

Otomatik Tavuklayıcılar ve Cevher Hazırlamadaki Rollerini

Ore Sorters and Their Roles in Mineral Processing

H. Nadir ERBİL(*)

ÖZET

Bu derlemede, otomatik tavuklayıcılar, kullanım amaçları ve cevher hazırlamadaki rollerini belirtilmektedir. Genel çalışma ilkeleri sunulurken elektronikteki hızlı gelişmenin tavuklayıcıların verimi ve uygulama esnekliği üzerindeki etkisi vurgulanmaktadır. Değerli minerallerin paşadan ayrılmasında kullanılan yansıma, gama ışınlarının yayılması, x - ışınları ya da mor ötesi ışınlar altında floresans veya kırmızı ötesi ışın yayma ve iletkenlik gibi özellikler tartışılmaktadır. Çeşitli tavuklayıcıların değişik cevherlere, özellikle uranyum cevherine uygulanmasına şekillerle değinilmektedir. Sonuç olarak radyometrik tavuklayıcıların gelecekte uranyum üretimindeki rollerini vurgulanmaktadır.

ABSTRACT

In this review, the purpose and the main role of ore sorting in mineral processing were outlined. General principles of operation were presented and the effect of development in electronics on the efficiency and flexibility of sorters was emphasised. Separation of valuable rocks from the waste using different properties such as reflectivity, emission of gamma ray, fluorescence or infra red emission under x-rays or UV light and conductivity was discussed. Applications of different sorters on various ores and especially on uranium ores were outlined together with the illustrations of specific separators. Finally, the future roles of radiometric ore sorters in uranium processing were emphasised.

(*) Dr. Maden Yüksek Mühendisi, İZMİR.

1. GİRİŞ

Tavuklama kavramı binlerce yıl öncesi madencilikine kadar uzanır. Bu süreç içinde yararlanılan parlaklık ve renk gibi özelliklerin yanısıra günümüzde manyetik duyarlılık, iletkenlik ve radyasyon gibi diğer fiziksel özelliklerden de yararlanan otomatik tavuklayıcılarla cevher ve gang mineralleri ayıklanabilmektedir. Bazı cevher yataklarında değerli mineraller — 200 + 10 mm aralığında iyi serbestleşme gösterebilirler. Bu boyuttaki malzemenin kırma ya da herhangi bir işlemden önce ayıklanması toplam maliyeti düşürebileceği gibi, son ürün kalitesini de artırır.

Tavuklama ancak aşağıdaki koşullarda geçerlidir (1);

- 1- Değerli ve gang mineraller arasında, istenilen fiziksel özelliklerde belirgin bir fark olmalıdır.
- 2- Bu minerallerin serbestleşme tane boyu, kullanılacak tavuklayıcının çalışma sınırları arasında olmalıdır.

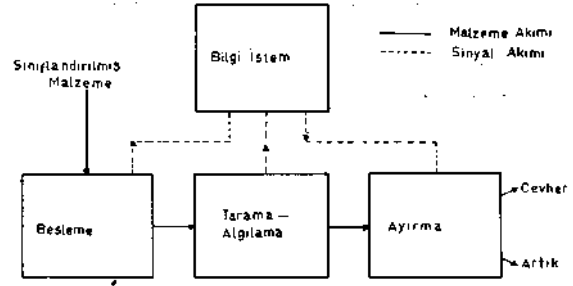
En eski bir yöntem olan elle tavuklama artık önemini yitirmektedir. İnce tanelerde serbestleşme gösteren, düşük tenörlü ve büyük rezervdeki cevherlerin bu yolla tavuklanması zaman ve verim açısından ekonomik olmamaktadır. Ancak, düşük işçilik giderlerinin olduğu bölgelerde elle tavuklama halen uygulanabilmektedir.

Otomatik tavuklayıcıların madencilik tanıtılması 1940'lı yıllarda elektroniğin uygulanması ile başlar, özellikle son yıllarda mikroprosesörlerin uygulanmasıyla günümüzün otomatik tavuklayıcıları, çok hızlı, duyarlı, yüksek verimli ve çalışma koşulları yönünden daha fazla esneklik kazanmışlardır.

2. TEMEL ÇALIŞMA İLKELERİ

Bir otomatik tavuklayıcıya belli bir tane boyunda malzeme beslendiğinde, aygıt taneler arasında aranan fiziksel farkı saptar ve mekanik ya da elektronik ayırıcıya sinyal göndererek cevher ve gangi birbirinden ayırır.

Şekil 1'deki blok diyagramında da görüldüğü gibi tipi ne olursa olsun tavuklayıcılarda dört temel sistem ardaldı olarak çalışmaktadır.



Şekil 1. Temel çalışma ilkesi blok diyagramı.

2.1. Besleme

Tavuklamada beslemenin önemi çok büyüktür. İlk aşamada malzeme gerekirse kırılır, elenir ve aygıtın çalışma tane boyuna uygun olarak sınıflandırılır. Tavuklayıcının verimi sınıflandırılmış malzeme miktarının yataktan üretilen cevher içindeki oranına, bu oran ise doğrudan üretim şekli ve kırma işlemlerine bağlıdır.

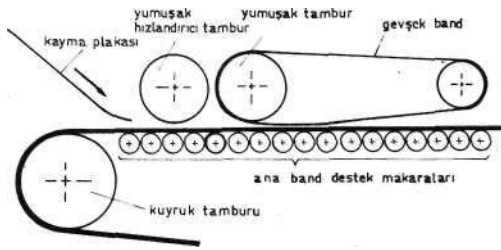
Besleme içindeki en iri ve en küçük taneler arasındaki oran 1,5 ile 3 arasında değişir. Genelde iri taneler geniş aralıklardaki besleme için daha uygundur. Ayrıca, tane boyu irileştikçe aygıt daha etkili, verimli ve daha ekonomik çalışır. Ancak, aygıtın mekanik bölümlerinin özelliklerinden dolayı, belli bir tane aralığının üstüne çıkılmadığı gibi altına da inilemez.

Beslemede dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Maksimum ve minimum taneler arasındaki oran 1,5 ile 3 arasında olmalıdır.
- Taneler tavuklama sırasında parçalanmamalıdır.
- Suda çözünme sorunu yoksa yıkanmış malzeme tercih edilmelidir (Yüzeyi kaplayan tozlar, yabancı maddeler gerçek fiziksel özellikleri etkileyebilir).
- Malzeme tek katlı olarak beslenmelidir. Üst üste yığılım tarama aşamasında yanılığlara yol açabilir.
- Taneler besleme sırasında duraylı olmalıdır. Tavuklama işleminde besleme hızına göre ayırma zamanı hesaplandığından tanelerin beslenme sonunda birbirlerine ve besleyiciye göre farklı hareketleri kesin ayırımı engeller.

- Tam kapasitede çalışmanın sağlanması için yeterince hızlı besleme olmalıdır.

Yukarıda belirtilen son üç maddeye uygun bir besleme sistemi Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu sistemde kontrollü hızlanma ve tanelerin en kısa zamanda takip edecekleri yol üzerinde duraylılıklarını sağlamak amacıyla yumuşak merdane ve gevşek band düzeneği bulunmaktadır.



Şekil 2. Kontrollü hızlandırma ile besleme

2.2. Tarama

Bu sistemin amacı tanelerdeki yansıma, ışın yayma, iletkenlik, manyetik duyarlılık gibi fiziksel özelliklerden birini (aygıtta göre değişir) saptamak ve ilgili sinyali elektronik işlem ünitesine göndermektir, örneğin:

- Yansıma özelliğinden yararlanmak için hareket eden malzeme bir ışık kaynağı ile aydınlatılır ve tanelerin yüzeyinden yansıyan ışık foto tüplerle algılanarak ışığın şiddetiyle orantılı elektrik sinyalleri üretilir ve bilgi işlem ünitesine gönderilir.
- Işın yayma özelliklerinden yararlanılarak bazı cevherler (uranyum ve kömür gibi) tavuklanabilir (2). Burada doğal olarak yayılan ışınlar (gama gibi) algılanarak taneler birbirinden ayrılmaktadır. Diğer bir yöntemde cevher önceden x-ışınları ya da nötronlarla uyarılıp malzemelerden yayılan ışınlar, fotonötronlar şiddetlerine göre saptanarak taneler birbirinden ayrılır.
- Farklı malzemelerin farklı elektriksel iletkenliklerinden yararlanılarak iki elektrot arasından tanelerin geçmesi sırasında bu özelliğe bağlı olan elektrik sinyalleri bilgi işlem biriminde değerlendirilerek ayırım sağlanır.

- Asbest cevherlerinde olduğu gibi malzemelerin ısı geçirgenliklerinden yararlanılarak yayılan kızılötesi ışınların değerlendirilmesiyle ayırım gerçekleştirilmektedir (3).

- Şelit cevherlerinin tavuklanmasında mor ötesi ışınlarla uyarılan tanelerin yaydığı floresansdan yararlanılmaktadır.

Tarama işlemi olabildiğince duyarlı ve geçen malzemeden yeterli bilgi alabilecek nitelikte olmalıdır. Doğal olarak bu da malzemenin tane boyu ile doğru, besleme hızı ile ters orantılıdır.

2.3. Elektronik Bilgi İşlem

Tarama ünitesinden gönderilen sinyaller bu birimde önceden saptanmış değerlerle karşılaştırılarak sinyale ait tanenin konsantre ya da artık bölümüne gönderilmesine karar verilir. Ayrıca, tanenin boyutu ve yeri de çok önemlidir, çünkü ayırma işlemini gerçekleştirecek olan sistemin harekete geçme zamanı yine bu bilgi işlem merkezi tarafından saptanmaktadır.

Tavuklayıcılarda genellikle besleyiciler, tarayıcılar ve ayırıcılar peşpeşe bulunmaktadır. Aralarındaki uzaklığın kısa olması göz önünde tutulduğunda, hızla akan bir malzeme içindeki tanelerin yeri, büyüklüğü, atılıp atılmayacağı ve ne zaman atılacağına çok kısa bir zaman içinde hassas bir şekilde saptanması gerekmektedir. Bu nedenle bilgi işlem merkezi tavuklamanın en önemli temel birimi olarak düşünülmelidir. Günümüzde mikroprosesörlerin kullanımı yukarıda belirtilen işlemlerin giderek artan bir hızla ve duyarlılıkla yapılmasını sağlamaktadır.

2.4. Ayırma

Taranan malzemedeki tanenin atılıp atılmamasına karar verildikten sonra eğer sonuç "atmak" ise bilgi işlem birimi tarafından ayırıcıya sinyal gönderilir. Hesaplanan ayırma zamanı da aynı anda bildirilmektedir.

Ayırma işlemi hidrolik, mekanik ya da hava püskürtme şeklinde olabilir. Basıncı hava ile çalışan enjektörler günümüzde en çok kullanılanlarıdır. Genel olarak bir enjektör 1/6 tane oranına kadar kullanılabilir ve beslemenin tane fraksiyonuna bağlı olarak enjektör sayısı değişir, örneğin, 800 mm enindeki bir band üzerinde akan malzeme için 40-80 enjektör kullanılabilir. Hava püskürtme iki basamakta gerçekleşir. Belli bir

basınçta dengede bulunan uyarıcı ve ana valflardan uyarıcıya sinyal geldiğinde bu valf açılır ve basınç düşmesi dengeyi bozar, böylece ana valf açılarak basınçlı hava malzemeye püskürtülür. Enjektörler ortalama 5-6 atmosfer basınçlı kompresörlere bağlıdır. Basınçlı hava üretiminin maliyeti ve enjektörlerin kullanım süresi gözönünde tutularak malzeme içindeki püskürtülmesi gereken tanelerin (cevher ya da gang) % 50'yi geçmemesi gerekir.

Otomatik tavuklayıcıların en büyük özelliklerinden biri de ani bir arıza karşısında kontrollü bir şekilde durarak kendi kendini korumasıdır.

3. OTOMATİK TAVUKLAYICI ÇEŞİTLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Otomatik tavuklayıcılar fotometrik, radyometrik, manyetik ve iletkenlik gibi özellikler altında kullanılmaktadır. Günümüzde bunlardan en fazla uygulama şansına sahip olanı fotometrik tavuklayıcıdır (Manyezit, talk, kireçtaşı, barit, jips, asbest, flint, elmas, renkli camlar gibi endüstriyel hammaddeler ve altın, şelit, wolframit, ilmenit, kalkopirit, pirit, arjantit, sfalerit gibi metalik cevherler) (4).

3.1. Optik Tavuklayıcılar

Güney Afrika'da Doornfontein madeninde 1966'dan bugüne değin altın tavuklamasında çeşitli modeller kullanılmaktadır. Rio Tinto Zinc (RTZ) tarafından imal edilen Model 13 1972'de devreye konmuş ve altın içeren beyaz-gri kuvars çakıllarını yeşil-siyah kuvarsit (artık)'ten ayırmaktadır (5). Kapasitesi 30-50 mm malzeme için 40 t/saat olan bu aygıtta 20 yüzeyli bir döner ayna, helyum-neon lazer ışık kaynağı ve foto tüplerle 810 mm genişlikteki bir band üzerinde kanallar halinde akan malzeme, saniyede 400 kez taranmaktadır. 500 m³/saat basınçlı hava ve 15 kw/saat elektrik tüketimi ile 1972'de 325 kg altın 0.4 //t maliyetle üretilmiştir.

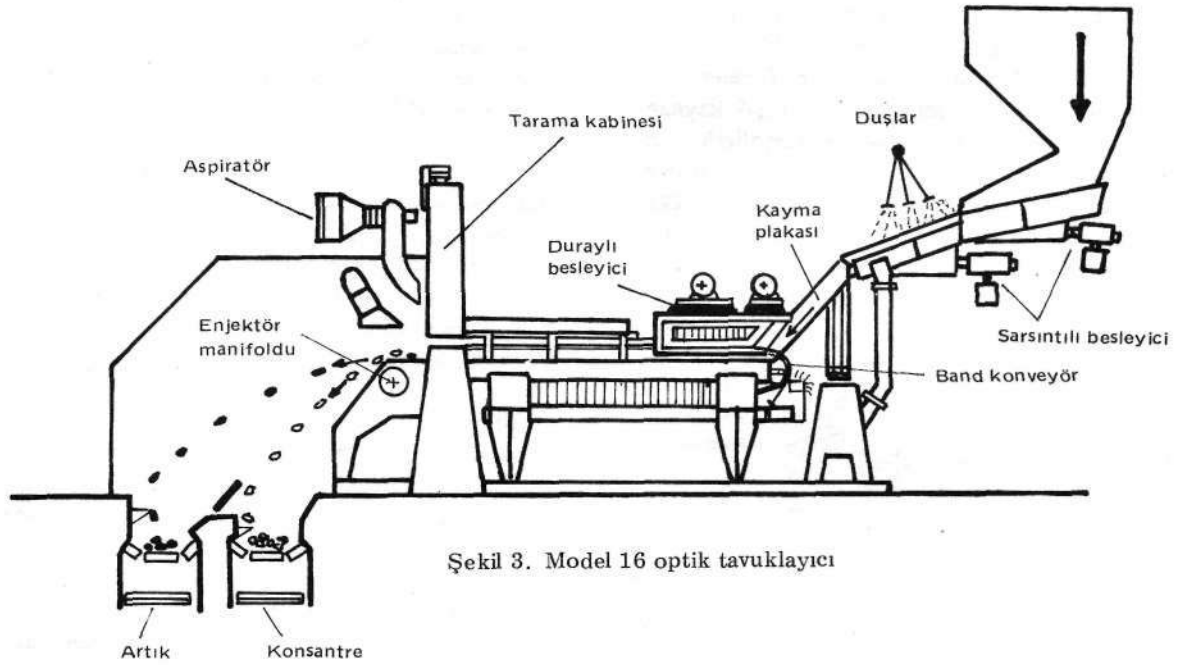
Aynı firma 1978'de daha gelişmiş olan Model 16'yı devreye koymuştur (6). Saniyede 2000 taranma ve saniyede 90 püskürtme yeteneği olan bu aygıt 20 mm besleme için 60 t/saat kapasiteye sahiptir. Aynı cevher için maliyet 0.60 \$/t olarak belirtilmiştir. West Driefontein'de bulunan Carbon Leader tesislerinde de Model 16 kullanılarak

özellikle cevherin 30 - 75 mm fraksiyonunda % 96 altın verimi sağlanmıştır (7).

Şekil 3'de gösterilen Model 16, ayrıca Yunanistan'da Yerakini tesislerinde magnezitin serpan-tinden ayrılmasında (8) ve Amerika'da Black Pine (Montana) yataklarında gümüş ve bakırın tavuklanmasında (9) (% 93 Ag, % 95 Cu verimi) kullanılmaktadır. Diğer bir örnek de Avustralya'nın Queensland Bölgesinde bulunan Mount Carbine wolfram madenidir. Üç tavuklayıcının birlikte kullanılmasıyla (toplam 300 t/saat kapasite) wolframit ve şelit içeren kuvarslar şistten ayrılmaktadır (% 97 kuvars verimi) (10). 1982'de aygıtların toplam yatırım tutarı 3 500 000 dolar ve işletme maliyeti de 0.80 \$/t cevher olarak belirtilmiştir (11).

Gunsons Sortex (Mineral and Automation Ltd., İngiltere), laboratuvar ve pilot çapta renk, x-ışını ve iletkenlik ilkeleriyle çalışan çeşitli tavuklayıcılar üretmiştir. Bunlardan biri Model 426 D adıyla—1 mm elmas tavuklamasında (renk farkına dayanarak) kullanılmıştır (12). Aygıtta maksimum duyarlılığı sağlamak amacıyla kuvars-halojen lambalarıyla birlikte optik fiberler bulunmaktadır. Diğer bir aygıt da Sortex MP 80 adıyla iri parçalar için kullanılmıştır (13). Mikroprosesörlerin ilk uygulandığı aygıt olarak bilinmektedir. Mikroprosesör bilgileri birden çok düzeylerde değerlendirmektedir. En düşük düzeyde tanelerin boyu ve yeri, yüksek düzeylerde de taneler üzerindeki koyu ve açık renkli alanlar saptanarak püskürtülmesi gereken tane için en uygun enjektör seçilir, bekleme zamanı kontrol edilir ve püskürtme süresi hesaplanarak sinyal gönderilir. Aygıt 10 - 150 mm aralıktaki malzemeyi 150 t/saat kapasiteyle tavuklayabilmektedir. Kuvars—iyod lambaları ve 1024 foto algılayıcılarla 800 mm band genişliği, saniyede 1000 kez taranabilmektedir.

RTZ firmasının Finlandiya'daki Parteck kireç taşı yeraltı ocakları için geliştirdiği bir model ise öğrenme ve uygulama aşamalarına sahiptir (14). öğrenme aşamasında bilinen malzeme aygıtla beslenerek tüm bilgiler sistem tarafından analiz edilip kayıt edilmekte ve uygulama aşamasında gerçek malzeme geçerken ilk bilgiler referans alınarak tane ayırımı yapılmaktadır. Model 16'ya benzeyen bu aygıt 10-15 mm malzemeyi 130 t/saat kapasite ile tavuklayabilmektedir.



Şekil 3. Model 16 optik tavuklayıcı

3.2. X - Işınları ya da Mor Ötesi (UV) Işınlarda Floresans ve Kırmızı Ötesi (İR) Algılamalı Tavuklayıcılar

Elmas, x-ışınları altında floresans gösterdiği için, G.Afrika'da bu yöntemle tavuklama yapılabilmektedir (15). UV floresans tekniği kullanılarak wolframitçe zengin cevher şelit'ten ayrılabilir (13). Bu şekilde % 3-5 wolframit içeren cevherin % 86 - 89'u aygıt tarafından atılmaktadır.

İlk olarak Ted Matthews (SME-AIME Fall Meeting 1974, Preprint 14 B - 328) tarafından geliştirilen ve araştırma testleri Occidental Research Corp's Irvine, C.A. tarafından yapılan ve "Oxylone Projesi" adı verilen bir teknikte seçimli yüzey kimyasından yararlanılmaktadır (16). Cevher ve gang karışımına suda erimeyen ve floresans özelliği gösteren boya ile karıştırılan reaktifler püskürtülmekte ve seçimli olarak cevher ya da gang mineral yüzeylerine adsorblanmaktadır. Mor ötesi ışınlarla uyarılan malzemedeki yüzeyleri boyanmış taneler floresans göstermekte ve fotoseller tarafından algılanarak sulu püskürtme sistemiyle malzemedan ayrılmaktadır. Kireçtaşı için suda çözünmeyen yağ asidi ve floresans boya, kömür ve yağlı şeyi için suda çözünmeyen alkol ve floresans boya kullanılarak olumlu sonuçlar alınmış ve pilot çapta deneyler için (— 150 + 25 mm taneler için 118 t/saat kapasitede) çalışmaların devam ettiği belirtilmektedir.

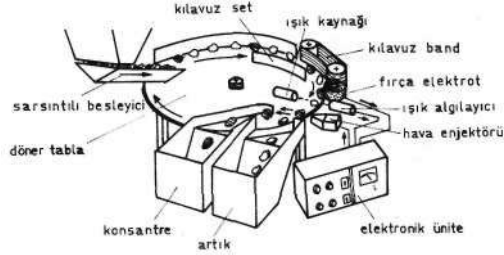
National Coal Board (İngiltere), Gunsons' Sortex firmasının ürettiği, x-ışınları tekniğinin uygulandığı bir tavuklayıcı ile kömür ve şeyli bir birinden ayırmaktadır (17). Bir band üzerinde akan karışım x-ışınları kaynağı ve dedektörler arasından geçerken malzemedan geçip dedektörlere gelen x-ışınlarının şiddeti önceden saptanan değerle karşılaştırılarak kömür ve şeyi yüksek bir verimle ayrılmaktadır. En yüksek verim 15-60 mm arasında elde edilmiştir.

Kırmızı ötesi ışınlar (I.R) kullanılarak asbest gang minerallerinden ayrılmaktadır. Beslemeye önce 30 milisaniye kadar kısa bir süre için yaklaşık 1800°C 'de alev püskürtülür. Isıl geçirgenliği az olan asbest liflerinin yaydığı kırmızı ötesi ışınlar algılanarak tavuklama gerçekleştirilmektedir (3).

3.3. İletkenlik Temeline Dayanan Tavuklayıcılar

Malzemelerin elektriksel iletkenliklerine dayanarak tavuklama yapan bir aygıt, 1975 yılında Gunsons'Sortex tarafından imal edilmiştir (18). Şekil 4'de gösterildiği gibi 50-150 mm aralıklı malzeme, aygıtın döner tablası üzerine bir vibratörlü besleyiciden yüklenmektedir. Tabla üzerindeki kılavuzlar tanelerin algılayıcıların önünden teker teker geçmesini sağlar. Tanelerin elektriksel iletkenlikleri iki elektrot arasında (tabla ve

kontak fırçası) ölçülerek önceden saptanan değerlerle karşılaştırılarak enjektör bölümüne bilgi işlem bölümünden sinyal gönderilir. Tanelerin yeri ve enjektör önüne geleceği zaman ışık kaynağı algılayıcı sisteminden gönderilen sinyallerle saptanmaktadır. Yukarıda verilen boyuttaki malzeme için kapasite 25 t/saat, elektrik ve hava tüketimi de sırasıyla 2 kw/saat ve 7 m³/saat olarak verilmiştir.



Şekil 4. Gunsons Sortex'in iletkenlik ilkesine dayanan tavuklayıcının şematik görünümü.

RTZ tarafından üretilen değişik bir tavuklayıcı - Model 19 (Conductivity/Magnetic Response 0 - Sorter) ile elektriksel iletkenlik ve manyetik duyarlılık saptanmaktadır. Sülfür oksit ve nabit metaller için çok uygun olan bu aygıt 20-150 mm malzemeyi 120 t/saat kapasite ile tavuklayabilmektedir (19). Amerikan Madencilik Bürosu'nun (U.S.B.M.) uyguladığı bir teknikte, yüksek frekanslı alanla endükleme ve denge bozulması ilkesiyle çalışan tavuklayıcılar denenmiştir (20, 21). Burada malzemenin geçtiği bandın alt ve üstünde bobinler bulunmakta ve alttaki bobin bir osilatörle beslenerek aynı zamanda üstteki bobini de endüklemektedir.

Sistem o şekilde dengede kalmaktadır ki her hangi bir metalik malzeme iki bobin arasından geçerken denge bozulmakta ve derhal üstteki bobinden sinyal gönderilerek püskürtücüler devreye sokulmaktadır. % 1 Cu içerikli bakır cevheri için bir bandlı (50 - 300 mm aralıklı malzeme için), bir de döner tablalı (12 - 25 mm aralıklı malzeme için) tavuklayıcı kullanılarak yüksek verim elde edilmiştir. % 1 'den küçük değerlerde pek başarılı olunamamıştır.

3.4. Radyometrik Tavuklayıcılar

Mineralleşme yönünden homojen bir dağılım göstermeyen uranyum yataklarından cevherin seçimli olarak üretilmesinde radyometrik tavukla-

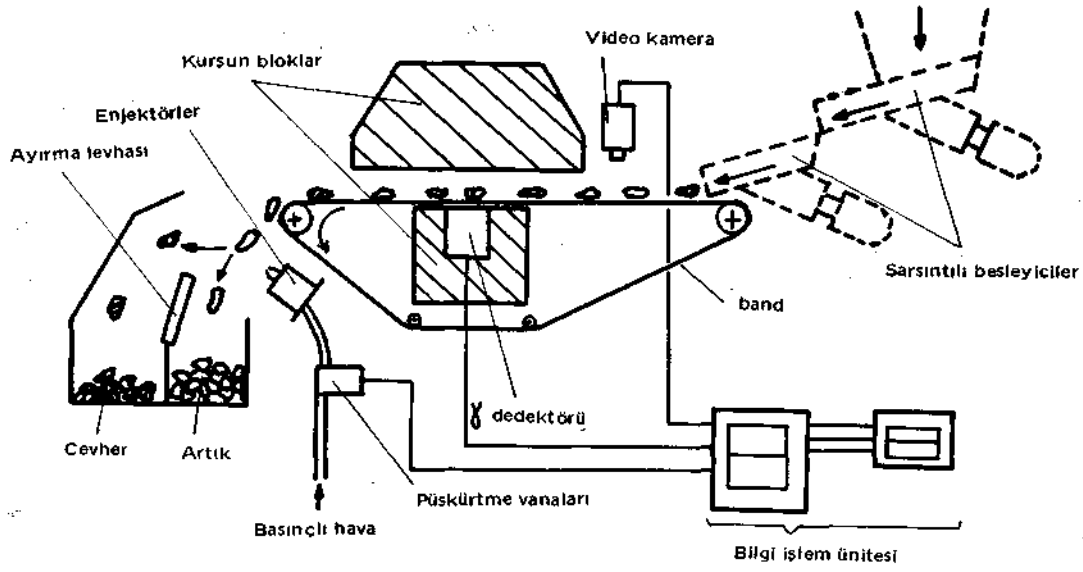
yıcılar giderek önem kazanmaktadır. Cevher zenginleştirme tesislerinin istediği tenörde besleme yapılabilmesi bu aygıtlarla bir ön konsantré kazanılarak gerçekleştirilmektedir.

Avustralya'nın Queensland Bölgesindeki Mary Kathleen yataklarında bu amaçla dört radyometrik tavuklayıcı kullanılmıştır (2). Toplam kapasitesi 160 t/saat olan bu sistemle, tuvönan cevherin % 31'ine yakın bir bölümü pasa olarak atılarak hem tesiste efektif besleme yükü hem de tenör yükseltilmiştir.

Uranyumun kuvvetli gama ışını yaymasından yararlanılarak 1975'de Ore Sorters Mk 4A modeli imal edilerek uranyum cevherine uygulanmıştır (22). Şekil 5'te görüldüğü gibi saniyede 1 m hızla hareket eden band üzerinde altı kanal halinde ilerleyen tanelerin yaydıkları gama ışınları dedektörlerce algılanıp önceden saptanan değerlere bağlı olarak ayırma sağlanmaktadır. Tanelerin yeri ve boyutları dedektörden önce band üzerine monte edilen video kameralarla gerçekleştirilmektedir. % 0,1'e kadar düşük uranyum içeren tanelerin tavuklanması 0,1 saniye gibi kısa zamanda gerçekleşebilmektedir (25-50 ve 50-150 mm aralıkları için).

Afrika'da bulunan West Rand Consolidated Mines Ltd. için RTZ tarafından iki adet Model 17 radyometrik tavuklayıcı geliştirilmiştir (23). Aygıt 40 t/saat kapasite ile 25-65 mm aralıktaki uranyum içeren malzemeyi ayırarak % 58 ağırlıklı pasa atılmıştır. Bu işlemler sonucu cevherin U₃O₈ tenöründe genelde % 15'lik bir artış görülmüştür. Bu sonuçlara dayanarak üçüncü bir Model 17 ve iki adet de Model 16 optik tavuklayıcıların (10-25 mm için) yerleştirilmesi planlanmıştır. Çok kullanışlı olduğu belirtilen bu Model 17'lerden dört tanesi de yine G. Afrika'daki Western Deep levels altın madenine yerleştirilmiştir (24). Bunlardan üçü beş kanallı ve 25-65 mm aralığı için ve biri de iki kanallı olup 65-120 mm malzeme içindir. Altın madeninde ayrıca uranyum da bulunduğu için konsantrélerin özütlenerek uranyum bileşiklerinin elde edilmesi ile altın üretimine katkıda bulunmaktadır.

Kanada'da Uranyum City (Sastatchwan) de bulunan Cenex uranyum yataklarında 25-160 mm besleme için Model 17 kullanılmaktadır (25). Kapasitesi 107 t/saat olabilen bu aygıtlarla cevher tenörünün % 0,18'den % 0,30 U₃O₈'e çıkacağı belirtilmektedir (% 40 pasa).



Şekil 5. Mk 4A radyometrik tavuklayıcının şematik görünümü.

1981-82 yılında Güney Batı Afrika'da bulunan Buffelsfontein altın madeni için Gencor ve Sortex firmalarınca yerleştirilen dört adet Model RM 161, altın/uranyum cevherinin % 36'sını paşa olarak tavuklamaktadır (26). Bu yataklarda altın ve uranyum arasında bir ilişki vardır. Böylece uranyumdan yayılan γ ışınlarından yararlanılarak altın ve uranyum birlikte kazanılmaktadır. Aygıtın bilgi işlem merkezi, hem çevrenin hem de taneler arası radyoaktivite etkileşimini saptamak ve karşılaştırma sırasında bunları göz önünde tutmak için programlanmıştır. Besleme hızı altı kanalda ve her kanal için 125 tane/saniye olarak (ortalama tane ağırlığı 75 gr) ayarlanmıştır (toplam 41 t/saat). Taneler 5 m/saniye hızla bir kanalda 12 detektörden geçmektedir. Bu durumda aygıt yüksek duyarlılıkla tenörü 0,05 kg/t U_3O_8 olan malzemeyi bile yüksek verimle ayırabilmektedir.

3.5. Diğer Uygulamalar

Nötron emilmesi ilkesi ile çalışan tavuklayıcılar SSCB'nde bor mineralleri için kullanılmaktadır (27). Bor atomunun birim alanı başına nötron emmesi, birlikte bulunduğu diğer elementlerden çok yüksektir. Bu nedenle bor içeren taneler, bir band üzerine ve altına yerleştirilen nötron kaynağı ve dedektör arasından geçtiğinde algılanan nötron şiddetindeki değişme hemen hemen tanenin bor içeriği ile doğru oran-

tıdır. Aygıtın en çok uygulanabildiği besleme tane boyu 25-150 mm olarak belirtilmiştir. Berilyum cevherlerinin de benzer şekilde tavuklanması olanaklıdır. Berilyum izotopu içeren cevher parçaları gama radyasyonu ile etkilendiğinde fotonötron yaymakta ve bu da sintilatör ya da gaz sayıcıları ile algılanarak taneler tavuklanabilmektedirler.

Son yıllarda British Company Salford Electrical Instruments Ltd. (İngiltere) tarafından yeraltı kömür yataklarının işletilmesi için yeni bir teknik geliştirilmiştir (28). Burada kömürden yayılan doğal gama ışınlarını, aygıtlar algılamakta ve kömürün boyutlarını ve sürekliliğini devamlı kontrol ederek kesicileri yönlendirmektedir. Bu şekilde paşanın karışması minimuma indirilerek temiz, daha emniyetli ve yüksek verimli üretimin gerçekleştirileceği savunulmaktadır.

Bu son gelişmeler göstermektedir ki aynı teknik, uranyum işletmeciliğinde de uygulanarak seçimli üretim ve düşük maliyet gerçekleştirilebilecektir.

4. SONUÇ

Sonuç olarak denilebilir ki gelecekte otomatik (mekanize) tavuklama yöntemi, Uranyum başta olmak üzere, pek çok cevher üretiminin önemli bir aşaması durumuna gelebilecektir.

KAYNAKLAR

1. SCHAPPER, M.A., "Benefication at Large Particle Size Using Photometric Sorting Techniques" Aust. Min. April 1977 pp. 44-53.
2. STEWART, J.R., "Uranium Processing Research in Australia" Proc. of Low Grade Uranium Ores IAEA Vienna 1967 pp. 67-78.
3. COLLIER, D. et al., "Ore Sorters for Asbestos and Scheelite" Proc. 10th Int. Min. Process. Congr. London 1973 pp. 1007-1022.
4. ADORJAN, L.A., "Mineral Processing" Mining Annual, Rev. 1980.
5. KELS, N.J. et al., "Photometric Sorting of Ore in a South African Gold Mine" J.S. Afr. Inst. Metall., J'burg., 75. Sept., 1974 pp. 13-21.
6. SCHAPPER, M.A., "New Developments in High Tonnage Photometric Sorting" J.S. Afr. Inst. Metall. J'burg 76. Oct. 1975 sp. issue pp. 42-44.
7. ADORJAN, L.A., "Mineral Processing" Mining Annual Rev. 1982 p. 249.
8. BARTON, P.J.; SCHMID, H., "The Application of Laser Photometric Techniques to Ore Sorting Process" 12th Int. Min. Proc. Congr. Sao Paulo, 1977 Meet. 3 pp. 342.
9. MCLAUGHLIN, D., "Operation of an Optical Ore Sorting System" Min. Cong. J., Apr. 1980, pp.26-28.
10. ANON., "Photometric Ore Sorting at Mount Carbine Wolframite Mine, Queensland. "Min. Mag., Jan. 1979 pp. 28-37.
11. WILLEY, G.J., "Photometric Ore Sorting and Mining Economics" Proc. Second Int. Tungsten Symp. June 1982 pp. 2940.
12. ANON, "Colour Sorter for 1 mm Patricks" Min. Jour. Jan. 10, 1975 p. 25.
13. ANON, "New High-Capacity Optical Sorter for Minerals Uses Microprocessor Control" Min. Jour. Dec. 14, 1979 p. 499.
14. ANON, "Microprocessor-based Ore Sorting System for Finland" Min. Jour. Jan. 29, 1982 p. 83.
15. ANON, "New Generation of Diamond Recovery Machines Developed in South Africa" S.A. Min. Eng. Jour. 17, May 1971.
16. STEWART, R.D. et al., "Induced Fluorescent Sorting Technique Holds Promise" Mining Engr. June 1980 pp. 661-663.
17. JENKINSON, D. et al., "Coarse Sorting by x-ray Transmission" Proc. Int. Conf. Min. Metall., London 1972 p. 1023-1041.
18. BALINT, A., "Ore Sorting According to Electrical Conductivity" J. S. Afr. Inst. Min. Metall., J'burg, 76, Oct. 1975, sp. issue, pp. 4042.
19. ANON, "New Ore Sorting System" Min. Jour., Dec. 11, 1981 p. 446
20. MILLER, V.R. et al., "Detecting and Sorting Disseminated Native Copper Ores" U.S.B.M. Rep. Invest. 4904, 1974.
21. AHLNESS, J.K., KIRLHER, J.C. "Electronic Ore Sorting Tests on Native Copper Ore" U.S.B.M. Rep. Invest. 8490.
22. GOODE, J.R. "Recent Coarse Ore Sorting Advances" Can. Min. J., 96, 49, June 1975, pp. 49-50.
23. ANON, "Radiometric Ore Sorters Installed at Gold Mine" Min. Jour., April 11, 1980, p. 297.
24. ANON, "Radiometric Sorters for Western Deep Levels Gold Mine, S. Africa" Min. Jour., Aug. 21, 1981, p. 132.
25. ANON, "Radiometric Ore Sorters" Min. Jour., June 15, 1979, p. 463
26. ANON, "Radiometric Sorting at Buffelfonstein Gold/Uranium Mine, S.Africa" Min. Magazine May 1982, pp. 393-397.
27. MOKROUSOV, V.A. et al., "Neutron-Radiometric Processes for Ore Bénéficiation" Proc. 11th Int. Min. Process. Congr., Cagliari, 1975, p. 47, 1249.
28. ANON, "Natural Radiation Utilized in Guiding Coal Cutting Machines" Min. Jour. April 23, 1982.