

IJEASED

INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
ISSN: 2667-8764

<http://dergipark.gov.tr/ijeased>

Derleme Makalesi / Review Article

Ferro Alaşımların Genel Yapısı ve Ferro Molibden (FeMo) İstihsalı

Semih TAŞKAYA*

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye.

 <https://orcid.org/0000-0003-1524-4537>

Geliş Tarihi / Received : 04.06.2019

Kabul Tarihi / Accepted : 06.06.2019

*Sorumlu Yazar: muh.semihtaskaya@gmail.com

Özet

Demirin silisyum, mangan, krom, nikel, tungsten, molibden, vanadyum, titanyum, zirkonyum, kobalt, bor, fosfor gibi elementlerden biriyle veya birden fazlasıyla yaptığı alaşımlara ferro alaşımlar denir. Ferro alaşımların istihsal usullerinin tetkikinde, kimyasal ve fiziko kimyasal işlemleri Termodinamiğin üç kanununun ışığı altında inceleyen Termokimya mühim bir rol oynamıştır. Ferro molibden, yaklaşık %2 molibden içeren, 1325 °C 'de eriyen ve yüksek hızlı tornaların imalinde kullanılan bir tür çeliktir. Bu çalışmada ferro alaşımların genel yapıları, çeşitleri, oluşturduğu prosesler, termodinamiği, bileşenlerdeki aktiviteleri anlatılmıştır. 2. Aşamada ise ferro alaşımların türlerinden biri olan, Ferro molibden'in fiziko kimyasal özellikleri ve istihsalı hakkında genel incelemeler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ferro alaşım, FeMo, İstihsal.

General Structure of Ferro Alloys and Manufacture Ferro Molybdenum (FeMo)

Abstract

Alloys made of iron with silicon, manganese, chromium, nickel, tungsten, molybdenum, vanadium, titanium, zirconium, cobalt, boron, phosphorus, etc. are called ferro alloys. Thermochemistry played an important role in the investigation of the production methods of ferro-alloys, chemical and physico-chemical processes under the light of the three laws of thermodynamics. Ferro molybdenum is a type of steel that contains about 2% molybdenum, melting at 1325 °C and used in the manufacture of high speed lathes. In this study, general structures of ferro alloys, types, processes, thermodynamics and their activities in the components are explained. In the second stage, general investigations on physico-chemical properties and production of ferro molybdenum, one of the types of ferro-alloys, are explained.

Keywords: Ferro alloy, FeMo, Manufacture.

1. Giriş

Demirin silisyum, mangan, krom, nikel, tungsten, molibden, vanadyum, titanyum, zirkonyum, kobalt, bor, fosfor gibi elementlerden biriyle veya birden fazlasıyla yaptığı alaşımlara ferro alaşımlar denir. Genellikle kırılğan ve süngerimsi bir yapıya sahiptirler. Ferro alaşımlar genellikle

imalat malzemesi olarak tek başlarına kullanılmazlar. Ferro alaşım üretimi ve gelişmesi çelik üretimi ve artışına bağlıdır. Demir-çelik sanayii; dünya krom üretiminin %50'sini, manganez üretiminin %85'ini, vanadyum ve molibden üretiminin % 95'ini tüketmektedir. Molibden; dökme demir ve çeliğe eklendiğinde sertleşe bilirlilik, mukavemet, tokluk, aşınma ve korozyon direncini artırmak için, süper alaşımlar da bir alaşımlama ajanı olarak kullanılan refrakter metalik bir elementtir. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması nedeniyle demir çelik endüstrisinin aranan bir elementidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde molibden, bir yan ürün olarak çıkarılır ve imal edilir. Amerika Birleşik Devletleri, molibden imalinde Dünya'nın en büyük üreticisidir (Elyutin ve ark., 1968).

2. Ferro Alaşımlar

Grafit oluşumunu denetim altında tutabilmek, çeliğin yapısından bazı elementleri uzaklaştırmak, diğer alaşım veya elementlerin üretilmesi amacıyla ferro alaşımlar kullanılmaktadır. Şekil 1'de ferro alaşımların imalatındaki hammadde görüntüleri verilmiştir (URL-1, 2019).



Şekil 1. Ferro alaşımların imalat hammadde görüntüleri

2.1. Ferro Alaşımların Termodinamiği ve Özellikleri

Ferro alaşımlar, ergimiş çeliğe istenilen son bileşimi vermek, metalin katılaşmasını sağlamak, çeliğin ilk ve son deoksidasyonunu yapmak amaçlarıyla kullanılır. (Şekil 2).



Şekil 2. Ferro alaşım imalatı

Ferro alaşımların istihsal usullerinin tetkikinde, kimyasal ve fiziko kimyasal işlemleri Termodinamiğin üç kanununun ışığı altında inceleyen Termokimya mühim bir rol oynamıştır. Düşük sıcaklıklarda veya entropideki (ΔS) değişimi ihmal edilebildiğinde, maddeler arasındaki kimyasal afinite yaklaşık olarak düşünülen sıcaklıktaki reaksiyonun ısı tesiri ile karakterize edilebilir. Bu durum esas olarak, maddelerin katı ve sıvı halde birbirlerine tesir ettikleri ve gaz fazının mevcut olmadığı yoğun sistemlerde meydana gelebilir (Elyutin ve ark., 1968).

Manganez, krom, molibden, titanyum, zirkonyum, vanadyum, bor ve kolombiyum oksitlerinin, silisyum ve alüminyum termal (proses) işlemi neticesi redüklenmesi, ferro alaşımların istihsal sahası için birer misaldir. Gaz fazın mevcut olduğu reaksiyonlarda (karbon ile redükleme), ısı tesiri mühim miktarda farklı olabileceğinden, serbest enerji kullanılmalıdır.

şekil 3'de Hindistan'da kurulan bir Ferro alaşım tesisi gösterilmektedir.



şekil 3. Karthik Grubu, 130.000.000 \$ ciro amiral gemisi Hindistan'ın önde gelen üreticisi ve Ferro Alaşımları tedarikçisi

Ferro alaşım sistemlerindeki bileşenlerin aktivitelerindeki verilerin eksik olması, yoğun maddeler için atom yüzdelerinin veya molar oranların (N) ve gazlar için de kısmı basınçların (P) kullanılmasına yol açmıştır. Böyle bir durumda güvenilebilir kantitatif sonuçlar elde etmek güçtür. Fakat makul kabullerle bir metalürji reaksiyonunun gidişatı, kafi derecede hassasiyetle önceden bilenebilir ve erime şartları altında, bahsi geçen reaksiyonun tamamlanmasının ne dereceye kadar gerçekleşeceği tahmin edilebilir (Elyutin ve ark., 1968).

Şekil 4’de ferro alaşım hammaddeleri, işleme tesislerinde tozlatı ark fırınları, süreç ve şarj sistemi otomasyonu, elektrot düzenleme ve denetim aşamalarından geçirilir.



Şekil 4. Ferro alaşım hammaddelerinin işleme tesislerinden görüntüleri, Tozlatı Ark Fırınları (Ferro alaşımlar), Süreç ve Şarj Sistemi otomasyonu, Elektrot Düzenleme ve Denetim

Ferro alaşımların istihali için çeşitli oksitlerin redüklenmesi gereklidir. Bu sebeptendir ki, böyle bir durumda çözülmesi gereken en mühim problem, redükleyici maddenin iyi bir şekilde seçimidir. Redükleme reaksiyonları her şeyden evvel, yüksek sıcaklıklarda oksitlerin stabilitesi ile karakterize edilirler. Çeşitli oksitlerin stabilitesini mukayeseli olarak karakterize etmek için, oksitlerin standart teşekkül serbest enerji değerlerinin sıcaklıkla değişiminin sistematik analizini iyi bilmek gerekir. Şekil 5’de ferro alaşımlar yığın görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5. Ferro alaşımlar yığın görüntüsü

Ferro alaşım istihsalinin özel bir hususiyeti de, oksit redüksiyonunun demirin veya oksitlerinin mevcut olduğu zaman gerçekleşmesidir. Bu durum, redüksiyon işlemlerini büyük ölçüde kolaylaştırır. Günümüzde ferro alaşımların istihsalinde en fazla kullanılan üç redükleyici karbon, silisyum ve alüminyumdur. Alüminyum tarafından redüklenme daha kolay ve tamam bir Şekilde ilerler ve verilmiş bir sıcaklıkta redüklenmiş oksidin teşekkül reaksiyonu serbest enerjisi daha küçük bir değere sahip olacaktır. Birçok hallerde ferro alaşımların alminotermik istihali, dışardan herhangi bir ısı temin etmeden tamamlanabilir. Ferro alaşımların istihsalindeki başlıca gayelerden biri, başlangıçtaki ham maddeden mümkün olabilen maksimum miktardaki kıymetli elementin çıkarılmasını temin etmektir. Metalin izabe yolu ile elde edilme hızı, birçok yollarla etkilenebilir: işlem sıcaklığını, dış basıncı, cüruf bileşimini ve alaşım bileşimini değiştirmek suretiyle. Ferro alaşım istihsal işlemlerinden çoğu sabit basıncı altında gelişir ve bu sebepten $f=K+1-P$ dir. İki fazdan (alaşım, cüruf) meydana gelmiş üç bileşenli (redklenecek element, oksijen, redükleyici) bir sistemin serbest değişken sayısı 2'ye eşittir. ($F=3+1-2=2$). Bu demektir ki, denge halinde yalnız 2 tane serbest değişken olacaktır; sıcaklık ve mevcut fazlardan birinin bileşimi. Cüruf bileşiminin, redüklenmiş elementlerin alaşım içine geçen verimine olan etkisi, birçok ferro alaşımların istihsal işleminde kesinlik elde edilmiştir. (Bilhassa redükleyici etkenin oksidi cüruf içinde kaldığı zaman) Bu durum, oksitlerin redüklenme ve teşekkül eden taneciklerin çökelme işlemlerinin kaide olarak cüruf içinde olması ile izah edilir (Elyutin ve ark., 1968).

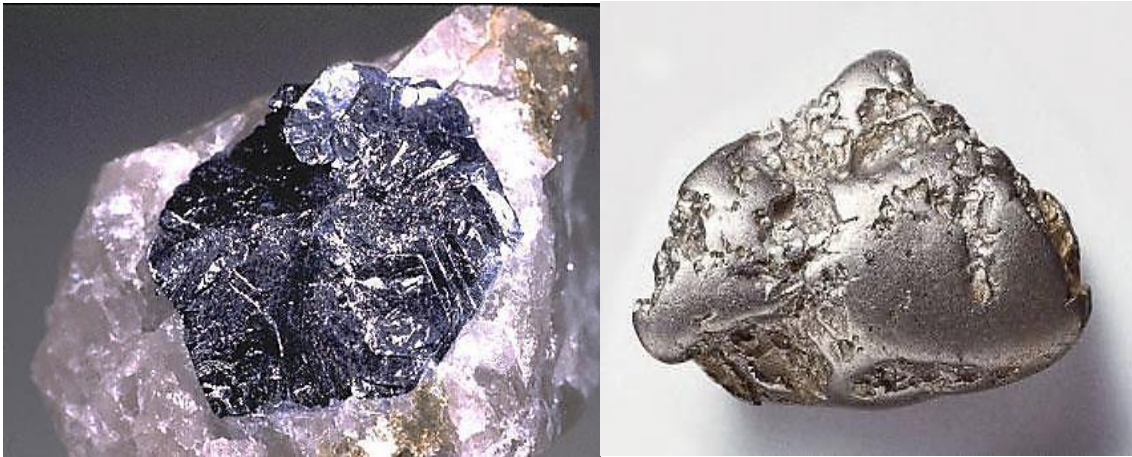
2.2. Ferro Alaşım Türleri

- Ferro Molibden (FeMo)
- Ferro Vanadyum (FeV)
- Ferro Silis (FeSi)

- Ferro Manganez (Yüksek Karbon) (HCFeMn)
- Ferro Silikon Zirkonyum
- Ferro Manganez (Düşük Karbon) (LCFeMn)
- Ferro Krom (Yüksek Karbon) (HCFeCr)
- Ferro Krom (Düşük Karbon) (LCFeCr)
- Ferro Fosfor (FeP)
- Ferro Silikon Magnezyum (FeSiMg)
- Ferro Bor
- Ferro Tantalum
- Ferro Alüminyum (URL-1, 2019).

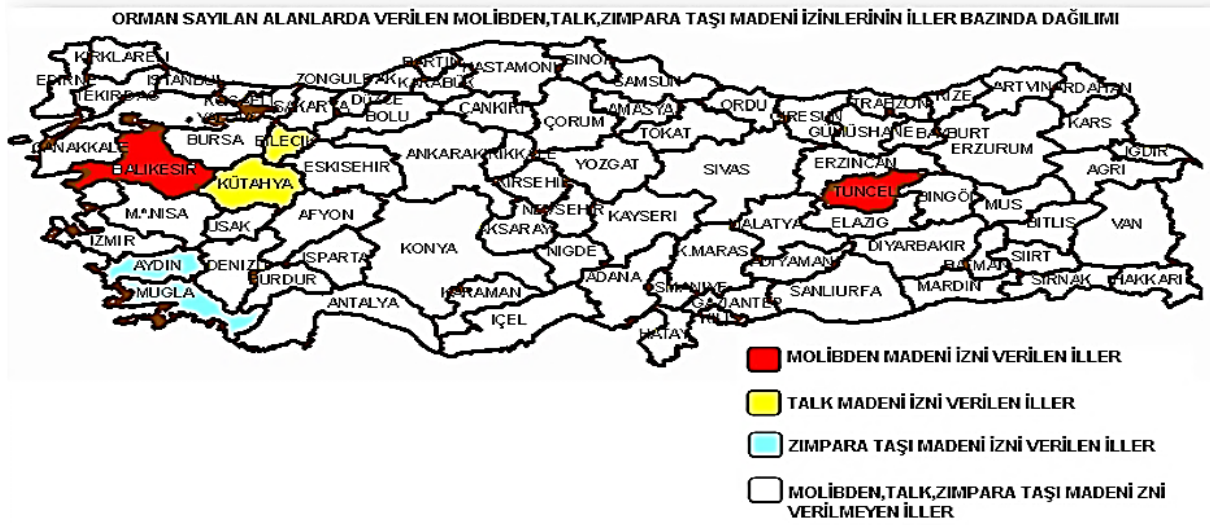
3. Ferro Molibden (FeMo) Yapısı ve İstihali

Yaklaşık % 2 molibden içeren, 1325 °C 'de eriyen ve yüksek hızlı tornaların imalinde kullanılan bir tür çeliktir. Ferro molibdenyumun başlıca kullanıldığı yer alaşımli çeliklerin imalidir. Ferro molibdenyum yay çeliği, yatak çeliği, takım çeliği, yapı çelikleri, asite dayanıklı paslanmaz çelikler, ısı dirençli çelik ve alnikolar gibi çelik türleri yapımında kullanılır. Şekil 6'da ferro molibden (FeMo) hammaddeleri gösterilmiştir (URL-2, 2019).



Şekil 6. Ferro molibden (FeMo) hammaddeleri

Şekil 7'de molibden madeni izni verilen iller gösterilmektedir. Görüldüğü gibi Balıkesir ve Tunceli'de bu izinler verilmektedir.



Şekil 7. Molibden madeni hammaddelerinin izni verildiği iller

3.1. Molibden (Mo) ve Bileşiklerinin Fiziko-Kimyasal Özellikleri

- Atom numarası = 42
- Atom ağırlığı = 95.95
- Atom yarıçapı, $A^0=1.39$
- Kristal yapısı = Hacim merkezli kübik
- Kafes sabitesi, $A^0 = 3.14$
- Yoğunluk = 10.2
- Ergime sıcaklığı, $^0C = 2.620$
- Kaynama sıcaklığı, $^0C = 4.880$
- Ergime ısısı, $cal/g.atom = 6.600$
- Ergime entropisi, $cal/derece = 2/3$
- Isı kapasitesi (25^0C 'de), $cal/g^0C = 0.65$
- Isı iletkenliği $cal/cm.san/^0C = 0.350$
- Lineer genişleme katsayısı = $5.35 \times 10^{-6}(0.20^0 C)$
- Uzama, % = 30
- Elastikiyet(esneklik) modülü, $kg/mm^2 = 35.200$
- Sertlik, HB = 147
- Çekme mukavemeti, $kg/mm^2 = 30$
- 20^0C 'de elektriksel direnç, mikro-om.cm = 4.17 (URL-2, 2019).

Molibden, yüksek sür'at çeliklerinin istihsalinde bir kısım tungsten de yerini alabilir ve böyle bir durumda %1 Mo ,%2W ile eşdeğerlidir. Çeliği alaşımlandırmak için kullanılan ferro molibden umumiyetle % 60 civarında molibden ihtiva eder (Elyutin ve ark., 1968).

Düşük miktarlarda molibdenin ilave edilmesi gerekiyorsa kalsiyum molibden (%60MoO₃ %23 CaO ve geri kalanı Fe₂O₃,Al₂O₃ ve SiO₂) ve molibden oksitlerinden veya molibden trioksidin kömür katranı ile karıştırılması neticesi meydana gelen briketlerin kullanılması bazen pratik bir değere sahip olabilir (Elyutin ve ark., 1968).

Son zamanlarda korozyona ve sıcaklığa dayanıklı kaplamalarda yeni bir madde kullanılmaya başlanmıştır.(%37 silisyum ihtiva eden siliko molibden) (Şekil 7).



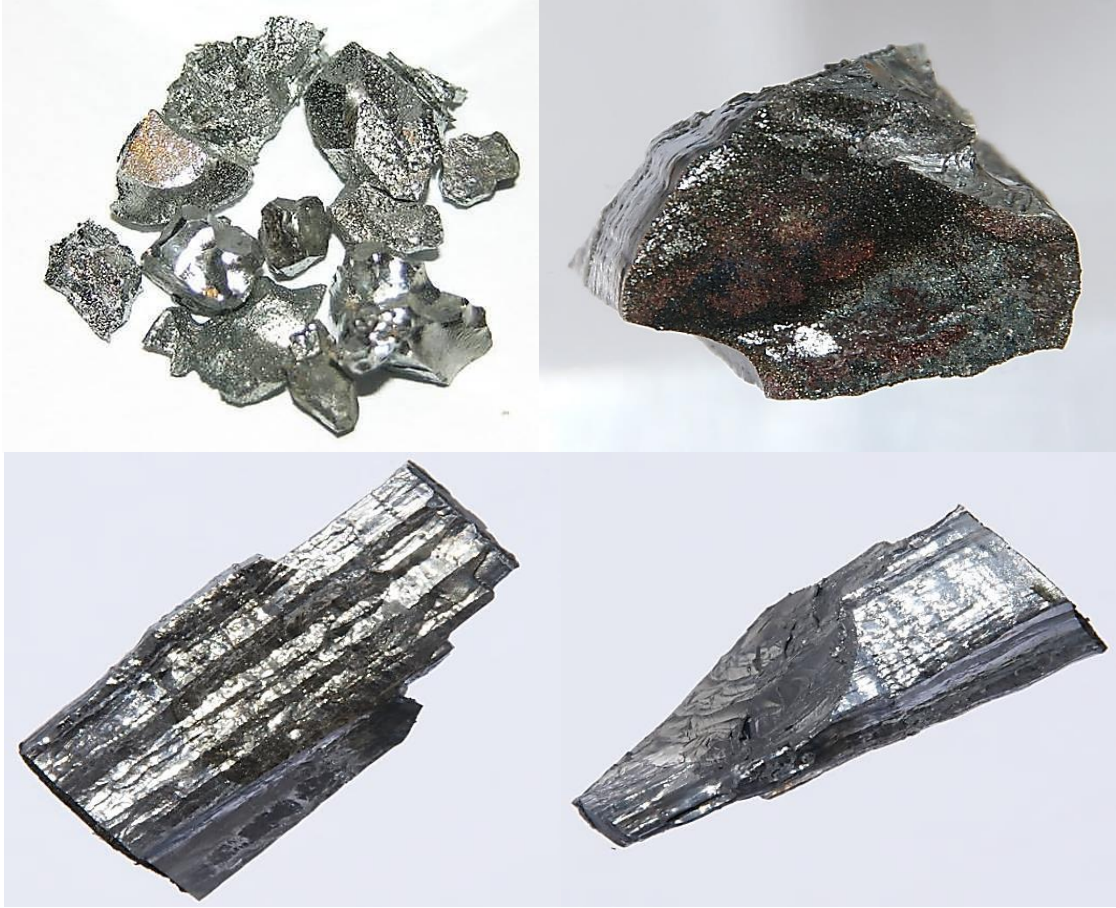
Şekil 7. Siliko molibden önlükler (URL-1, 2019).

Şekil 8'de gösterilen siliko-molibden, bar trafolarında silisyum karbür çubuklu elektrikli fırınlar tarafından desteklenen tasarımının bir görselidir.



Şekil 8. Siliko molibden bar trafolar

Arı molibden, molibden oksitlerinin hidrojen ile redüklenmesi neticesi elde edilir. (Şekil 9). Elde edilen metalik toz preslenir ve hidrojen atmosfer altında sinterlenir. Daha sonra elde edilen çubuk dövülebilir(ve hatta bir elektrik ark fırınında ergitilebilir) haddeden geçirilebilir veya tel halinde çekilebilir. (Şekil 9).



Şekil 9. Arı molibden yapıları

Bu tarzda hazırlanan molibden radyo lambalarında filaman ve taşıyıcı olarak ve yüksek sıcaklık elektrik direnç fırınlarında kullanılır. Buna ilaveten metalik molibden, geniş çapta X-ışınları tüplerinde hedef maddesi olarak kullanılır.

Şekil 10'da gösterilen çeşitli molibden bileşikleri, kimya ve tıbbın birçok kollarında geniş çapta kullanılır.



Şekil 10. Saf molibden trioksit (URL-2, 2019).

3.2. Ferro Molibden (FeMo) İstihsalinden Kullanılan Metodlar

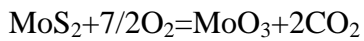
Ferro molibden, iki değişik metot ile istihsal edilebilir; kavrulmamış ham molibdeniti'nin (MoS_2) ve kavrulmuş konsantrenin işleme tabi tutulması. Ham molibdenit ile çalışılırken, çeşitli denklemlere göre gelişen bir işlem uygulanır; gelişigüzel bir uygulama yapılmaz.

Ferro molibden, kavrulmuş konsantrenin kömür astarlı, düşük güçlü ve tek fazlı elektrik fırınlarında, karbon tarafından redüklenmesiyle istihsal edilmiştir.

Ferro molibden, izabesinde en fazla silikotermik metot kullanılır ve hali hazırda istihsal edilen metalin büyük bir kısmı bu metot yardımı ile elde edilmiştir (Elyutin ve ark., 1968).

3.2.1. Silikotermik Metot Yardımı İle Ferro Molibden (FeMo) İmali

Yüksek miktarda kükürt ihtiva ettiğinden (%32-35 S) ham molibdenit konsantresi, ferro molibden izabesi için uygun değildir. Bu sebepten ötürü, molibdenit konsantresi izabe işlemine tabi tutulmadan önce, oksitleyici bir ortamda kavrulur. Bu kavurma işlemi esnasında aşağıdaki reaksiyon duruma hakimdir.



$$\Delta H_{298} = 267,080 \text{ cal.} \quad (1)$$

Molibdenit konsantreleri, Herreshof tipi (çok katlı ve hareket eden silindirik fırınlarda) fırınlarda kavrulur (Elyutin ve ark., 1968).



Şekil 11. Ferro molibden (FeMo) İmalı

Ferro molibden istihsalinde mevcut molibdenin % 97.3-97.5, elektrostatik çökelticilerle teçhiz edilmiş çok katlı fırınlarda kavurma işlemi esnasında elde edilir. Ferro molibdenin silikotermik metod ile üretimi için, şarja alüminyum veya kalsiyum-silisyum alaşımının ilavesiyle yapılan deneyler, ferro molibdenin fırın dışında istihsal edilebilme imkanının mevcut olduğunu ortaya koymuştur. Böyle bir işlemin tatbikinde, metalin cüruftan iyi bir şekilde ayrılması temin edilir (Elyutin ve ark., 1968).

3.3. Ferro molibden (FeMo) İmalatı

Şekil 12’de gösterilen molibden flotasyon tesislerinde üretilen konsantre kavurma ve izabe tesislerine gönderilir.



Şekil 12. Molibden konsantre kavurma (flotasyon tesisi)

Molibden konsantreleri, molibden oksit üretmek için kavrulmuştur. Kavurma takiben, molibden oksit %53 molibden içeren ticari molibden trioksit üretmek için yeniden kavrulmuş. Ferro

molibden, molibdik oksitle demir oksitin silikon ve/veya alüminyum indirgen olarak kullanıldığı klasik metalotermite prosesi ile elde edilir. (Şekil 13).



Şekil 13. Molibden konsantreleri

Molibden trioksit diğer malzemeler, yani ferrosilikon, konsantre demir cevheri, alüminyum tozu, kireç ve çelik hurda ile harmanlanmıştır. (Şekil 14).



Şekil 14. Molibden konsantrelerinin harmanlama işlemi

Diğer malzemeler ile harmanlanmış Molibden trioksit ferro molibden ve cüruf üreten, yaklaşık 20-40 dakika boyunca eritilir. Cüruf boşaltılır ve soğutulur. Katılma işlemi başlamış olur. (Şekil 15).



Şekil 15. Cüruf oluşması ve katılma işlemi

GOST 4759-91 ve ISO-5452-80 uyarınca üretilen ferro molibden, konteyner içine paketlenmiş, tartılmış, topaklar bölünür ve müşteriye sevk edilir. (Şekil 16) (URL-3, 2019).



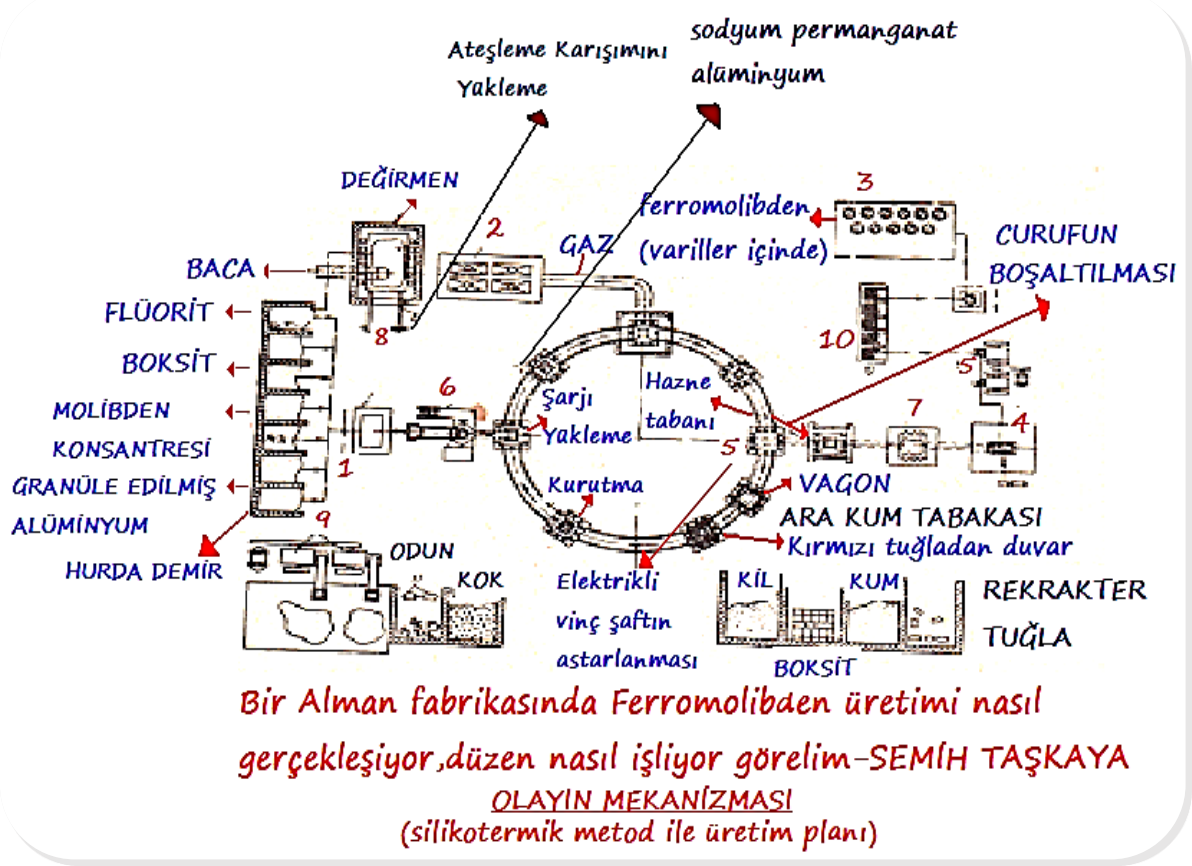
Şekil 16. FeMo müşteriye sevk işlemi

Şekil 17’de gösterilen ferro molibden üretim aşamalarının sistem mekanizması gösterilmiştir.

1-Ateşleme Odası, 2-Elektrik filtre, 3-Metali soğutmak için tank, 4-Şahmerdan, 5-Çeneli kırıcı, 6-Karıştırıcı, 7-Kavurma fırını, 8-Bilyalı değirmen, 9-Ayırma masaları, 10-Kok fırını

Bütün hareket, bir daire etrafında meydana gelmektedir. Burada, hazne tabanı doldurulmakta, fırın şaftı yerleştirilmekte ve şarj maddesi fırına yüklenmektedir. Bütün işlem tamamlandıktan sonra, izabe ünitesi ateşleme odasına sevk edilmektedir.

İzabe işlemi tamamlandıktan sonra, sıvı halde cüruf ve molibden blokunu ihtiva eden izabe ünitesi başka bir hata alınır ve orada cüruf dışarı akıtılarak, metal blok temizlenir (Elyutin ve ark., 1968).



Şekil 17. FeMo üretim mekanizması

İzabe işlemi için lüzumlu şarj maddeleri fabrikada, bilyeli değirmenlerin, kavurma fırınının ve şarj karıştırıcısının bulunduğu köşede hazırlanır. Astarlama işinde kullanılan maddeler, refrakter tuğlalar diye işaretlenmiş sandıklarda saklanır.

3.4. Ferro Molibdenin (FeMo) Genel Özellikleri

Uygulama: Fero molibden alaşım çoğunlukla çelik yapımında çeliğe molibden eklemek için kullanılır.

Özellikler: Çeliğe molibden eklemek demek, üniform ince taneli bir yapıya sahip ve temper gevrekliğini ortadan kaldırmak için yapılır ve çeliğe sertleşme birlik özelliği katar.

Ferro molibden amorf metal üretim süreci için bir katkı maddesi ve yeni alaşım içine çeşitli arzu edilen özelliklerin kazandırılması hedef olacaktır. Bir alaşım için ferro molibden ilavesi korozyon direncini artırabilir.

Ferro molibden özellikleri diğer metaller üzerine koruyucu film özelliği için uygun hale getirir.

Molibden yüksek hız çeliğini, tungsten bir hacim yerine kullanabilirsiniz. Molibden yaygın olarak paslanmaz çelik, ısıya dayanıklı çelik ve aside dayanıklı çelik ve aracı çelik yapmak için kullanılacak olan diğer alaşım elementler ile karıştırılır. Ve aynı zamanda özellikle fiziksel özelliklere sahip olan alaşım üretmek için kullanılır. Demir döküm molibden eklemek için mukavemet ve aşınma direnci artırabilir (Elyutin ve ark., 1968).

3.4.1. Ferro Molibden (FeMo) Serilerinin Kimyasal Oranları

Şekil 18’de FeMo serilerinin kimyasal oranları verilmiştir.

Marka	Kimyasal kompozisyonları (%)							
	Mn	Si	S	P	C	Cu	Sb	Sn
FeMo70	65 ~ 75	1.5	0.10	0.05	0.10	0.5	-	-
FeMo70Cu1	65 ~ 75	2.0	0.10	0.05	0.10	1.0	-	-
FeMo70Cu1.5	65 ~ 75	2.5	0.20	0.10	0.10	1.5	-	-
FeMo60-A	55 ~ 65	1.0	0.10	0.04	0.10	0.5	0.04	0.04
FeMo60-B	55 ~ 65	1.5	0.10	0.05	0.10	0.5	0.05	0.06
FeMo60-C	55 ~ 65	2.0	0.15	0.05	0.20	1.0	0.08	0.08
FeMo60	≥ 60	2.0	0.10	0.05	0.15	0.5	0.04	0.04
FeMo55-A	≥ 55	1.0	0.10	0.08	0.20	0.5	0.05	0.06
FeMo55-B	≥ 55	1.5	0.15	0.10	0.25	1.0	0.08	0.06

Şekil 18. FeMo serilerinin kimyasal oranları

Molibden, sertleşebilirlik ve tokluk artırmak için alaşımli çeliklere genel sınıf eklenir; gevrekliği, aşınma ve korozyona temper direncini artırmak ve özellikle yüksek sıcaklıklarda, gücünü artırmak için kullanılır. (Şekil 19). Bu çelikler tarımda kullanılan ulaşım ekipmanları imalat ve araçları, endüstriyel makine ve araçları ve ekipmanları da dahil olmak üzere sektörün tüm önemli kesimlerinde kullanılan, madencilik, elektrik üretimi, gıda ve kimyasal işleme, petrol ve gaz üretim için de önemlidir.



Şekil 19. FeMo konsantreleri

3.5. Ferro Molibden (FeMo) İşleme Aşamaları

3.5.1. Ezme (İri cevher kırma)

Zhireken tesisleri (Kanada) 2009 yılında cevher yaklaşık 3.6 milyon ton işlenmiştir. (Şekil 20).



Şekil 20. İri cevher kırma

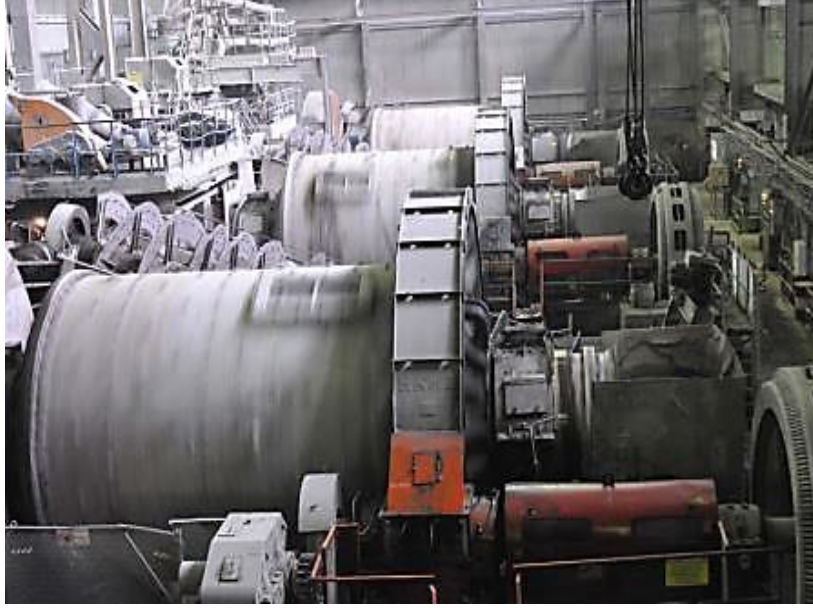


Şekil 21. Ekran bin bölümü (Tenörlü ve boyutlandırma)

Şekil 21’de tenörlü ve boyutlandırma için Ekran bin bölümü (cevher yeterince ezilmiş) gösterilmiştir.

3.5.2. Freze

Ezilmiş cevher Şekil 22’deki frezeler ile rendelenir, deŐarj ve merkezi deŐarj değirmenler çeşitli boyutlarda kullanılarak topraklanır (URL-4, 2019).



Şekil 22. Freze

Sınıflayıcılar, taŐlama için döndürülen daha fazla işlem veya büyük boyutlu malzeme, hazır ya da ürünün içine öĐütölmüŐ cevherlere ayırır. (Şekil 23).



Şekil 23. Sınıflayıcılar

3.5.3. Yüzdürme (Flotasyon)

Molibden, köpüklü kabarcıklar halinde üstte yüzer.(bakır lavabolar içinde) (molibden üretim işleminin bir yan-ürünü). (Şekil 24).



Şekil 24. Yüzdürme (Flotasyon)

3.5.4. Filtrasyon ve Kurutma

% 10-12 su içeriği kaldırılır. Filtre keki daha sonra 250⁰ C Celcius bir elektrikli fırın içinde kurutulmaktadır. (Şekil 25).



Şekil 25. Filtrasyon ve Kurutma

Kabarcıklar fazla temizlik için sadece molibden bırakarak (Şekil 26), yağsız edinilir. Bu bir yüksek kalitede konsantre molibdenin oluşmasına yol açar. Bakır konsantresi çeşitli reaktifler kullanılarak benzer bir flotasyon yöntemi ile imal edilmektedir (Elyutin ve ark., 1968).



Şekil 26. Molibden kabarcıkları

GOST 212-76 kalite gereksinimlerini karşılayan Molibden konsantresi, konteyner içine paketlenmiş ve ferro molibden işleme tesisleri için alınır. Bakır konsantresi, süzölmüş ve benzer bir süreç içinde kurutulur ve sonra paketlenir ve de pazar için sevk edilir. (Şekil 27).



Şekil 27. Molibden konsantre konteynerleri

Top veya çubuk değirmenler sadece mikron kalınlığındaki parçaları ezer. (10^{-3} mm çapında ince parçacıklar olabilir. Mayınlı cevher ezmek, öğütmek ve yalnız gang (değersiz kaya) dan molibdenit tozu bırakmadan).

Soldaki değirmenler çakıl boyutuna sahip kayaların veya bilye toplarının boyutunu azaltmak içindir. Ayrıca freze topu, toz kıvamında malzemeyi azaltır. (Şekil 28).



Şekil 28. Top veya çubuk değirmenler

Öğütülmüş cevher/gang toz bir sıvı ile karıştırılmış ve yüzdürme adımında (Şekil 29) havalandırılmaktadır. Az yoğun cevher ,gang toz atılmasında lavabolar ise, tahsil edilecek köpüğü yükseltir. Bakır / molibden cevher durumunda, flotasyonlarda bunlar, metalik gang mineralleri bu şekilde bakır sülfür den molibdeni ayırır (Elyutin ve ark., 1968).

Çıkan MoS_2 konsantresi, % 85 ve % 92 MoS_2 arasında içeren yapıdır. Asit özütleme ile daha ileri muamele bakır gibi safsızlıklar çözülür ve gerekirse kurşun için kullanılabilir.



Şekil 29. Yakın çekim flotasyon hücresi

3.5.5. Kavurma İşlemi

500 ve 650 °C MoS₂ arasındaki kavrulmuş (şekil 30) molibdenit konsantreleri, sıcaklık dđnüşümü hava akımı ile dđnüşürülür. (MoO₃ içine konsantre kimyasal reaksiyonlar) (ayrıca teknik Mo oksit veya teknoloji oksit olarak da bilinir). Kavurma işlemleri, molibdenit üstten alttan üflenir, ısıtılmış hava ve gazlardan oluşan bir akıma karşı dibine hareket konsantreleri olan multi-level ocak fırınlar vardır. Sağ görüntü tipik bir fırın içinde düzeylerinden birini gösterir. Büyük döner tırmıklar kimyasal reaksiyon teşvik etmek için molibdenit konsantrelere taşınır. Sülfürik asit fabrikalarında veya kireç temizleyiciler gibi desülfürleştirme sistemleri atık kavurma gazlardan kükürt dioksit kaldırılır.

Elde edilen kavrulmuş molibden konsantresi tipik olarak % 57 molibden ve % 0.1 'den daha az kükürt içerir (Elyutin ve ark., 1968).



şekil 30. Kavurma işlemleri

3.5.6. Renyum Kurtarma

Yan ürün molibden, bazı bakır madenlerinde, konsantre renyum az miktarda (<% 0.10) içerir. Renyum kurtarmak için, donanımlı Molibden kavurma, bu nadir metal için başlıca ticari kaynaklardan biridir.

3.5.7. FeMo Eritme

Teknolojide, oksit üretimi yüzde otuz ile kırk ferro molibden (FeMo) ilavesi içine işlenir. (şekil 31). Demir oksit, oksit ile karıştırılır ve birkaç yüz kilo ağırlığındaki bir ferro molibden külçe

üreten, bir termik reaksiyon alüminyum ile azaltılır. Ürün molibden % 60 ile 75 arasında bulunduğu, aslında demiri dengelemektir amaç.

Hava soğutulduktan sonra, külçe ezilmiş ve belirtilen ferro molibden parçacık boyut aralıkları karşılamak üzere elekten geçirilir. Şekil 32’de imalatı tamamlanmış haliyle FeMo yapıları gösterilmektedir (Elyutin ve ark., 1968).



Şekil 31. FeMo izabesi



Şekil 32. İmalatı tamamlanmış ferro molibden yapısı

4. Sonuçlar

Dünya çapında üretilen kavrulmuş molibden konsantresi yaklaşık % 25'i kimyasal ürünlerin bir dizi halinde işlenir. Yükseltme gerçekleştirilir. Süblimleştirme yoluyla saf molibdik oksit (MoO_3 üretmek için) ıslak kimyasal işlemlerle saf molibden kimyasallar (özellikle molibdik oksitler ve moolibdatler) geniş bir yelpazede üretilir. Bu ikinci çökeltme ve süzme veya çözücü ekstraksiyonu

ile yabancı maddelerin çıkarılması, ardından bir alkali ortamda (amonyum ya da sodyum hidroksit) içinde kavrulmuş konsantre çözünme içerir. Sonuçta ortaya çıkan amonyum molibdat çözeltisi daha sonra kristalizasyon veya asit ekleme yöntemi ile molibdat ürünler bir dizi herhangi birine dönüştürülür. Bunlar daha saf molibden trioksit için kalsinasyon tarafından işlenebilir. Dönüşüm doğrudan metal bültenleri ısı sürecini inhibe eder çünkü metal saf molibden trioksit veya amonyum dimolibdat ve kimyasal redüksiyon iki aşamadan gerektirir. MoO₂ birinci aşama azaltma 450-650 °C aralığında gerçekleştirilir. Molibden dioksit sonra 1.000-1.100 °C aralığındaki sıcaklıklar kullanılarak, ikinci aşamada azaltma yapılır molibden metal indirgenir. Tarihsel olarak, iki aşamada akan bir hidrojen atmosferi içeren boru tipi fırınlar aracılığıyla tozu yüklü tekneler itme tarafından gerçekleştirilmiştir. Onlar artan üretim verimliliğini sağlamak amacıyla akan toz bir hidrojen, atmosferde dönen eğimli tüp aracılığıyla sürekli beslenir .Döner fırınlar, ilk aşamada küçültme operasyonları yaygın hale gelmektedir. Dünya'dan haberlerde Ermeni Molibden Üreticisi geçen yıl 2.840 ton ferro molibden üretmiştir. 26 Mart. 2013/ ARKA / Ermeni Molibden Yapım şirketi geçen yıl 2012 yılında, 12.7 ton daha fazla üreterek 20110000000 dirhem değerinde ferro molibden üretmiştir. (toplam 2.840 ton). Tüm çıkış Avrupa'ya satılmıştır (Elyutin ve ark., 1968).

Kaynaklar

- Elyutin, V.P., Yu., A., Pavlov, Levin, B.E., Alekseev, E.M., (1968). *Ferro Alaşımının İstihali-Elektrometalürji (Çev. H.Erman Tulgar)*, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Cilt-1, İstanbul.
- URL-1, (2019). <http://www.molybdenum.com.cn/Production-of-molybdenum-iron.html>. Ferro Molybdenum Production Process, (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2019).
- URL-2, (2019). <https://www.wbri.co.uk/ferro-molybdenum.html>. Ferro Molybdenum, (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2019).
- URL-3, (2019). <http://www.molybdenum.com.cn/Production-of-molybdenum-iron.html>. Ferro Molybdenum Production Process, (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2019).
- URL-4, (2019). <https://www.google.com/interstitial?url=http://www.ferro-alloys.com/>. Ferro-Alloys, (Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2019).