

Türkiye 16. Madencilik Kongresi / '6th Mining Congress of Turkey', 1999, ISBN 975-395-310-0

DARALAN OLUKLARDA CEVHER ÖZELLİKLERİNİN AYIRIM PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ORE CHARACTERISTICS ON THE PERFORMANCE OF A PINCHED SLUICE

Serpil SİYAHHAN

Orman Genel Müdürlüğü, Kadastro ve Mülkiye Dairesi Başkanlığı, Çiftlik, ANKARA

Levent ERGÜN

Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06532 ANKARA

ÖZET: Bu çalışmada, daralan oluklarda tane boyu, besleme tenörü ve şlam miktarının ayırım performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar, manyetit (-0.3mm) ve kuvars (-0.5mm) yapay karışımları kullanılarak kapalı devre bir deney düzeneğinde yürütülmüştür. Ayrıca -1 mm ve -2 mm malzemelerle deneyler de yapılmıştır. -0.5 mm malzeme ile yapılan deneylerde manyetit verimi tane boyunun artışıyla artarken, -1mm ve -2 mm beslemelerle yapılan deneylerde ise 500-600µm den iri boylarda manyetit verimi tane boyunun artışıyla düşmektedir. Konsantreye gelen kuvars miktarı 60 µm'den in boylarda tane boyunun artışı ile azalmaktadır. Kuvarın bu davranışı sistem içinde özgül ağırlıktan daha çok tane boyuna bağlı bir dağıtıcı basıncın varlığına işaret etmektedir. Besleme tenörünün etkisi %1-60 manyetit aralığında incelenmiş ve %10'un üzerinde besleme tenörleriyle çalışıldığında ayırım etkinliğinin düştüğü gözlenmiştir. Beslemede bulunan -38µm malzeme miktarının ayırma etkisi %3-20 arasında incelenmiş ve %10'un üzerinde olduğunda verimin düştüğü ve tenor yükseltme oranının fazla değişmediği bulunmuştur.

ABSTRACT: In this study, the effect of particle size, feed grade and the amount of slimes on the performance of a pinched sluice was investigated. The tests were carried out on a closed circuit set-up with an artificial mixture of magnetite(-0.3mm) and quartz(-0.5mm). Tests were also carried out with -1 mm and -2 mm materials. While the results obtained with -0.5 mm material showed that the recovery of magnetite increased with increasing particle size, with -1 mm and -2 mm feed materials, it was observed that the recovery of magnetite decreases with further increase in particle size beyond 500-600µm. The recovery of quartz to the concentrate decreases with increasing particle size for particles larger than 60µm. This behaviour points out that there exists a dispersive force in the system exerted selectively to larger particles than the denser one. The effect of feed grade was investigated by varying magnetite content of the feed in the range of 1-60 % magnetite and separation efficiency was decreased for feed materials having more than %10 magnetite. The effect of the amount of -38 µm material was investigated in the range of 3-20% and the recovery was decreased while upgrading ratio stayed almost constant beyond 10 %.

1.GİRİŞ

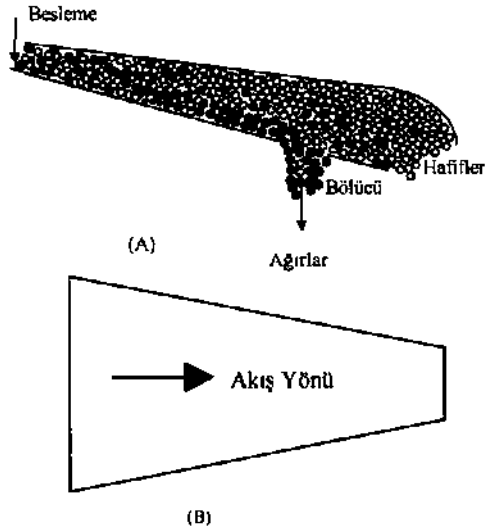
Daralan oluklar akan sıvı filmiyle zenginleştirme prensibine dayanarak ayırım yapan ekipmanlardır. Tipik bir daralan oluk zenginleştiricisinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmektedir.

Daralan oluk, akış yönü boyunca daralmakta olan eğimli bir kanadan oluşmaktadır. Yüksek palp yoğunluğuna sahip besleme oluğun geniş ucundan bütün yüzeye yayılacak şekilde beslenmektedir. Akışın doğası nedeniyle ağır olan taneler oluğun dar olan çıkış ağzındaki tabakanın alt kısmına yerleşerek akmakta, bu sırada hafifler tabakanın üst kısmında

toplanmaktadır. Oluğun çıkış ucunda, yavaş hareket eden ağır mineral açısından zengin alt akım bir bölücü bıçak yardımıyla alınmaktadır.

Sahil kumlarından ağır minerallerin kazanılması için geliştirilen daralan oluklar, düşük yatırım ve işletme maliyetine sahip olmaları nedeniyle sallantılı masa ve spirallerden önce bir önzenginleştirici olarak (Burt, 1984; Anon., 1957; 1962; 1973; 1974; 1976; Stewart, 1961), ayrıca tesis artıklarında bulunan düşük tenörlü minerallerin kazanımı için uygulamalar bulmuştur (Burt, 1984; Chuan and Ithnin, 1982). Sınırlı da olsa bir kaç kömür temizleme (Dupret, 1954; Holland-Batt et al., 1984)

ve sülfürlü cevher uygulaması da (Blaschke and Malysa, 1980; Hillberg and Forrsberg, 1988) bulunmaktadır.



Şekil 1. Daralan Oluğun Şematik Görünümü
(A) Yandan görünüş (B) Üstten görünüş

Literatürde, daralan oluklarda ayırım performansını etkileyen faktörlerle ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. (Abdinegoro and Partridge, 1979; Subasinghe and Kelly, 1984; Jeyadevan and Subasinghe, 1990; Ergün v.d., 1996). Subasinghe ve Kelly (1984) daralan olukla ayırım için matematiksel bir model önermiştir. Daha sonra Jeyadevan ve Subasinghe (1990) tarafından bu model farklı özgül ağırlıkta ve tane boyunda minerallerin ayırımı incelenerek geliştirilmiştir. Bu iki çalışma kapsam olarak geniş olmasına karşın deneysel çalışma aralığı ve model lerne yaklaşımı açısından bazı temel hatalar içermektedir.

Daralan oluklarda ayırımın nicel olarak ortaya konabilmesi için farklı boyda ve özgül ağırlıkta minerallerin davranımının bilinmesi çok önemlidir. Bu konuda tek çalışma olan Jeyadevan ve Subasinghe'nin (1990) çalışmasında belirli bir tane boyu dağılımı, malzemenin %50'sinin geçtiği felek açıklığı ile ifade edilmiştir. Oysa tane boyu etkisinin değerlendirilebilmesi için tane boyu fraksiyonlarının ayrı ayrı incelenmesi ve yaklaşımın buna göre düzenlenmesi daha uygun olacaktır.

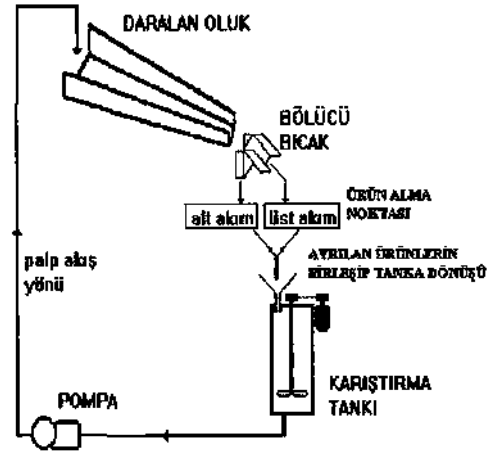
Daralan oluklar genellikle düşük tenörlü cevherleri zenginleştirmek için kullanılmaktadır. Daralan olukların farklı besleme tenörlerinde ayırım performansını ortaya koyan bir çalışma bulunmamaktadır.

Daralan oluk uygulamalarının tümünde işlem öncesi şlam uzaklaştırılmaktadır. Şlamın ayırımı bozduğu bilinmekle birlikte, bu konuyu deneysel verilerle ortaya koyan bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, geniş bir akış hızı, palp katı içeriği ve bölücü bıçak açıklığı aralığında deneyler yapılarak tarklı boyda kuvars ve manyetit minerallerinin davranımı ve tane boyunun daralan oluk performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bunun yanısıra, besleme tenörü ve beslemedeki -38um boyundaki malzeme miktarının ayırma etkisini ortaya koymak üzere deneyler yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, kapalı devre deney düzeneğinde yürütülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Deney Düzeneğinin Şematik Görünümü

Deneysel çalışmalarda, Reichert konisinin performansını simüle etmek için kullanılan daralan olukla benzer geometriye sahip bir daralan oluk kullanılmıştır. Oluğun uzunluğu 80 cm, besleme ucu genişliği 25 cm ve çıkış ucu genişliği 5.5 cm'dir. Deney numunesi olarak yüksek saflıkta (%99'un üzerinde) manyetit ($p=5.17g/cm^3$, $-0.3mm$) ve

kuvarstan ($p=2.64\text{g/cm}^3$, -0.5mm) hazırlanan yapay karışımlar kullanılmış ve tekrarlı dekantasyonla SSjim'den ince malzeme uzaklaştırılmıştır. Ergün (1995) aynı deney düzeneği ve malzemeyle işlem değişkenlerinin ayırım üzerine etkisini incelediği çalışmada, oluk eğiminin performansı fazla etkilemediğini göstermiştir. Bu nedenle deneysel çalışmalar 17° sabit eğim açısında yürütülmüştür. Besleme tenorunun etkisinin incelendiği çalışmalar dışında," besleme tenörü ağırlıkça %5 manyetit olarak sabit tutulmuştur. Deneysel çalışmaların yürütüldüğü koşullar Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. Deneysel koşullar

İncelenen Etki	Debi (litre/saat)	Palp%Kau	B. B.A.(mm)
	(-0.5mm)800-1600	48-62	4-13.5
Tane boyu	(-2 mm) 1958	54	10.5-20
	(-1 mm) 1456	56	5-16.5
Şlam etkisi	1610	56	0.5
Besleme tenörü	1478	58	5-23.5

Bilinil Bıçak Açıklığı

Tane boyunun etkisini incelemek üzere -0.5mm malzemeyle farklı akış hızı, palp katı içeriği ve bölücü bıçak pozisyonunda veriler elde edilmiştir. Daha iri tane boylarında ayırımı incelemek amacıyla -1 mm ve -2 mm beslemelerle deneyler yapılmıştır. -2 mm beslemeyle yapılan deneylerde, 17° eğim açısında çökme gözlenmiş ve çökme gözlenmeksizin ancak 23° 'de ve yüksek debi değerinde çalışıldığında deney yapılabilmektedir.

Besleme tenorunun etkisini incelemek üzere ağırlıkça %1-60 manyetit içeren beslemelerle deneyler yapılmıştır.

Şlam miktarının ayırım üzerine etkisini incelemek üzere, besleme tenörü aynı kalacak şekilde % 3-20 fraksiyon içeren malzemeler hazırlanmıştır.

Deneylere besleme tenörü ve palp yoğunluğu ayarlanarak başlanmıştır. Tank çıkışında bulunan küresel vana yardımıyla debi ayarlanmıştır. Tankta palp miktarını kontrol etmek amacıyla katı ve su beslemesi yapılmıştır. AH ve üst akımdan eşzamanlı alınan numuneler yüksek alan şiddetli yaş manyetik ayırıcıdan tekrarlı olarak geçirilerek ayrılmış, kurutulmuş ve ürünlerdeki manyetit miktarı belirlenmiştir. Her koşulda elde edilen manyetit ve kuvars numuneleri uygun elek serisinden elenerek tane boyuna bağlı olarak konsantreye gelen manyetit ve kuvars miktarı hesaplanmıştır.

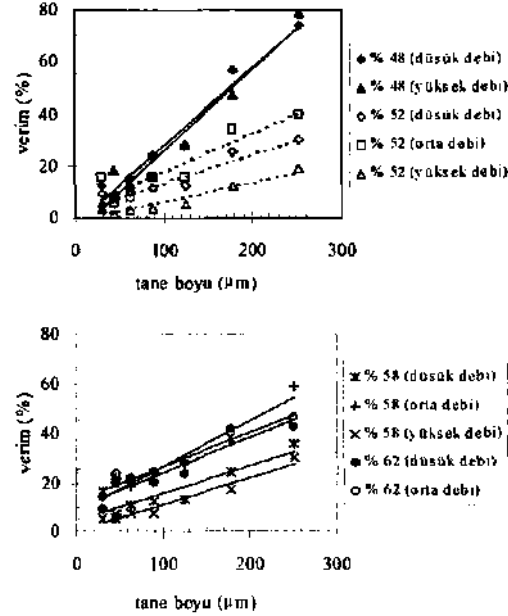
Deneysel sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, tenor yükseltme oranı (konsantre

tenörü/besleme tenörü), verim ve ayırım etkinliğidir (IWRii-rW (Schulz, 1970).

3.DENEY SONUÇLARI

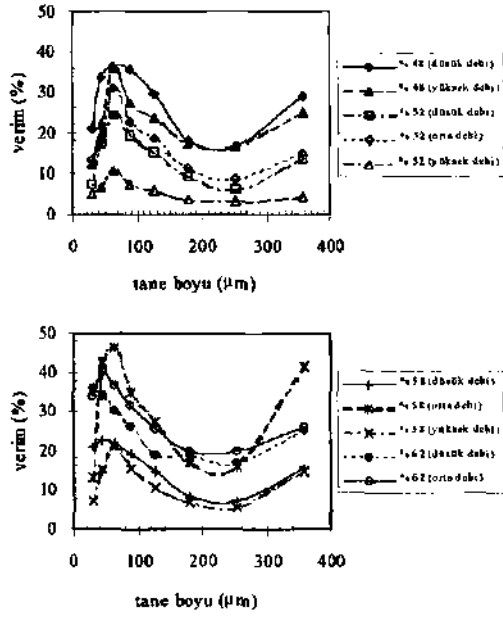
Tane Boyunun Ayırım Üzerindeki Etkisi

Farklı deneysel koşullarda manyetit veriminin tane boyuyla değişimi Şekil 3'te verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi manyetit için tane boyunun artmasıyla verim artmaktadır. Debinin artışı ile verim düşmektedir.



Şekil 3. Farklı palp yoğunluğu, debi ve bölücü bıçak pozisyonlarında kazanılan manyetit için verim-ıane boyu ilişkisi.

Şekil 4'te konsantreye kuvars veriminin tane boyuyla değişimi sunulmaktadır. $60\text{ }\mu\text{m}$ 'ye kadar konsantreye gelen kuvars miktarı tane boyuyla artarken, $60\text{-}250\text{ }\mu\text{m}$ aralığında ise tane boyunun artmasıyla verim düşmektedir. Bu tane boyundan sonra konsantreye gelen kuvars miktarı artma eğilimi göstermektedir.

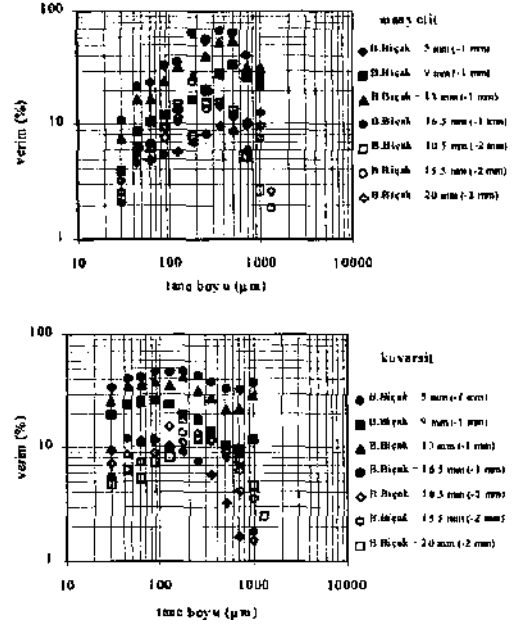


Şekil 4. Farklı palp yoğunluğu, debi ve bölücü bıçak pozisyonlarında kazanılan kuvarsit için verim-tane boyu ilişkisi.

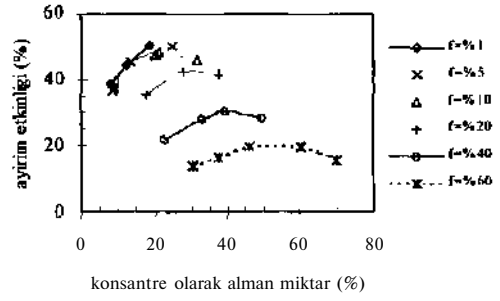
-1 ve -2 mm tane boylarındaki besleme malzemeleriyle yapılan deneyler sonucunda elde edilen manyetit için tane boyu-verim ilişkisi Şekil 5'de verilmektedir. Manyetit için tane boyunun artışı ile verimin 500-600 µm tane boyuna kadar arttığı, bu noktadan sonra ise düştüğü görülmektedir. Kuvarsitte de benzer eğilim gözlenmekte, 200-250 µm'den sonra tane boyu arttıkça verim düşmektedir. -1 mm ve -2 mm tane boylarının her ikisinde de aynı davranışı gözlemek mümkün olmaktadır, özellikle -2 mm malzeme ile yapılan deneylerde performansın bozulduğu görülmektedir.

Besleme Tenoru Etkisi

Şekil 6'da tenorun %1-10 arasında değişmesiyle ayırım etkinliğini pek fazla etkilenmediği, ancak besleme tenorunun %10'dan daha fazla artmasıyla ayırım etkinliğinin bozulduğu görülmektedir..



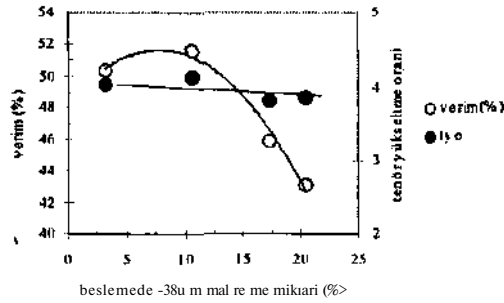
Şekil 5. -1 mm ve -2 mm besleme malzemesi ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen manyetit ve kuvarsit için verim-tane boyu ilişkisi.



Şekil 6. Besleme tenorunun ayırım etkinliği üzerine etkisi.

Şlam Miktarının Ayırım Üzerindeki Etkisi

Beslemedeki şlam miktarının ayırma etkisinin incelendiği deney sonuçları Şekil 7'de sunulmaktadır.



Şekil 7. Şlam miktarının ayırım etkinliği üzerine etkisi.

Şlam miktarının %3'den %10'a artırılmasıyla verim pek fazla etkilenmezken, %10'un üzerine artışıyla verimin düştüğü görülmektedir. Tenör yükseltme oranı ise şlam miktarındaki artıştan fazla etkilenmemektedir.

4.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tane Boyunun Ayırım Üzerindeki Etkisi

Farklı tane boyunda beslemelerle yapılan deneyler sonunda manyetit veriminin tane boyuyla ~600u,m'ye kadar arttığı, bu noktadan sonra tane boyunun artmasıyla azaldığı gözlenmektedir. Kuvarsta ise 250um'den itibaren konsantreye gelen kuvars miktarı azalmaktadır.

Akan sıvı filmi içinde manyetit tanelerinin çökme hızı kuvars tanelerine oranla daha yüksek olacaktır. Aynı tane boyundaki manyetit ve kuvars için düşünüldüğünde manyetit tanelerinin kuvarsa oranla özgül ağırlığı nedeniyle akan sıvı film içinde alt kısımda yer alması beklenen bir durumdur.

Tane boyunun artışıyla minerallerin verimlerinin azalması ancak yerçekimi kuvvetine zıt yönde etki eden bir dağıtıcı basıncın varlığı ile mümkün olabilecektir. Tanelerin fiziksel olarak değmemesine karşın birbirlerine uyguladıkları makaslama kuvveti sonucu ortaya çıkan dağıtıcı basınç Bagnold (1954) tarafından ortaya konmuştur.

$$P_y = 0.04\rho(\lambda d)^2 \left(\frac{dV}{dy} \right)^2 \quad (1)$$

Burada, P_y dağıtıcı basınç, X doğrusal tane derişimi, ρ tanenin yoğunluğu, d tanenin çapı ve dV/dy

makaslama hızıdır. Kuvvet tane çapının karesi ile artarken tanelerin özgül ağırlığı ile orantılı olarak artmaktadır. İri kuvars tanelerinin sıvı filminin üst bölümlerine yükselmesini bu dağıtıcı basıncın sağladığı düşünülmektedir. Benzer durum plaser oluşumlarında da gözlenmektedir (Graf, 1971). 500-ööOjim'ye kadar manyetit tanelerinin ağırlığı dağıtıcı basınca göre daha etkin olmakta ve tane boyuyla manyetit verimi artmaktadır. Bu boydan sonra verimin düşmesi, Bagnold kuvvetinin büyüklüğünün tane ağırlığına göre baskın hale gelmeye başlaması, tane atalet etkilerinin artması ve bölücü bıçak açıklığı/tane boyu oranının düşük olmasının birlikte etkisiyle açıklanabilir.

-0.5mm besleme malzemesi ile yapılan deneylerde, kuvars mineralinde 30-60 |im aralığında tane boyunun artışına bağlı olarak verimde bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeninin ince boylarda Bagnold dağıtıcı basıncının etkisini kaybetmesi olabileceği düşünülmektedir. Bagnold'un kendisi de (1954) 200 |im'nin altında tanelerde bu dağıtıcı kuvvetin etkisini yitireceğini belirtmiştir. Bununla birlikte -1mm ve -2mm beslemelerle yapılan deneylerde bu durum açıkça görülmemektedir. Sonuç olarak, deneysel sonuçlar Bagnold kuvvetinin minerallerin davranışını nite! olarak açıklamakta kullanılabilesine karşın, büyüklüğünün tam olarak hesaplanabilmesi ve ayırımın matematiksel olarak açıklanmasında doğrudan kullanılamayacağına işaret etmektedir. Literatürde de benzer değerlendirmeler yapılmaktadır (Holtham, 1992; Schubert. 1995).

Besleme Tenörü Etkisi

%10'dan fazla besleme tenörlerinde performans düşmektedir. Düşey düzlemde meydana gelen bir tabakalanma için farklı özgül ağırlıktaki mineralleri içeren tabakaları ayrı ürünler şeklinde almak güç olmaktadır. Besleme tenorunun düşük olması durumunda iki tabaka arasındaki kesme İşlemi nispeten daha kolay yapılırken, tenorun artmasıyla bu işlem zorlaşmakta ve seçilen bölücü bıçak açıklığında, artığa ağır mineral kaçması olasılığı artmaktadır. Bu durumda bölücü bıçağın tasarımı ve akan sıvı filminin oluşun çıkış ucundan ayrıldıktan sonraki davranımı Önem kazanmaktadır. Yatay düzlemde oluşan tabakaların (sallantılı masa ve spiralde olduğu gibi) ayrılmasında daha geniş bir besleme tenörü aralığında ayarlamalar yapılarak ayırım gerçekleştirilebilmektedir.

Şlam Etkisi

Daralan oluk uygulamalarının tümünde zenginleştirme öncesi şlam atılmaktadır. Bu çalışmada, tek aşamada %10'a kadar -38um malzemenin tolere edilebildiği bulunmuştur. Laapas (1985) daralan olukların çalışma aralığı olan hacimce %25-37 katı derişimi aralığında viskozitenin palp yoğunluğu ile keskin bir şekilde arttığını ortaya koymuştur. İnce tanelerin miktarının artmasıyla viskozitenin artması beklenmektedir. Sabit katı derişiminde daha ince tane boyu dağılımına sahip malzemenin viskozitesi iri tane boyu dağılımına sahip malzemeye oranla oldukça yüksek olabilmektedir. (Napier-Munn et.al., 1996). Viskozitenin artmasıyla tanelerin çökme hızı azalacağından akan sıvı filminin alt tabakalarında yer alması gereken taneler artıya gidecektir. Bu nedenle, çalışılan katı derişimi aralığının viskoziteye çok hassas olan bir aralık olduğu ve şlam miktarının kontrol altında tutulması gerektiği düşünülmektedir. Tolere edilebilir ince miktarı minerale ve tane boyuna bağlı olarak değişecektir.

5. SONUÇ

Manyetit verimi 500-600um'ye kadar tane boyunun artışıyla artmaktadır. Bu tane boyundan daha İri boylarda ise verim düşmektedir.

Tane boyunun ansıyla konsantreye gelen kuvars miktarının azalması iri hafif taneleri akışın üst bölümlerine taşıyan dağıtıcı basıncın varlığını doğrulamaktadır.

Besleme içinde -38 um malzeme miktarının %10'nun üzerinde artması performansı olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle şlam miktarının kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Besleme tenörü %10'nun Üzerinde olduğunda ayırım etkinliği düşmektedir. Bu nedenle daralan olukların düşük tenörlü cevherlerde kullanılması daha uygun görünmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdinegoro, S. and Partridge, A.C. 1979. Flow Characteristics of a Pinched Sluice. *Proc. Australian IMM Con/.*, Western Australia: 79-83.
- Anon. 1957. Union Carbide to install Cannon Separators at Beach Sand Operation, *Eng. and Min. J.*, Sept.: p35.

- Anon. 1962. Simplified Sand Sluices Cut Downtime, *Eng. and Min. J.*, May: p82.
- Anon. 1973. Beach Sands, *Australian Min.*, Aug.: 33-36.
- Anon. 1974. Beach Sands, *Australian Min.*, Aug.: p28.
- Anon. 1976. Beach Sands, *Australian Min.*, Sept.: p21.
- Bagnold, R.A. 1954. Experiments on Gravity-Free Dispersion of Large Solid Spheres in a Newtonian Fluid Under Shear, *Proc. R. Soc. London. Ser. A*, 225: 49-63.
- Blaschke, W. and Malysa, E., 1980, Gravitational Beneficiation of Ultrafine Grains of Zinc-Lead Ores from Olkusz Region, *Fine Particle Processing*, (Ed.) P. Somasundaran, AIME, Chapter 70: 1376-1389.
- Burt, R.O. 1984. Pinched Sluice Concentration. Chapter 12 in *Gravity Concentration Technology*. Elsevier Science Publishing.:235-260.
- Chuan, L.J. and Ithnin Z. 1982. Retreatment of Table Tailings Using Gravity Concentrating Trays at Berjantai Tin Dredging Bhd. Malaysia. Paper presented to Seminar on *Beneficiation of Tin & Associated Minerals*, SEATRAD Kuala Lumpur: 125-149.
- Dupret, L., 1954, Laundering Fine Coal, *Coal Age*, May: 92-96.
- Ergün, L., 1995, *Daralan Oluklarda Akış Koşulları ve Geometrik Özelliklerin Ayırma Etkisinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 125 sayfa.
- Ergün, L., Gülsoy, Ö.Y., Aksarı, B. ve Ersayın, S. 1996. Effects of operating parameters on the performance of a pinched sluice, *Changing Scopes in Mineral Processing*, eds. M.Kemal, A.Akar, M. Canbazoglu, V. Arslan, A.A. Balkema Publishers, Rotterdam: 111-117.
- Graf, W.H.. 1971. *Hydraulics of Sediment Transport*, McGraw-Hill Book Co., New York, 513 p.
- Hillberg, A. and Forsberg, E. 1988. Early Recovery of Gold in the Beneficiation Process: Boliden's Practice, II. Int. Min. Pro. Symposium, Izmir, Oct. 4-6: 611-624.
- Holland-Batt, A.B., Hunter, J.L. and Turner, J.H.. 1984. The Separation of Coal Fines Using Flowing Film Concentration. *Powder Technology*, vol. 40: 129-145.
- Holtham, P.N. 1992. Particle Transport in Gravity Concentrators and the Bagnold Effect, *Minerals Eng.*, vol. 5, no. 2: 205-221.

- Jeyadeyan, B. and Subasinghe, G.K.N.S. 1990. The effect of Solid Parameters in a Pinched Sluice Concentrator, *Int. J. of Min. Pro.*, 29:-31-50.
- Laapas, H.R., 1985 Rheology of Fast Settling Mineral Slurries, XV. *Int. Mineral Processing Congress*, Cannes, vol. 3: 28-40.
- Napier-Munn, T.J., Morrel, S., Morrison, R.D. and Kojovic, T. 1996. *Mineral Comminution Circuits*, Napier-Munn, T.J. (Editor), JKMRRC: p 367.
- Schubert, H. 1995. On the Fundamentals of Gravity Concentration in Sluices and Spirals, *Auftiereitungs-Technik*, 36(11): 497-505.
- Schulz, N. 1970. Separation Efficiency, *Trans AIME*, March, vol. 247: 81-87.
- Stewart, A. L. 1961, Pinched Sluices, *Min. Mag.*, Sep.: 154-159.
- Subasinghe, G. K. N. S. and Kelly, E. G. 1984. Modelling of Pinched Sluice Type Concentrators, *Control'84 MinJ Metallurgical Processing*, AIME/SME/TMS: 87-95.

