME Soc. Ming. Eng. Vol. 220 s. 367.
- 6 — Rumpf, H. : The Strength of Granules and Agglomerates «Agglomeration» Edited by Knepper, W.A. Interscience N.Y. 1962 s. 379.
- 7 — Farnand, J.R., Smith, H.M., Puddington, I.E. : Spherical Aggloration in liquid Suspensions. Canadian Journal of Chem. Eng. Vol. 39 1961 s. 94.

- 8 — Fine, M.M., Wahl, W.C. : Iron Ore Pellet Binders from Lignite Deposits. U.S. Bureau of Mines. R.I. 6564 1964.
- 9 — Kapur, P.C., Fuerstenau, D.W. : Dry Strength of Pelletized Spheres. Journal of American Ceramic Soc. Vol. 50 No. 1 1967 s. 14.
- 10 — Stevenson, C.L., Bergstrom, B.M. : New Tool to Evaluate Green Pellets. Mining Eng. Vol. 14 No. 4 1962.
- 11 — Cahn, D.S., Karpinski, J.M. : Compression Testing of Green and Dry Iron Ore Pellets. Trans. AIME S.M.E. Vol. 241 1968 s. 475.
- 12 — Meadus, F.N., Paillar, G., Sirianni, A.F., Puddington, I.E. : Fractionation of Coals by Spherical Agglomeration Methods. Canadian Min. and Met. Bulletin Vol. 61 1968 s. 736.
- 13 — Mullar, A.L., Puddington, I.E. : A Technically Feasible Agglomeration - Separation Process. Canadian Min. and Met. Bulletin Vol. 61 1968 s. 726.
- 14 — Sirianni, A.F., Coleman, R.D., Goodhue, E.C., Puddington, I.E. : Separation Studies of Iron Ore Bodies Containing Apatite by Spherical Agglomeration Methods. Canadian Min. and Met. Bulletin Vol. 61 1968 s. 731.
- 15 — Farnand, J.R., Meadus, F.W., Goodhue, E.C., Puddington, I.E. : The Benefication of Gold Ore by Oil Phase Agglomeration. CIM Trans. Vol. 72. 1969 s. 357.
- 16 — Sirianni, A.F., Capes, C.E., Puddington, I.E. : Recent Experience with the Spherical Agglomeration Process. Canadian Journal of Chem. Eng. Vol. 47 1969 s. 166.
- 17 — Zuiderweg, F.G., Lookeren-Campagne, N.V. : Pelletizing of Soot in Waste Water of Oil Gasification Plants. Chemical Eng. July/Aug. 1968 s. 223.
- 18 — Capes, C.E., McIlhinney, A.E., Coleman, R.D. : Beneficiation and Balling of Coal. Trans. AIME Soc. Min. Eng. Vol. 247 1970 s. 233.
- 19 — Brookes, G.F. : Drag Forces in Bingham Plastics Ph.D thesis. University of Nottingham, England 1967.
- 20 — Demirel, H. : The Formation of Hydrocarbon Based Pellets. Ph.D thesis, University of Nottingham, England 1972.
- 21 — Capes, C.E. : Basic Research in Particle Technology and Some Novel Application. Can. Journal of Chem. Eng. Vol. 54, 1976 s. 3.
- 22 — Puddington, I.E., Sparks, B.D. : Spherical Agglomeration Process. Minerals Science Eng. Vol. 7 No. 3 1975 s. 282.