

NİKEL

Güneş CANEB (*)

ÖZET

Nikel tarih boyunca varlığı yakın zamanlara kadar bilinmeyen maddelerden biri olarak kalmıştır. Bununla beraber, kısa zamanda, diğer maddeler arasındaki yerini almış ve çağdaş endüstri sahalarında demirden sonra en yaygın metal haline gelmiştir.

Bu yazıda tarihçesi, mineralleri, jeoşimisi, jeolojisi, teknolojisi, başlıca kullanım sahaları, istihsal ve tüketimi ele alınmış ve böylece nikel hakkında genel bir fikir vermeye çalışılmıştır.

RESUME

Le nickel est un de nombreux matériaux dont l'existence est restée inconnue pendant la plus grande partie de l'époque historique, il a cependant conquis, «a, peu de temps, sa place parmi les matériaux déjà connus, et est devenu après le fer le métal le plus répandu dans tous les domaines de l'industrie contemporaine.

Dans cet article on a traité son histoire, ses minéraux, sa géochimie, sa géologie, sa technologie, ses principales utilisations, sa production, sa consommation et ainsi on a tâché de donner une idée générale sur le nickel.

GENEL BİLGİLER

Nikel Mendelyef tablosunda demir gurubunun iki valanslı metalleri arasında, kobaltın yanında yer almıştır. Demir ile olan İbağintısı özelliklerinin birçoğunda görülmektedir. Atom ağırlığının tayininde bazı güçlükler ile karşılaşılmıştır. Şöyleki, atom numarası 28 olan nikelin çekirdeği elektronların negatif yükü ile dengeyi temin eden pozitif elektrik yüklü 28 proton ihtiva etmektedir. Fakat nötronların sayısı, metali teşkil eden muhtelif tabii izotoplara göre değişmektedir. Bu izotoplar şunlardır:

58 Ni (30 nötron).....	Toplam	Kitlenin %	67,76	sun teşkil eder
60 Ni (32 nötron).....	»	»	% 26,16	>
61 Ni (33 nötron).....	»	»	% 1,25	>
62 Ni (34 nötron).....	»	»	% 3,66	»
64 Ni (36 nötron).....	»	»	% 1,16	

Bu duruma göre metalin atom ağırlığı¹, bu beş izotopunun atomik kitlelerinin ortalaması alınarak 58,60 veya 58,70 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, nükleer reaksiyonlar esnasında, metalin atomik kitleleri 56, 57, 59, 63, 65 ve 66 olan altı tane de suni izotopu olduğu görülmüştür.

Nikelin ortalama yoğunluğu bakımına çok yakın olmakla beraber kalitesine göre oldukça büyük değişiklikler gösterir. Elektrolitik nikelin (% 99, 95 Ni) yoğunluğu 8,925 dir.

Ergime noktası demirinkine yakın, olup 1455°C dir. Isı iletme (0,140-0,147 cm/s/derce) ve elektrik iletme (0,145 megaom) özellikleri zayıftır. Elektrik sahasında kullanılmasının başlıca sebebi yüksek rezistivite özelliğidir.

Nikel 352°Cnin üstünde kaybolan bazı manyetik özelliklere sahiptir. Ancak bu özellikler metalin kübik sistemde kristalleşen esas tipinde mevcuttur. Hegzagonal sistemde kristalleşen diğer bir tipi ise manyetik olmamakla beraber 300°Cde hidrojen veya azot cereyanında ısıtılarak normal kübik hale getirilebilir.

Nikelin demir ile olan yakınlığı 900°C de pişmiş ve yavaş, yavaş soğutulmuş olan, saf nikelin Brinell tasnifine göre 85 ± 10 kabul edilen sertlik derecesi ile görülür. Metal soğukta dövülmüşse sertlik ve mekanik mukavemet daha da artar, kopma yükü dökme metal için 42-49 kg/mm² iken, soğukta dövüldükten sonra 100 kg/mm²'ye yükselir. Bilhassa hususi metalürjik işleme tâbi tutulduğu zaman çok elastikidir. Beyaz bir metal olan nikel gayet güzel cila kabul eder, ışık yansıtma özelliği çok yüksektir.

(*) Yük. Müh. M.T.A. Enstitüsü Plan Proje Şb.

Bütün bu özelliklerinden 'en *mühimi* aşınmaya karşı olan olağanüstü dayanıklılığıdır. Ok-sitleyici bir ortamda en ufak porozitesi olmayan ince bir pelikül ile kendini korur. Atmosfere, taü suya, hidrojen sülfür ve asit karbonik ihtiva eden sulara karşı, bilhassa muhtelif asit ve organik bileşiklere karşı son derece dayanıklıdır. Bunlardan sadece asetik asit, ve tartarik asit, bilhassa sıcakta aşınmaya sebep olurlar. Sudkositik ve amonyak gazına karşı olan dayanıklılığı oldukça yüksektir.

Birçok metaller (bilhassa bakır ve demir) ile çok kolay alaşım yapar. Sanayideki rolünü en mühim tamamlayıcı (yardımcı) metal olarak tarif edebiliriz. Bununla beraber bilhassa son senelerde saf nikel olarak çok daha fazla kullanılmaktadır.

TARİHÇESİ

Nikel yakın tarihlere kadar bilinmeyen metallere biridir. Eski paralar üzerinde araştırmalar yapan çağımızın arkeologları asırlarca evvel yapılan Baktrian paralarının nikel ihtiva ettiğini ortaya çıkarmışlarsa da bunları yapanların paranın bileşimine giren metalleri ayrı, ayrı tanımadıkları kabul edilmektedir.

Nikel 1751 de İsveçli Cronstedt tarafından keşfedilmiştir. Kullanılmaya başlaması için aradan 73 sene geçmiş ve ilk metalürjik tesis 1824 de Avusturya'n Gersdorff tarafından kurulmuştur. Ancak, nikel endüstrisinin gelişmesi ve nikelin diğer metaller arasındaki yerini alabilmesi 1865 de Garnier tarafından yeni kaledonyadaki mühim yatakların bulunmasından sonra olmuş ve bugün nikel bütün endüstri sahalarında demirden sonra en çok kullanılan metal haline gelmiştir.

MtNEKALLERİ

önce nikel endüstrisinin hemen, hemen tamamını besliyen mineralleri görelim.

— Garnierit (veya numeit) $(Mg, Ni)_3 Si_2 O_{10} (OH)_4$: İki tipi mevcut olup yeşil renkte olanı ortalama % 40 silis, % 44 nikel oksit, mangan, alümin ve su ihtiva eder. Kahverengi olanı ise % 30 silis, % 15,5-43,5 nikel oksit ve % 49'a kadar demir seskioksit ihtiva eder, Yoğunluğu 2, sertliği 2,5 dur. Su içinde ayrışır, asitlerden az müteessir olur. Alev tutulunca siyahlaşır. Vatsati cevher % 7 Ni ihtiva eder. İspanya'da, Amerika'da, Urallar'da, Silezya'da ve yeni Kaledonya'da bulunur.

— Nikelli pirit veya pirotin gurubu: Bu minerallerden en çok rastlanan pentlandit olup genellikle polidimit, millerit, gersdorffit ve nikelin refakatinde bulunur.

Pentlandit $(Fe, Ni)_9 S_8$

Kübik sistemde kristalleşir. Sertliği 3-4, yoğunluğu 4,5-5dir. Ortalama % 30-33 Fe, % 34 - 35 Ni ve % 32 - 34 S ihtiva eder. Ayrıca hemen, hemen daima % 0,4-1,6 oranında nikelin yerine geçmiş olan kobalt mevcuttur. Açık bronz sarısı olan mineral net kristaller halinde bulunmayıp yığın ve agregalar teşkil eder. Metalik parlaklığa sahiptir. Umumiyetle küçük enklüzyonlar şeklinde pirotin içerisinde bulunduğu gözle tayini çok zordur. Jenetik olarak bazik ve ultrabazik kayalara (gabro, norit ve peridotitler) bağlı olan pentlandit, daima pirotin ve kalkopirit ile beraber bulunur. Esas mineral daima pirotin olup pentlandit ve kalkopirit ancak yüzde bir kaç ünite olarak iştirak ederler. Mesele Sudbury de % 1-5 Ni ve % 2-3, Cu mevcuttur. Ayrıca pentlandit bazik kayaların segregasyonu neticesi, Türkiye ve Norveç'te olduğu gibi kromit, ilmenit veya titano-manyetit ile birlikte bulunabilir. Pentlandit semantasyon zonunda esas olarak jmillerit'e dönüşür.

Millerit Nis

Romboedrik sistemde kristalleşir. Sertlik derecesi 3-4, yoğunluğu 5,2 - 5,6 dir. % 64,7 Ni ihtiva eder. Kristalleri oldukça uzun olup pirinç sarısı rengindedir. Metalik parlaklığa sahiptir. Normal nitrik asitden müteessir olur. Nadir bulunan bir mineraldir. Bazen bazik kayalara bağlı olarak nikelli bakır yataklarında bulunur. (Sudbury) Nikel sülfür ve arseniürlere refakat eder. Ayrıca, şiddetli alterasyona uğramış ve serpantinleşmiş peridotitlerin çatlaklarında kuvars, talk ve karbonatlarla birlikte rastlanır. Semantasyon zonunda pentlandit, polidimit gibi mineralleri kolayca ramplase edebilir, istisnai olarak, organik maddelerin mevcudiyeti halinde, alterasyona uğrayan ultrabazik kitlelerden gelen nikelli solüsyonların indirgenmesi yolu ile de teşekkül edebilir.

Gersdorffit Ni Ası S

Kübik sistemde kristalleşir. Sertlik derecesi 5,5, yoğunluğu 5,6 - 6,2 dir. Ortalama % 35,4 Ni ihtiva eder. Oktaedr, dodekaedr veya taneli ve levhah yığınlar halinde teşekkül eder. Rengi gümüş beyaza ile çelik grisi arasında değişir. Metalik parlaklığa sahiptir. Potasyum permanganata doymuş solüsyon ile rengi koyulaşır. Nadir rastlanan bir mineraldir. Genellikle nikel ve kobalt mineralleri, manyetit, muhtelif sülfürler, karbonatlar ve kuvars ile birlikte hipotermal alanlarda bulunur. Ekonomik bakımdan mühim değildir. Zira büyük miktarlarda bulunmaz. Sudbury ve Harz yataklarında mevcuttur.

Şimdi nikel endüstrisinde ikinci derecede rol oynayan ve genellikle küçük yataklar halinde bulunan mineralleri görelim.

– Nikel arseniür ve arseniosülfürler

Nikelin (veya nikelit) Ni As

Hegzagonal sistemde kristalleşir. Sertlik derecesi 5-5,5, yoğunluğu 7,6-7,8 dir. •% 43,9 Ni ihtiva eder. Genellikle masif haldedir. Soluk kırmızı bakır renginde olup nabit bakırdan sertliği ile kolayca ayırılabilir. Metalik parlaklığa, sahiptir. Alterasyon ile kolayca annaberjit'e dönüşür. Genellikle kobalt - nikel gümüş ile birlikte hipotermal filonlar'da rastlanır (bu tip yataklar Kanada, Peru, Japonya ve Cezair'de mevcuttur). Diğer taraftan bazik kayalara (bilhassa noritlere) bağlı olarak sülfürlü mineraller içerisinde pirotin, pentlandit ve kalkopirit ile beraber bulunur (Sudbury), İspanya'da peridotit ve noritler içerisinde kromit ve moserit'e refakat eder. İskandinavya'da olivin bakımından zengin noritler içerisinde pentlandit ve manyetit ile birlikte, Tan-ganikada dünitler içerisinde bulunur.

Yatakları çok küçük olmadığı; taktirde oldukça ekonomiktir. Dünya nikel istihsalinde yeri olan bir mineraldir

Breitoptit Ni Sb

Hegzagonal sistemde kristalleşir Sertlik derecesi 5 - 5,5, yoğunluğu 7,5 - 8,6 dır. % 32,5 Ni ihtiva eder. Kristallerine nadir rastlanır. Metalik parlaklıkta olup açık kırmızı bakır rengindedir. Nikelin üe kaşürjlabillr. Bu iki mineral genellikle aynı tip yataklarda bulunurlar (Kobalt-nikel-gümüş ihtiva eden filohlarda ve peridotitler içerisinde).

Rammelsberjit Ni AS₂

Ortorombik sistemde kristalleşir. Sertlik derecesi 5,5-6, yoğunluğu 7,0-7,1 dir. % 26-28 Ni ihtiva eder. Metalik parlaklıkta olup" rengi kalay beyazıdır. Bilhassa nikel - kobalt - bizmut - gümüş parajenezinde rastlanır. Alterasyon neticesi annaberjite dönüşür.

Moşerit Ni_u AS_s

Kuadratik sistemde kristalleşir. Sertlik derecesi 5, yoğunluğu 7,8-8,0 dır. Umumiyetle kesnomorf olup bazen tabuler kristaller halinde bulunur. Kırmızımsı gri renkte olup metalik parlaklığa sahiptir. Nikelin ve kromit ile beraber (İspanya) veya pirotin, kalkopirit ve pentlandit ile beraber (Sudbury) bulunur.

Annaberjit (Ni, Oo)₃ (AsO₄)₂ 8 H₂ P (hidrate nikel arseniyat) Nikelokr da denir. % 29,5 Ni ihtiva eder. Nikelinin alterasyonu üe teşekkül eder.

Bunların dışında kalan başlıca nikel mineralleri aşağıda gösterilmiştir.

Avaruit - jozefinit	PeNi ₃
Bravoit	(Ni, Fe, Co) S ₂
Bunzenit	Ni O
Gentit	Nİ ₂ Mg ₂ Si ₃ O ₁₀ 6H ₂ O
Heazlvudit	NJ.S,
Kloantit	(Ni, Co) As ₃
Melonit	NiTe ₂
• Morenozit	NiS _{0.4} .7H ₂ O
Orselit	Ni ₂ As
Polidimit	Nİ3S ₄
Skutterudit	(Co, Ni) As,
Trevorit	NiFe ₂ O ₄
• Ulmannit	NİSbS
• Vaeztt	NİS ₂
• Violarit	(Nİ,Fe) ₃ S ₄
• Zaratit	Nİ3(OO ₃)(OH) ₄ 4H ₂ O

METEORİTLER VE NİKEL

Nikel aflörmanlanm yeryüzünde az oluşu nikelin yer kabuğunda az miktarda bulunduğu bir işarettir. Bu azlık acaba nikelin dünyanın bileşimindeki azlığından dolayı mıdır? Clarke ve Goldschmidt gibi jeoşimistlerin hipotezlerine göre nikel, dünyamızın yapısında en bol olan metallardan biri olmakla beraber sadece dünyanın çekirdeğinde bol miktarda bulunmaktadır. Meteoritlerin etüdü dünyanın çekirdeğinin bileşimi hakkındaki bu jeoşimik hipotezleri bir dereceye kadar doğrulamaktadır. Dünyamıza düşen bu meteoritlerin orijinleri kati olarak bilinmemekle beraber güneş sistemine ait oldukları, bilinen bir hakikattir. Meteoritleri başlıca iki sınıfta mütaala ediyoruz. Taşimsı ve demirimsi olanlar. Birinciler dünyamıza ulaşıncaya kadar umumiyetle toz haline geldiklerinden fazla tanınmamaktadırlar. Genellikle oksijen, silisyum, magnezyum, demir, alüminyum ve kalsiyumdan müteşekkil olup kolaylıkla dünyamızdaki kayalarla karıştımlabilirler. Demirimsi olanlar ise petrograflar tarafından detaylı bir şekilde etüd edilmişlerdir. Yapılan araştırmalar bu meteoritlerin üç esas mineralden meydana geldiklerini göstermiştir. Taenit (ortalama % 13 Ni ihtiva eden demir), Lamprit (taneler halinde nikelli demir fosftr) ve rabdit (prizmalar halinde nikelli demir fosfür). Taenit levhamsı bir görünüşe sahiptir. Nikel tenoru bazen % 50 ye kadar çıkabilir. Lamprit ve rabdit ise bu levhaların aralarında dikdörtgen plajlar sekimde bulunurlar. Kimyevi analiz neticesi elde edilen değerler ortalama % 72,06 demir, % 10,1 oksijen, % 6,5 nikel, •% 5,2 silis ve % 3,8 magnezyumdur. Kükürt, kalsiyum, kobalt, alüminyum gibi tâli elemanlar ise % 0,4 civarında bileşime girerler.

Metoritler ekşeriyetle saf nikel« de ihtiva ederler. Meteorik demirler bazı nikelli çeliklere çok yakın bir bileşime sahiptirler. Sert ve dayanıklı olduklarından sık, sık aranmışlardır. Tapılan araştırmalarda meteorik demirden yapılmış hançerler bulunmuştur. Eskimolar zıpkınlarında ve diğer silahlarında kullanırlar.

JEOŞİMİST

Nikel yer kabuğunun minör elemanlarından birisidir. Muhtelif yazarlar tarafından yer kabuğundaki yüzdesi hesaplanmıştır. Bu değerler arasından en uygununu seçmek bir hayli güç olmakla beraber neticede % 0,016 İNİ kabul edilmiştir. N}kel petrojenik elemanlar araşma* sınıflandırılmıştır. Fakat esas olarak metalojenik elemanlarla birlikte konsantre olduğu görülür. Bunun için aslında bir çeşit geçiş elemanıdır. Magmatik kayalar içerisindeki ortalama nikel nisbeti 80 ppm. olarak hesaplanmıştır (Rankama and Sahama). Çahftınlabilir cevher 15000 ppri olarak kabul edilirse cevher teşek-

Muhtelif kayac ve minerallerin nikel muhtevası.

«Geological Survey» laboratuvarlarında muhtelif kayalar kimyasal ve petrografik analizlere tabi tutularak aşağıdaki neticeler elde edilmiştir.

Kayag «arat	Analiz adedi	NiO yüzdesi
Magmatik kayalar		
Riyolit	21	% 0,009
Granit	57	% 0,005
Dasit	14	% 0,017
Granodiorit	12	% 0,033
Trakit	16	% 0,018
Siyenit	—	% 0,024
Latit	10	% 0,01
Monzonit	14	% 0,019
Andezit	45	% 0,0076
Diorit	48	% 0,017
Fonolit	11	% 0,015
Bazalt	182	% 0,039
Diyabaz	29	% 0,061
Gabro	10	% 0,0080
Piroksenit	10	% 0,10
Peridotit	47	% 0,11
Sedtmanter kayalar		
Kumtaşı	3	% 0,0013
KU ve shale	12	% 0,0089
Kalker	20	% 0,0010
Metamorfik kayalar		
Gnays	6	% 0,0015
Şist	9	% 0,0041
Arduvaz	2	% 0,0074

külü esnasındaki zenginleşme oranının 190 olduğu görülür. Nikel az miktarda bütün kayalar içerisinde, fakat en fazla magnezyum muhtevası yüksek ve yoğunluğu 2185 den fazla olan ferro-magnezien tipdeki silikattı kayalarda bulunur. Ayrıca bitkiler sular içerisinde de mevcuttur. Nabit nikel nadir olup ancak nabit demirin minör bir elemanı olarak bulunur. Toprak ve bitkiler içerisindeki nikel muhtevasının tayini çoğu zaman civarda bulunan yataklar hakkında bir ipucu olmuştur. Rankama (1940) bilinen nikel yataklarının civarındaki huş ağacının yaprak külleri içerisinde nikel miktarını tesbit ederek buzul örtüsünün 3 metre altındaki cevher lokasyonunu göstermiştir. Finlandiya ve Norveçte, cevherli sahalarda bataklıklar içerisindeki metal muhtevalarını tayin eden Salını (1950) 'ye göre turba külleri içerisinde % 0,03 - 0,1 nikel tesbiti nikel ihtiva eden cevher için bir. işaret sayılır. Vinogradov (1948)'a göre toprak içerisinde bulunan ortalama nikel miktarı 40 ppm. dür.

Mitchell ve Nockolds (1948) bazı kayaları analiz etmiş ve aşağıdaki neticeleri bulmuşlardır.

Kayac cinsi	Ni muhtevası (ppm.)
Dünit	1000
Lerzolit	500
Piroksenit	500
Hipersten - gabro	300
Gabro	200
Genç olivin-gabro	200
Norit	60

Sahama (1945) ultrabazik kayalarda su neticeleri bulmuştur :

Kayac cinsi	Ni muhtevası (ppm.)
Serpantinit	> 800
Peridotit	> 800
Talk şist	250
Metabazit	> 800

Landergren (1948) silisli inorganik sedimanlarda ortalama 40 ppm. nikel tesbit etmiştir.

Mitichel (1948) magmatik kayalar içerisindeki mineralleri analiz etmiş ve aşağıdaki neticeleri bulmuştur.

Mineral cinsi	Ni muhtevası (ppm.)
Ojit	90-200
Hipersten	300
Hornblend	80-150
Biotit	30-150
Muskovit	' < 2-20
Plajioklaz	< 2
Potasik feldspat	< 2

Lundegardh (1916) ultrabazik gabrolardan aldığı mineralleri analiz etmiş ve şu neticeleri bulmuştur.

Olivin (peridotitten alınmış)	550
Khniopiroksen (ultralbazik npritten alınmış)	50
Titanomanyetit (ultraibazik noritten alınmış.).	< 0,5

Jeoşimi çatagmalarında kullanılan analitik metodlar

— Nikel tayini :

Fürildioksim metodu :

Toprak, bitki veya bir kayaçdan hazırlanmış olan numunenin bir kısmı potasyum piroşulfat ile muamele edilip teşekkül eden çökelek hidroklorik asit ile eritilerek eriyik haline getirilir. Bu eriyik nikel - fürildioksim ile suda erimiyen fakat birçok organik eriyikte eriyebilen san bir kompleks meydana getirir. Stabl olan nikel kompleksi benzen ile alınır. Optimum¹ renk teşekkülü 8,5 ila 9,5 arasındaki pH değerinde meydana gelmektedir. Bu değerlerin altında ve üstünde reaksiyon yavaş ve noksandır. Arzu edilen bu pH def eri bir tampon solüsyon kullanarak elde edilir. Bu da amonyum sitrat ve amonyum hidroksitten müteşekkiMir. Fazla miktarda amonyum sitrat veya amonyum hidroksit renk teşekkülüne ve nikelin ortaya çıkmasına mani olacağından ölçüye dikkat etmek lazımdır.

Kobalt da aynı şekilde fürildioksim üe renkli bir kompleks meydana getirmekle beraber ancak kobalt - nikel oranı 12/1 olduğu takdirde nikel tayinine mani olur. Böyle bir kobalt nikel oranına ise pek az numunede rastlanır. Nikel tayininde güçlük çıkaran diğer iki elemenda bakır ve demirdir. Bu da ancak numunede aşırı, derecede yüksek bir demir-nikel veya bakır-nikel oranı olduğu takdirde söz konusudur. Bu metodla, % 10 hata sınırı içersinde iyi bir netice elde edilebilir.

Kullanılacak kimyasal madde ve cihazlar

— Potasyum pirosulfat ($K_2S_2O_8$),

— Klorhidrik asit (2M)

— Nikel tampon solüsyonu : 60 gr. amonyum sitrat $[(NH_4)_2C_2O_4]$, 200 imi. si içersinde eritilir. 130 mL konsantre NH_4OH ilâve edilir ve metal ihtiva etmeyen, *au.* ile 1 litre oluncaya kadar sulandırılır.

— Fürildioksim solüsyonu (% 0,2) 0,2 gr. fürildioksim 15 mi. tetil alkol içersinde eritilerek 100 mL oluncaya kadar benzen ile sulandırılır.

Standart nikel solüsyonu: 0,2 gr. nikel klorit ($NiO \cdot 6H_2O$) kristali 500 ml. HCL (0,1M) içersinde eritilir. Bu solüsyondan standart solüsyonlar hazırlanır. 0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 ve 100 mikrogram nikel ihtiva eden standartlar serisi tavsiye edilir. Standartları hazırlamak için serideki 16X150 mm. lik her tüpün içersine 1 ml HCL (2M) ve 5 mL nikel tampon solüsyonu konur. Sonra her tüpe istenilen miktardaki nikel solüsyonu ilave edilir.

— Her biri 5 ve 10 mililitrede işaretli 16 X 150 mm. lik deney tüpleri

— 0,1 ve 0,5 gramlık numune kaşıkları,

— 5 mililitrelik, 2 mililitrelik otomatik pipet, 2 mililitrelik volumetrik pipet ve 1 mililitrelik 10 kısma ayrılmış pipet.

Takip edilecek yol :

1 — 0,1 gr. numune deney tüpüne konur.

2 — Tüpe 0,5 gr. K_2CO_3 ilâve edilerek eriyinceye kadar ısıtılır. Isıtmaya erime tamamlandıktan sonra 2 dakika daha devam edilir.

3 — Tüp alevin üstünden alınır ve eriyik soğuyup tüpün etrafında ince bir tabaka meydana getirinceye kadar sallanır. Tüp soğuduktan sonra 5 ml. HCL (2M) ilâve edilir ve eriyik ayrılmaya kadar sıcak su banyosunda tutulur.

4 — Tüp soğumaya bırakılır ve soğuduktan sonra 10 nü. oluncaya kadar su ile sulandırılır.

5 — 2 mi. den fazla olmamak üzere tüp muhtevasının bir miktarı, içinde 5 mi. nikel tampon solüsyonu bulunan diğer bir tüpe aktarılır.

6 — 1 mi. «fürildioksim ilave edilerek tüpün ağzı kapatılır ve en az 1 dakika sallanır.

7 — Benzen tabakasındaki renk hazırlanmış olan standartların benzen tabakasının rengi ile karşılaştırılarak nikel konsantrasyonu hesaplanır.

Rollet Kolorimetrik {metodu :

Çok küçük nikel yüzdeleri için çok iyi neticeler verir. Nikel dimetilglioksim ihtiva eden alkalın bir solüsyonun, oksidasyon olayından sonra ihtiva ettiği nikel miktarına göre pembe veya kırmızıya dönmesi esasına dayanır. Bunun için nikel ihtiva eden klorhidrik asit solüsyonuna 5 damla bromin suyu ilave edilir. Bromlin rengi kaybolduktan sonra 3-4 damla amonyum klorür ve 10 damla % 1 dimetilglioksim ihtiva eden alkol ilave edilir. Aynı zamanda mukayese için standart renkler serisi hazırlanır. 1 mililitrede 0,001 miligram nikel bulunması ayırdedilebilir bir renk teşekkülüne imkan vermektedir.

Dbnetilglioksiin metodu :

Çok nadir bulunmakla beraber bu metotta yegane güçlük çıkaran metal palladyumdur. Hazırladığımız solüsyon 0,03 gr. dan daha fazla nikel ihtiva etmemelidir. Demir mevcutsa oksitlenerek üç valanslı duruma getirilir. 3-4 defa, mevcut olan Uç valanslı tuzun ağırlığı kadar amonyum tartarat ve metalleri solüsyon içerisinde iki valanslı halde tutabilecek kadar amonyum' klorid ilave edilir. 60"- 80°C de ısıtılır. Mevcut her 0,01 gr. nikel için % 1 dimetilglioksimi ihtiva eden 5 mi. alkol ilave edilir. Alkalin reaksiyon oluncaya kadar amonyum klorür ilave edilir. Buhar banyosunda bir kaç saat bırakılır. Nikel miktarı çok az ise nikelin çökmesi için günlerce beklemek icabedelbilir. Neticede 100 nû. lik bir hacimde 0,1 miligram nikel meydana çıkacaktır. Buda 5 gr. hk bir numunede % 0,002 ye' tekabül eder.

— Diğer metallerin ayrılması :

Blum metodu :

Demir ve alüminyumun nikelden ayrılmasında iyi neticeler verir. Esası kaynar haldeki asit solüsyona renk sarılaşmıya kadar amonyum hidroksit ilâve ederek ilk olarak demiri çökeltmektedir. Bu şekilde iki defa çökeltmek bütün nikeli ayırmak için yeterlidir.

Ardagh - Broughall metodu :

Klorhidrik asitli nikel solüsyonu 2 veya 3 mi. kalıncaya kadar buharlaştırılır. 5 gr. NH₄ CL ilave edilerek sallanır. 10 mi. konsantre amonyak ilave edilir ve karıştırılır. 25 mi. soğuk su ilave edilerek süzülür. % 10 NH₄ CL ve % 10 NH₄ OH ihtiva eden bir solüsyon ile çökelek 6-8 defa yıkanır. Nikel süzülen mayi içerisinde kalmıştır. Konsantre olarak sülfid şeklinde çökmesi beklenir. Sonra süzülerek süzgeç kağıdı muhtevası ile birlikte bir potada yakılır ve külleri altın suyunda eritilerek dimetilglioksime ile nikel tayin edilir.

Fairchild metodu :

Demiri nikelden ayırmak için tatbik edilir. Aynı zamanda, bir dereceye kadar alüminyum, titanyum ve fosfatın ayrılmasını da temin eder. Sülfat karışımı halindeki numuneye potasyum sülfat ilave edilir. Sonra 300 mi. lik bir çökelek teşekkül edineye kadar amonyak ilave edilir. Bir gece buhar banyosunda ısınmaya bırakılır. Demir bazik sülfatları alüminyum ve potasyum çökeltirler. Demir tamamen çöklmemesine rağmen nikel tayininde güçlük çıkarmıyacak derecede azalmıştır. Bilhassa az miktarda bulunan nikelden çok miktarda bulunan demiri ayırabilmek için elverişli bir metoddur.

Bazik asetat metodu :

Esası üç valanslı metalleri bazik asetat şeklinde ayırmaktır. Demir tamamen ayrılır. Alüminyum tamamen ayrılmamakla beraber nikel tayininde güçlük çıkarmıyacak derecede azalır.

1 gr. metal ihtiva eden 200 mi. lik solüsyon içersine soğukta yavaş, yavaş 1/3 oranında sulandırılmış amonyak ilave edilir. Solüsyon kırmızılaşmıya kadar çökelek teşekkül etmiyecek şekilde karıştırılır. Hafif bir bulanıklık oluncaya kadar amonyum karbonat standart solüsyonu ilave edilir. Bir iki damla klorhidrik asit ilave edilir. 700 mi. oluncaya kadar kaynar su ile sulandırılarak kaynatmaya devam, edilir. 10 mi. su içersine 5 gr. sodyum asetat ilavesi ile elde edilen solüsyon ilave edilerek 3 dakika daha kaynatmaya devam edilir. Çökelek teşekkül eder etmez süzülür. Çökelek 1/100 lük sıcak sodyum asetat solüsyonu ile yıkanır ve çökeleğin suyu emerek alınır. Ayrılmamış nikel kalmıyacağına kadar işlem bir kaç defa tekrarlanabilir.

«TEOLOJİSİ

Nikel yataklarının bazik erüptif kayaçlarla ve bunların metamorfizması neticesi teşekkül eden metamorfik kayaçlarla olan ilişkileri gayet net bir şekilde bilinmektedir. Teşekkül sıcaklıkları Sdhneiderhöhn'e göre mezotermal ile epitermal arasıdır. Eğer asit erüptif kayaçlarla ilişkileri varsa bunlar sübvulkanik kayaçlardan ziyade plütonik kayaçlardır. Ekonomik bakımdan enteresan olan nikel yataklarını başlıca iki gurup içinde mütaala edebiliriz; Silikattı nikel minerallerini ihtiva eden yataklar. Sülfürlü nikel minerallerine ihtiva eden yataklar. Silikattı nikel minerallerine pratikte daima peridotik masiflerin altere olmuş sathi zonlarında rastlanır. Silikatlar ve sülfürler içersinde düşük tenörlerde dissémine olmuş olan nikel rezidüel yataklarda sathi alterasyon ile konsantre olmuştur ve umumiyetle üzerinde demirli bir örtü tabakası mevcuttur (yeni Kaledonya, Küba ve BrezUya'daki yataklar). Sülfürlü nikel mineralleri ise esas olarak noritler içersinde bulunurlar (Sudbury maden yatağı). Jeolojik çalışmalar, büyük kitleler halindeki noritlere genellikle antekambren kalkanlarında, ancak çok nadir olarak daha genç orojenlerde rastlandığını göstermiştir. Netice olarak bu tip yataklar genellikle bu tip kalkanlara bağlı olarak kısıtlanmışlardır.

Jeolojik bakımdan nikel yataklarını, Routhier'den alman donelere göre, detaylı olarak şu şekilde sınıflandırabiliriz:

I — Sedimanlar içersinde bulunan ve plütonlarla görünür hiçbir bağıntısı bulunmayan yataklar (Nikel, organik sedimanlar, asfaltitler ve bazen sedimanter demir oksitler içersinde konsantre olur).

- 1 — ultrabazik kayalar üzerinde r sidual konsantrasyonlar (bilhassa kısmen serpantinleŒmiŒ peridotitler üzerinde).
- 2 — Bitümlü Œistler arasında baritin, kalsit ve kuvarslı, esas olarak Co ve az miktarda Cu, Bi, Ni ihtiva eden filonlar.
- 3 — Œistli, grell formasyonlar içersinde, yan duvarlar içersinde diss mine olan Sideroz, kuvars, Co, Ni ve Cu ihtiva eden filonlar.

II — • Granitik pl tonlara bağlı olan yataklar.

- 1 — Fl orin, baritin, Co, Ni, Bi, Ag ve U ihtiva eden filonlar (intra plütonik).
- 2 — Baritin, kuvars, (bazen kalsit) U, Ag, Bi, Co, Ni, (Ra) ihtiva eden filonlar (peripl tonik).

HI — Bazik ve ultrabazik kayalar ile bağıntısı olan yataklar.

- 1 — Diyabazlar içersinde Ag, Co, Ni, (S, Sb, As) ve az miktarda Bi, U ihtiva eden karbonatlı filonlar.
- 2 — Bazik volkanik akıntılar içersinde Ni ve Cu ihtiva eden filonlar.
- 3 — Noritler ve gabrolar içersinde tabakalar halinde veya bunların kontaklarında yan birikintiler halinde Ni-Cu-pt yatakları.
- 4 — • Serpantinlerin kontağında Co-Ni (arsenikU) Ve Cu ihtiva eden filon ve yuğunlar (umumiyetle faylara bağlı).
- 5 — SerpantinleŒmiŒ peridotitler içersinde diss mine Ni sülfür yatakları.

IV — Metamorfik kayalar içersindeki yataklar

- 1 — Metamorfikler içersinde, (bunların piritleŒmiŒ Œistlerle olan kesim noktalarında zenginleŒmiŒ olarak Co-Cu-Ni (Pb-Zn) ihtiva eden filonlar.
- 2 — Kontak metamorfizma kayaları içersinde, bazik kayalar ile olan kontaklarda zenginleŒmiŒ vaziyette hematit, manyetit, Ag, Bi, Co, Ni ve U ihtiva eden filonlar.

Œimdi bunlardan ekonomik bakımdan en ehemmiyetli olanlarını misaller ile daha detaylı olarak görelim.

BezidUel nikeli konsantrasyonları :

Misal olarak yeni Kaledonyadaki yatakları ele alalım. Nikelin peridotiti! foed-rocklar  zerin-

de zenginleŒtiėi görülmektedir. Bilhassa yeŒil minerallerin içersinde, antigoritlerin içersindeki magnezyumun nikel tarafından substitue edilmesi ile meydana gelen nikelli antigoritler halindedir [(Kg, Ni)₃Si₂O₅(OH)₄]. Bu antigoritler demir ihtiva edebilecekleri gibi bir miktar sepio tde ihtiva edebilirler. Superjen Œartlarda meydana gelmiŒlerdir. J nezlerinin, sathi alterasyondan bir hayli evvel meydana gelen ve hipojen bir olay olan peridotitlerden itibaren antigorit teŒekk l  veya serpantinleŒme ile bir ilgisi yoktur. Hipojen bir olay olan serpantinleŒme ile nikel konsantre olmaz. Antigorit sentezi 100°Cnin altında meydana gelmektedir.

YeŒil mineraller içersindeki nikel tenörü istisnai olarak % 35'e yükselir. Nikel, yeŒil renk ile kendini belli etmekle beraber hidroksit bakımından zengin demirli ve nikelli bileŒikler içersinde tamamen kamufle edilmiŒ vaziyettedir. Yapılan sentezlerde antigorit, nikel hidroksit ve silisten teŒekk l eder. Bu iki yapıcının tabiatta muhtelif Œekillerde dağılarak bazen sadece antigoritten, bazende antigorit ve hidroksitlerden m teŒekkil mineraller meydana getirmesi normaldir. Bu tip minerallerin nikel tenörleri % 8-10'a kadar yükselebilir. Bugünkü iŒletmeler genellikle Limit tenor olarak % 3 Ni civarını kabul ederler.

Bed-rock üzerindeki nikel konsantrasyonları bu kayaların çatlaklarında, g  klerinde ve gayri muntazam yerlerinde yerleŒirler. Kayaların yüzeyleri kalkerlerdeki karstik yapıyı hatırlatır.

Bunun yanında, lateritlerin bilhassa alt seviyelerinde disperse olmuŒ vaziyette % 1-2 Nikel mevcuttur. Lateritler içersindeki bu dağılımın sebepleri tam olarak bilinmemektedir.

Deniz killeri içersinde de % 1 civarında nikel rastlanmaktadır. Bilindiėi gibi iki valanslı nikelin hareket kabiliyeti fazladır. Bu bakımdan büyük bir kısmı tahliye edilerek denize kadar taŒınmıŒtır.

Yeni Kaledonyadaki klasik nikel mineralizasyonunun yanında serpantinlerin ve serpantinli peridotitlerin alterasyonu ile meydana gelen mineralleri ve adanın kuzeyinde altere olduğu belli olmıyan peridotitler içersinde tamamen kamufle edilmiŒ olan ve % 5 Ni (+Co) ihtiva eden mineral tipinde belirtmek yerinde olur.

Rezidüel konsantrasyonlar bir yerden bir yere taŒınıp yeniden depolanabilirler. Yunanistanda Larymna yakınlarında bulunan ve % 0,5-3 Ni ihtiva eden oolitik demir yatağı' trias kalkerleri ile  rt lm Œt r. Bu yatağın, civarda bulunan ultrabazik kayaların ortaya çıkması esnasında teŒekk l eden nikelli lateritlerin mekanik ve kimyevi bir Œekilde taŒınması sonucu meydana geldiği kabul edilmektedir.

Bazik ve ultrabazik kayalara bağb. nikel konsantrasyonları :

özellikle norit, gabro gibi bazik kayalar ile ultrabazik kayalara bağlıdır. Ancak çok nadir olarak peridotit ve piroksenolitli masifler ile münasebetleri vardır. En çok görülen mineraller pirotn, pentlandit, kalkopirit, pirit ve yer, yer nikelin, millerit, violarit, polidimit, bravoit, gersdorfit, moşerit, kubanit ve valleriit gibi minerallerdir. Platin gurubu metalleri umumiyette piroUn, pentlandit ve nikelli pirit gibi minerallerin içersinde kamufle edilmiş vaziyette bulunurlar. Kimyasal bakımdan nikel bakıra hakim vaziyetde olup kobalt umumiyetle nadirdir.

Sudbury (Kanada):

Dünya nikel istihsalı büyük bir kısmı bu yataklardan elde edilir. Jeolojik bakımdan Bushveld (Afrika) masifine benzer. Çevresinde noritleri, daha içlerde mikro pegmatitleri ihtiva eden bir teşekkül olup noritlerden pegmatitlere geçiş tedricidir. Mineralizasyon genellikle norttlerin ait seviyelerinde ve bilhassa en kaim olduğu güney kenarında görülmektedir. Kenarlarda bulunan cevherli zonlarda mineral ile norit arasındaki geçiş tedrici olup norit birçok damarcıklar tarafından katediimiştir ve breşik bir yapıya sahiptir. Mineralizasyonun büyük bir kısmı ise taban formasyonları ' içine nüfuz etmiştir. İstetilen cevher % 2,5-3 Ni, •% 1,5-2 Cu, 3-8 gram/ton Ag, 0,2 gram/ton pt ve pt gurubu metalleri ve 0,005 gram/ton Au ihtiva etmektedir.

Petsamo (Rusya):

Diyabaz ve keratofir akmtüarmji havi bir fÜlad serisi içinde gabro, piroksenit ve serpantin masiflerinin kantağında bulunur. Bunlardan fillad serisi ile serpantinlerin kantağında bulunan mineralizasyon 2-6 metre kalınlıkta) olup % 1,7 Ni ve % 1,3 Cu ihtiva eder.

Netice olarak bu tip Ni-Cu-Pt yatakları bilhassa antekambrien kaidelerde kırıklı ve volkanizmalarla örtülü platform zonlarında bulunurlar. Bilinen en büyük yataklar antekambrien veya Yersinien sonrasına aittir. En büyük bazik kayaç kitleleri antekambrien zonlarında dağılmıştır (Bushveld, Sudbury gibi!) ve bu bazik kayaçların büyük bir kısmı norit büşimindedir.

Ni-Cu ve Pt tercihen ferro - magnezien (noritik) magmalar içersinde konsantre olurlar. Peridotit, serpantin ve gabrolarında ana kayaç olduğunu gördüğümüze göre bu kaide kati olmayıp bir eğilimden ibaret olmaktadır. Kronolojik bakımdan antekambrienden daha genç orojenezlerde, bilhassa alpin orojenezinde noritlerden çok daha fazla gabrolar yer almıştır ve bu gaf-

rolar ile onlara refakat eden ufak taneli kayalara bağlı olarak az miktarlarda nikel ihtiva eden ye pratik de daima küçük olan birçok piritli ve bakirli cevher yatağı mevcuttur.

Ultrabazik kayalar içersinde dissémine nikel ve kobalt :

Peridotit ve serpantinlerin büyük bir kısmının nikel tenörü •% 0,20 - 0,25 civarındadır. Takın zamana kadar bu nikel muhtevasının büyük bir kısmının silikatlar içersindeki magnezyum ramplasmanı ile kamufle edileceği düşünülüyordu. Bugün ise hakikat daha farklıdır. Korskanın kuzeyindeki serpantinlerde nikelin yansı silikat şeklinde veya silikatlar içersinde geri alınması imkânsız küçük enklüzyonlar şeklinde dağılmıştır. Fakat diğer yarısı ufak sülfür enklüzyonları şeklinde bulunmaktadır (bilhassa pentlandit heazlvudit, bravoit ve millerit şeklinde). Bu sülfürler genellikle serpantinli ince damarcıklar içinde yer almakta olup depo edilmeleri othidrotasyon fazına bağ* görünmektedir. Bununla beraber başka memleketler de (meselâ Oregonda) serpantinleşme olayından daha sonra teşekkül ettikleri zannedilmektedir.

Nikelli demir :

Aşağı! yukarı FeNi₂ bileşiminde olan nikelli demir avaruit (Fte Nig) ile mukayese edilebilir. Daima serpantinlere bağlı olup ekseriyetle pentlandit ve manyetit ile birlikte bulunur. Amyantla zonlarda boyları 1 cm. yi bulan ufak levhacıklar şeklinde teşekkül edebilir. Serpantinleşme sırasında teşekkül eden nikelli demir pentlanditin oksidasyon mahsülüdür. Bununla beraber bir kısmının, pentlandit safihasından geçmeden doğrudan doğruya serpantinleşmiş olivin damarcıkları içersinde teşekkül ettiği zannedilmektedir. Basa hallerde, asbest işletmelerinde nikelli demir Ve pentlandit gibi süfürlü minerallerdeki nikelden yan mahsul olarak istifade edilebilir.

METALÜRJİSİ :

Hangi nikel minerali olursa olsun nikel tenörü dkima düşüktür, öyleki diğer metallerin, bilhassa demirin mevcudiyeti, nikelin izole edilmiş olduğu bir alaşım elde etmeye meydan vermedikçe nikel, doğrudan doğruya cevheri eritmek sureti ile elde edilemez. Bu nedenle süfürlü bakır minerallerine tatbik edilenlere yakın bazı metodlarla cevheri zenginleştirmek gerekmektedir.

— Gamierit mineralinden nikelin elde edilmesi:

İşlemin prensibi nikelin kükürde olan alakasından istifade etmektir. Mineral kükürt ihtiva etmediğinden kırma ve öğütmeden sonra tatbik edilecek ilk ameliye, ganga eritici * olarak hiz-

met etmesi için, % 20 oranında kalker ile % 10 oranında Jips ilave etmektir. Bu karışım. İlk olarak küvü fırınlarında (Water-jacket) eritilerek kalsiyum sülfat önce sülfür haline indirgenecek, meydana gelen kalsiyum sülfürde nikel oksitlere tesir ederek onları sülfür haline getirecektir. Bu arada kalsiyum silikattan müteşekkil bir cüruf teşekkül etmektedir.

Bu ilk ameliye sonunda sülfürlü minerallerin bileşimine yakın ve nikelin yanında bir miktar demir ihtiva eden sülfürlü bir mat elde edilmiştir. İkinci ameliye olarak demir sülfürü kısmen oksitlemek için reverberli fırınlarında kısmi bir kavurma yapılır. Üçüncü ameliyede kavulmuş, olan mat ihtiva ettiği demir oksidin cürufa geçmesi için hava basıncı altında silis ile beraber konvertisörlerde eritilir. Demir sülfür oksitlenir ve teşekkül eden bu oksidi cüruf haline getirmek için yeniden silis ilave edilir. Neticede sadece nikel sülfür kalmıştır. Reverberli fırınlarında yapılan kavurma ile kükürt yakılır. Bundan sonra yapılacak iş kömür ile oksidi indirmektedir. Oldukça kanşjk olan bu metod 1915 den beri kullanılmaktadır.

—• Sülfürlü ve bakırlı nikel minerallerinden nikelin elde edilmesi :

Birinci ameliye kükürt bakımından daha az zengin bir mahsül elde etmek için «Wedge» mekanik fırınlarında cevherin kavrulmasıdır. İkinci bir kavurma ile demirin bir kısmı tasviye edilecek ve bu tasviye demirin silis muvacehesinde oksitleneceği, konvertisörlerde tamamlanacaktır. Geriye nikel sülfür ve bakır sülfürden müteşekkil bir karışım kalmıştır. Bu karışım kükürt ve oksijeni elimine etmek için önce kavrulur, sonra eritilir. Neticede bir küpro-nikel olan «monel» elde edilmiş olur. Şayet bu karışım sodyum sülfür ile muamele edilirse nikel sülfür ayrılır. Bundan sonra yapılacak iş kavurmak sureti ile kükürdü yakmak ve geriye kalan nikel oksidi kömür muvacehesinde indirmektedir. Böylece elde edilen ham nikel, metali son oksit kalıntılarında da arıtmak için 1/1000 oranındaki magnezyum veya alüminyum ile birlikte bir potanın içersinde eritilerek saflaştırılır. Bu saflaştırma ameliyesi aynı şekilde elektroliz yolu ile de yapılabilir.

Bir hayli eski olan bu metod sonradan yerini ilk olarak İngilterede tatbik edilen «Mlond» metoduna bırakmıştır. Bu metodda nikel ve bakır matı kükürdü elimine etmek için kavrulur. Sonra bakır elimine etmek için bu oksit karışımı sülfürik asit ile muamele edilir. Nikel oksitden hidrojen ile indirgenerek elde edilen nikel belirli bir sıcaklıkta karbon oksit ile muamele edilerek nikel tetrakarbonil şeklinde buharlaştırılır. Sonra tetrakarbonil gazı daha yüksek sı-

caklıkta ısıtılarak son derece saf ve bilhassa her türlü kobalt kalıntısından arı olan nikel elde edilir.

—. Fakir ve silikattı nikel minerallerine tatbik edilen metodlar :

Bilhassa yüksek demir tenörlü lateritler için muhtelif metodlar tatbik edilmiştir. Bunlardan «Caron» metodunda mineral önce 1000°C civarında gazojen gazı ile indirgenir. Böylece ferrik oksit ile karışık metalik halde nikel ve kobalt elde edilmiş olur. Bu karışım amonyum karbonat ve amonyaktan müteşekkil bir solüsyon içersine konarak nikel amonyaklı bir kompleks haline getirilir. Bu amonyaklı solüsyonun »üzülmesi ve buharlaştırılması ile bazik nikel karbonat, bunun kalsinasyonu ile de % 77 nikel ve % 0,58 kobalt ihtiva eden bir kangümü elde edilir. Bundan sonra yapılacak iş muhtelif metodlar ile kimyevi bir ayırma yapmaktır.

TİCARİ KALİTELERİ :

Nikel metalürjisinde kobaltın tamamen elimine edilebilmesi istisnai bir durumdur. Bu nedenle piyasaya sürülen başlıca metal kalitelerinde saflık derecesi Ni+Co formülüne göre garanti edilir. Bu kaliteler aşağıda gösterilmiştir.

Kalite	Saflık derecesi
Elektrolitik nikel	% 99, 95
Nikel A	
(plastik nikel)	% 99,4
Nikel L	«/o 99,4
Kalıp nikeli	% 97 (% 1,6 silisyum)
D, E, F kaliteleri	% 95,2-97,5 (<% 2-4,5 Mn)

ÖZELLİKLERİ, ALAŞIMLARI VE KULLANILDIĞI YERLER:

Aşınmaya karşı mukavemeti :

Kimyevi maddelerden müteessir olmıyan bir metal mevcut değildir. Nikel de bu kaideye uyumla beraber aşınmaya karşı kullandığınız diğer metallere çok daha dayanıklıdır. Çeliğin, bilhassa karbon, kükürt gazlan ve diğer kimyasal maddelerle doymuş olan atmosferin tesirinden çok çabuk müteessir olduğu malumdur. Halbuki nikelin böyle bir atmosfer içersindeki mukavemeti çok yüksektir. Bu nedenle nikel kullanmak sureti ile çeliğin bu dezavantajlarının giderilmesi düşünülmüştür.

— Nikelaj :

Çeliğin ince bir nikel tabakası ile dış tesirlerden korunmasını temin eder. Nikel erimiş halde iken diğer bir metalin üzerine cila şeklin-

de tatbik edilebileceği gibi, metal sıcak iken ince bir nikel levhası ile de kaplanabilir. Sn çok kullanılan nikelaj metodu elektroliz metodudur. Nikelaj bazen istenilen neticeyi vermiyebilir. Bunun sebebi tabakanın çok ince olması, kalınlığının gayrimuntazamlı olması ve kaplamadan evvel alınması gereken tedbirlerin alınmaması gibi bir takım teknik hatalardır. Teknik şartlar yerine getirildiği takdirde nikelaj gayet tesirli bir koruma vasıtasıdır. Korumanın daha tesirli olması için çelik önce bir bakır tabakası ile kaplanır ve sonra nikelaj tatbik edilir. Bir müddet nikelden ziyade krom kullanmanın çareleri aranmıştır. Zira nikel hava ile temas edince parlaklığını kaybetmektedir. Kromda ise böyle bir problem yoktur, önceleri kromajın, nikelajın yerini alması için çalışmalar yapılmış fakat memnun edici neticeler alınamamıştır. Bunun üzerine kalınca bir nikel tabakasının üstüne ince bir krom tabakası koymak cihetine gidilmiştir. Fakat sonra nikelaj ve kromajın beraber kullanılmasının da bir takım mahsurları olduğu görülmüştür. Kromun ince çatlak ve porozite boşluklarında aşınmalar olmuş ve bunun kromun katod, nikelinde anod rolünü oynadığı elektroşimik bir olay neticesi meydana geldiği anlaşılmıştır. Aynı zamanda, aşınmanın kürt emareleri ihtiva eden parlak nikel üzerinde de meydana geldiği görülmüş ve bu nedenle çelik ile parlak nikelin arasında yan parlak bir nikel tabakasının yer alması ile meydana gelen ve «duplex» denilen metod gerçekleştirilmiştir.

Nikelaj, bilhassa çelik üzerine tatbik edilmekle beraber pirinç, alüminyum ve alüminyumlu alaşımlar üzerine de tatbik edilmektedir.

— Paslanmaz çelik

Bu alaşım demir krom ve nikel almak üzere başlıca üç metalden meydana gelir. Krom miktarı % 14-20 arasında, nikel miktarı % 8-12 arasında değişir. Bunun yanında silisyum, manganez, titan, molibden gibi elemanlar da mevcuttur. Pek çok çeşidi olmakla beraber en çok kullanılanı % 18 krom ve % 8 nikel ihtiva edenidir. Bu alaşım metalürjistler tarafından çelik 18/8 olarak isimlendirilmiştir. Atmosferik aşınmaya karşı son derece dayanıldı olduğundan ve parlaklığını kaybetmediğinden çok çeşitli yerlerde kullanılmaktadır. Nikel istihsalinin aşağı, yukarı yansı bu sahada kullanılır.

— Enkonel :

Bu alaşım paslanmaz çelik ile aynı kalitededir. Bileşimi % 80 nikel, % 14 krom ve % 6 demirdir. Atmosferden hiçbir şekilde müteessir olmaz, iç ve dış dekorasyonda kullanılır. Fiyatının yüksek olması fazla kullanılmasını kısıtlayan, bir sebeptir.

—i Küpro - nikel :

Bu sınıftaki alaşımlar atmosferden bir miktar müteessir olurlar. Parlaklıklarını kaybederler, yağmur suyunda leke olurlar. Görünüşleri paslanmaz çelikden daha güzel olduğu için bilhassa iç dekorasyonda kullanılırlar.

En çok kullanılanı «monel» olup % 67 nikel ve % 33 bakır ihtiva eder,

«Silveroid» % 45 nikel, «mayşor» % 30 nikel ihtiva ederler.

Bütün nikel alaşımları ve saf nikel saf suya karşı gayet dayanıklıdır. Fakat kimyevi bakımdan saf olan su pek nadir, olduğundan her cins su için ona en mukavim alaşımı bulmak gerekmektedir. Nikel, hidrojen sülfür veya serbest asit karbonik ihtiva eden sulara karşı dayanıklıdır. Karbonat veya klorür ihtiva eden sulardan ise müteessir olur. Bu tip sulara karşı monel daha dayanıklı olduğundan su sayaçlarında, pompalarda ve sıcak su depolarında daha fazla kullanılır. Tatlı suların çoğuna karşı paslanmaz çelik de dayanıklıdır. Saf olmayan sulara karşı en dayanıldı olan alaşım ise enkoneldir.

Deniz suyuna en dayanıklı olan alaşım gene enkoneldir. Ancak su çok durgun olduğu takdirde aşındırıcı tesirini gösterebilir. Deniz suyuna karşı saf nikel de oldukça dayanıklıdır. Fakat paslanmaz çelik hareketli deniz suyundan bile müteessir olmaktadır.

Buhar ırnevuubahis olunca kısmen dayanıklı olan monel hariç, başka alaşımlar kullanmak gerekmektedir. Buharın aşındırıcı tesirlerine karşı en dayanıldı olan alaşım alüminyumlu Mr küpro-nikel olan monel K dır. Bu alaşım % 68 nikel, % 28 bakır ve % 4 alüminyum ihtiva eder. Bu sahada kullanılan diğer bir alaşım A. T. V. olup % 34 nikel, % 12 krom ihtiva eden bir çelik tipidir.

Gıda sanayiindeki yeri

Bu sahada kullanılan malzemeler organik asitlere karşı son derece dayanıldı olmalıdırlar. Nikel ve alaşımları birçok hallerde bu ihtiyaca karşılayabilmektedir. Saf nikel çok yüksek sıcaklıklarda asetik, formik ve tartarik asitlerden müteessir olmakla beraber bir çok gıda maddelerine karşı dayanıklıdır. Müşahade edilen bir husus da sütün, ısıtılırken nikel tesir etmemesi, buna mukabil soğuma esnasında tesir etmesidir. Monel asetik asit ve organik asitlerin çoğuna karşı saf nikelden daha dayanıklıdır. Bu nedenle konserve sanayiinde geniş çapta kullanılır. Enkonel, bilhassa süt ve meyva sulan gibi gıda maddelerinin tesirine mukavemet etmesi için bulunmuştur. Organik asitlere karşı son de-

rece dayanıklıdır. Ancak konsantre ve sıcak asetik asit ve formik asitten müteessir olur. Konserve sanayiinde, sirke ve şarap imalinde, sütün pastörize edilmesi ve naklinde kullanılır.

Kimya sanayiindeki yeri :

Klorhidrik asit ve hipokloritlere en dayanıklı alaşım % 3 molibdenli paslanmaz çeliktir.

— Hastelloy :

Molibden, krom, demir, bakır, alüminyum, silisyum ve *% > 55-85 nikel ihtiva eden bir alaşımdır. Sülfurik asit ve klorhidrik asitten çok az müteessir olan bu alaşım kimya sanayii için özel surette hazırlanır.

— Dökümler:

% 13 - 20 nikel ihtiva ederler. Yüksek sıcaklıklarda dahi kimyevi tesirlere karşı dayanıklıdır. Bilhassa petrol rafinerilerinde, madenlerde, motor silindir gömlekleri imalinde ve kimya endüstrisinde kullanılırlar.

— Nikel-krom alaşımlar*':

% 80 nikel, % 20 krom ihtiva ederler demirli olan tipi % 65 nikel, % 15 krom, % 20 demir ihtiva eder. Bilhassa yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır.

— Nikel -manganez alaşımları (% 4 Mu).

Bilhassa hafif sülfürlü oksitleyici sıcak gazlara karşı dayanıklıdır.

Yüksek Mekanik ÖzelUktari :

Nikel girmiş olduğu alaşımlara dayanıklılığın yanında mekanik özellikleri bakımından da bazı avantajlar kazandırır. Kullanış sahasının bu kadar geniş olması da bu yüzdendir. Şimdi yüksek mekanik Özellikler elde etmek amacı ile yapılan bazı nikel alaşımlarını gözden geçirelim.

— İnşaat çelikleri

% 0,5-5 nikel ihtiva ederler. Çok yüksek mekanik özelliklere sahiptirler. Bazen krom, molibden ve manganez de ihtiva edebilirler. Makina, zırh ve muhtelif aletlerin imalinde kullanılır.

— • Nikel -krom - molibden ve karbonlu çelikler % 1,5-3 nikel, % 0,5'-0,7 krom, % 0,1 0.5 molibden ve •% 0,10 - 0,20" karbon ihtiva ederler. Mekanik özellikleri çok yüksektir. Muhtelif metalik inşaatlarda ve bilhassa gemi inşaatında kullanılırlar.

— Nikel ve kromlu kalıp çelikleri

% 1 - 4 nikel, % 0 - 2 krom ihtiva ederler. Mekanik özellikleri karbonlu çelikten daha üstündür.

% 9 nikelli çelik çok düşük sıcaklıklara karşı mukavimdir.

— Perlitik strüktürlü gri dökme demirler :

En fazla % 3 nikel ihtiva ederler. Mekanik özellikleri dökme demirden üstündür.

— Martensitik dökme demir :

% 4'-10 nikel ihtiva eder. Sertliği çok yüksek olup makina imalatında geniş çapta kullanılır.

Nikel çelik metalürjisinde olduğu gibi alüminyum metalürjisinde de bol miktarda kullanılmaktadır. Alüminyum - nikel alaşımlarına genellikle hafif alaşımlar denir. Nikel alüminyumun mekanik özelliklerini ve sıcaklığa karşı olan mukavemetini arttırmaktadır. Bilhassa uçak ve gemi motorlarının imalinde kullanılırlar.

En yüksek mekanik özelliklere sahip alaşımlar nikel yüzdesi esas olan alaşımlardır. Bunlardan % 98 nikel ihtiva eden nikel 2 alaşımının sertliği ve çekme mukavemeti çok fazladır.

Genleşme özelliği :

Genel olarak bütün metaller sıcaklık arttığı zaman genleşirler. Ferro-nikel alaşımlarının, bu özelliği ise çok enteresandır. % 36 nikel ihtiva eden bir ferro'-nikel alaşımı lineer olarak hiçbir genleşme göstermez. Bu nedenle değişmeyen alaşımı olarak isimlendirilmiştir. Bilhassa saat sanayiinde, jeodezi aletleri ve bazı otomobil parçalarının imalinde kullanılır.

Düşük sıcaklıklardaki mukavemeti :

Adi çelik - 150°O- (- 200°C) de çatlamaya başlar. Bu olay likid gazların depolanması için yapılan kaplarda büyük tehlikelere sebep olmuştur. Bu nedenle uzun müddet araştırmalar yapılmış ve neticede bilhassa likid metan depolarının imali için çok düşük sıcaklıklara karşı dahi son derece dayanıklı olan, % & nikel ihtiva eden bir çelik imal edilmiştir.

Nükleer enerji çalışmalarındaki yeri :

Nikelli çelikler nükleer reaktörlerde struktur malzemesi (cihazın çalışmasında pasif rol oynayan malzeme) olarak kullanılmaktadırlar. Bilhassa içine reaktörlerin konulduğu küvler, zırhlar, soğutma sularının dolaştığı tüpler ve yamçı maddelerin muhafazaları bu alaşımlardan ya-

pıfırmaktadır. Bu son kullanım yeri çok önemlidir. Zira muhafaza reaktörünün içindeki atomik artıkların dağılmasını önleyeceği gibi, yakıtta uranyum veya uranyum oksit) korozyona karşı korumaktadır. Bu konuda bir çok metal rekabet etmekle beraber bilhassa kaynar su ve yüksek basınçlı reaktörlerde mekanik mukavemeti, aşınmaya karşı olan dayanıklılığı ve yüksek erime sıcaklığından dolayı paslanmaz çelik kullanılmaktadır.

Nikel muhtelif şekillerde füze ve satelitlerin yapımında kullanılmaktadır. Fakat, bütün bunlar gizli tutulduğundan bu konuda detaylı bir bilgiye sahip olunamamaktadır.

Elektronik sanayiindeki yeri :

— Radyo sanayii : Saf nikel radyofonik lâmbaların imalinde geniş çapta kullanılmaktadır. Aynı şekilde konel, demir - nikel - tungsten, demir - nikel - kobalt alaşımları ve % 5 nikel ihtiva eden nikel - platin alaşımı da bu sahada kullanılmaktadır.

— Rezistanslar : Sıcaklık artışı, ile metalin dayanıklılığının azalmaması gereken sahalarda birçok nikel alaşımı kullanılmaktadır. Bunlardan bilhassa manganezi! nikeller ve küpro-nikeller 500°Cye kadar hassas işlerde kullanılırlar. Bununla beraber rezistans imalinde en çok kullanılan alaşımlar nikel-krom alaşımlarıdır. En mükemmelleri % 80 nikel ve % 20 krom ihtiva edenidir. Fakat daha ucuz olması bakımından nikel - krom - demir (% 65 Ni, % 15 Cr, % 20 Fe) alaşımları da kullanılır. Nikel-krom alaşımları 1050° C -1200° C sıcaklıklar arasında, nikel - krom - demir alaşımları ise normal 900°C de olmak üzere maksimum 1100°Cye kadar kullanılırlar. *

— Reostalar : Reosta telleri aşağı, yukarı rezistanslar kadar dayanıklı olmalıdır. Bunun için gene nikel-krom alaşımları kullanılır. Ancak, yüksek ergime sıcaklığına lüzum olmadığı için maygor veya % 50 nikel ihtiva eden bazı küpro - nikellerde bu sahada kullanılır.

— Mıknatıslar : Bilhassa nikelli çelikler kullanılır. Başlıcaları :

1 — % 10-40 Ni ve <% 5-20 Al İhtiva eden çelikler,

2 — % 20 Ni, % 10 Al ve % 10 Co ihtiva eden çelikler,

3 — % 10-25 Ni, m 15-20 Co ve «fo 8-25 Tl ihtiva eden çeliklerdir.

Elektrik ve radyo sanayimde bilhassa nikel ve alüminyumlu (Alniko) mıknatıslar kullanılmaktadır.

— Akümülatörler : Bilhassa alkalin akümülatörlerde nikel - demir ve nikel - kadmiyum alaşımları şeklinde kullanılır.

— Yüksek manyetik permeabiliteye sahip parçalar : Bu özellik bilhassa ferro - nikel alaşımlarında görülür. Bunlar arasında en fazla manyetik permeabiliteye sahip olan % 79 Ni, % 5 molibden % 15 Fe ihtiva eden ve «supermally» denilen alaşımdır. Bilhassa telsiz, telefon ve ölçü aletlerinde kullanılır.

Muhtelif sahalardaki yeri :

Şimdiye kadar birçok , milletler paralarında nikel kullanmışlardır. Bunların en eskisi Baktrian paraları olup aşağı! yukarı yirmi asır evveline aittir. 1903 de Fransa'da saf nikelden paralar yapılmıştır. Kuyumculukta her zaman kullanılmıştır. Mayşor alaşımı bilhassa çatal, kaşık, tepsi, çaydanlık v.s. yapmakta kullanılmaktadır. Altın ve gümüş, gibi kıymetli metaller ile olan alaşımları kuyumculukta bol miktarda kullanılır. Oksit halinde bilhassa seramik, cam ve boya sanayiinde kullanılmaktadır.

COĞRAFÎ DAĞILIMI, DÜNYA İSTİHSAL VE İSTİHLAKI

Oldukça yakın zamanlarda başlayan nikel tarihinde ilk büyük hadise 1880 yılında yeni Kaledonya'daki yatakların işletmeye açılması olmuştur, önceleri çok yavaş inkişaf eden çalışmalarla ikinci dünya harbine kadar ancak 6000 ton metal istihsal edilebilmiştir. Bir ara çok daha aşağıya düşen istihsal 1947 den itibaren yeni hamleler ile inkişaf etmiş ve 1953 de 17.000 ton, 1960 da 50.000 ton ve 1969 da 81.000 ton cevher çıkarılmıştır.

Nikel tarihindeki ikinci büyük hadise Kanada'daki Sudbury yatağının bulunmasıdır. Daha sonra Manitoba'daki Thompson nikelli pirit yatağının da işletmeye açılması ile Kanada istihsalini 1960 senesinde 193.812 ton'a çıkararak dünya istihsalinin 2/3 ü gibi büyük bir kısmına hakim olmuştur. Sonralar danada yükselen istihsal 1965 de 235.000 ton'a çıkmış fakat 1969 da 192000 ton'a düşmüştür.

Rusya, Ural, Sibirya, Kola yarımadası ve Petohtenga'daki yatakları ile cevher istihsalini son senelerde 100.000 ton civarına çıkarmıştır.

Amerika birleşik devletleri zengin nikel yataklarına sahip olmamakla beraber diğer metallerde bulunan nikeli almak sureti ile 10.000 ton civarında olan bir istihsal kapasitesine ulaşmıştır.

Oldukça mühim olan kaynaklardan biride Küba'daki yataklardır. Senelik istihsal 1957 de 20.000 tona çıkmış, sonra azalmıya (başlamış, daha sonraları yeniden yükselerek 1965 de 27.000 ton ve 1969 da 37.000 tonu bulmuştur.

Daha sonra bulunan yataklar arasında Finlandiya'daki Leppavirta madenini, Filipinlerdeki yatakları (rezerv % 1,38 nikelli olup 29 milyon ton olarak hesaplanmıştır) ve Yunanistan'da Larymma, Skyros ve Eubee adalarındaki yatakları sayabiliriz.

Dünya nikel cevheri istihsali (metal muhtevası olarak) 1874 senesinden bu yana su safhalardan gefemiştir :

1874	300 ton	1960	330000 ton
1892	5000 ton	1965	428500 ton
1906	22000 ton	1966	410400 ton
1929	66500 ton	1967	455900 ton
1937	120000 ton	1968	513600 ton
1951	148000 ton	1969	480100 ton

Dünya nikel istihsalinin (1964 senesinden, bu yana) cevher ve metal olarak muhtelif kıtalara ve memleketlere göre d&ğhını aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Muhtelif memleketlerde çıkarılan cevherin mühim bir kısmının başka memleketlerde işlendiği de bu tablolardan görülmektedir.

Cevher olarak dünya Dikel istihsali (metal muhtevası) 100 m. t.

	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Avrupa						
Finlandiya	3,2	3,0	2,9	3,4	3,2	3,6
Yunanistan	—	—	0,1	2,5	4,7	5,4
Afrika						
Güney Afrika	3,5	3,5	7,8*	7,8	8,0	8,5
Rodezya	0,2	0,2	0,2	0,2	1,5	2,0
Asya						
Endonezya	1,7	3,6	3,9	5,1	7,9	8,0
Amerika						
Kanada	207,3	235,1	202,9	225,6	239,4	192,7
U.S.A.	11,1	12,3	12,0	13,3	13,7	-13,7
Küba	22,4	27,3	25,9	26,6	30,0	37,0
Brezilya	1,0	1,1	1,4	1,0	1,0	1,0
Okyanusya						
Yeni Kaledonya ...	58,2	57,«	62,8	67,8	88,1	81,0
Avustralya	—	—	—	2,1	4,6	10,7
Diğer memleketler						
S.S.OB	80,0	80,0	85,0	95,0	105,0	110,0
Polonya	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5
diğerleri	3,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0
Toplam	393,4	428,5	410,4	455,9	513,6	480,1

Metal olarak dünya nikel istihsalı (bin metrik ton)

	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Avrupa						
Finlandiya	2,9	2,8	3,0	3,0	3,3	3,7
Fransa	8,1	8,2	12,8	12,7	10,3	9,5
Batı Almanya	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Yunanistan	—	—	0,1	2,5	4,7	5,4
Norveç	30,1	31,8	32,2	28,2	32,1	35,6
İngiltere	38,0	40,5	37,5	38,6	41,7	29,7
Asya						
Japonya	27,5	26,1	29,8	42,8	54,7	65,0
Afrika						
Güney Afrika	2,5	3,0	7,8	7,8	8,0	8,5
Amerika						
U.S.A	12,5	13,6	13,6	13,4	14,8	15,5
Kanada	139,5	160,4	127,0	149,7	153,1	123,1
Küba	22,9	27,4	26,0	26,6	30,0	37,0
Brezilya	0,9	1,1	1,4	1,0	1,0	1,0
Okyanusya						
Yeni Kaledonya	13,3	15,6	20,3	20,7	22,4	23,9
Diğer memleketler						
S.S.C.B	80,0	80,0	85,0	95,0	105,0	110,0
Diğerleri	4,5	4,5	5,5	6,0	6,0	6,0
Toplam	383,5	415,3	402,3	450,3	487,4	474,4

Nikel istihlâk eden ülkelerin başında Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. Bu ülkede 1960 senesine kadar görülen en yüksek rakam 1956 senesine ait olup 115000 tondur. Bu da Kore harbi eiralanna rastlamaktadır. 1958.de çok aşağı düşen bu miktar 1960 da 98120 ton, 1965 de 156100 ton, 1969 da 128900 ton olmuştur.

Rusya nikel istihlâkında ikinci sırayı iggal etmekte olup 1960 istihlâki 60.000 ton, 1969 istihlâki 110.000 ton civarındadır.

Bu iki devletten sonra 1969 da 68.000 ton ile Japonya, 35.000 ton ile Almanya, 31.800 ton ile Fransa ve 24.900 ton ile İngiltere gelmektedir.

Kanada başlıca istihsal memleketi olduğu halde 1969 istihlâki 8.000 ton civarındadır.

Dünya istihlâkına gelince 1946'da 110.000 ton iken 1960'da 270.000 tona, 1965'de 428.400 tona ve 1969'da 482.200 tona yükselmiştir.

Aşağıdaki tabloda dünya nikel istihlâkinin muhtelif memleketlere göre dağılımı görülmektedir.

DÜNYA NİKEL. PİYASASINA HAKİM OLAN FİRMALAR

Dünya nikel istihlâlinin büyük bir kısmı Anglo - Saxonne aneşeiili şirketlerin telinde bulunmaktadır.

International Nickel : Sudbury maden yatağı önceleri sadece bakır için işletilmekte idi

(1887). Cevherin fakir oluşu kısa zaman sonra bir takım güçlükler doğurmaya başlamıştı. Bu sıralarda şirketin kimyagerlerinden birisi izabe kalıntılarını analiz etmeyi düşündü ve zengin nikel kaynağı böylece keşfedilmiş oldu. Bu keşif tam zamanında olmuştu. Zira ilk nikelli çelikler bu sıralarda yapılmaya başlamıştı. Bu nedenle mali kaynaklar Sudbury ile alâkadar olmaya başladılar. Şirket genişliyerek önce «Mond Nickel» sonra «International - Nickel» adını aldı. Kanada menşeli maM' kaynakların yanında İngiliz mensem «Imperial Chemicals» ve Amerikan menşeli «Dupont de Nemours» şirketleri de işin ifeine girdiler. International Nickel daha sonra Thompson madenini de Sudbury'ye ilâve ederek, Fransa'nın yeni Kaledonya istihsalini elinde tutmasına ve Rusya'da da yeni yatakların bulunması ile istihsalin son senelerde bir hayli artmasına rağmen, uzun bir zaman dünya nikel istihsalinin 2/3 gibi büyük bir kısmını elinde tutacak duruma geldi.

DÜNYA NİKEL. FİYATLARI

1916 senesinde Londra borsasında 1 long ton (1016 kg.) 225 fye ve 1931de Sterlinin devalüasyonu ile 232 fye kadar yükselmiştir. 1938de yeniden 182 fye düşmüş ve ikinci dünya harbi sırasında 190 f civarında kalmıştır. Bu sırada New-york borsasında 453 gramı (1 libre) 35 cents civarında idi.

Dünya nikel istihlâki (1000 metrik ton) '.

	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Avrupa						
Avusturya	3,2	3,3	4,1	5,0	3,8	4,5
Belçika	1,5	1,2	1,4	1,3	1,5	1,6
Danimarka	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Finlandiya	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Fransa	20,5	21,0	24,5	28,7	30,7	31,8
Almanya	25,6	30,7	33,6	31,0	35,1	35,5
İtalya	8,5	9,3	12,8	14,4	17,4	16,2
Hollanda	0,6	0,7	0,8	0,5	0,9	0,6
Norveç	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7
İspanya	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	1,9
İsveç	13,1	13,1	13,5	15,5	16,0	15,0
İsviçre	1,0	1,0	1,4	1,1	1,6	2,1
İngiltere	38,1	36,9	34,4	30,5	33,1	24,9
Diğerleri	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Afrika	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Asya						
Japonya	30,4	26,9	36,1	50,5	59,2	68,0
Diğerleri	1,4	0,8	1,0	1,0	1,5	1,6
Amerika						
Kanada	6,3	8,1	7,8	7,9	8,0	8,0
U.S.A.	133,3	156,1	170,4	157,7	144,5	128,9
Diğerleri	1,6	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0
Avustralya	2,6	2,5	2,9	3,0	3,5	3,5
Diğer memleketler						
S.S.C.B.	108,0	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0
Diğerleri	108,0	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0
Toplam	398,1	428,4	467,7	477,4	491,4	482,2

1948 de Londra borsasında 224 £, New-york borsasında 40 cents'e yükseldi. 1949 da devalüasyon dolayısı ile Londra borsasında 321 fye yükseldi. New-york borsası ise değişmedi ve 40 cents olarak kaldı. 1950 d© Londra borsasında 406 fye, New-york borsasında da 50,50 cents'e yükseldi. 1951de Londra'da 454 £, New-york da 56,50 cents, 1957 de Londra'da 600 £, New-york da 74 cents oldu ve 1960 senesine kadar aynı seviyede kaldı. 1964 de New-york borsasında 80,50 cents oldu ve 1968 de 94 cents'e yükseldi. Londra borsasında 1966 da 702 £, 1967 de 773 £ ve 1968 de 902 £ ye yükseldi. 1969 da Londra borsasında 986 £, New-york borsasında da 103 cents'e yükseldi. 1970 yılındaki fiyatlar ise Londra borsasında 1200,50 £/ton, Newyork borsasında 128 cents/lb civarındadır.

BİBLİOGRAFYA :

WELLS, R. C. 1943 — Relative abundance of nickel In the earth's crust.
 LUNDEGARDH, P. H. 1949 — Aspects to the geochemistry of chromium, cobalt, nickel and zinc.
 HAWKES, H. E. 1957 — Principles of geochemical prospecting.

WARD, LAKtN, CANNET, 1963 — Analytical methods used in geochemical exploration toy the U.S. geological survey.
 GOLDSCHMtdT V. M. 1954 — Geochemistry.
 RANKAMA, SAHAMA, 1955 — Geochemistry.
 GUİLLEMÎN, C, OVTRACHT A. 1960 — Eléments natifs, sulfures et sulfosels.
 RAGUÎN, E. 1949 — Géologie des gîtes minéraux.
 ROUTHtER, P. 1963 — Les gisements métallifères. Cilt 1, 2.
 COHEN, G. 1962 — Le cuivre et le nickel.
 DANA E. S. 1944 — The System of minéralogie. Cilt 1.
 BATEMAN, A. M. 1955 — Economie minerai deposits.
 MtNERAIS ET METAUX — Annuaire 1960, 1965.
 METAL STATISTICS — 1967.
 WORLD METAL STATISTICS — July 1970.
 MINERAL FACTS AND PROBLEMS — 1965.
 ENGINEERING AND MINING JOURNAL — (1968-1970).