

## ANA HATLARIYLA BİLİM VE TEKNİK OLARAK «METALÜRJİ» ÜZERİNE BAZI DÜŞÜNCELER

Fuat Yavuz BOR \*)

### ÖZET :

Bu yazıda, metalürji branşı dışında çalışanlara, bilim ve teknik olarak «Metalürji» hakkında tanıtıcı mahiyette ana bilgiler verilmektedir.

Metalürji'nin çok eski devirlere kadar dayanan tarihçesinden kısaca bahsedilmekte ve müteakiben metalürjinin kapsamına giren teknik bakımdan önemli metaller periyodik sistem yardımıyla gösterilmektedir.

«Metalürji genel olarak «Kimyasal ve Fiziksel Metalürji» olarak ikiye ayrılmakta, metal işleme bu kapsamın dışında mütalâa edilmektedir.

Özellikle «Kimyasal Metalürji» konusu işlenmekte ve «Konsantrasyon - Redüksiyon - Rafinasyon» kademelerini kapsayan genel bir çalışma şeması üzerinde durulmaktadır.

Metalürji Tekniği «Hazırlayıcı Çalışmalar ile Pi'o-, Hidro-, Elektrometalurjik ve Pür Kimyasal Çalışmalar» bölümleri halinde işlenmektedir.

Metalürjinin Türkiye için olan büyük önemine kısaca değinilerek, Türkiye'nin cevher ihraç-mamul ithal eden bir görünüş arzeden durumunun en kısa zamanda ana metalürji tesislerinin kurulmasıyla yan veya tam mamul ihraç eden bir hale gelmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır.

### ZUSAMMENFASSUNG :

In diesem Beitrag werden, als kurze Einführung für Nichtmetallurgen, die Grundzüge der Metallurgie als Wissenschaft und Technik behandelt.

Nach einem kurzen Überblick über die Geschichte der Metallurgie werden an Hand des Periodischen Systems der Elemente die Metalle aufgezeigt, die im Rahmen der Metallurgie eine technische Bedeutung haben.

Metallurgie wird aufgeteilt in «Chemische - und Physikalische Metallurgie» und in diesem Zusammenhang die Weiterverarbeitung ausserhalb des Arbeitsgebiets der Metallurgie betrachtet.

Es wird speziell die «Chemische Metallurgie» erörtert und ein allgemeines Arbeitsschema, bestehend aus den drei Stufen «Konzentration - Reduktion - Raffination» beschrieben.

Metallurgische Verfahrenstechnik wird in der Reihenfolge «Vorbereitende Arbeiten, Pyro-, Hydro- und Elektrometallurgische, sowie rein chemische Arbeiten» in ihren Grundzügen erörtert.

Schliesslich wird die grosse Wichtigkeit der Metallurgie für die Türkei aufgezeigt und mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass durch die Errichtung neuer metallurgischer Anlagen der augenblicklich unwirtschaftliche Zustand der Erz - Ausfuhr und der Fertigprodukt - Einfuhr in der Grundkonzeption geändert werden soll.

Metaller elemanlar arasında parlaklık, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, az veya çok plâstik olabilme v.b. nitelikleri ile temayüz eden bir gruba dahildirler.

Bu özellikleri dolayısıyla insanlığın metallerle ilk teması en eski çağlara kadar geridir. Metallerin insanlık tarihinde oynanmış oldukları rol, çeşitli toplumların kullanmış oldukları metaller, bu metallerden istifade edebilenler ve metaller hakkında sahip oldukları bilgilerle doğrudan doğruya bağıntılı olmuştur. Bugün bile bir toplumun cemiyetler arasındaki endüstriyel ve ekonomik yeri, (şahıs başına kg. olarak) kullanılan metal miktarıyla belirtilmektedir.

Metalürji, ana konusu «metaller» olan bir bilim ve teknik dalı olması hasebiyle, insanlığın yaşama gücü, refah seviyesi ve kalkınma imkânlarına doğru orantılı tesirlerde bulunmakta, ve dolayısıyla bu günkü ve gelecekteki büyük önemini göstermektedir.

### Metalürjinin Kısa Tarihçesi :

İnsanlığın metallerle ilk teması prehistorik zamanlara kadar geri gitmektedir. İnsanların ilk tanıdıkları metalin altın olduğu genellikle kabul edilmekte ve zaman olarak taş devri sonları gösterilmektedir [1] \*). Altının yer kabuğunda metalik olarak bulunması, parlaklığı ve kolay işlenebilmesinin bunda büyük bir tesiri olduğu muhakkaktır.

\*) Dr.-Mütr.; Maden İzabe Yük. Müh. M.T.A. Enstitüsü, Ankara.

\*) Köşeli parantez içindeki rakamlar yazının sonunda verilen referansları göstermektedir.

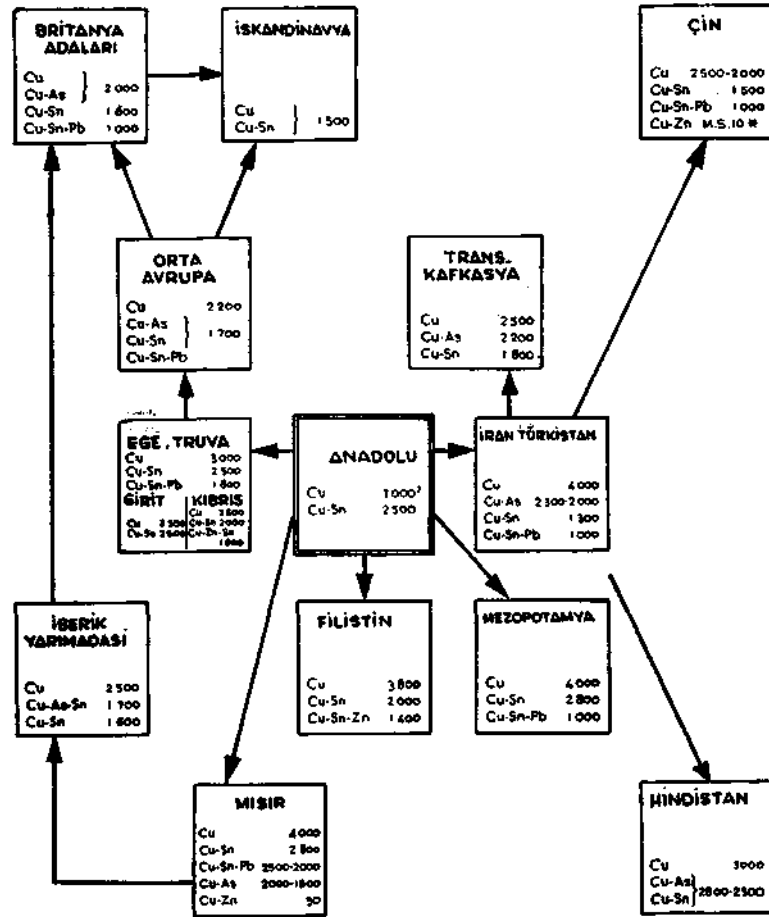
Metallerin insanlığa doğrudan doğruya pratik hizmete girmesi bakır, tunç, pirinç ve demirin bulunup kullanılması ile bağlar. Hernekadar historik devirlerin isimlendirilmesinde klâsik olarak sırayla bakır devri, pirinç devri ve tunç devrinden sonra demir devrinden bahsedilmekte ise de, insanlık tarihçesinde bu devirlerin dünyanın her yerinde aynı sırayı takip etmedikleri ve bazı yerlerde demir devrinin tunç veya pirinç devrinden önceye rastladığı görülmektedir [2]. Gerçek olan taraf insanlığın bu metallerle olan ilk temasının tamamen tesadüfi ve bölgenin özelliğine bağlı olduğudur.

Son incelemelere göre [3] büyük miktarlarda kullanılan ilk metal bakırdır. Milâttan önce tahminen 7000 yıl önceye kadar giden bakıra ait ilk emareler Anadolu'da bulunmaktadır. EKinyamın diğer taraflarına bakırın yayılması Şekil: 1'de verilen gemayı takip etmektedir. Şemadan görülebileceği gibi gerek

Çin'in gerekse Avrupa'nın bakır ile ilk temasa geçmesi çok uzun bir zamana ihtiyaç göstermiştir.

Genel olarak metalürjinin tarihçesini bölümlere ayırmak gerekirse bunları dört periyot halinde incelemek gerçeğe oldukça yakınlanmayı sağlar :

1. nci Periyot: En eski çağlardan Milâttan sonra ilk yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bu çok uzun zaman zarfında insanlığın tanıdığı ve kullanıldığı metaller Altın, Gümüş, Bakır (tunç ve pirinç ile beraber), Demir, Kurşun, Kalay ve Cıva olmak üzere yedi metalden ibaret olmuştur [4].
2. nci Periyot: Milâttan sonra 1. nci yüzyıldan 16. nci yüzyıla kadar olan dönemde bahse değer bir ge-



\* M.S. OLARAK BELİRTİLMEMİŞ GÜTÜN SAYI\*\* AR. MILATTAN ÖNCEKİ YILLARI GÖSTERMEKTEDİR

Şekil : 1. — Bakır ve Bakır Alaşımının Eski Dünyaya Yayılışı [3]

üşme olarak sadece bilinen metallere Antimuan, Bizmut ve Çinkonun katılması zikredilebilir.

3. ncü Periyot: 16 nci yüzyılda metal istihali önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Georg Agricola'nın «De re Metallica» isimli eserinden bu çağdaki metalürji tatbikatının (ilim ve teknik olarak) Kimya biliminin gelişmesine olan büyük katkısı hissedilmektedir [5]. Bu periyodun sonları 18. ci yüzyılın başlarında kabullenmek, yerinde bir görüş olarak savunulabilir. Bilinen metallere 17. nci yüzyılda Çinko ve Arşen ilâve edilmiştir.

4. ncü Periyot: 18. nci yüzyılın başlarından günümüze kadar olan dönemi kapsamaktadır. 18 nci yüzyılın başında Nikel, Kobalt, Mangan ve Platin metallerinin bulunması ile başlayan gelişme devam edegelmiş ve metaller hakkındaki bilgimiz bugün için geçici bir sona ulaşmış gibi görünmektedir.

Bu son periyodun başlangıcının. Hofmann'dan [2] farklı olarak (19. ncü yüzyılın başları) tarafımızdan yüz yıl öne alınmasındaki en büyük sebep, yakıt olarak odun yerine 18. nci yüzyıldan itibaren «kömür» ün kullanılmış olmasıdır [4]. 19. ncü yüzyıldan itibaren gelişme ilim ve teknik alanda beraberce olmuş, metalürji bilim ve tekniği «endüstrileşme» nin asıl müsebbibi rolünü oynamıştır.

19. ncü yüzyılın ortalarında Bessemer Prosesinin çıkması ile [6] demirin çelik haline getirilebilme imkânının doğması, bugünkü demir - çelik endüstrisinin ilk basamağını teşkil etmiş, gelişmeler bundan, sonra baş döndürücü bir hızla metalürjinin yaşayışımıza etken en büyük faktör haline gelmesini sağlamıştır.

Bu gelişmeye gösterilecek en güzel misâl günümüzde kullanılan metallerden önemli bazılarının 1966 yılındaki istihsal rakamlarıdır. Tablo: I'de bu rakamlardan bazıları verilmiştir.

Tablo : I Önemli bazı metallerin 1966 yılı istihsal rakamları [7 a, b]

Ham Çelik	<b>474,4</b> × 10 <sup>6</sup> Ton	[7 a]
Alüminyum (tzabik)	<b>7270,0</b> × 10 <sup>3</sup>	» [7 b]
Bakır (rafine)	<b>6363,0</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
» (izabik)	<b>5275,7</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Çinko (izabik)	<b>4266,3</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Kurşun (rafine)	<b>3301,1</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Nikel (izabik)	<b>412,0</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Kalay (izabik)	<b>210,1</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Magnezyum	<b>158,8</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Kadmiyum	<b>13,34</b> × 10 <sup>3</sup>	» »
Cıva	<b>9,45</b> × 10 <sup>3</sup>	» »

#### Metalürjinin Kapsamı :

Metalürji bir taraftan metallerin cevherlerinden kazanılması, rafine edilmesi ve metal endüstrisinin istifadesine arz edilmesini, diğer taraftan metal ve alaşımların özelliklerinin tesbit ve incelenmesi v.b. hususların kapsayan çok eski ve geniş bir ilim dalı ve tekniğidir.

Tablo: II elemanların periyodik sistemini göstermektedir. Bu sistemdeki elemanların 3/4 miktarından fazlası «metalik» olan elemanlar olup tabloda bunlar iki farklı görüş açısından gruplandırılmıştır.

Birinci gruplandırmada metallerin metalik durumda teknik alanda kullanılıp kullanılmadığı gözönünde tutulmuştur. Buna göre :

— A — Metaller olarak belirtilen grup alkali ve toprak alkali metalleri içine almaktadır. Bu metallerin özellikleri «metal» olarak teknikte kullanılmalarına imkân vermezler. Dolayısıyla

A — Metaller metalürjinin kapsamı dışında bırakılır. (Mg. hariç.)

— T — Metalleri grubundaki elemanlar geçiş metalleri olarak ayrı bir grupta toplanmışlardır. Bu gruptaki (Cr, Mn, W, Mo, V ve benzeri) metaller çoğunlukla ferroalaşımlar olarak teknikte sarfolunmaktadırlar.

— Kalın çizgilerle diğerlerinden ayrılmış olan B, Si, As, Te sınır elemanlarıdır. Hem metalik hem de metalik olmıyan özellikler gösteren bu gruptaki elemanlar, metalik özellikleri dolayısıyla (sınırlı bir şekilde) metalürjinin kapsamı dahilinde mütalâa edilebilirler.

Tablo : II — Elemanların Periyodik Sistemi

A. METALLER		T. GEÇİŞ METALLERİ										III B					IV B	V B	VI B	VII B
IA	II A											III B	IV B	V B	VI B	VII B				
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F				
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I				
55 Cs	56 Ba	57-71 * Lantanidler	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At				
87 Fr	88 Ra	89-98 ** Aktinidler																		

\* ) 57 - 71 LANTANİDLER  
\*\* ) 89 - 98 AKTİNİDLER

YÜKSEK TEMP. METALLERİ (ERGİME NOKTALARI > 900°C)  
ALÇAK TEMP. MET. (ERGİME Nok. < 900°C)

— Tablo: II'deki diğer grup metalürjisinin konusunu teşkil eden asıl metallerdir.

Tabloda ayrıca bu metallere teknolojik açıdan da gruplandırılmışlardır. \*).

- özgül ağırlıkları 4,5 in altında olan metallere (Al, Mg, Be, Ti v.s.) «hafif metallere» diğerleri «ağır metallere» grubunda toplanmışlardır.
- Ağır metallere kendi aralarında ergime noktalarına göre ayrıca iki bölümde mütalâa edilirler; ergime noktaları 900 °C üzerinde bulunan metallere «yüksek sıcaklıkta ergiyenler» ve 900° C altındakiler «alçak sıcaklıkta ergiyenler» bölümüne dahil edilmektedirler. Birinci bölümde Ni, Co, Cu v.s., ikinci bölümde Pb, Sn, Zn, Cd aynı zamanda teknik önemli olanlardır.

Bu günkü teknik lisanda metalürji konusu itibarıyla endüstri alanında ve teknikte «malzeme olarak kullanılan» metalik maddeleri kapsar. Bu tarifin sınırları metal olması bakımından cıva'yı da içine alacak niteliktedir.

\*) Daha başka ve detaylı gruplandırmalar mümkün olmasına rağmen, bu kadar bir bilgiyle kifayet edilmesi yeterlidir.

Metalürjinin Sınıflandırılması :

Genel olarak metalürjiyi iki ana grupta toplamakla fayda vardır :

- 1 — Kimyasal metalürji.
- 2 — Fiziksel metalürji.

Bu şekilde bir ayırım son yüzyılın getirdiği yeniliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Metalürjinin diğer bilim ve teknik dallarına göre tam sınırının çizilemeyeceğine burada bilhassa işaret etmek gerekir.

Son on yılların getirmiş olduğu yenilik ve gelişmeler - bütün bilim ve teknik dallarında olduğu gibi - metalürji ve yakın diğer dalların (nükleer yakıtlar, tozlar, keramikler v.s.) sınırlarının kafi olarak çizilmesine artık imkân vermeyecek bir şekildedir.

1 — Kimyasal Metalürji :

Kimyasal metalürji metal veya metal alaşımlarının cevherlerden kazanılması, rafine edilmesi ve metalik malzeme olarak endüstrinin hizmetine arz edilmesi görevini ifâ eder. Faydalandığı metodlar genellikle kimyasal metodlar olmasına rağmen, bu empirik metodların kimya ilminden yüzyıllarca önce bilinmiş ve tatbik edilmiş olması kimyasal metalürjinin genel kimya teknolojisi dışında ayrıca mütalâa edilmesini gerektirir.

Demir ve Çelik endüstrisi son yüz yıl içerisinde gerek metodlarının özelliği, gerekse istihsal rakamlarının yüksekliği (Bak Tablo: I) dolayısıyla genellikle Avrupa'da «Demir metalürjisi» adı altında diğer metallere ayrı ifade edilmektedir. Demir ve çelik dışında kalan diğer bütün metaller «Demirden gayri metaller metalürjisi» çerçevesinde toplanmaktadır.

## 2 — Fiziksel Metalürji :

Kimyasal metalürjinin ana konusunu cevherler ve bunların metalik hale getirilmesi teşkil ederken, fiziksel metalürjinin ana konusu «metalik durumda olan» malzemeleri kapsar.

Endüstriye arzedilmiş malzeme halindeki metal ve alaşımların strüktür, tekstür ve kristalin yapılarının incelenmesi, mekanik ve fiziksel özelliklerinin tesbiti ve ayrıca çeşitli muamelelere karşı tutumlarının belirtilmesi fiziksel metalürjinin çalışma sahalarını teşkil eder\*).

Bunların dışında İngiliz - Amerikan lisan grubu metalürjiyi «istihsal metalürjisi» ve «fiziksel metalürji» olarak ikiye ayırmakla beraber metallerin işlenmesi konusunu da metalürji dahilinde kabul etmektedir [4].

## Temel Bilimlerle İlgisi :

Metalürji çalışma şartları ve kullandığı metodlarla hem ilmi hem de teknik bir mânâ ifade etmektedir.

İlim olarak metalürjinin fiziksel kimya ile olan sıkı bağlantısına bilhassa işaret etmek şarttır. Bu meyanda fiziksel kimya deyimi pür fizik ilmine kadar girecek genişlikte anlaşılmalıdır.

Diğer taraftan kimya ile olan bağlantısı sadece anorganik kimya ile sınırlandırılmamış olup, hatta organik kimya ana hatlarıyla ilgili bilimlere katılmaktadır. Analitik kimyanın metalürjideki önemi «hidrometalürji» tabirinin ifade ettiği mânâ ile yeteri kadar açıklanmış olarak sayılabilir.

Biz bu kimya kollarının metalürjideki tabikatını «metalürjik kimya» olarak isimlendireceğiz.

\*) Bu yazıda genel olarak, kimyasal metalürji üzerinde durulacağından, fiziksel metalürji hakkında daha fazla bilgi verilmeyecektir.

Üçüncü mühim bilim dalı, son on yıllarda bilhassa büyük bir gelişme göstererek Üniversitelerde öğretim dalı haline gelen «Prosesler tekniği \*)» olarak ilgili temel bilimlere dahil edilebilir.

Pür fiziğe kadar ulaşan fiziksel kimya, metalürjik kimya ve prosesler tekniği «Metalürji» bilim ve tekniğini taşıyan üç ana direk olarak kabul edilebilir [8].

Bu düşünceleri daha detaylı olarak takip veya kısmen modifiye etmek suretiyle çok daha etraflı ve geniş bir açıklamaya erişmek mümkündür\*\*).

Her ne şekilde telakki edilirse edilsin, işaret etmek gereken asıl nokta, yukarıda bahsedilen bu üç ana direğin birinin veya diğerinin daha önemli olması veya olmamasından ziyade, her üçünün ve müştereken bugünün yüksek metalürji tekniğinin ortaya çıkmasını sağlamış olduklarıdır. Aynı şekilde rahatlıkla söylenebilir ki, ancak bu üç bilim dalının müştereken ve birbirini tamamlayıcı şekilde kullanılması, ilerdeki gelişmelere imkân sağlayabilecektir.

## Ham Maddeleri:

Tabiatta sadece altın, gümüş, platin ve nadir hallerde de bakır metalik durumda bulunabilirler. Bunların dışında metalürjinin kapsamına giren diğer bütün metaller kimyasal bileşikler halindedir. Tablo: II'de verilen periyodik sistemde «Co» metalinin sağ tarafında bulunan bütün metaller (Sn hariç) genellikle sülfürlü; Co metalinin sol tarafındaki ise (Mo hariç olmak üzere) genellikle oksitli mineraller şeklindedir. Bu meyanda arsenit ihtiva edenler sülfürlü, karbonat ve silikatlar oksitli olarak mütalâhaza edilmiştir.

Metalürji hammaddelerinin en önemlilerini mineralleşmiş maden cevherleri teşkil ederler\*\*\*). Cevherler dışında ham madde olarak sayılabilecek ikinci büyük grup «hurda» malzemelerdir. Tablo: I'de verilen istihsal rakamları içerisinde Al için 1 534,7 x 10<sup>3</sup>, Cu için 2 808,6 x 10<sup>3</sup> HP, Zn için 736,5 x 10<sup>3</sup> ve Fe için 1 072,1 x 10<sup>3</sup> tonluk miktarlarının hurda mal-

\*) Prosesler tekniği Almanca «Verfahrenstechnik» deyiminin karşılığı olarak kullanılmıştır.

\*\*) Bu yazının metalürji dalı dışında çalışanlara bir tanıtma niteliği taşıması dolayısıyla, düşünce ve fikirlerin daha fazla derinleştirilmesinden bilerek sarf-ı nazar edilmiştir.

\*\*\*) Burada «Cevher» terimini «mineral» teriminden ayırmakta fayda vardır.

zemelerinden kazanılmış olduğunu söylemek [Bak. 7 b s. 18] bu grubun metalürjik ham madde bakımından olan önemi açıkça belirtir.

Ayrıca çeşitli teknoloji kollarının çeşitli safhalarında, veya bilhassa metalürjik işlemlerde teşekkül eden ara ürünler de metalürjik ham maddeler sınıfında mütalâa edilir.

Metalürjik artıklar, küller, baca tozları, v.s. bu sınıfa giren ham maddelerdir.

#### Genel Çalışma Şeması :

Meniraller ve özellikle cevherler tabiatta çok çeşitli kimyasal ve mineralojik bileşimlerde ve büyük intervaller arzeden konsantrasyonlarda bulunmaları dolayısıyla hepsini birden kapsayan genel bir çalışma şeması verecek cevherden metale (veya alaşıma) giden yolu göstermek çok güç hatta imkânsızdır.

Bu yazıda buna rağmen böyle bir şema vermeğe çalışılması, bugün büyük miktarda istihsal edilmekte olan ve kullanılmaya sahâsi geniş bulunan ana metallerin benzer karakteristiklerini belirtme arzusunun doğmuştur.

Cevherden metale giden ana yol genellikle Şekil: 2 de gösterildiği gibi basitleştirilebilir [9] :

#### A — Konsantrasyon :

- 1 — Cevher hazırlama
- 2 — Liç etme
- 3 — Termik hazırlama
- 4 — Uçurma
- 5 — Ergitme

Bj — Bedilksiyon                      B, — Rafinasyon

Cj — Rafinasyon                      C, — Redüksiyon

#### Şekil: 2. — Kimyasal metalürjinin genel çalışma şeması

#### A\* — Konsantrasyon :

Günümüzde çok zengin cevherlere nadiren rastlanması, zengin tenörlü cevher rezervlerinin tükenmiş olması veya yakın bir gelecekte tükeneceği düşünülürse, Şekil: 2'de verilmiş olan şemadaki ilk kademeyi teşkü eden konsantrasyonun önemi kendiliğinden ortaya çıkar.

Tabiattaki cevherlerin tenörleri, ihtiva ettikleri yan elemanların nev'i ve miktarı, yan kayaçların durumu bir taraftan, metalürjik işlemlerin gerektirdiği şartlar diğer taraftan ve nihayet ekonomik mülahazalar cevherlerin bir konsantrasyona tabi tutulmalarını gerekli kılarlar. Bu konsantrasyon çeşitli yollarla olabilir :

1 — Cevher Hazırlama, : Genellikle fiziksel metodlar yardımıyla yapılan bir konsantrasyon işlemidir\*).

2 — Liç Etme : Nötr, asit veya baz çözeltilerle cevher içerisinde kazanılmak istenen elemanların bir çözeltide toplanması ve çözülmeden kalan artıktan ayrılması işlemidir.

3 — Termik Hazırlama : Kazanılmak istenen elemanın diğer yollarla ayrılması mümkün olmadığı veya ekonomik bulunmadığı şartlarda oksitleyici, sulfatlayıcı, klörleyici v.s. gibi bir kavurma ile termik yolla konsantrasyona hazırlanması metodudur.

4 — Uçurma : Çeşitli şartlarda çeşitli metal veya bileşiklerinin farklı buhar basınçlarından, faydalanma yoluyla yapılan bir konsantrasyon çalışmasıdır.

5 — Ergitme : Ölçülü miktarlarda yardımcı maddeler ilâvesi ile özgül ağırlıkları farklı ürünler teşekkülüyle, sistemdeki karışım kesintisinden istifade suretiyle yapılan bir konsantrasyondur.

Bu konsantrasyon metodlarından yalnız birisi ile istenilen sonuca erişmek mümkün olabilir. Çoğu zaman ise bu metodların birkaçını kombine etmek sonuca gitmeği ancak sağlar. Tatbikat genellikle birden fazla konsantrasyon metodunun kullanıldığını göstermektedir.

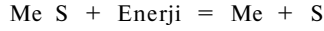
#### B — Redüksiyon :

Tarif olarak redüksiyondan «elektron kazanma» anlaşılırsa, genel şemada belirtmek istenen mânâ ortaya çıkar. Metallerin kimyasal bileşiklerinden serbest metalik hâle geçmesi bu kademede vuku bulur. Redüksiyona tabi tutulan malzemeler katı veya sıvı

\*) Bu konu hakkında Madencilik VI (1967) S. 125 - 133'de geniş bilgi verildiğinden, burada ayrıca işlenmemiştir.

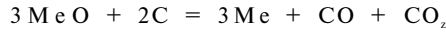
halde olabildikleri gibi çözültide de bulunabilirler.

Redüksiyon İç/n tatbik edilen metodlar (sadece İlgili olması babında) Me rumuzu «Metal» i belirterek



şeklinde gösterilebilecek «termik ayrışma» \*) dan kısaca bahsettikten sonra genellikle şunlardan ibarettir.

1 — Redükleyici bir madde vasıtasıyla metal oksitlerinin metalik hale getirilmesi. Redükleyici olarak kullanılan maddeler - çoğunlukla C, daha az H<sub>2</sub> ve diğerleri - ile redüksiyona uğrıtılacak metalin ve redükleyici maddelerin oksijene karşı olan afiniteleri arasındaki farktan. (başka bir deyimle oksitlerin serbest teşekkül ısıları arasındaki farktan) istifade yoluyla



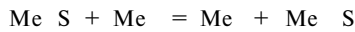
reaksiyonuna göre metal İstihsaline giden bu metod metalürjide en geniş tatbikat sahası olanıdır.

2 — Reaksiyon ergitmesi denilen ve



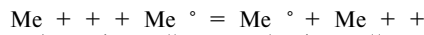
genel denkleminde görüldüğü gibi aynı metalin iki ayrı bileşiminin (çoğunlukla sülfür ve oksit veya sülfat ve oksit) birbiriyle reaksiyonu sonucu metal teşekkülüne giden yoldur. Bilhassa ekonomik olması yüzünden mümkün mertebe tatbik edilmek istenen bir metoddur.

3 — tki farklı metalin aynı kimyasal elemana karşı olan farklı afinitelerinden istifade yoluyla kazanılması istenilen metal (Denklemden Me olarak verilmiştir.)



denkleminde göre metalik hale redükte edilebilir.

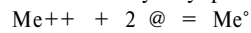
Bu işlem çözültilerden vuku bulursa



genel denkleminle ifade edilebilir.

Tatbikat sahası oldukça geniş bir metoddur.

4 — Yukarda bahsi geçen metodlar dışında kalan ve tatbikat sahası gayet geniş olan diğer bir metod elektrik enerjisinden faydalanmak suretiyle yapılan bir redüksiyondur.



genel denkleminde katotda vuku bulan bir redüksiyonu göstermekte olup, redüksiyonun vuku bulunduğu ortam sıvı çözülti olabileceği gibi, ergimiş elektrolitler de olabilir.

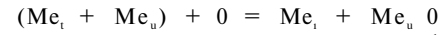
\*) Dissoziation tenimi kastedilmiştir.

C, — Rafinasyon :

Redüksiyon sonucu elde edilen metaller muhtelif metal veya metalik olmayan maddeleri de çoğunlukla ihtiva ederler. Endüstrinin istifadesine arz edilecek metalik malzemeler İse standartlaştırılmış normlarla belirtilmiş belli bileşimlerde ve özelliklerde bulunmak mecburiyetindedirler. Dolayısıyla redüksiyon sonucu elde edilen ve Ham - Metal (veya izabik metal) denilen malzemelerin safiyetlerinin yükseltilmesi ve arzu edilmeyen katkı maddelerinin ayrılması gerekir.

Bu işlem metaldeki katkı maddelerinin ayrılması veya standartlarda belirtilen sınırların altına indirilmesi maksadıyla özellikle selektif metodlar kullanılarak yapılır.

1 — Ateşte Rafinasyon : Ham metalin ve katkı maddelerinin bilhassa oksijene karşı olan farklı afinitelerinden İstifade yoluyla ve sistemdeki karışım kesintisinden faydalanarak



denkleminde gösterildiği gibi yapılan bir rafinasyondur.

Ağır metallerin pek çoğunda geniş bir tatbikat sahası mevcuttur. Bu tip rafinasyonlarda metalin ve katkı maddelerinin özelliklerine göre oksijen yerine başka maddeler de tabiatıyla kullanılmaktadır.

2 — Elektrolitik Rafinasyon : Metalin ve ihtiva ettiği katkı maddelerinin belli elektrolitlerde, belli elektrotlara karşı gösterdikleri farklı ayrışma potansiyelinden istifade yoluyla rafinasyonu sağlayan bir metoddur.

Bu metod yüksek safiyette metal istihsaline imkân veren ve dolayısıyla tatbikat sahası çok geniş olan bir çalışma şeklidir.

Buraya kadar bahsedilen işlemler B, — Cj sırasını, yani Redüksiyon - Rafinasyon sırasını takip etmektedir. Fakat eğer gerek ateşte gerekse elektrolitik bir rafinasyonda temizlenecek metalin ihtiva ettiği katkı maddeleri bu metalden daha «necip» İseler, çalışma şemasında ikinci varyasyon olan B<sub>2</sub> - C, yani Rafinasyon - Redüksiyon sırasını tatbik etmek zorunlu olur. Bu halde önce kazanılmak istenen metal kimyasal bir bileşim halinde katkı maddelerinden ayrılır ve buradan elde edilen yüksek safiyetteki metal bileşiği redüksiyona tabi tutularak metal haline getirilir.

Bilhassa Al, Mg, Tl gibi hafif metallerde çoğunlukla tatbik edilen bu yol, necip olmayan metaller için büyük önemi haizdir.

Genellikle bu muameleyi endüstrinin istediği özelliklere erişebilmek gayesiyle ikinci bir rafinasyon işlemi takip eder.

Tablo: III.'de Genel çalışma şemasına ait seçilmiş bazı misâller biraraya toplanmıştır.

Hernekadar metal elde edilişi yukarda verilen genel şema ile yeteri kadar izah edilebilirse de, cevherlerin özelliklerine, ihtiva ettikleri diğer katkılara ve istihsal edilmesi istenen metallerin karakteristiklerine bağlı olarak veyahut da sadece ekonomik sebeplerle bu üç kademededen birisi bulunmayabileceği gibi, çeşitli kademelerde, bahsedilen usullerden bir kaçınının tatbik edilmesi veya tekrarı lüzumu da hasıl olabilir.

#### Metalürji Tekniği :

Bahsedilen genel çalışma şemasının endüstrideki «tatbikatı» bilhassa istihsal metalürjisinde önemle üzerinde durulacak bir noktadır. Metalürjinin temel bilimlerle olan ilişkisi kısmında «prosesler tekniği» adı altında bu noktaya işaret edilmişti. Metalürjideki gelişmelerde en büyük rolü metalürji tekniğindeki başarılı hamleler oynamıştır.

Bir bilim dalı olarak metalürji çok genç sayılır. Yüzyıllarca önce tatbik edilmiş metodların bugün dahi aynen kullanıldığı vakidir. Buna rağmen erişilmiş olan yüksek teknik seviye genellikle sadece metalürji tekniğinde yapılmış gelişmelerin bir sonucudur. Buna en güzel misal metalurjik patentlerin incelenmesiyle verilebilir. Metalürji alanında verilen patentlerin ancak % 10 kadar bir kısmının konusu metalurjik reaksiyonlar ve bunların kinetiği ile ilgilidir; geri kalan % 90 çeşitli proseslerin metalürji tekniği konusundadır [8].

Bazı hallerde hâlen çok eski, hattâ empirik metodlarda bu tip gayretlerle başarılar elde edilirken, diğer yandan kimyasal reaksiyonları bakımından tamamen bilinen ve fiziko-kimyasal durumları etraflıca incelenmiş reaksiyonlara dayanan metodlarla yapılan gelişmeler sadece metalürji tekniğinde ulaşılan ilerlemelerle mümkün olmuştur.

Metalürji tekniğinin temelini ekonomik şartlar teşkil ettiğinden, gelecekteki ilerlemelerde yine ana gelişme, ilmi çalışmaların desteği ile, metalürji tekniğinde olacaktır.

#### Teknik bakımdan metalurjik çalışmaları

1 — Hazırlayıcı çalışmalar

2 — Metalurjik »

olmak üzere iki grupta incelemekte fayda vardır.

1 — Hazırlayıcı Çalışmalar : Asıl metalurjik çalışmaya yardımcı olacak ön çalışma-

lardır. Metalurjik veya ekonomik sebeplere dayanırlar.

#### En önemlileri :

a — Kurutma

b — Kavurma

1 — Oksitleyici

2 — Sulfatlayıcı

3 — Klorlayıcı v.s.

olarak kısaca sıralanabilirler.

2 — Metalurjik çalışmalar : Genel olarak pirometalurjik ve hidrometalurjik konuları kapsarlar. Elektrotermik ve elektrokimyasal çalışmalar «elektro - metalürji» adı altında toplanırsa üçüncü büyük grup ortaya çıkar. Ayrıca pür kimyasal çalışmalar da ilâve edilmekle metalurjik çalışmalar ana hatları ile belirtilmiş olurlar.

A — Pirometalurji : Metallerin fiziksel ve kimyasal metodlarla yüksek sıcaklıklarda istihsal ve rafinasyonu olarak tarif edilebilir.

Buraya metallerin veya bileşiklerinin yüksek sıcaklıklardaki özelliklerinin incelenmesi de dahil edilebilir [10].

Kimyasal reaksiyonların hızları çoğunlukla sıcaklıkla orantılı olarak artarlar. Diğer taraftan yüksek sıcaklıklarda elde edilmek istenen metalin metalik faz olarak (veya metal bileşiği) metalik olmıyan fazdan (cüruf v.s.) ergitme yoluyla ayrılabilmesi avantajım sağlar. Pirometalurji metalürjinin klâsik mânâdaki esas çalışma sahasıdır.

B — Hidrometalurji : Sulu ortamdaki metal tuz çözeltisinin metalürjisi diye tarif edilebilir. Gayesi metal tuzların sulu çözeltileri vasıtasıyla metal istihsali ve/veya rafinasyonudur. Bilhassa kompleks cevherler için olan tatbikatı önemlidir. İlk basamağı kazanılacak metalin sulu bir çözeltisinin hazırlanmasından ibarettir. Çoğu zaman bunun için pirometalurjik hazırlayıcı bir çalışma gerekir.

C — Elektrometalurji : Elektrik enerjisinden istifade yoluyla yapılan çalışmaların metalurjisidir. Elektrik enerjisinin kullanılış şekli bakımından iki grupta incelemek gerekir:

1 — Elektro Kimya : Elektrik enerjisinin kimyasal bir iş yaptığı çalışma şeklidir, özellikle «elektroliz» metal istihsal (redüksiyon elektrolizi) ve rafinasyonu (rafinasyon elektrolizi) metodu olarak elektro kimyanın en yaygın tatbikatını teşkil eder.



Tablo : III — Seçilmiş bazı Misallerle Genel Çalışma Şeması

Seçilen Misâl	A — KONSANTRASYON					B <sub>1</sub> Redüksiyon	C <sub>1</sub> Rafinasyon	Düşünceler
	Cevher Hazırlama	Termik Hazırlama	Uçurma	Liç Etme	Ergitme			
Fe (Oksitli - zengin)	—	—	—	—	—	Kömür	Ateşte *)	*) Çelik istihsalı
Fe (Oksitli - fakir)	—	Manyet- leyici kavurma	—	—	—	Kömür	Ateşte *)	*) Çelik istihsalı
Pb (Sülfürlü)	Flotasyon	Oksitleyici zinterleme	—	—	—	Kömür	Ateşte	—
Zn (Sülfürlü)	Flotasyon	Oksitleyici kavurma	—	—	—	Kömür *)	Ateşte Uçurma **)	*) Çinko buharı **) Çinko ergimiş
Zn (Oksitli)	—	—	—	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> — çözeltisi	—	Elektrolitik	—	—
Cu (Sülfürlü)	Flotasyon	Kısmi oksidleyici kavurma	—	—	Mat - Curuf Ergitmesi	Reaksiyon Ergitmesi	Ateşte ve Elektrolitik *)	*) İstenen evsafa göre
Cu (Sülfürlü)	Flotasyon	Sulfatlayıcı kavurma	—	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> — çözeltisi	—	Elektrolitik	Ateşte *)	*) Format istihsalı için
Cu (Oksitli)	—	—	—	Asit — çözeltisi	—	Demir	Ateşte ve Elektrolitik *)	*) İstenen evsafa göre
Cu (Pirit artıklarında)	—	Klorlayıcı kavurma	—	HCl — çözeltisi	—	Demir	Ateşte ve Elektrolitik *)	*) İstenen evsafa göre
Cd (Pb - cevherinde)	—	—	Pb - fırın uçucu küllü	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> — çözeltisi	—	Elektrolitik	—	—
Hg (Sülfürlü)	—	—	Oksijenli *) ortamda	—	—	—	—	*) Direk istihsal
	A — KONSANTRASYON					B <sub>2</sub> Rafinasyon	C <sub>2</sub> Redüksiyon	
Al (Oksitli)	—	Kurutma	—	NaOH ile Basınç altında	—	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — istihsalı	Elektrolitik *)	*) Ergimiş Elektrolit
Mg (Brine)	Mg (OH) <sub>2</sub> çökeltmesi	Kalsinasyon	—	—	—	Klorlayıcı Ergitme	Elektrolitik *)	*) Ergimiş Elektrolit

Diğer taraftan «Galvanoteknik» bu çeşit çalışmaların sınırları dahiline girmektedir.

2 — Blektrotermi : Elektrik enerjisinin kimyasal bir iş görmediği, buna karşılık sadece «ısıtma» gayesiyle kullanıldığı çalışma tekniğidir. Elektrik! fırınlar en yaygın tatbikat sahasıdır.

İşaret edilmesi gereken bir nokta, elektro kimya ile elektro termi arasında kat'i bir sınır çekmeğe aslında pek imkân olmadığıdır. Elektrik enerjisinin hem kimyasal iş gördüğü ve hem de ısıtma görevini ifâ ettiği haller mevcuttur. Alüminyum elektrolizi bunun en tipik misalidir. Aynı şekilde meselâ elektrik! redüksiyon fırınlarında elektrik enerjisinin muhtelif hassalarından metalürjik yönde faydalanılmaktadır.

D — Pür Kimyasal Çalışmalar : Kimyasal prosesler metalürjinin ana prosesleridir. Metalürjik çalışmalarda çeşitli sebeplerle pür kimyasal çalışmalardan geniş ölçüde istifade edilmektedir.

Sonuç :

Sonuç olarak denilebilir ki, metalürji teknik olarak çok eski, bilim dalı olarak oldukça yeni sayılabilecek bir «teknik» ve buna destek olan ilmî çalışmalardır.

Bir memleketin refah seviyesi ve toplam gücü o memleketin istihsal (ve istihlak) ettiği metal miktarıyla doğru orantılıdır.

Çok eski devirlerden beri insanlık toprak altı veya üstündeki metalik zenginlikleri çıkarıp işlemek ve emedeniyetin emrine sunmak için büyük çabalar göstermiş, büyük basanlar sağlamıştır.

Bu yöndeki çalışmalar günümüzde artık ilmin olumlu ışığı altında «daha iyi, daha raddımanlı daha ucuz» parolasına göre olumlu bir şekilde devam etmektedir.

Türkiye ve Metalürji :

Türkiye gerek madencilik gerek metalürjik bakımdan çok eski medeniyetlere kadar dayanan, bakırın eski dünyaya yayılışının çıkış noktası olarak kabul edilen, dünyada bilinen ve verilen en eski maden ruhsatnamesinin bulunduğu [11], çok çeşitli yerlerinde yığınlar halinde rastlanan cüruflardan anlaşıldığı üzere bilinçli metalürjik çalışmalara sahne olmuş bir ülkedir.

Bu kadar eskhi metalürjik bir geçmişe sahip olan Anadolu'da bugünkü durum İse memnuniyet uyandırıcı bir görünüş arz etmekten uzaktır. Memleketimizin cevher rezerv potansiyeli bakımından zengin fakat cevher rezervlerini büyük metalürjik tesislerin kurulması için yeterli derecede geliştirememiş bir ülke olarak kabul edilmektedir.

Yüzyıllarca ihmal edilmiş olan metalürjik faaliyetler Cumhuriyet devri ile beraber artmış ve Karabük Demir - Çelik, Ergani Maden ve Murgul bakır izabe tesisleri İle ilk büyük endüstriyel adımlar atılmıştır. Ereğli Demir-Çelik tesisleri bu alandaki kalkınma gayretlerine ana metalürji endüstrisinin büyük bir katkısı olurken, yurdun çeşitli yerlerinde küçük kapasiteli daha bir çok metalürjik tesisler ve bunlara dayanan yan sanayi kolları kurulmuştur. Gayretler endüstrimizin ihtiyacı olan metalik ana ürünlerin hızla karşılanması yönünde sevindirici bir şekilde gelişmektedir. Üçüncü Demir - Çelik, Karadeniz Bakır Kompleksi ve Seydişehir Alüminyum tesisleri projeleri bu çalışmaların en kıymetli ve ümit verici misalleridir.

Buna rağmen bugünkü görünüş Türkiye'nin cevher ihraç, yarı veya tam mamul madde ithal eden bir ülke olduğu merkezindedir. Toprakaltı zenginliklerimizin kendi ülkemizde değerlendirilmesi, cevher ihracının yerini, cevherlerimizin yurdumuzda işlenmesi ve yan veya tam mamul madde halinde ihracı politikasının alması şarttır.

Metalürjinin ana gayelerinden ilki endüstrinin ihtiyacı olan metalik malzemelerin kazanılması olmakla, kurulacak metalürjik tesislerin, yan sanayinin kurulması ve gelişmesinde olduğu kadar, yeni iş alanları açılması imkânını sağlaması da bu konunun Türkiye için olan büyük önemini belirtmektedir.

Diğer taraftan standartlara dayanan kaliteli malzeme kullanma tekniği ve muayenesi metalürjinin ikinci büyük gayesi olmakla, serbest dünya piyasası dışında mütalâa edilmeyecek olan ülkemizin en büyük ihtiyaçlarından birisini teşkil etmektedir.

Üzerinde hassasiyetle durulacak diğer bir husus, kurulmuş veya kurulacak tesislerde çalışacak uzman elemanların yetiştirilmesidir. Türkiye'de metalürji öğrenimi gören ilk mühendisler 1964 yaz döneminde İTÜ'den mezun olmuşlardır. 1967 Ekim dönemine kadar toplam 52 metalürji mühendisi İTÜ'den diplomalarını almış bulunmaktadırlar [12]. ODTÜ ise

metalürji dalındaki ilk mezunlarını bu yıl verecektir.

Görüleceği gibi, yurt içinde yetişmiş olan metalürji mühendislerinin sayısı (yurt dışında öğrenim görenleri de sayılsa bile) bugünkü ihtiyacı dahi karşılayacak durumda değildir. Yakın gelecekte ihtiyaç ile arz arasındaki fark daha da artacaktır. Dolayısıyla bugün olduğu gibi, hatta daha fazla miktarda, metalurjik tesislerde branş dışı elemanların çalıştırılması mecburiyeti hasıl olacaktır.

Temennimiz üniversite ve yüksek okullarımızın eğitim ve öğretim kadro ve imkânlarının bu görüş açısından ele alınarak bir çözüme götürülmesi çabalarının kesif bir şekilde dökmüştür.

Çok eski devirlerden beri metalurjik çalışmalarına sahne olmuş Türkiye'mizin kalkınma çabalarına metalurjik bakımdan yeterli katkının yapılması gelecekteki refah seviyemize doğrudan tesir edecek niteliktedir.

Bu büyük önemi ısrarla ve tekrar hatırlatmak, çalışmaların bu yönde gelişmesini temin etmek, yarının daha mutlu Türkiye'sinin temel sorunlarından biridir.

## REFERANSLAR

- [ 1 ] Gmeiins Handbuch der Anorganischen Chemie; Verlag Chemie GmbH Weinheim/Bergstrasse, 8. Auflage, System Nr. 62, Gold, (1954) S. 18.
- [ 2 ] Hofman, H.O.; General Metallurgy, McGraw Hill Book Company Inc. New York/London (1913), S. 2.
- [ 3 ] J Tylecote, R.F.; Kupfer in Natur, Technik, Kunst und Wirtschaft Norddeutsche Affinerie 100. kuruluş yılı özel yayını, Hamburg (1966), S. 28.
- [ 4 ] Ullmans Encyklopaedie der Technischen Chemie; Verlag Urban - Schwarzenkopf, (1960), 3. Auflage, Band 12, S. 344.
- [ 5 ] Agricola, G.; De re Metallica, Basel 1556.
- [ 6 ] Gmeiins Handbuch der Anorganischen Chemie, Verlag Chemie Bertin, (1929-33); System Nr. 59 Teil A, Abt. 1, S. 1.
- [ 7a ] Stahl und Eisen, 8 (1967); S. 94.
- [ 7b ] Metallstatistik 1957-1967; 54. Jahrgang, Metallgesellschaft AG Frankfurt a. M. (1967), S. 4-5.
- [ 8 ] Kuxmann, U.; Erzmetall 20 (1967) S. 399.
- [ 9 ] Johannsen, F.; Bergakademie Clausthal, Ders notları 1957 - 59.
- [ 10 ] Grothe, H.; Lueger'de Lexikon der Technik, Bd. 5 Lexikon der Hüttentechnik, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart (1963), S. 481.
- [ 11 ] DPT, Metal Madenciligi Özel İhtisas Komisyonu Raporu; Kurşun - Çinko, Ankara 1966, S. 5.
- [ 12 ] İTÜ, Maden Fakültesi Kılavuzu; 1967-1968; Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsüyü (1968), S. 89-91.