

# ELEKTRO METALÜRJİ

2016 – 2017 BAHAR

Prof. Dr. Ahmet EKERİM Yrd.Doç.Dr. Oğuzhan Avcıata

# ELEKTROMETALÜRJİ

- ❖ Cevher veya metal içeren her çeşit ham madde içindeki metaller elektrikenerjisinden faydalanmak suretiyle üretmeye Elektrometalürji denmektedir.
- ❖ Gerçekte elektrometalurji, elektrokimyanın bir uygulamasıdır.
- ❖ Burada elektrokimya metodlarının metallere uygulanması yapılmaktadır.
- ❖ Bu uygulama elektrik enerjisini, elektrolizyapma yada ısıya dönüştürerek elektrotermik ark gerçekleştirilir .

# ELEKTROLİZ

- ❖ Elektrik akımının sulu veya eriyik elektrolitlerden geçirilmesiyle meydana gelen kimyasal ayrışma sonucu katotta metal iyonlarının ve anotta ise metalik olmayan iyonların serbest hale gelmesi olayıdır.
- ❖ iyonlar elektrotlarda deşarj edilerek; serbest hale geçirilebilir, element olarak toplanabilir ve elektrot ile reaksiyon yapabilir.

# ELEKTROLİZ

- ❖ Endüstride elektroliz iki maksatla kullanılmaktadır.
- ❖ Metalleri sulu çözeltilerden kazanmak için (Elektrowinning).
- ❖ Arı olmayan metalleri, içindeki yabancı maddelerden arıtıp, katotta toplamak için (Elektrolitik tasfiye).

# ELEKTRO KAZANIM (ELEKTROWINNING)

- ❖ Genellikle hidrometalurji uygulaması olarak, liç işleminden sonra elde edilen metalce zengin solüsyonlardan metallerin kazanılması demektir.

Örneğin;

- ❖ Bakır cevherleri liç işlemiyle çözünüp bakır, bakır sülfat olarak çözeltiliye alındıktan sonra elektrowinning metodu ile saf bakır olarak katotta toplanmaktadır.
- ❖ Çinko kalsinelerinin sülfirik asitli çözeltilerde liç yapıldıktan sonra elektroliz yoluyla katotta toplanması da yine bir elektrowinning uygulamasıdır.
- ❖ Bu çeşit elektroliz işlemlerinde daima çözünmeyen anot kullanılmaktadır.

- ❖ Eriyik magnezyum klorür tuzlarından elektroliz yoluyla magnezyum metalinin elde edilmesi ve yine eriyik ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) kriyolit içinde çözünen alüminanın ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) elektrolizi neticesi katotta arı alüminyumun üretiminde de eriyik tuzlarla yapılan elektroliz işlemlerine örnek teşkil etmektedir.
- ❖ Alüminyumun tamamı, magnezyumun büyük kısmı, berilyum, sodyum, kalsiyum ve diğer bazı metaller benzer tekniklerle elde edilmektedir.
- ❖ Eriyik tuzlar kullanarak elektroliz yoluyla, üretilen metaller, oksit veya diğer bağlantılardan normal pirometalurji metotlarıyla karbon veya karbon monoksit tarafından redüklenemeyecek ölçüde oksijene karşı yüksek aktiviteye sahiptirler.

- ❖ Aynı şekilde bu metalleri, sulu elektrolitler kullanarak katotta toplamak da mümkün değildir.
- ❖ Çünkü bu metallerin Emf değerleri hidrojene nazaran büyük (-) değerdedirler.
- ❖ Böylece elektroliz sonucu bu metallerden öncelikle hidrojen katyonları katotta serbest hale geçecektir.

# ELEKTROKİMYA

- ❖ Elektronlar doğru iletken iyonik iletkenlere gitmek ister.
- ❖ Reaksiyonda elektronik iletkenlerle iyonik iletkenler arasında karakteristik farklılıklar mevcut olup bazı değişiklikler olmaktadır.
- ❖ Tanım olarak elektronlar iyonik iletkene yönelmez.
- ❖ Eğer sistemin her bir elemanı elektrokimyasal davranış göstermezse yer değiştirme olmaz.



Anot reaksiyonu:  $n/M = M^{m+} + me^{-}$

Katot reaksiyonu:  $m/N^{n+} + ne^{-} = N$

Toplam reaksiyon:  $nM + mN^{n+} = nM^{m+} + mN$

Bu reaksiyonun gerçekleşebilmesi için  $\Delta G < 0$   
Kendiliğinden olmalıdır.

NERST Yasasına göre toplam serbest enerji;

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln \frac{a_{M^{m+}}^n}{a_m^n} \cdot \frac{a_n^m}{a_{N^{n+}}^m}$$

❖ Toplam reaksiyon:



❖ Toplam serbest enerji:  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln \frac{a_{M^{m+}}^n \cdot a_n^m}{a_m^n \cdot a_{N^{n+}}^m} = -(n \times m) \times F \times E_{rev}$  )

❖ Elektrik enerjisine dönüşen kimyasal enerji:

$$E_{rev} = E_{rev}^0 - \frac{R \cdot T}{n \cdot m \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{M^{m+}}^n \cdot a_n^m}{a_m^n \cdot a_{N^{n+}}^m}$$

❖ iyon haline geçme:



❖ Yarım hücre reaksiyonu, anot ve katotta meydana gelen reaksiyonlar olup oluşan elektrolitik hücrenin potansiyel farkı olan toplam  $E_m$  değildir.

❖ Katot reaksiyonu:



Potansiyeli;  $E_N^0$

❖ Toplam reaksiyon,



için hücre potansiyeli:  
eşitliğinden hesaplanır.

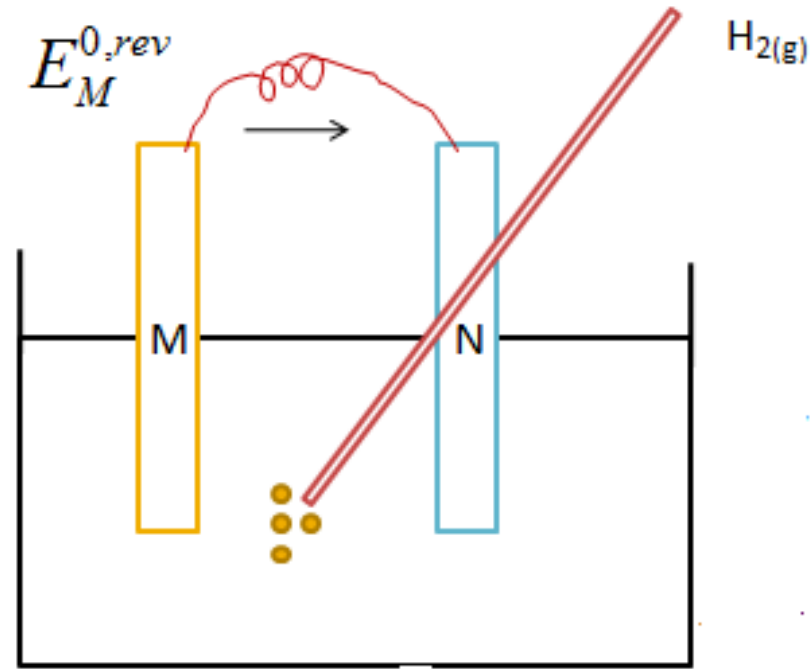
$$E_{rev} = E_M^{rev} - E_N^{rev}$$

❖  $E_M^{rev}$  Değerinin hesabı başlangıç değeri olan  $E_M^{0,rev}$  den hesaplanır, böylece hücre potansiyelini veren eşitlik:

$$E_M^{rev} = E_M^{0,rev} - \frac{R \cdot T}{m \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{M^{m+}}}{a_M}$$

Bu denklemden elde edilir.

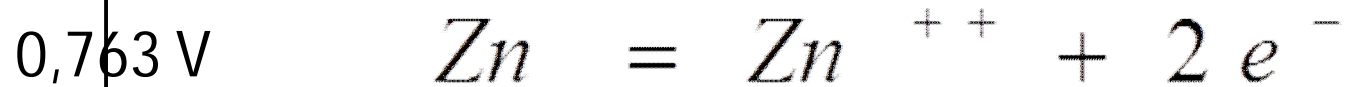
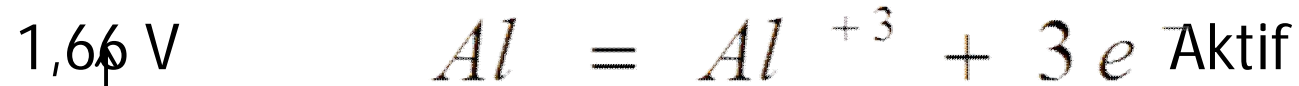
# POTANSİYEL OLUŞUMU



$$E_M^{0,rev} = E_m^0 - E_{H_2}^0$$

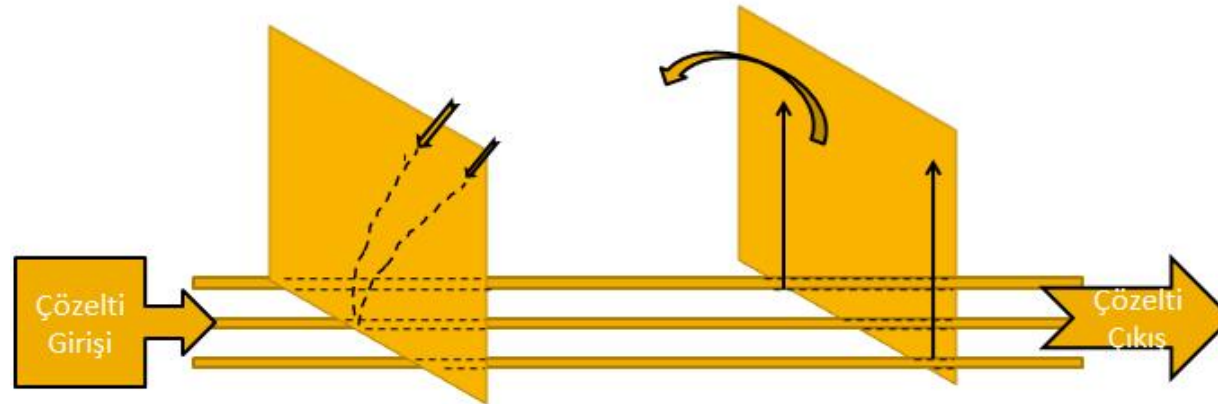
- ❖ M : Elektron kaybeden anot
- ❖ iyonlaşan  $H^+$  element  $H_{2(g)}$  oluşumu.
- ❖  $M + H^+ = M^{m+} + H_{2(g)}$
- ❖ Hücrenin potansiyeli potansiyometre ile ölçülerek bulunur.  $E_m^0$  ,  $E_{H_2}^0$  nin bir ölçüsü olmayıp;  $E_{H_2}^0 = 0 \longrightarrow E_M^0 = E_{rev}^0$  eşitliğiyle limitte bulunur.

## ❖ Elektrot potansiyelleri:

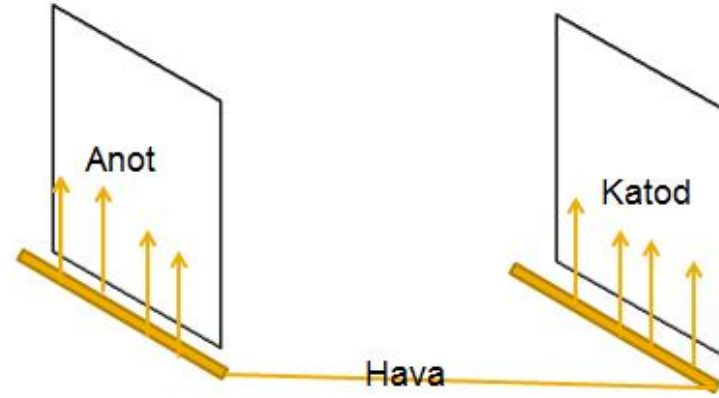


# Elektrometalürjiye Yüzeyin etkileri

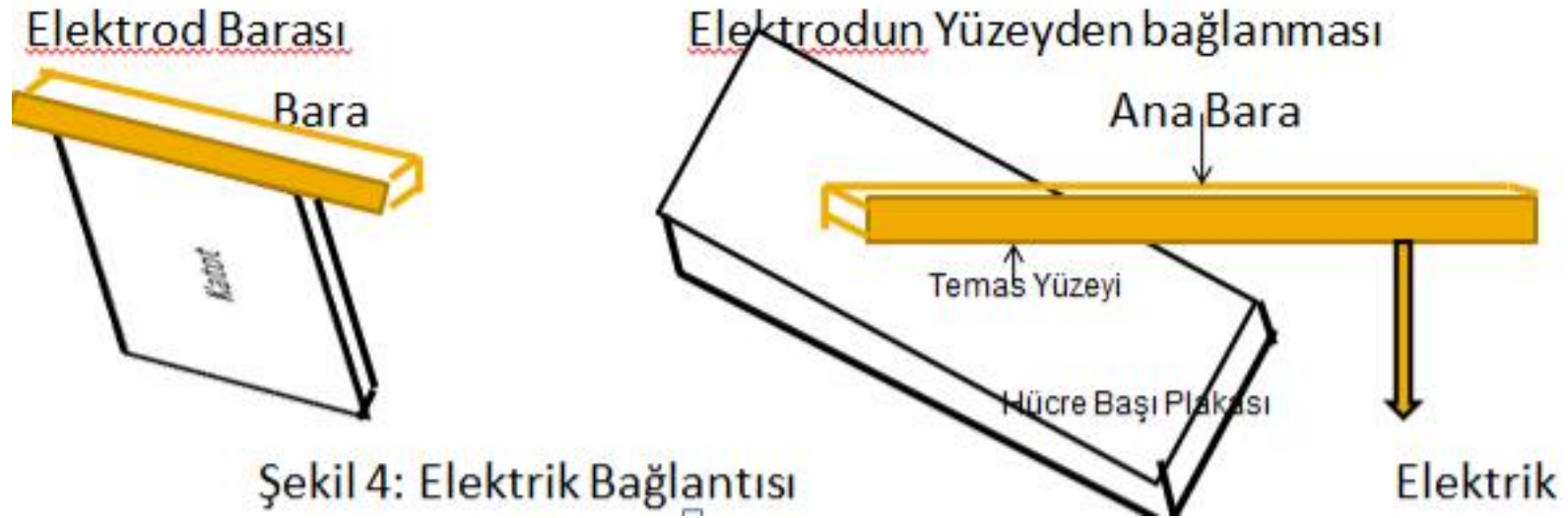
- ❖ Elektrot yüzeylerindeki kinetik kristalin büyümesinde, reaksiyonda ve elektrot yüzeylerindeki taşınımında önemlidir.
- ❖ Bu taşınımın iki şekli aşağıda şekil 2 ve şekil 3 de görüldüğü gibidir.



Şekil 2: Yüzeyle Çözelti ile Taşıma



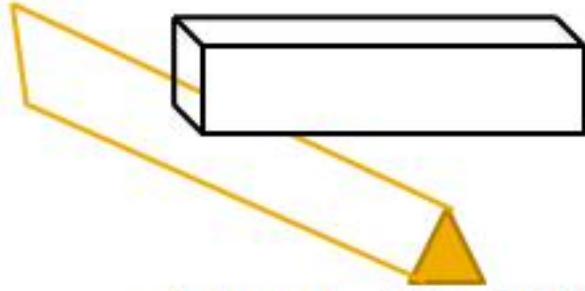
Şekil 3: Yüzeyle Hava İle Taşıma



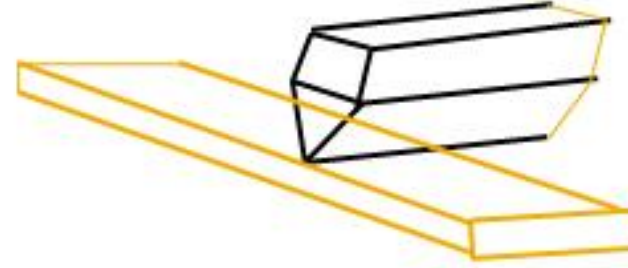
Şekil 4: Elektrik Bağlantısı



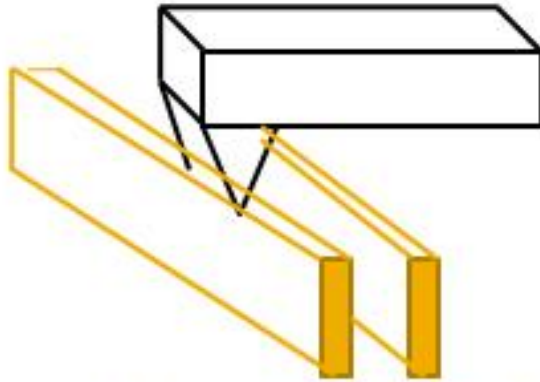
## Doğrusal Temas Bağlantıları



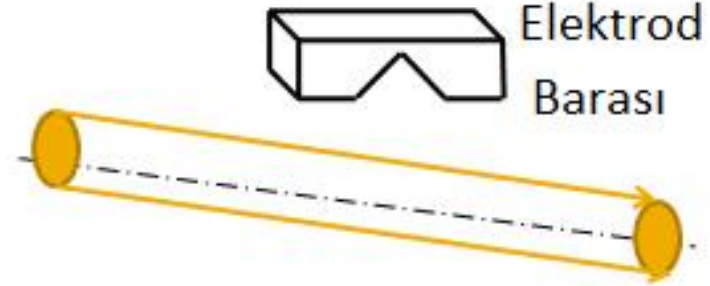
Geleneksel Bıçak Ağızı Temas



INCO Bıçak Ağızı Temas



COMIMCO İki Yüzeyle Temas



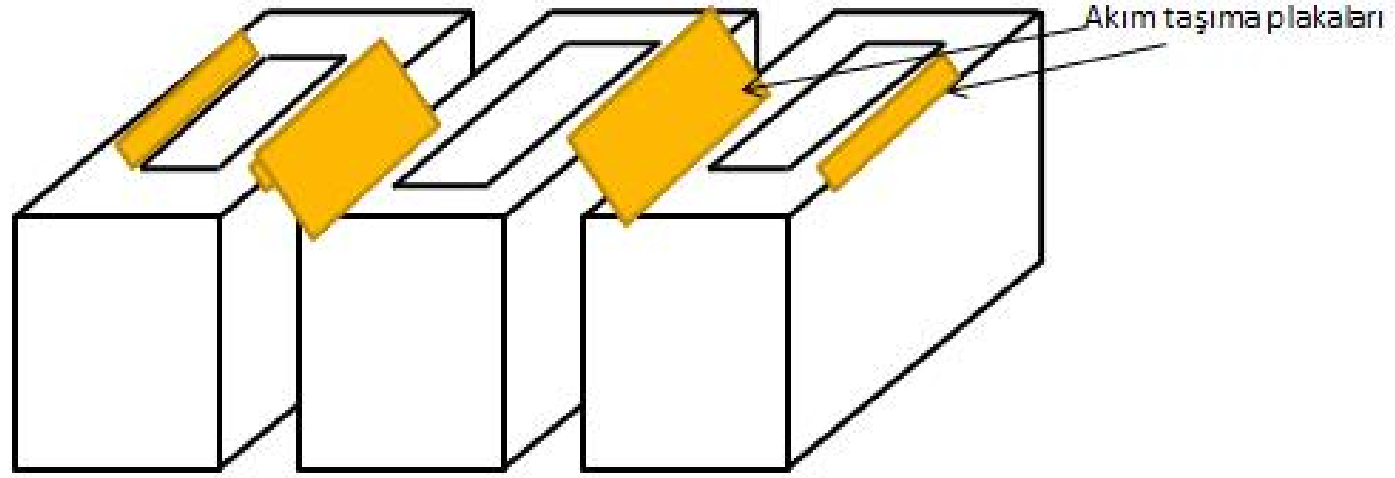
"V" Yatağı Temas

Şekil 5: Doğrusal Elektrik Bağlantıları

- ❖ Yüksek akım gerektiren bağlantılarda örneğin, 100 t bakır elde etmek için 2 V gerilime 3.000.000 amper gerekir ki burada yüzeyin önemi kendisini gösterir.
- ❖ Bunu önlemek için hücrede 20-50 katod yerleştirilir, böylece akım 10.000-30.000 A ve gerilim 100-400V arasına getirilir.

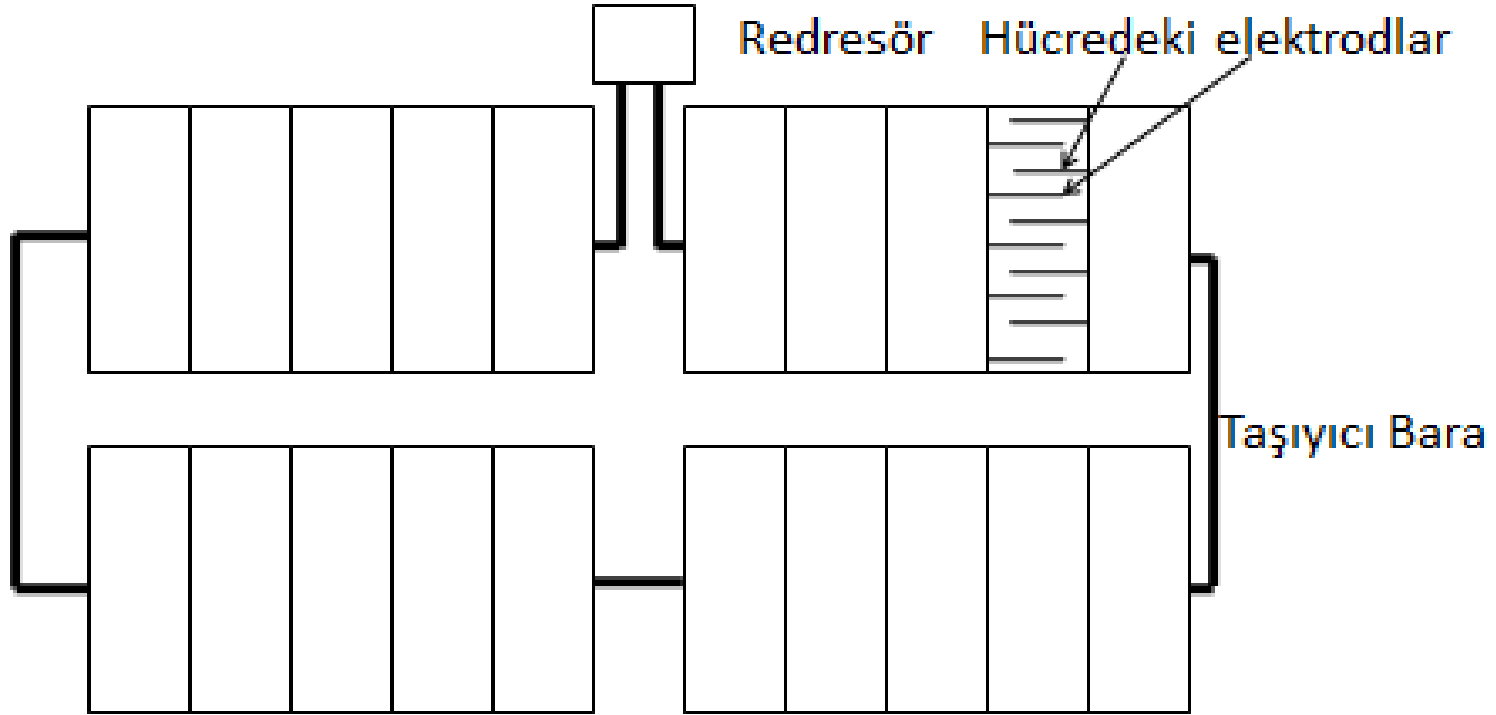
# HÜCRELERİN YÜZEYLERİ

- ❖ Hücreler beton, döküm veya işlenmiş döküm malzemelerden yapılırlar.
- ❖ Beton hücrelerin yüzeyleri kurşun, lastik, kompozit, veya bitüm esaslı malzemelerle kaplanmıştır.
- ❖ Çelik ve saç malzemelerden de hücrelerin yapılması mümkündür.

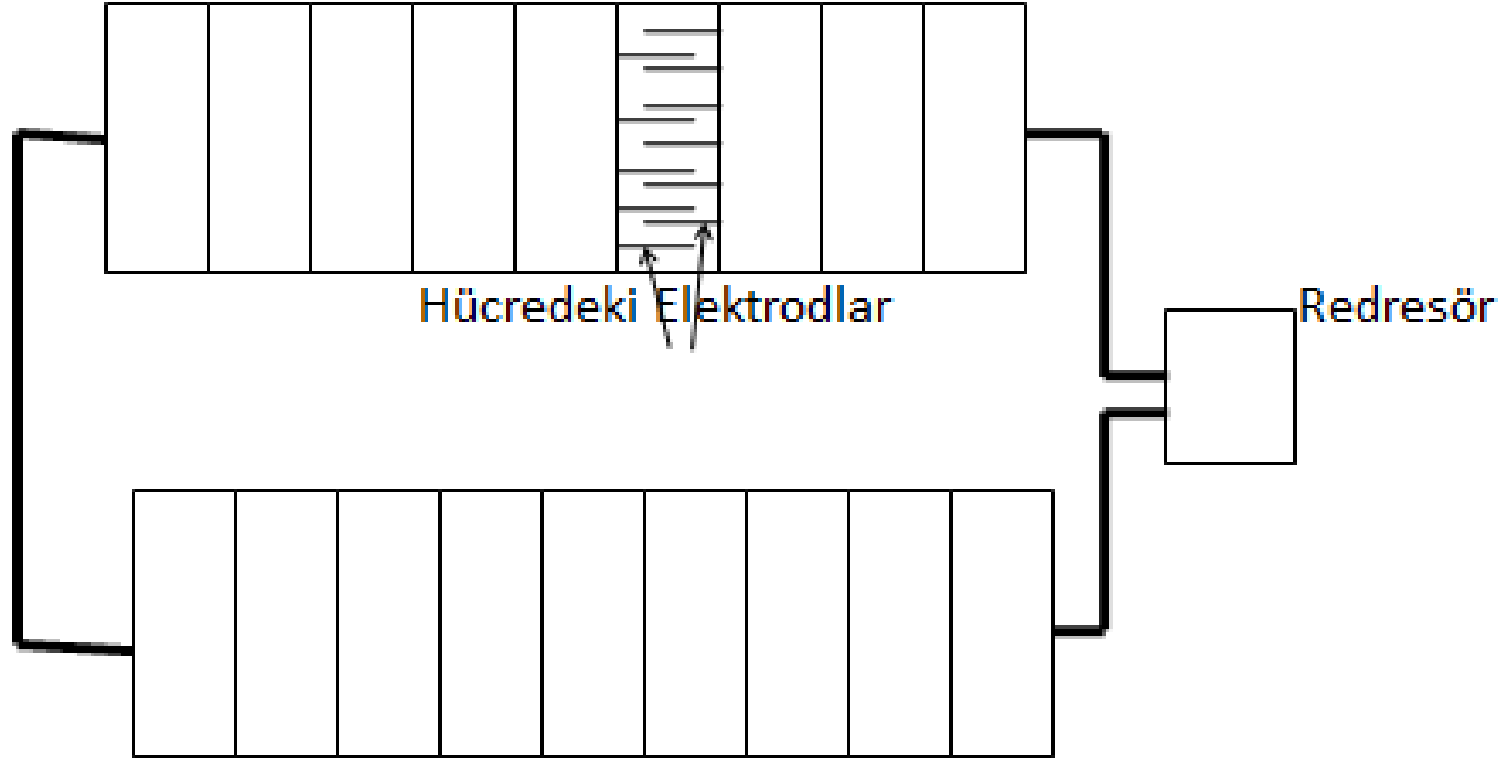


Şekil 6: Beton Hücreler

## İşletmelerde Hücrelerin Bağlanması ve Yerleştirilmesi



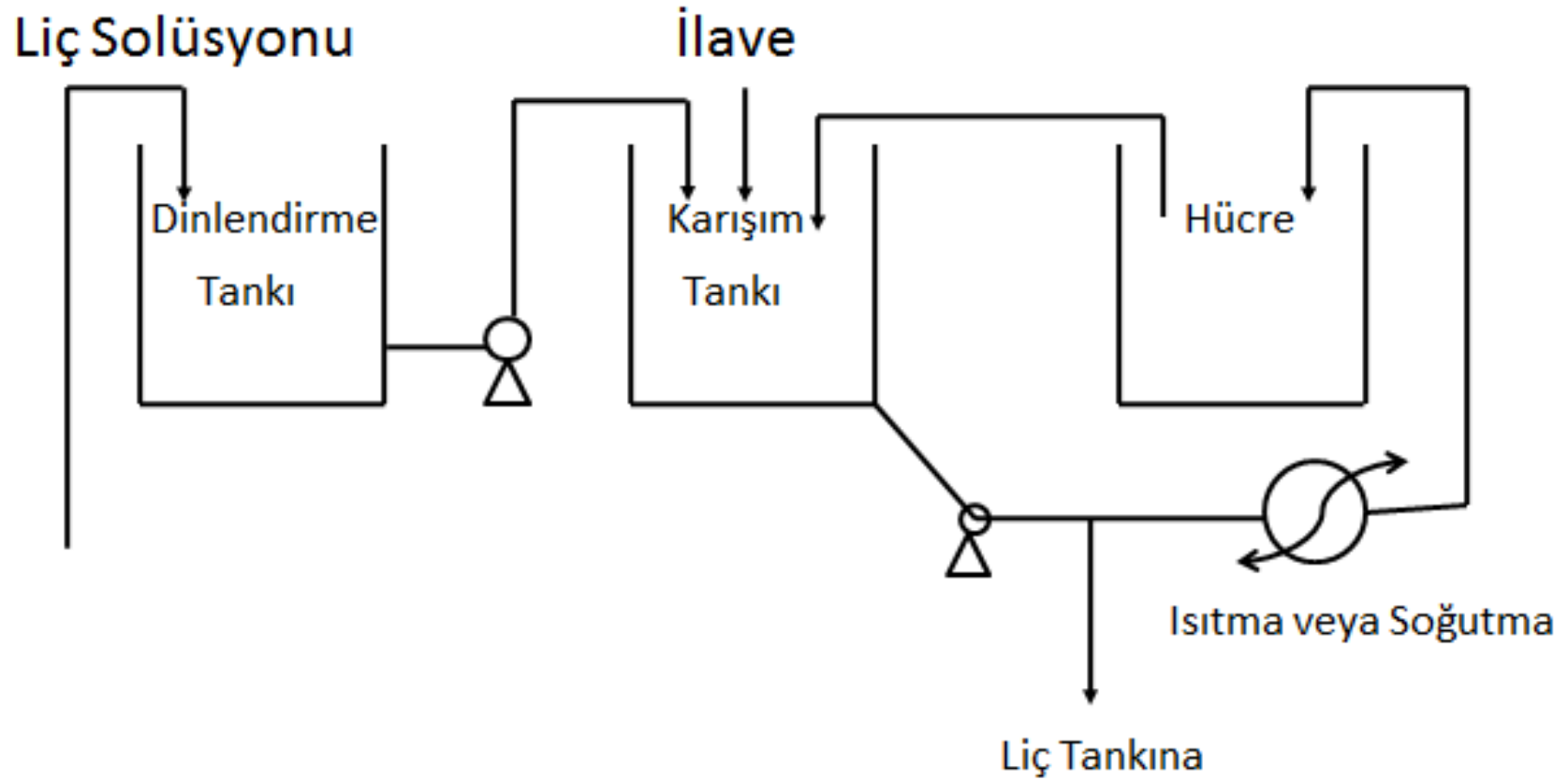
Şekil 7: Hücre Yerleşimi



Şekil 8: Hücre Yerleşimi



# ELEKTROKAZANIM HÜCRESİ

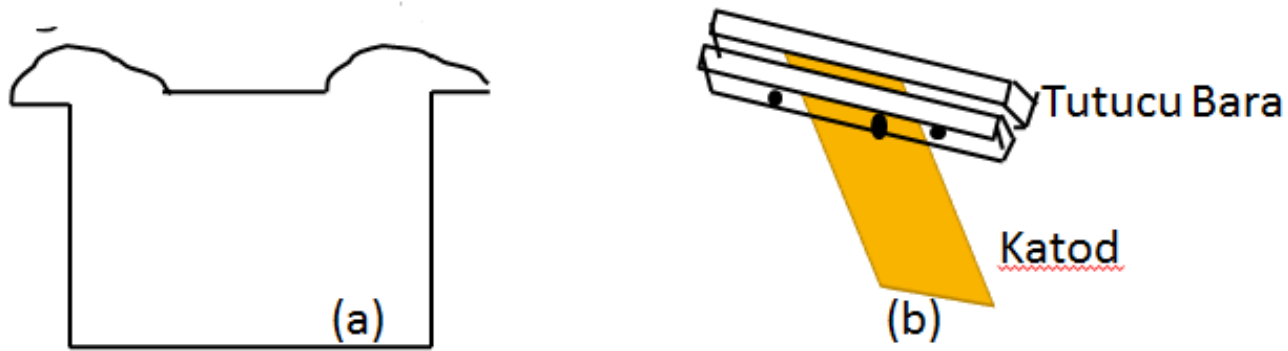


Şekil 10: Elektrokazanım Hücresi Yerleşimi



# ANOT

Anotlar 25 mm den 50 mm ye kadar kalınlıkta iki katot arasına hücredeki yerine döküm yoluyla şekillendirilir. Döküm sonrası anot Şekil 11 de görülmektedir.



Şekil 11:a- Döküm Anot, b-Katod Bağlantısı

# KATOT

- ❖ Ürünün meydana geldiği yer olan katod, yeterli mukavemette, levha şeklinde, akımı geçiren, iletkenliği olan proses tamamlandığında alınabilen bir yerdir.
- ❖ Genellikle iki çeşit; titan ve paslanmaz çelik ile alüminyumdan yapılmaktadır.
- ❖ Katot bazı işletmelerde 3- 15 gün hücrede kalmaktadır.
- ❖ Bir günde bile hücreden alınan katodlar da olmaktadır.
- ❖ İnce levhalar şeklinde dökümle elde edilen katotlar kesilerek bararlara bağlanarak kullanılmaktadır