



**DERS ADI:** Cevher Hazırlama Lab.-II

**DÖNEM:** 2023-2024 Bahar Yarıyılı

**DENEY ADI:** Adsorpsiyon (Yüklü siyanür çözeltilerinden değerli metallerin zenginleştirilmesi)

### **DENEYİN AMACI**

Çalışmanın amacı katı adsorbent ile çözeltiden metal iyonlarının adsorpsiyonunun incelenmesidir.

### **GENEL BİLGİLER**

Adsorpsiyon; ya gaz ya da sıvı karışımlarından maddeleri uzaklaştırmak için özel katıların kullanıldığı bir prosesdir. Katı veya sıvı partiküllerin bir katı yüzeyine bağlandığı bu proses endüstride önemli bir prosesdir. Gaz veya sıvı partiküllerin bağlandığı özel katılara “adsorbent” denir. Adsorplanan maddeye ise “adsorbat” adı verilir. Adsorpsiyon yüzeyde gerçekleşen bir olaydır; moleküller yüzey tarafından yakalanır. Adsorpsiyonla karıştırılmamalıdır. Adsorpsiyon ve absorpsiyon iki farklı prosesdir; absorpsiyonda moleküller yüzey tarafından değil hacimce yakalanır; yani absorpsiyonda çözünen, şişen madde içinde dağılır. Adsorpsiyon, adsorplanan molekülle katı yüzey arasındaki etkileşimin türüne bağlı olarak ikiye ayrılır:

- **Fiziksel adsorpsiyon:** Fiziksel adsorpsiyon, temelde moleküller arası kuvvetler (Van der Waals) ve adsorbat molekülü ile adsorbent yüzeyini oluşturan atomlar arasındaki elektrostatik kuvvetlerden kaynaklanır. Adsorbentle adsorbat arasındaki moleküler arası çekim kuvveti, adsorbatın kendi molekülleri arasındakinden daha büyük olduğunda gerçekleşir.
- **Kimyasal adsorpsiyon:** Kimyasal adsorpsiyon; adsorbentle adsorbat arasındaki kimyasal etkileşimden kaynaklanır. Adsorbat, katı yüzeyi ile bir bağ oluşturarak yapışır. Bu etkileşim fiziksel adsorpsiyondan daha kuvvetlidir. Fiziksel adsorpsiyonun aksine, sadece tek tabakalı adsorpsiyon gözlenir.

Bir adsorbentin en önemli özelliği olan yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olması için, büyük yüzey alanına sahip olanları tercih edilir. Adsorpsiyon kapasitesi; adsorbentin birim kütle sinin (veya hacminin) adsorplayabildiği adsorbat miktarıdır. Sıklıkla kullanılan adsorbent türleri; aktif alumina, silika jel, aktif karbon, moleküler elek karbonu, moleküler elek zeolitleri ve polimerik adsorbentlerdir.

Endüstride, adsorpsiyon çok önemli bir prosesdir. Gaz ve sıvı fazlı uygulamalarda kullanılır. Su veya organik çözeltilerden organik bileşiklerin uzaklaştırılması, sıvı fazlı renkli safsızlıkların giderimi ve benzindeki çözünmüş nemin uzaklaştırılması, sıvı fazlı sistemlere örnektir. Hava veya diğer gazlardan su buharının, doğal gazdan kükürtlü bileşiklerin uzaklaştırılması ve hava

ve diğ er gazlarla karışımlarından değerli çözücülerin buharının geri kazanımı ise gaz fazlı sistemlere örnek olarak verilir. Adsorpsiyon teknikleri, atık su arıtım proseslerinde belli türdeki kirleticilerin uzaklaştırılmasında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Uygun bir adsorbent seçimi ile adsorpsiyon prosesi, kirleticilerin giderimi için gelecek vaadeden bir prosestir.

### **ALTIN MADENCİLİĞİNDE ADSORPSİYON**

Altın cevherlerini sıvı faza almak için siyanür kullanılması, 20. yüzyılın başında altın endüstrisinde devrim yaratmış ve verimli, uygun maliyetli ve yaygın olarak uygulanabilen yeni bir proses sağlamıştır. 20. yüzyılın son çeyreğinde siyanürlü liç çözeltilerinden altın kazanımı için aktif karbonun kullanılmaya başlanması, altın cevheri işleme ekonomisi üzerinde benzer bir etki oluşturmuştur. Merrill-Crowe çinko sementasyon aşamasının yerini alan pülpte karbon (CIP) ve liçte karbon (CIL) kazanım yöntemleri, düşük tenörlü ve kompleks cevherlerin (örneğin, yüksek killi cevherler) daha düşük sermaye ve işletme maliyetleri ve daha yüksek metal kazanımları ile işlenmesine olanak veren bir proses sağlamaktadır.

#### ***Aktif Karbon Adsorpsiyon Yöntemleri***

Aktif karbon ile altın-siyanür kompleksinin kazanımı temel olarak pülpte karbon (CIP), liçte karbon (CIL) ve kolonda karbon (CIC) olarak adlandırılan üç yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Bir pülpte karbon tesisinde, liç işlemi ilk adsorpsiyon tankından önceki liç tanklarında önemli ölçüde tamamlanmakta ve altın siyanür kompleksi tipik olarak 4-10 adet bulunan adsorpsiyon tanklarında aktif karbon yüzeyine soğurulmaktadır. Bir liçte karbon tesisinde (CIL) ise, aktif karbon direk olarak liç işleminin gerçekleştiği tanklara eklenmekte ve adsorpsiyon tankları için gereken yatırım maliyeti bir miktar düşürülmektedir. Bu yöntem genellikle siyanür-altın kompleksini bünyesinde tutan nitelikte karbon içeren cevherlerde kullanılmaktadır. Kolonda karbon yönteminde (CIC) ise temiz ve berrak liç çözeltisi karbon yüklenmiş kolonlardan geçirilerek altın siyanür kompleksinin karbonların üzerine absorbe edilmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem özellikle yığın liçi tesislerinde kullanılmaktadır.

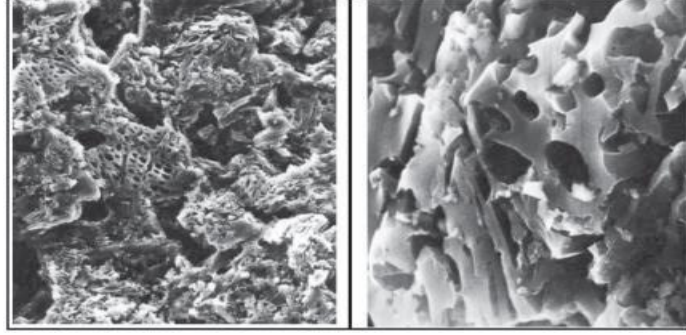


#### ***Aktif Karbonların Hazırlanması***

Karbon doğada düzgün kristal ve amorf (XRD piki vermez) yapıda bulunmaktadır. Aktif karbonlar amorf karbondan üretilir (Kömür, odun, her türlü meyve kabukları veya çekirdekleri, şeker ve organik reçineler). Hindistan cevizi kabuklarından üretilen aktif karbonlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

1. Katı karbon malzeme (hindistan cevizi kabuğu gibi) havasız ortamda ısıtılarak (~600 °C) uçucu bileşenler uzaklaştırılır (L-tipi karbon). Porozitesi düşüktür.

2. Karbonizasyon işlemini takiben 600-800 °C'ye hava, buhar ve klor gazı ortamında ısıtılarak aktifleştirilir (H-tipi karbon). Porozitesi yüksek ve gözenekli bir yapıya sahip. Sert ve aşınmaya dayanıklı, porozitesi ve yüzey alanı yüksek (1200 m<sup>2</sup>/gr) ve gözenek hacmi 0,7-0,8 cm<sup>3</sup>/gr. Saf su içinde ortama oksijen verildiğinde;  
 $O_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2O_2 + OH^-$  (Elektronlar aktif karbon tarafından verildiği için + yüke sahip).



**Şekil.** Aktif karbonun elektron mikroskop görüntüleri

### ***Au ve Ag'nin Aktif Karbon Üzerine Adsorpsiyonunu Etkileyen Faktörler***

Temel iyon değişimi işleminin aksine, aktif karbon ile altın-siyanür kompleksinin kazanılması nispeten yavaş gerçekleşmektedir. Bu yüzden adsorpsiyon devresinde ideal işletme koşullarının belirlenmesi konusu önemli bir faktör olmaktadır. Aktif karbonun altın-siyanür kompleksini soğurma hızı, çözeltideki altın derişimine, serbest siyanür derişimine, çözeltideki organik solventlere, pH değerine, iyon şiddetine, çözelti sıcaklığına, karbonun tane boyutuna, karbon üzerindeki aktif alanlara (yüzey alanı ve mikro gözenekler) ve karıştırma verimine bağlı olarak değişmektedir.

Aktif karbon üzerine alınan altın, adsorpsiyon işleminin tersi olan sıyırma (elüsyon) yöntemi ile ayrıştırılarak altınca zengin ve temiz bir çözelti elde edilmektedir.

### **MALZEME VE EKİPMAN**

- 1- Siyanür liçi sonrası Au-CN kompleksleri içeren yüklü liç çözeltisi
- 2- Aktif karbon
- 3- 100 ml'lik Erlen (Flask)
- 4- Sıcaklık kontrollü orbital çalkalayıcı
- 5- pH metre
- 6- Numune alabilmek için pipetör
- 7- Analiz numuneleri için numune tüpleri

## **DENEYİN YAPILIŐI**

- BaŐlangıç Au konsantrasyonunu bildiğimiz yüklü siyanür çözeltisinden 50'Őer ml alınır ve 6 farklı erlene numuneler konur.
- Çözeltilerin pH'sı kontrol edilir ve gerekiyorsa NaOH kullanılarak pH 10,50'nin üzerine çıkarılır.
- İlk erlene granül aktif karbondan koyulmaz, diğer 5 erlene 1 gr/L olacak Őekilde granül aktif karbon ilavesi yapılır. Bu setteki tüm erlenler sabit hızla (200 rpm) farklı srelerde çalkalanır (15-60-120-180-240 dakika) alkalandıktan sonra her bir erlendenden analiz 5 ml'lik numuneler alınır ve AAS'de Au analizi yapılır.
- AAS cihazında yapılan Au analizlerinde çözeltide kalan Au konsantrasyonu belirlenmiŐ olur. Adsorpsiyon gereklemeyen yani herhangi bir adsorban ilavesi yapılmayan çözeltinin Au deriŐimi baŐlangıç konsantrasyonu olarak kabul edilir. Buna göre tüm deneylerdeki adsorpsiyon öncesi-sonrası Au konsantrasyonları belirlenerek Au adsorpsiyonu verimi (%) hesaplanır ve sonuçlar değerlendirilir.

**Prof. Dr. İbrahim ALP**

**Prof. Dr. Tuđba TÜRK**

**ArŐ. Gör. Taha BOYRAZ**