

KİMYASAL İZABE NEDEN SÜLFÜR KONSANTRELERİNE TATBİK EDİLMESİN?

Yazanlar:
B. L. HAZEN, Roy ELLERMAN
ve E. A. LONG

Tercüme:
Doğan ÇEÇEN
Yüksek Mühendis

Kimyevi izabe ile düşük dereceli bulk konsantreden yüksek randıman sağlanmakta ve «selektif» flotasyonunun problemleri de ortadan kaldırılmaktadır.

Baz metal istihsalı için sülfür minerallerinin izabesi çok eski bir metoddur. Piro metalürji daha ziyade bakır, çinko ve kurşun gibi metaller için uygun bir izabe metodu olup bütün dünyada kullanılmakta ve imalatta izabe fırınları yardımıyla sağlanmaktadır. Bu metal imalatı usulünün eskiden beri bilinen çeşitli zorluklukları vardırıki bunlardan birisi kurşun ve çinkonun prometalurjik bir ortamda birbirinden zor ayrılma- larıdır. Bu durum bir tesadüfe, kurşun konsantrenin içinde çinkonun ve çinko konsantresi içinde de kurşunun mevcudiyetine bağlıdır ve her zaman içinde öğütme yoluyla tamamiyle birbirinden müstakil saf konsantreler elde edilememektedir. Birçok durumlarda ise bu gayrisaflik randımanının yüksek olmasını zorlaştırmaktadır.

Yeni birçok metodun geliştirilmesi ile yeni kimya tekniğinin metalürjiye tatbiki sonucu sülfür minerallerine piro- metalurjik metodları tatbik ketmeksizin metal imalatı sağlanmıştır. Diğer bir tabirle buna «Kimyevi İzabe» denir.

Bu işle uğraşanlar, verilen şemanın geliştirilip tadil edilmesiyle bu usulün % 95 randımanla Altın, Gümüş, Bakır, Çinko Kurşun ihtiva eden sülfürlü mine-

rallerden bu gibi baz metallerin istihsale line tatbik edilebileceğine, inanmaktadır. Metodun en belli başlı üstünlüğü iyi bir ayırma yapılmadan çok ince öğütülmüş kompleks cevherden metallerin ayrı ayrı ve iktisadi olarak kazanılmasıdır.

Kanaatımıza göre, işlenmesi en zor sülfürler bu metodla yani kimyasal izabe ile iktisadi olarak işlenebilmektedir. Şöyleki müteakip terkipte bir cevher mevcut olsun: Altın, 0,2 ons/Ton, Gümüş 8,00 ons/Ton, bakır % 0,50, Kurşun % 6,00, Çinko % 11, Demir % 20,00 ve Kükürt % 30,5.

Altın ve gümüş pirit ve arsenopirit'e bağlı olup çinko ve kurşun konsantrelerinden flotasyon yardımı ile ayrılmaktadırlar. Çinko umumiyetle «marmatit» ihtiva eden demire bağlı kalmakta ise de biz demirin büyük bir kısmının mevcut piritte bağlı olduğunu kabul ediyoruz.

Hali hazırda altın ve gümüş tenorunun kıymeti ton cevher başına 17,32 \$ olduğuna göre ve yine flotasyon yoluyla yekûn arsenopirit muhtevasının kazanılması imkânsızlığı düşünülürse, bütün sülfürlerde de aynı halin görüleceği sebebiyle bunların tamamının tek mahsûl olarak bir arada toplanmasının imkânsızlığı ortaya çıkar. •

Bu yüzden bu yapıdaki cevherleri kimyevi usulle çalışan tesislerde işlemeyi uygun görüyoruz.

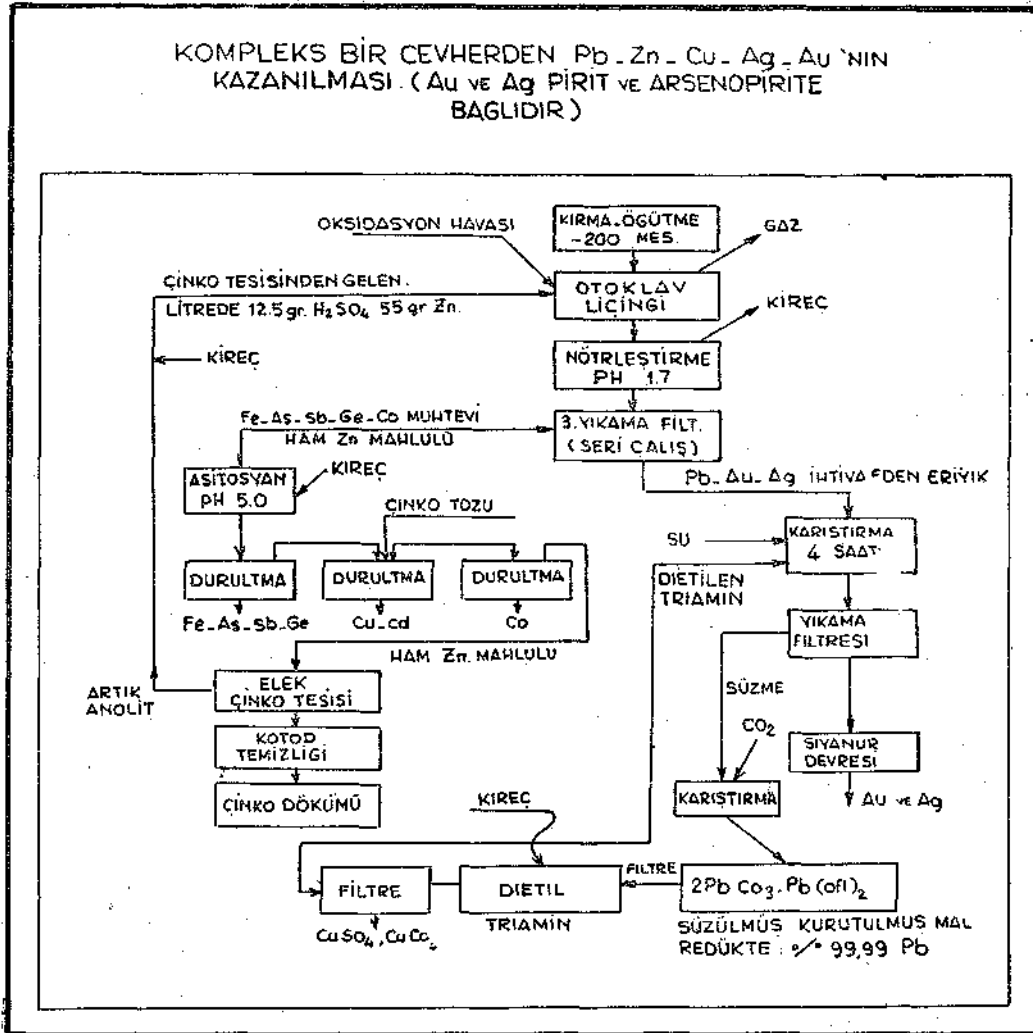
Genel akım şeması

Ele alındığımız şemada cevher, basınçlı Liçing otoklavlarında hava yardımı ile oksitlenmektedir. Bu işlem sonucu çinko ve bakırın tamamı suda eriyebilen bakır ve çinko sülfat, kurşun ise suda erimeyen kurşun sülfat haline dönüşmektedir. Bu oksidasyon, ayrıca piritten sülfürik asidin teşekkülüne sebep olur. Altın ve gümüşün ikisinden biri bu usulle eriyebilir hale getirilmektedir. Otoklav Liçing'inden sonra asit ortam kireç ile nötrleştirilmekte ve bu karışık mahlül süzülerek çinko ve bakır sülfatlı bir

mahlül elde edilmektedir. Bu çözülden bakır presipitasyon, çinko ise elektroliz yoluyla kazanılır.

Katı teyiling halindeki kurşun sülfat, Dietilen triamin çözeltisiyle muamele edilir. Bu şekilde hasil olan ham triamin mahlülü, Filtrasyona tabi tutulup CO_2 ile de muamele edilerek kurşun, kurşun karbonat halinde, kazanılır. Bu kurşun karbonat oldukça yüksek saflıktadır. Kurşun karbonatın bu derece saf olması neticesi bu mahsul direkt olarak eritme fırınına sevk edilip % 99,99 saflığında metal kurşun elde edilir.

KİMYEVİ İZABE AKIM ŞEMASI



Kurşunun teytingden kazanılmasını müteakiben geri kalan artık siyanürle muamele edilip altın ve gümüş kazanılır.

Burada verilen akım şeması, bir lâboratuvar çalışmasının veya herhangi normal ebatta bir tesisin şeması değildir. Aksine ticari tesislerden alınan malûmatın bir özeti. Bu şema asit vasatta çinko ve bakırın kazanılmasındaki maliyet ve diğer hususları açıklayıcı bilgiler ile aynı şekilde bu usulün bakır ve altın istihsaline nasıl tatbik edildiğini ve neticede otoklav Liçing'inin geniş çapta nasıl kullanıldığını göstermektedir. Bizim izahına çalıştığımız bu örnekteki maliyetler için günde 300 Ton cevher işleyen bir tesisat itibara alınmıştır.

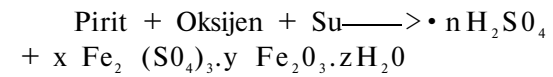
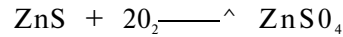
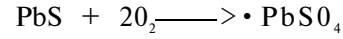
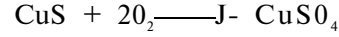
Otoklav Hçingi

Metodun tatbiki, cevherin (200) meş'e kadar öğütülmesi ve hava muvacehesinde basınçlı otoklavlar içinde oksitlenmesiyle başlar. Makaleyi kaleme alanlardan E. A. Lang, bu bölümde akla gelen bütün malûmatı vermektedir. Metodun yüksek sıcaklık ve basınçta -200 meş' incelikte sülfür cevherlerinin derişik sülfürik asit ortamda Liçing'e tabi tutulması hali hazırda pek kolay bir usuldür. En zor problemler U. State Cobalt Plant, National Lead Firmasında (şimdi kapanmıştır.) müşahade olunmuştur. Bu ameliyede metallerin solisyondan ayrılmasında çeşitli zorluklarla karşılaşmış ise de Liçing usulü yine de iyi neticeler vermiş ve yüksek tazyik otoklavları senelerce arızasız çalışmıştır. Maliyet bakımından bu usul sadece bakır, kurşun, çinko sülfürlerine tatbik edilmemekte bilâkis otoklavlar demir nikel ve kobalt için de iyi neticeler vermektedir. Maliyet noktai nazarından kimyasal usülle çalışan bu tesisatı demir ihtiva eden flotasyon artıklarıyla beslemek mümkün değildir. Şöyleki; Flotasyon yoluyla elde edilen demirin maliyeti, otoklavlarda, 1 paund pirit, kurşun, çinko ve bakır sülfürünün

oksitlenme maliyetinin takriben 2,5 misli kadardır. Bununla beraber işlenmesi zor olan bu cevher otohlayda 200° C sıcaklıkta 800 psi. basınçta bir saat zarfında Liçing olabilir. Gevherin bileşiminde % 30,5 S olsa ve günde 91,5 Ton kükürt oksitlenmek istense bu âmeliye için günlük 183 Ton oksijene ihtiyaç olacaktır. Yine bu ameliye esnasında fazla oksijende demiri ayrıca oksitler. Oksitleme ameliyesi için otoklav içine beş defadan fazla miktarda hava üflenir. Lüzumlu oksijen bu şekilde otoklava sokulmuş olur. Otoklavı dolaşıp üste toplanan gazlar su buharı ile doyabilir, bu sebeple bu gazlar mütemadi tarzda otoklav içerisinde devredilir,

Tazyikli Liçing dahilinde kimyasal reaksiyonların vuku bulması için egzotermik veya harici olmayan harekete ihtiyaç vardır. Bazı hallerde ise otoklav gazları içinde suyun bulunmaması istenir ve bu hallerde soğutma donanımına ihtiyaç vardır.

Ard arda denklemler olayı açıklar :



Asidinin tamamı ham cevherden olan ve ayrıca çinko devresinden gelen ilâve asid muhtevalı bu 300 tonluk pülöp otoklavlardan boşaltılır. Bu 300 tonluk asit pülpe günde - 65 Meş' inceliğinde 225 Ton kireç katılmasıyla pH 1,7 e ayarlanır. Buna da jips katılarak günde 450 tonluk kuru bir mahsül elde edilir. Jips pülöpün kolay filtre ve yıkanmasına yardım etmektedir.

Süzme ameliyesi seri çalışan 3 filtre ile sağlanır. Filtre edilen solüsyon, durultma işi ve çökertme bakırı ile elektrolitik çinko istihsalı için çinko kuruluşlarına gönderilir: Burada süzülen mah-

sülde kurşun devresine gönderilerek anlatıldığı gibi kurşun elde edilir.

Bu metotta öğütme harcamaları cevher maliyetine ton başına 7 \$ dır. Bu miktara kırma ve basınçlı Liçing harcamaları da dahildir, ve bunun 4 \$ rı da otoklavlarda kullanılan basınçlı havanın maliyetidir. Bu çaptaki bir kuruluştta 26 eleman çalışmakta, günde 384 ton işlenmekte ve 115.200 Kwh. enerji sarfedilmektedir.

Teknik literatür soğutmalı otoklavların 220°G yerine 110°C da çalıştırıldığına işaret etmektedir. Bu sırada, terkipteki kükürtün yarısı elementer kükürt haline geçmekte diğer yarısı ise hemen hemen zayı olmaktadır.

Çinko ve Baların kazanılması

Yazarlardan Roy Ellerman çinko devresini geliştirmiş ve maliyeti hesap etmiştir. Roy Ellerman, yıllar boyu Bay mining Co. Ltd. ortaklığının elektrolitik kuruluşlarında çalışmıştır. Buradaki bilgiyi tecrübelerine dayanarak vermektedir.

Otoklavdan alınıp filitre edilen ve yıkanan pülp, ham bir solisyon halinde çinko tesislerine sevk edilir. Devredilen bu solisyonun analizi şöyledir :

Zn	150	Gr/Litre
Fe	14	»
Cu	3	
Gd	0,150	»
Co	15	Miligram/Litre
As	500	»
Sb	50	»
Ge	1,5	»
pH	1,5	Ünite

Bu mahlülün pH sı ilk durultma devresinde kireç ilâvesiyle 5,0 a yükseltilir. Demir, bu solisyon içerisinde ferri hidroksid, arsenik, antimon ve Germanyum'a bağlı bir bulk halinde bulunur. Bunun ardından hava ile karıştırılarak

bu mahlül içindeki demirin tamamı oksitlenir. Bundan sonra durultulan eriyiğe çinko tozu katılarak bakır ve çinko birbirinden ayrılır. Bu sırada Cd un bir kısmı bakır ile çöker.

Son olarak da şayet içinde kobalt varsa solisyon, nitrozob-Naftol ile muamele edilip kobalt çöktürülür. Bu mahlülün durultulmasmdan sonra artık elektroliz başlayabilir. Burada çinko elektroliz tesisatının detayını incelemeye ihtiyaç görmüyoruz. Sadece bu tesisatın paund çinko başına 1.8 Kwh. ık enerjiye ihtiyaç gösterdiğini söyleyeceğiz. Arta kalan anolitın litresinde 125 Gr. H₂SO₄ ve 55 Gr. çinko vardır. Bunun pH sı da kireç ile 1,7 e ayarlanarak tekrar başlangıç devresine verilir.

Katod çinkosu el ile her 24 saatta bir toplanıp eritilerek 60 paund'luk kalıplar halinde dökülür.

Bütün bu devrede 49 personel çalışmakta ve günde 118,000 Kwh.'lik enerji harcanmaktadır. Satışa hazır çinkonun maliyetine böylece 4 \$ lık bir masraf biner ve çinko oldukça yüksek dereceli bir mahsüldür.

Kurşunun kezamîması

Otoklav devresinin filtre mahlülü orijinal cevherdeki kurşun, gümüş ve altının tamamını muhtevirdir. Bu mahlül içinde ayrıca % 99 nisbetinde suda erimeyen demir arsenet halinde arsenik ile bazik demir sülfat halinde demir mevcuttur. Yekûn kuru mahsülün ağırlığı pH ayarlarken ilâve olan kireç ve jips de dahil olmak üzere 450 ton/gün kadardır.

H. L. Hazen'de tesisatın bu bölümünü incelemektir. Aminlerle yapılan kurşun sülfat Liçing,inin geniş çapta izahı, çeşitli ve bu çeşit tesisatları kurmuş F.A. Forward ve H. Veltman tarafından yapılmıştı. Bu şahıslar ayrıca solisyon içinden karbon dioksit gazı ge-

rildiği zaman saf bazik kurşun karbonatın ayrıldığını da göstermişlerdir. Bu bilgiye dayanarak biz bu devrede dietilen triamin kullanılmaktayız.

Otoklavların yıkanan filitre mahlülü normal bir sıcaklıkta 4 saat kadar litresinde 50 Gr. dietilen triamin bulunan bir çözelti ile karıştırılır. Bu ameliye sonucu bu mahlülden litresinde 50 Gr. kompleks kurşun dietilen triamin sülfat bulunan bir mahsül elde edilir. Bu şekilde 450 tonluk yekûn kurşun sülfatdan 36.000 paundluk kurşun ham maddesi elde edilir. Bu iş içinde günde 360 Ton triamin solüsyonuna ihtiyaç vardır. Ayrıca bu devrenin su gideri dakikada 60 galona yakındır.

Bu işlemden sonra mahlül seri çalışan 3 filtreye yollanır, pülp'den kurşunun % 99 u yıkanıp alınır. Geri kalan % 1, kurşun ve yeni suda eriyen tiramindir. Bu eriyiğin içinden karbon dioksit gazı geçirilerek saf beyaz renkte kurşun karbonat teşekkül ettirilir. Bu kurşun karbonata ham cevherdeki öbür metaller karışmamaktadır. Saf kurşun karbonattan redükte eritmesiyle % 99,99 saflığında metal kurşun elde edilir.

Triamin ise solüsyon içinde triamin sülfat ve karbonat şeklinde kalır. Bu solüsyona kireç sütü ilâvesiyle kalsiyum karbonat ve kalsiyum sülfat teşekkül ettirilerek bunlar ortamdaki alınır ve triamin orijinal haline getirilir. Bu işlemede gayet ucuz mal olmaktadır. Triaminin devrede kimyasal bir rolü yoktur. Bununla beraber bu ucuz metod henüz geniş çapta tecrübe edilmiş değildir.

Bu tesis için günde % 95 CaO tepkili 18 Ton kireç yakmak mecburiyeti vardır. Bu kireç miktar itibariyle hem triamini orijinal haline dönüştürmekte hemde çinko sülfatın durultulması ve siyanür devresinde altın ve gümüşün kazanılmasında kullanılmaktadır.

Kurşun devresinde 28 kişi çalışmaktadır. Direkt masraf ise paund başına 4 \$ dır.

Âlim ve gümüşün kazanılması

Yıkanan kurşun mahlülünden arta kalan mahsül takriben 424 Ton kadar ağırlıktadır. (Kuru) ve orijinal cevherin altın ve gümüşünün tamamını muhtevirdir.

Bu pülp siyanür, devresine sevk edilir. Buna 2 paund siyanür solüsyonu katılarak karıştırmaya başlanır. Daha sonra pülp yıkayıcı filtrelerde süzülür. Yıkama artığı teyiling olarak atılır. Filtre solüsyonu içindeki, altın ve gümüş çinko tozu ile çöktürülür. Arta kalan eriyik ise tekrar devreye verilir. Çöken mahsül altın ve gümüşün % 95 ini kapsar. Bu mahsülde eritilerek çubuk şeklinde dökülür. Bu tesiste ton cevher başına 5 paund siyanür harcamakta ve devrede 12 işçi çalışmaktadır. Masraf, ham cevherin ton maliyetine ek olarak 3 \$ dır.

İşletme maliyeti toplamı

Burada anlatılan metoda göre, günde 300 ton cevher işleyen bir kuruluştaki her metali % 95 randımanla kazanmak şartıyla işlenen ton cevher başına sarfiyat 27,81 \$'a ulaşmaktadır. Maliyetlerin çözümü tablo I ve II de gösterilmiştir.

1 - Oksijen redüksiyonu ile elementer kükürt yapımı— Eğer otoklavlar sadece bir lâboratuvar sınavı olarak 220°G yerine 110°G sıcaklıkta çalıştırılırsa sülfür minerallerindeki kükürt elementer kükürt haline dönüşür. Bu işleme asit ortamı ayarlama ile kireç de katılır. Elementer kükürt konsantre şeklinde yüzdürülüp alınarak eritilip dökülür. Neticede ton başına cevher maliyetine 2 \$ lık bir masraf biner.

2 - Kurşun devresindeki aminin kazanılması— Kurşun devresindeki kimyevi maddelerin ton/cevher başına yüklediği harcamanın epeyce fazla ol-

TABLO - I

Ayda 900 ton cevher işleyen Kimyasal izabe tesisinin maliyet analizi

Personel	Aylık Maliyet	Ton/Maliyet
8 idareci	\$ 8.912,50	
26 kırma, öğütme ve liçing	\$ 14.768,09	
49 çinko ve bakır devresi	27.428,26	
28 kurşun devresi	15.614,44	
16 altm ve gümüş	9.287,23	
10 anabüro	4.783,51	
6 lâboratuvar	3.756,70	
5 müteferrik	2.342,27	
148	\$ 86.983,00	
Ton/maliyet :	9.655,—	
Yekûn işletme masrafı	\$ 520.292,50	
Elektrik enerjisi		
7,380,000 kw 0,008	\$ 59.040,00	6,560
Kireç 9,000 ton 3,00 \$/Ton	27.000,00	3,000
Dietilen triamin		
9,000 pound 41 1/2 cents	3.753,00	0,015
Tesis amortismanları	30.000,00	3,333
Diğer masraflar	10.000,00	1,111
Özel masraflar	3.000,00	0,333
Yekûn işletme masrafı	250.292,50	27,81 \$

duğu kanısındayız. Şimdiye kadar yayınlanan bilgiye dayanılarak aminin masrafı Ton/cevher basma yaklaşık olarak 0,42 \$ kadardır. Ayrıca 1/2. ton kadar su ilâvesi de düşünülürse ve bununda buharlaşması neticesi bir kısım aminin kaybına sebep olduğu düşünülürse, amin solisyonunun saklanması zorluğu ortaya çıkar; ameliyenin daha da değiştirilmesi gereklidir.

Flotasyon konsantrelerinin işlenmesi

Verdiğimiz şemada, işlenen mal, ne pirometallurjik yolla elde edilen, ne de konsantrasyon yada ayırma yoluyla istihsal edilmiş bir mal değildir. Bununla beraber konsantrasyon yoluyla aynı tipde mahsuller elde edildiği takdirde bunlardaki metallerin Kimyevi izabe ile kazanılabileceğini kabul etmekteyiz.

TABLO - II

Ayda 9000 Ton Cevher işleyen tesiste maliyet etüdü

Personel	Aylık Maliyet	Ton/Maliyet
Kırma, öğütme, Liçing	\$ 63.000	7,00
Çinko ve bakır Liçingi	\$ 77.600	8,63
Altın ve gümüş	1 27.000,00	3,00
Yekûn	198.380,00	
İdare ve lâboratuvar	8.912,50	
Büro	10.000,00	
Amortisman	30.000,00	
özel	3.000,00	
Yekûn	250.292,50	
Ton Maliyet	\$ 27,81	

Örnek olarak % 51 tenörlü bir çinko konsantresi ile % 73 lük bir kurşun konsantresi alınsın. Bu çinko konsantresinden günde 67 ton tesisde elektrolize tabi tutulabilir ve tesisde günde 150 ton kurşun konsantresi istihsal ediliyorsa bunun 87 ton'u bu usulle bu devrede işlenebilir. Bu iki konsantre karıştırılıp, aynı tesiste işlenirse % 99,99 saflıkta ayda 35.000,00 paund kurşun ve 2.000 paund elektrolitik çinko elde edilir. Şu halde günlük konsantre istihsalinin yarısı işlenebiliyor kabul edilir. Bazı hallerde demirin bulunuşu otoklavdaki kimyevi olaylara yardımcı olmaktadır. Şayet demir flotasyon konsantresi içinde bulunmuyorsa çinko devresinden sağlanır. Basınçlı otoklavlardan arta kalan mahsül olan çinko ve bakır sülfatın yıkanmasından sonra kalan artığın yıkanma artığı, epeyce jips ve kurşun sülfat ihtiva eder. Kurşun sülfat bu haliyle etilen triamin ile muamele edilip süzülünce artık konsantredeki altın ve gümüşün tamamını ve jipsin büyük bir kısmını beraberinde taşır. Çünkü triamin solisyonundada bir kısmı artık olarak geride kalmaktadır. Neticede hasıl olan kurşun karbonat kü-

çük bir filtre tesisinde süzülmekte ve redüksiyon ile % 99,99 luk kurşun elde edilmektedir.

Bu çeşit çalışmanın maliyeti yani, günde 150 ton konsantre işleyen bir tesisin masrafı günde 300 ton cevher işleyen bir tesisten birazcık daha fazladır, denilebilir. Buna istinaden masraf ola-

rak konsantrasyon maliyetlerine % 35 kadar ayrıca bir masraf bindiği hesap edilmektedir. Geri kalan % 65 kısım ise flotasyon ve diğer hazırlama ameliyelerine ait masraflardır.

Bütün bu izahat neticesi tekrar başlangıçtaki suale dönelim. Neden Kimyasal izabe yapılmasın?.

