
CEVHER ZENGİNLEŞTİRME ATIK SULARINDAKİ SİYANÜRLERİ PARÇALAMA YÖNTEMLERİ

Muhterem KÖSE (*)

ÖZET

Atık sulardaki siyanürlerin canlılar üzerine yaptığı olumsuz etkilere değinilerek, siyanürleri parçalamak için bugüne kadar geliştirilen yöntemler hakkında bilgi verildi. Özellikle yeni geliştirilen ve siyanürlerin parçalanmasında çok etkin ve ucuz bir yöntem olan Söz/Hava yöntemi teknik ve ekonomik yönleriyle tanıtılmaya çalışıldı.

Bugüne kadar bilinen yöntemlerle parçalanamayan demir siyanür kompleksleri SO₂/Hava yöntemiyle %99.5 verimle parçalanabilmektedir.

İşletme masraflarının düşük olması yanında, endüstriyel uygulamasının kolay olması sözkonusu yönteme büyük avantajlar sağlamaktadır.

ABSTRACT

The hazardous effects of cyanides on life is discussed. Information concerning the modern destruction methods of cyanide was given. In particular, recetly developed destruction method using SO₂/Air was tried to introduce with all aspects of the process.

Removal of more than 99.5 % of cyanide, present in the effluent as iron cyanide complexes was attained by SO₂/Air process, that was not possible by conventional techniques.

This method has a great advantage since its low operating cost and ease of adaptation to industrial operations.

* Maden Mühendisi, MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, ANKARA

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerdeki madencilik yatırımlarında, çevre kirlenmesinin kontrolü için yapılan harcamalar önemli bir payı oluşturmaktadır. 1972-1975 yıllarında bakır endüstrisinde yapılan toplam harcamaların %40'ı çevre kirlenmesini önlemek için yapılan harcamalara sarfedilmiştir (1). Bu değer günümüzde daha da arttığı söylenebilir. Yine aynı yıllarda kurşun-çinko tesisinde bu rakam %28 olmuştur (1) Madenciliğin sebep olduğu çevre kirlenmesi katı sıvı ve gaz olmak üzere üç guruptur.

Katı.- Örneğin %1.2 Cu içeren dissémine bir bakır yatağı değerlendirilirken serbestleşme tane boyutunun sağlanabilmesi için cevherin çok ince tane boyutuna öğütülmesi gerekmektedir. Zenginleştirme sonucunda da çok fazla miktarda ince boyuttaki artık, yağan yağmurun, esen rüzgarın etkisiyle çevreye yayılmaktadır.

Gaz.- Sülfürlü cevherler fazla miktarda kükürt içerdiklerinden kavurma esnasında kükürt dioksit açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan SO₂ gazı çevreye yayılırsa çevredeki canlıları tahrip ederek doğal dengeyi bozmaktadır.

Sıvı: Cevher zenginleştirme esnasında ince öğütülmüş malzemeye fazla miktarda su ve kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Bu yüzden atık sular da sağlığa zararlı organik ve inorganik maddeler bulunmaktadır. Çizelge 1'de sulara karışması istenmeyen maddelerin bir listesi sunulmuştur (3).

Serbest ve kompleks siyanürler canlılar için öldürücü etki yaratıcılarından sanayileşmiş ülkeler, siyanürlü atık suların fabrikalardan çıkmadan önce bir tasfiye işleminden geçirilerek, ancak belirli bir limit değerine düşürüldükten sonra dışarıya atılmasına izin vermektedirler.

Altm-gümüş işleme tesisleri, metal kaplama sanayii, sülfürlü cevherlerin flotasyonla zenginleştirildiği konsantratör tesisleri en büyük siyanürlü atık su kaynaklarını oluştururlar (9). 1987 yılında faaliyete geçecek Etibank-Kütahya-Gümüşköy Gümüş Tesislerinde gümüş üretimi için yılda 3500 ton siyanür kullanılacağı belirtilmektedir. Söz konusu tesiste oluşacak siyanürlü atık suların çevre sorunu yaratmaması için yaklaşık 12 milyar TL harcanarak üç adet atık barajı yaptırılmıştır (2). Yine Etibank'ın bu yıl hizmete sokacağı Küre Piritli Bakır Flotasyon Tesislerinde günde 3500 ton cevher işlenecektir. Şayet bu tesiste Outokumpu-Oy tarafından geliştirilen zenginleştirme akım şeması uygulanırsa ton başına 75 gr. NaCN kullanılacaktır (Günde 262 kg NaCN). Etibank Küre'de siyanürlü atık sular için bir baraj yaptırmıştır. Burada siyanürler güneş ışınları ile parçalanmaya maruz bırakılacaktır (2). 1983 yılında Uşak Mermer Sanayii A.Ş.'nin Manisa-Selendi'deki bakır-kurşun-çinko flotasyon tesisinde günde kullanılacak 38 kg NaCN'ün meydana getireceği siyanürlü atık sularını,

herhangi bir tasfiye yapmaksızın sel sularına maruz bir gölete bırakması nedeniyle çevre Genel' Müdürlüğü ve Sağlık Bakanlığınca çevre için zararlı görüldüğünden tesisin çalışmasına izin verilmemiştir

Yukarıda belirtildiği gibi ülkemizde henüz siyanürlü atık suların parçalanarak zararsız hale getirilmesi için bir adım atılmamıştır Ya çok pahalı çözümlere gidilerek siyanürlü çözeltiler bir yere hapsedilmeye çalışılmakta ya da herhangi bir önlem alınmadan bilinçsizce çevreye atılmasına göz yumulmaktadır. Oysa günümüzde siyanürlü atık sulardaki serbest siyanür ve siyanür bileşiklerini %99 verimle

Çizelge 1 — Suları Kirleten Zararlı Maddeler

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Acenaften | 35. Etil benzen |
| 2. Akrolin | 36. Florenten |
| 3. Akrilonitril | 37. Halo eterler |
| 4. Aldrin | 38. Halo metanlar |
| 5. Antimuan ve bileşikleri | 39. Heptaklor ve metabolitleri |
| 6. Arsenik ve bileşikleri | 40. Hegza kloro butadian |
| 7. Asbest | 41. Hegza klorocyclohegzan |
| 8. Benzen | 42. Hegza klorocyclopentadin |
| 9. Benzidin | 43. Isopron |
| 10. Berilyum ve bileşikleri | 44. Kurşun ve bileşikleri |
| 11. Kadmiyum ve bileşikleri | 45. Civa ve bileşikleri |
| 12. Karbon tetro Klorür | 46. Naftalin |
| 13. Klordan | 47. Nikel ve bileşikleri |
| 14. Klorlanmış benzenler | 48 Nitrobenzen |
| 15. Klorlanmış etanlar | 49. Nitrofenoller |
| 16. Kloro alkil eterler | 50. Nitrosaminler |
| 17. Klorlanmış neptelinler | 51. Pentaklorofenol |
| 18. Klorlanmış fenoller | 52. Fenol |
| 19. Kloroform | 53. Fitalet esterler |
| 20. Klorofenol | 54. Poli klorlanmış bifenil |
| 21. Krom ve bileşikleri | 55. Poli nükleer aromatik hidrokarbonlar |
| 23. Siyanürler | 56 Selenyum ve bileşikleri |
| 24. DDT Metabolitler | 57 Gümüş ve bileşikleri |
| 25. Di klor benzenler | £8 ' 3. 7 8 Tetro |
| 26. Di klor benzidinler | klorodibenzen (TCDD) |
| 27 Di klor etilenler | 59 Tetra klor etilen |
| 28 2. 4 Di klor fenol | 60. Talyum bileşikleri |
| 29. Di klor propan ve Di klor proper. | 61 Toluen |
| 30. 2. 4 Di metil fenol | 62. Toksafen |
| 31. Di nitro toluen | 0 Toklor etilen |
| 32 Di fenil haydrazin | B Vinil klorit |
| 33. Endosulfan ve Metabolitleri | B Çinko ve bileşikleri |
| 34. Endrin ve metabolitleri | |

parçalayarak zararsız hale getiren ve bir tesis için çok pahalı olmayan prosesler geliştirilmiş ve uygulanmaktadır.

2. SİYANÜRÜN CANLILAR ÜZERİNE ETKİSİ.

Canlılar için bilinen zehirlerin en tehlikelisi hidrojen siyanür gazıdır. (HCN). Aşağıda HCN gazının değişik dozlarının insana etkisi belirtilmiştir (4).

- 300 ppm Ani öldürücü etki
- 100-200 ppm 0.5-1 saat içinde öldürücü
- 45 - 54 ppm 1 saat içinde öldürücü
- 20 - 40 ppm Birkaç saat sonra hafif emareler

HCN de CO gibi kanın kırmızı renkli maddesi olan ve havanın oksijenini akciğerlerden hücrelere taşıyan hemoglobinin demirine karşı oksijenden daha fazla affinitesi vardır. Bundan dolayı eser miktardaki HCN oksijenin büyük bir kısmını hemoglobinden uzaklaştırarak onun yerine geçebilir. Dolayısıyla dokular oksijensiz kaldığından öldürücü etki yaratmaktadır. Aynı şekilde serbest siyanür iyonları (CN) metal siyanür kompleksleri ve siyanür türevleri az veya çok yukarıda belirtilen etkilere neden olduklarından tehlikeli ve zehirli maddeler olarak kabul edilirler. İçme sularında kabul edilebilir siyanür miktarı çok düşüktür. Kanada'da içme sularında kabul edilebilir en fazla siyanür miktarı 0.2 mg/L'dir (5).

Nehir, göl ve deniz sularına karışan siyanürler suda yaşayan balık ve diğer küçük canlıların ölümüne sebep olduğundan doğal dengeyi bozmaktadırlar.

3. SİYANÜR BİLEŞİKLERİ

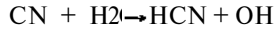
Atık sularla çevreye atılan çeşitli siyanür bileşikleri Çizelge 2'de gösterildiği gibi genel olarak beş guruba ayrılırlar (5).

Çizelge 2 — Serbest siyanür ve siyanür bileşikleri

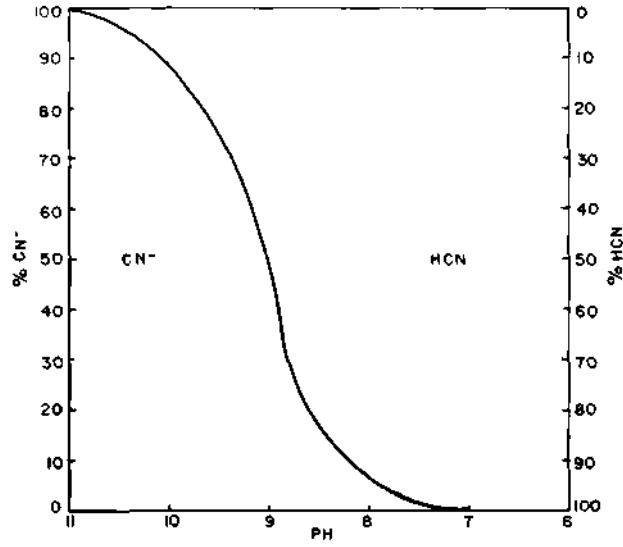
İSİM	ÖRNEK
1- Serbest Siyanür	CN^- , HCN
2- Basit Bileşikler	
a) Kolay Çözünen	NaCN, KCN, $Ca(CN)_2$, $Hg(CN)_2$
b) Kısmen çözünmeyen	$Zn(CN)_2$, $Cd(CN)_2$, CuCN, $Ni(CN)_2$, AgCN
3- Zayıf Kompleksler	$Zn(CN)_4^{2-}$, $Cd(CN)_3^-$, $Cd(CN)_4^{2-}$
4- Kısmen Kuvvetli Kompleksler	$Cu(CN)_2^-$, $Cu(CN)_3^{2-}$, $Ni(CN)_4^{2-}$, $Ag(CN)_2^-$
5- Kuvvetli Kompleksler	$Fe(CN)_6^{4-}$, $Co(CN)_6^{4-}$

3.1. Serbest Siyanür

"Serbest Siyanür" terimi iki anlamda kullanılabilir. Örneğin: Siyanür iyonu (CN⁻) ve hidrosiyanik asit (HCN) olarak. Çünkü HCN zayıf bir asit olduğundan havanın CCh'i bile bu asidi tuzlarına ayırabilmektedir. Siyanür iyonu ile su arasındaki reaksiyon aşağıda gösterilmiştir.



Bu ilişki Şekil 1'de gösterildiği gibi ortamın pH'sı ile çok yakından ilgilidir.



Şekil 1- CN⁻/HCN-PH ilişkisi

Şekil 1 — CN/HCN-PH ilişkisi

Şekilden de görüldüğü gibi ortamın PH'si düştükçe HCN derişimi artmaktadır.

3.2. Basit Siyanür Bileşikleri

Siyanür iyonlarının tek bir metalle yaptıkları bileşikler basit siyanür bileşikleri olarak tanımlanır. Bunları suda kolay çözünen ve çözünmeyen bileşikler olarak ikiye ayırmak mümkündür. (Çizelge 2).

3.3. Metal Siyanür Kompleksleri

Siyanürler ortamda bulunan metallerle değişik şekillerde kompleks oluştururlar. Örneğin siyanürün sfalerit, kalkozin ve pirotinde oluşturduğu kompleksler aşağıda verilmiştir:

1. $ZnS + 4CN^- + H_2O \rightarrow Zn(CN)_2 + HS^- + OH^-$
2. $Cu_2S + 6CN^- + H_2O \rightarrow Cu_2(CN)_6 + HS^- + OH^-$
3. $Fe_3S_4 + CN^- \rightarrow CNS^- + 5FeS$
 $FeS + 2O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2$
 $Fe_2O_3 + 6CN^- \rightarrow Fe_2(CN)_6$

3.4. Toplam Siyanür

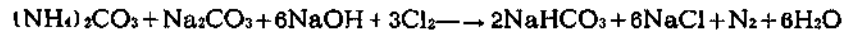
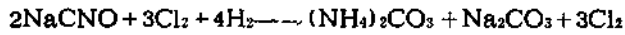
Serbest ve kompleks halde bulunan siyanürler birlikte değerlendirildiğinde toplam siyanür bulunur (6).

4. SİYANÜRLERİ PARÇALAMA METODLARI

Siyanürleri parçalamak için kullanılan metodlar Çizelge 3'de özetlenmiştir. Çizelgede belirtilen parçalama metodlarından ancak birkaçı endüstriyel uygulamalar için elverişli olup diğerleri laboratuvar çapta yapılacak uygulamalardır. Zira diğer proseslerin endüstriyel uygulamalar için ekonomiklikleri sözkonusu değildir. Aşağıda endüstriyel uygulaması olan alkali ortamda klorlama ve SCVHava ile siyanürlerin parçalanmasına ilişkin yöntemler anlatılmıştır.

İlk basamak pH 8,5-9'da 10-30 dakikada tamamlanırken, pH = 10-11'e yükseltildiğinde 5-7 dakikada tamamlanabilmektedir. Siyanürlerin siyanata oksitlenmesinde teorik olarak bir birim siyanür (CN) için 2,73 birim klor (Ch) yeterli olmaktadır. Ama pratikte bu oran 5/1'e kadar yükselebilmektedir. Zira klor, çözelti içinde bulunan diğer bileşiklerinde oksitlenmesine neden olmaktadır.

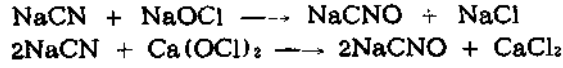
İkinci basamakta siyanatlar bikarbonat ve azot'a dönüşmektedir.



Bu reaksiyon PH: 10'da çok kısa bir sürede tamamlanabilmektedir.

Klor gazının boğucu ve zehirlyıcı olması yanında metalleri korozyona uğratici özelliğinden dolayı, tesislerde kullanımı ancak özel araç gereç donanımı ile mümkündür. Bundan dolayı klor gazı yerine

sodyum hipoklorat veya kalsiyum hipoklorat (çamaşırsuyu) kullanılmaktadır. Bu durumda siyanürlerin oksitlenmesi, aşağıda reaksiyona göre olmaktadır.



Sodyum siyanatlar alkali ortamda klor mevcudiyetinde parçalanarak N₂ ve CO₂'e dönüşürler.

Klorlama yönteminin avantajları ve dezavantajları aşağıda özetlenmiştir.

Avantajları

- Geniş bir kullanım alanına sahip
- Kolay uygulanabilen bir proses
- Kloru değişik biçimlerde vermek mümkün
- Kapital yatırımı kısmen düşük
- Emniyetli bir uygulama yapmaya elverişli
- Kısa bir sürede reaksiyonlar tamamlanmaktadır.
- Sürekli ve kesikli uygulamaya elverişli

Dezavantajları

- Reaktif maliyeti yüksek
- Siyanür klorür (CNCl) çıkmasını önlemek için çok dikkatli pH uygulaması gerekli
- Ortaya çıkan serbest Ch gazının çok dikkatli kontrolü gerekiyor
- Siyanür eldesi olmuyor
- İki ve üç değerli demir siyanürler tamamen parçalanmıyor
- Çözültideki metaller elde edilemiyor
- Meydana gelebilecek zehirli klorin türevlerini giderebilmek için ayrıca arıtma yöntemlerine ihtiyaç var.

4.1. Klorlama ile Siyanürlerin Parçalanması

Klorlama yöntemiyle siyanürlerin parçalanması Western Mines' da (British Colombia) 1975 yılından beri başarıyla uygulanmaktadır. Bu tesiste uygulanan klorlama yönteminin akım şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.

Western Mines bir bakır (%1.1) kurşun (%1.3), çinko (%7.5) madeni olup, kırma-öğütmeyi takiben çinko mineralleri bastırılarak önce Cu-Pb balt konsantresi alınmaktadır. Balt konsantresinden daha sonra NaCN yardımıyla bakır mineralleri bastırılarak kurşunlar yüzdürülmektedir. Balt devresi artık sularında ve bakır devresi artık sularında önemli miktarda bakırlı siyanür kompleksleri bulunmaktadır (50-150 mg/L). Aşağıda zenginleştirme devresinde kullanılan ve

atık sulara geçen siyanürlerin Alkali Ortamda Klorlama Tesisinden geçirildikten sonra nasıl parçalandığına ilişkin veriler sunulmuştur (14).

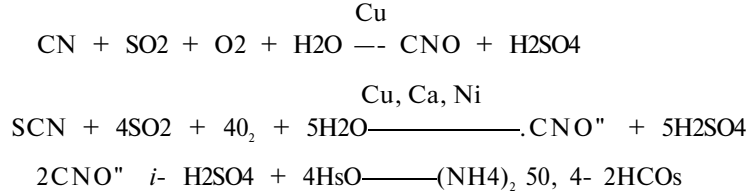
	Toplam Siyanür Mg/L	Çözünmüş Bakır Mg/L
Klorlama Tesisine Girişte	68.3	41.9
Klorlama Tesisinden Çıkışta	0.13	0.14
Devridaim Suyunda	0.06	0.01
Toplam Artıklarda	0.07	0.02

İşleme kapasitesi günde yaklaşık 822 m³ siyanürlü su içeren, Western Mines klorlama tesisinin 1978 fiyatlarına göre maliyetinin \$107.000, aylık işletme masrafının ise \$8000 olduğu belirtilmektedir (14).

4. 2. SO₂/Hava Yöntemi

Kanada'da INCO tarafından Campbell Red Lake'te 1982 yılında uygulamaya başlanan yöntem SO₂/Hava yardımıyla siyanürlerin oksitlenmesi esasına dayanmaktadır.

Geliştirilen yöntemle büyük hacimlerde atık sulardaki siyanürler SO₂/Hava yardımıyla, başarılı bir şekilde parçalanarak zararsız hale getirilmektedir (16,17,18). Ayrıca bugüne kadar bilinen ve yaygın olarak kullanılan alkali ortamda klorlama ve diğer proseslere göre oldukça ucuz olması (Altın siyanürleme atık sularında 1 kg CNT'İ parçalamanın maliyetinin yaklaşık 2 Kanada doları* olduğu belirtilmektedir). Söz konusu yöntem büyük bir avantaj sağlamaktadır (16, 18). SO₂/Hava yöntemiyle siyanürlerin parçalanma şekli aşağıda özetlenmiştir.



1. Stokiyometrik olarak 1 gr CNT'ün oksitlenmesi için 2.47 gr SO₂ gerekmektedir.
 2. Siyanürlerin oksitlenmesi katalizör etkisi olan Cu⁺⁺ iyonları varlığında artmaktadır.
 3. Optimum pH=9-10 olarak tespit edilmiştir.
 4. Reaksiyonun gerçekleşmesinde ortamın sıcaklığı pek etkili olmamaktadır. Reaksiyon 5-60°C arasında gerçekleşebilmektedir.
- Yöntemin Avantajları

* 1982 yılı Kanada Doları

1. Birim CNT parçalama masrafı düşüktür
2. Demir siyanür komplekslerinin parçalanmasında etkili olması yöntemin önemli bir avantajıdır.
3. Reaktif sarfiyatı düşüktür.
4. Reaktif masrafı ucuzdur
5. İşletme masrafı düşüktür
6. Proses geniş bir sıcaklık aralığında etkilidir (5 60°C)

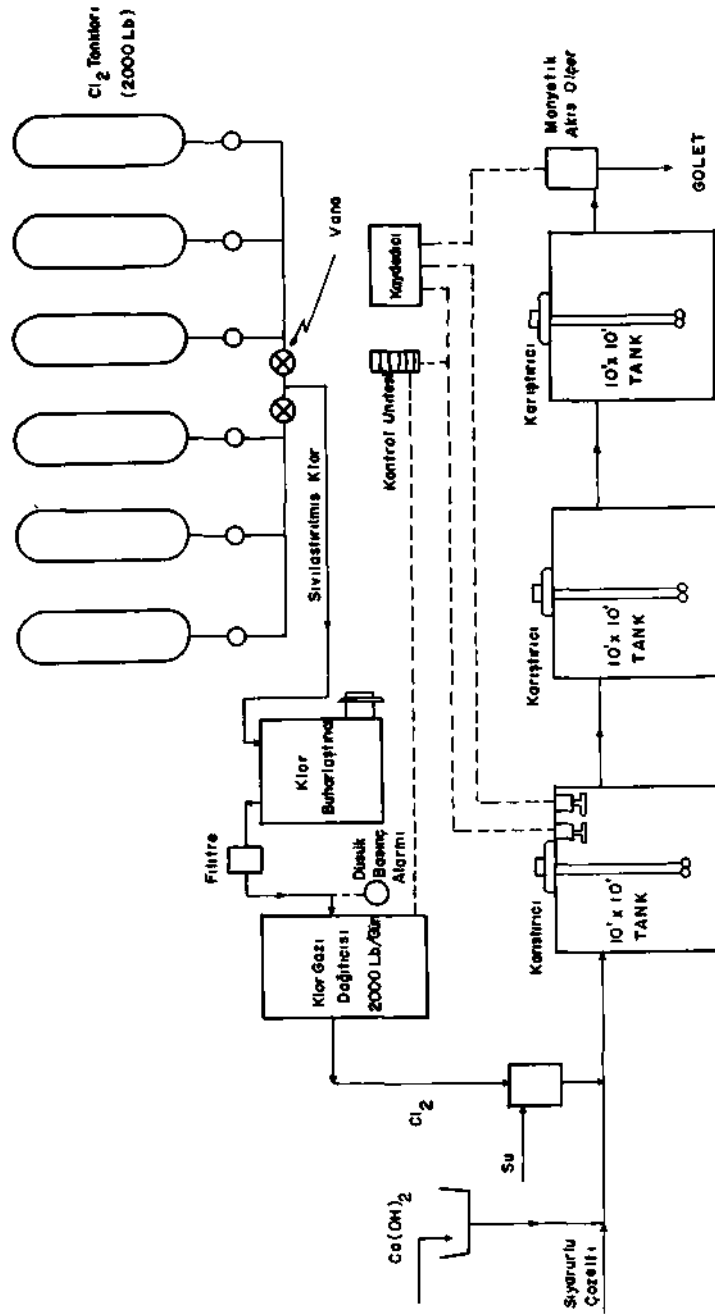
4.3. SO₂/Hava: Pilot Çapta Uygulaması

SCVHava prosesi, Campbell Red Lake Mines Ltd. de 1982 yılında pilot çapta denenmiştir. Uygulanan akım şeması Şekil 4'de alman sonuçlar ise Çizelge 5'de sunulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü gibi literisinde 600-900 mg/L CNT içeren siyanürlü çözelti SO₂/Hava ile parçalanmaya tabi tutularak sonuçta CNT miktarı 1 mg/L'nin altına düşürülmüştür. Aynı şekilde atık sudaki metal içerikleri de 1 mg/L'nin altındadır.

Çizelge 3 — Siyanürleri parçalama ve kazarıma yöntemleri

Proses	CN/HCN	Cd/Zn	Cu/Mn	Fe	CNS
1. Doğal Parçalanma 5,11	+	Kısmen	Kısmen	-	Kısmen
2. Asit.,Buhar.,Etikisizleştirme 5,7	+	+	+	+	Kısmen
3. Elektrolitik Parçalanma 5	+	+	+	-	+
4. İon Değiştirme 7,8,13	+	+	+	+	Mümkün
5. Ozonlama 5,8	+	+	+	-	+
6. Hidrojen Peroksit 5,6	+	+	Kısmen	-	-
7. İon Flotasyonu 10	+	+	+	-	?
8. Bakteri Özütlemesi 12	+	?	?	?	+
9. Alkali Ortamda Klorlama :					
Klor Gazı 14,15,7	+	+	+	-	+
Hipoklorat 5	+	+	+	-	+
10. SO ₂ /Hava 16,17,18	+	+	+	+	

- * CNS'yi uzaklaştırmak çok istenen bir şey değildir.
 (+) Siyanür/Metal Ayırımı Mümkün
 (-) Siyanür/Metal Ayırımı Mümkün Değil
 (?) Bilgi Yok

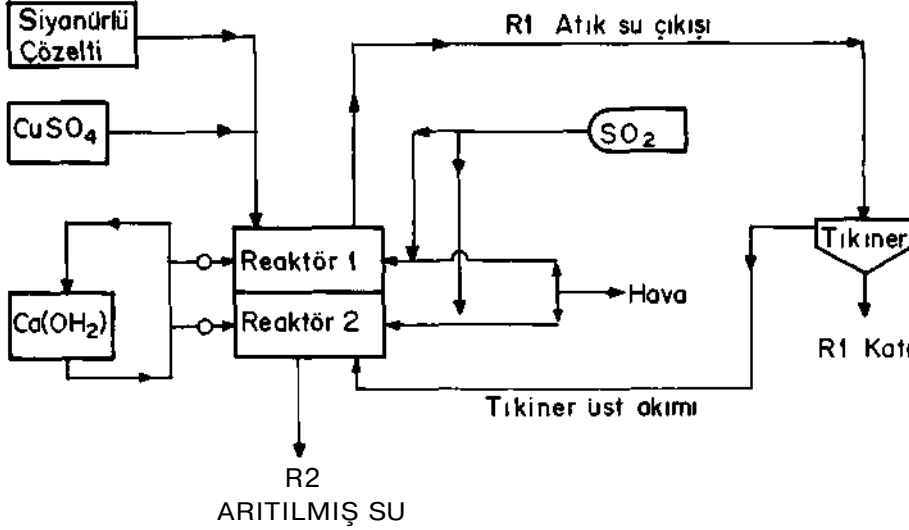
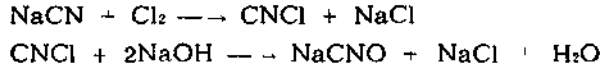


Şekil 2 — Western Klörlama akım şeması

4.4. Alkali Ortamda Klorlama

Bu metod siyanürlerin alkali ortamda klorla oksitlenmesi esasına dayanır. Klor gaz olarak veya Na/Ca hipoklorat (çamaşırsuyu) şeklinde ilave edilebilir. Alkali ortamda klorlama metal kaplama ve işleme sanayiinde ortaya çıkan hacimce az miktardaki siyanürlü bileşiklerin parçalanmasında yaygın olarak kullanılan bir metod olmakla birlikte Western Mines'de olduğu gibi cevher zenginleştirme konsantratörleri atık sulardaki siyanürlerin parçalanmasında da kullanılmaktadır (14, 15).

Klorla siyanürlerin parçalanması iki basamakta olmaktadır. Birinci basamakta siyanürler, siyanata dönüşürler.



Şekil 3 — SO₂/Hava yöntemi akım şeması (Pilot)

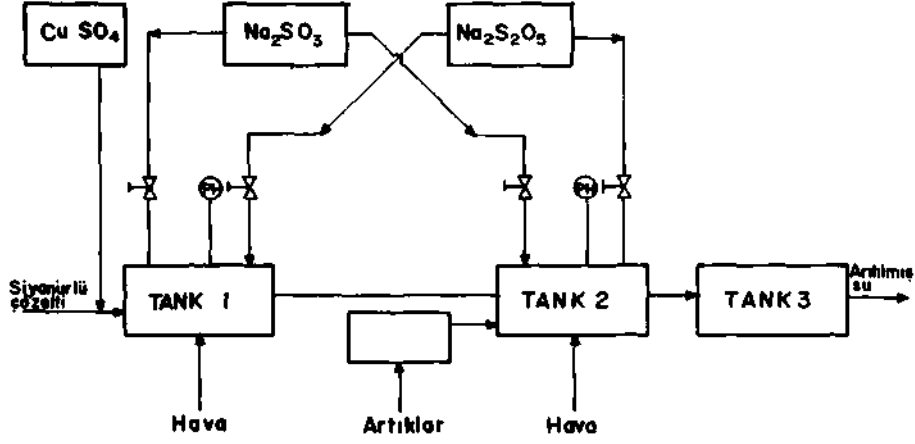
4.5. SO₂/Hava Tesislerden Örnekler

Kanada'da daha önce klorlama yöntemiyle çalışan

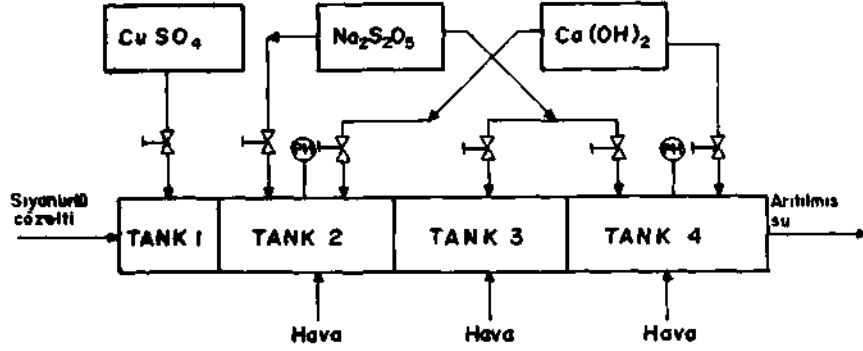
1. Scottie Gold Mines Ltd.
2. Du Pont of Canada Exploration
3. Carolin Mines Ltd.

Siyanürlü atık su tasfiye tesisleri ek bir masrafla SCh/Hava yöntemiyle çalıştırılmaya başlanmışlardır. Her üç tesisin yöneticileri SO₂/Hava yöntemini uygulamaya başladıklarından itibaren tesis çıkışın-

daki atık sudaki CNT miktarının 1 mg'ın altına düştüğü ayrıca işletme masraflarının da büyük ölçüde azaldığını belirtmektedirler (18). Örneğin 200 mg/L CNT içeren 360 mVgün atık su üreten bir tesis için klorlama yöntemi uygulanması halinde günlük reaktif masrafı Ch , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1575 Kanada Doları iken, aynı tesiste SCVHava yöntemi uygulanması halinde bu masraf 480 Kanada Dolarına düşmektedir*.



Şekil 4 — Scottie Gold mines ltd'de SO_2 /Hava uygulaması



Şekil 5 — Mc Bean mill'de SO_2 /Hava uygulaması

* 1984 Kanada Doları

Çizelge 5 — SCh/Hava Yöntemi: Tesis uygulamaları ve sonuçları

Tesis		(Mg/L)					(%)
		CNT	Cu	Fe	Ni	Zn	Siyanür Doğruluğu
Cambell Red Lake Mines Ltd	Giriş (Siyan Çöz.)	665	62	35	50	78	100
	Çıkış	0,7	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1
Scottie Gold Mines Ltd	Giriş (Siyan Çöz.)	450	35	1,5	-	66	75
	Çıkış	0,1-2	1-10	<0,5	-	0,5-2	0,4
	Giriş (Tesis Artık % 55 Kati)	115	17	0,7	-	18	25
	Çıkış (% 35 kati)	0,1-1	0,2-2	<0,3	-	<0,1	<0,5
Du Pont of Canada Exploration	Giriş (Tesis Artık)	240	20	6	-	90	100
	Çıkış	<0,3	1	0,3	-	<0,2	0,2
Carolin Mines Ltd	Giriş (Siyan Çöz.)	1500	350	75	-	-	91-84
	Tesis Artık	11-19	13-15	3	-	-	9-16
	Çıkış	0,3-2	0,5-5	<0,3	-	-	<2

Ayrıca SCh/Hava yönteminde demir siyanür kompleksleri de parçalanarak zararsız hale getirilmektedir.

Scottie Gold Mines Ltd'de uygulanan SO_i/Hava yönteminin akım şeması Şekil 4'de Mc. Bean Mill de uygulanan ise Şekil 5'de gösterilmiştir. Bunlarla ilgili veriler ise Çizelge 5'de verilmiştir.

5. SONUÇ

Bugüne kadar siyanür içeren atık suların tasfiyesinde siyanürlerin oksitlenmesi için endüstriyel olarak kullanılan klorlama yöntemine bir alternatif olarak SO_i/Hava yöntemi gerçekleştirilmiştir.

Gerek laboratuvar, gerek pilot ve endüstriyel uygulamalar, SO₂/Hava yönteminin başarısını ortaya koymuştur. Özellikle altın-gümüş siyanürleme ve bakır kaplama atık suları üzerinde yapılan çalışmalarda atık suda bulunan siyanür ve ağır metallerin %99 oranında tasfiyesi sağlanmıştır.

Ayrıca parçalanması zor olan ve bilinen diğer metodlarla parçalanamayan demir siyanür kompleksleri SCVHava yöntemiyle %99.5 oranında parçalanabildiği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. MENSAH, R., et al, Mineral Processing 1977, Mining Congress Journal.. Vol. 64, No: 2, p. 22-23
2. Etibank Yetkilileriyle Kişisel Görüşme.
3. PICKENING, I.G.. Future Effects on the Mining Industry of 1977 Clean Act, Mining Congress Journal, Feb. 1979, p. 75-80.
4. ELIOL. E.L. and FREEMAN, J.P., Na Cyanide, Organic Synthesis, Wiley, New York Coll, Vol. 4, 58-62, (1963)
5. SCOTT, J.S., INGLES, J.C., Removal of Cyanide From Gold Mill Effluent, Canadian Mineral Processors 13th Annual Meeting, ottowa, Ontario, Jan. 1981, 20-22
6. M.C. Rand., Cyanide, Standart Methods for the Examination of water, 14th Edition, 1975, American Public Healt Association et. al
7. SCOTT, J.S., INGLES J.C., Removal of Cyanide From Gold Mill Effluents, Canadian Mining Journal, March 1981, p. 57-61
8. GOTT, D.R., Development of Waste Water Treatment at the Climax Mine, Mining Congress Journal, April 1978, p. 28-34
9. ADDISON, R., Prieto, R.H., Reagent Optimization in a Gold/Silver Cyanide Plant, Mining Congress Journal, Jan. 1979, p. 29-33
10. NAGAHAMA, T., Treatment of Effluent From the Kamioka Concentration by flotation, Cim Bulletein, April 1974, p. 79-89
11. LEVANDOWSKI, Z., Biological Denitrification in the Presence of Cyanide, Water Res., Vol. 18, No: 3, 1984, p. 289-297
12. SHIVARAMAN, N., et al, Microbial Degradation of Thicyanate, Phenol and Cyanide in a Completely. Mixed Aeration System, Environmental Pollution Series, A. 0143-1471, 1985, p. 141-150
13. VACHON, D.T., Remavol of Iron Cyanide From Gold Mill Effluents by Ion Exchange, Water Sei. Tech , Vol. 17, Amsterdam, pp. 313-324, G.B.
14. ECCLESS, A.G., Cyanide Destruction at Westren Mines Myra Falls Operations, CMP Annual Meeting, Jan. 25, 1977, p. 33-57
15. ALAGARSAMY, S.R., at al, Cyanide Removal: A Case Study of Operational Experience, Indian J. Environ. Health, Vol. 27, No: 1, 1985, pp. 67-76
16. NUTT, G.S., ZAIDI, A.S., Treatment of Cyanide Containing Westewaters by the Copper-Catalyzed SO₂/Air Oxidation Process, Proc. Ind. Waste Conf., Vol. 38th, 1984, p. 357-68
17. DEVUYSTY, E.A., et al. Pilot Plant Operation of the Inco SO₂/Air Cyanide Removal Process, Can. Min. Jour., August 1982, p. 27-30
18. LEWIS, A., New Inco Tech. Process Attacks Toxic Cyanides, EMJ, July 1984, p. 52-54