



**ETİ HOLDİNG A.Ş.  
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**FERRO BOR  
ÖN FİZİBİLİTE ETÜDÜ**

**PLANLAMA VE BİLGİ İŞLEM  
DAİRESİ BAŞKANLIĞI**

**Mayıs 2003  
ANKARA**

**HAZIRLAYAN : M.HİLMİ ANGIN ( Araştırma ve Planlama Müdürü)**

**ONAYLAYAN: ALİ SAPMAZ ( Daire Başkanı)**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
EXECUTIVE SUMMARY	i
YÖNETİCİ ÖZETİ	1
I. FERRO BOR'UN TANITIMI VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ	3
II. FERRO BOR ÜRETİM PROSESLERİ	4
III. FERRO BOR KULLANIM ALANLARI	7
III.1. ÇELİK ÜRETİMİNDE FERRO BOR	7
III.2. SÜREKLİ MANYETLER VE FERRO BOR	9
III.2.1. SÜREKLİ MANYET SANAYİNDE FERRO BOR TÜKETİMİ	9
III.2.2. SÜREKLİ MANYETLERİN GELİŞİMİ VE ÖZELLİKLERİ	9
III.2.3. Nd-Fe-B MANYETLERİNİN KULLANIM YERLERİ	10
III.2.4. Nd-Fe-B MANYETLERİNİN DÜNYA ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ	12
III.2.4.1. Japonya'nın Üretimi	13
III.2.4.2. Çin'in Üretimi	14
III.2.4.3. ABD'nin Üretimi	15
III.2.4.4. Avrupa ve Diğer Ülkeler	15
III.3. DÖKME DEMİRLERDE FERRO BOR	16
III.4. AMORF METALLERDE FERRO BOR	16
IV. DÜNYA GENELİNDE FERRO BOR ÜRETİM ,TÜKETİM VE FİYATI	17
IV.1. DÜNYA FERRO BOR TÜKETİMİ	17
IV.2. DÜNYA FERRO BOR ÜRETİMİ	19
IV.3. ÜLKELERE GÖRE FERRO BOR ÜRETİM VE TÜKETİMİ	19
IV.3.1. JAPONYA	19
IV.3.2. AVRUPA	21
IV.3.3. ABD	21
IV.3.4. KANADA	22
IV.3.5. TÜRKİYE	22
IV.3.6. ÇİN HALK CUMHURİYETİ	23
IV.3.7. DİĞER ÜLKELER	23
IV.4. FERRO BOR FİYATLARI	24
V. DÜNYA FERRO BOR ÜRETİCİLERİ	25
V.1. METALLURG INC.	25
V.1.1. LONDON & SCANDINAVIAN METALLURGICAL CO.	25
V.1.2. SHIELDALLOY METALLURGICAL CORP.	26
V.1.3. GfE GESELLSCHAFT für ELEKTROMETALLURGIE	26

<b>V.2. EAGLE-PICHER TECHNOLOGIES</b>	<b>27</b>
<b>V.3. F.W.WINTER</b>	<b>27</b>
<b>V.4. GALT ALLOYS</b>	<b>27</b>
<b>V.5. AMERICAN ELEMENTS CORP.</b>	<b>27</b>
<b>V.6. CHEMALLOY CO.</b>	<b>28</b>
<b>V.7. REACTIVE METALS &amp; ALLOYS CORP.</b>	<b>29</b>
<b>V.8. ATOMERGIC CHEMETALS CORP.</b>	<b>29</b>
<b>V.9. NIPPON DENKO</b>	<b>29</b>
<b>V.10. KOBELCO (KOBE) STEEL</b>	<b>30</b>
<b>V.11. TAIYO KOKO</b>	<b>31</b>
<b>V.12. JAPAN METALS &amp; CHEMICALS</b>	<b>31</b>
<b>V.13. AWAMURA METAL INDUSTRY</b>	<b>31</b>
<b>V.14. STEIN FERROALEACIONES SACIFA</b>	<b>31</b>
<b>V.15. HONGWEI FERRO BORON-ALLOYS CO.</b>	<b>32</b>
<b>V.16. LIAOYANG FERROALLOY (GROUP) CO.</b>	<b>32</b>
<b>V.17. LIAOYANG INTERNATIONAL BORON ALLOY CO.</b>	<b>32</b>
<b>V.18. HEBEI JINDU FERROALLOY CO.</b>	<b>33</b>
<b>V.19. JIANGXI JIAXUN TUNGSTEN CO.</b>	<b>33</b>
<b>V.20. JILIN FERROALLOYS GROUP CORP.</b>	<b>33</b>
<b>V.21. ACME FERRO ALLOYS LTD.</b>	<b>33</b>
<b>V.22. L.R. FERRO ALLOYS PRIVATE LTD.</b>	<b>33</b>
<b>V.23. MINEX METALLURGICAL CO.</b>	<b>33</b>
<b>V.24. MOLDEX INDUSTRIES</b>	<b>34</b>
<b>V.25. KOVOHUTE Mnisek</b>	<b>34</b>
<b>V.26. FESIL ASA</b>	<b>34</b>
<b>VI. MALİYETLER</b>	<b>35</b>
<b>VI.1. ÜRETİLECEK ÜRÜN, KAPASİTE VE İLK YATIRIM</b>	<b>35</b>
<b>VI.2. ÜRETİM PROSESİ VE GİRDİLER</b>	<b>35</b>
<b>VI.3. BİR TON ÜRÜNÜN MALİYET HESABI</b>	<b>35</b>
<b>VI.4. FİYAT VE SATILACAK MİKTAR</b>	<b>36</b>
<b>VI.5. PROJENİN MALİ ANALİZLERİ (Elek. Enerj.= 8 Cent/kwh)</b>	<b>36</b>
<b>VI.6. PROJENİN MALİ ANALİZLERİ (Elek. Enerj.= 6 Cent /kwh)</b>	<b>38</b>
<b>APPENDIX 1. ÇİN'İN FERRO BOR TÜKETİMİNİ HESAPLAMA METODU</b>	<b>40</b>
<b>YARARLANILAN KAYNAKLAR</b>	<b>41</b>

# **EXECUTIVE SUMMARY**

## **PROPERTIES AND PRODUCTION TECHNOLOGY OF FERRO BORON**

Ferro Boron is an iron-boron alloy containing 10-20 percent of boron by weight. It is a glossy silky substance. However, if it remains in humid air for long, ferro boron loses its glossy silky colour and it is transformed into a dull grey containing red spots.

Ferro boron was first manufactured in 1893 by Henri Moissan in a carbon lined and single phase electric arc furnace. Today, commercial production is made by two main processes. These are carbothermic reaction and aluminothermic reaction.

Carbothermic production of ferro boron is conducted in electrical arc furnaces. The raw materials fed into the arc furnace are boric acid, carbon and iron powder. Aluminothermic production of ferro boron is conducted in Ladles. The raw materials fed into the ladle are boric acid, iron ore, aluminium powder and sometimes magnesium powder.

## **APPLICATIONS**

Ferro boron is used in the manufacture of steel, cast iron, permanent magnets, and amorphous metals.

More than 50 percent of the ferro boron produced over the world is consumed in steel industry. For instance, 1715 metric tons of ferro boron was consumed in USA in 1999. Of this amount, 1224 metric tons was used for steel production.

Boron element is given to the steel by adding ferro boron into molten metal in a ladle. The existence of very small amounts of boron in the steel increases the hardenability of the steel and provides precipitation hardening.

Boron is added to the compositions of some stainless steels, micro alloyed and low alloyed steels, and some carbon steels produced for certain purposes. Boron is added in the rates of 0.0005-0.003 % into some carbon steels, micro alloyed and low alloyed steels.

Ferro boron consumed in the production of Nd-Fe-B permanent magnets accounts for 10 % of the total world consumption of ferro boron. This industry uses about 1000 metric tons of ferro boron annually.

## **WORLD CONSUMPTION AND PRICES**

The world consumption of ferro boron was 8563 metric tons in 1998. Of this total, 1885 tons was consumed in Japan, 1746 tons was consumed in the USA, 1711 tons was consumed in the European Union 12 countries, 1412 tons was consumed in China, and the remaining was consumed in other countries.

Within Europe, the price of ferro boron originated from Europe was US\$ 1800 per metric ton in July 2002. This price is valid for a lot size of 10 tons. The product contains 17-20 % boron, 0.5 % C, 0.2 % aluminium and 0.5 % silicon.

If it is estimated that the average price over the world is US\$ 2300 per ton, the world market of ferro boron becomes 20 million US Dollars per year.

### **PRODUCERS OVER THE WORLD.**

Through the literature survey, it has been found out that ferro boron is produced by 28 companies over the world. The capacities of only 8 companies have been found out. Total capacity of the 8 companies is 29500 m.t. per year.

### **FINANCIAL HIGHLIGHTS OF THE PROPOSED INVESTMENT**

It is proposed that a ferro boron plant with an annual capacity of 4.000 m.t. should be installed in Turkey. The amount of the fixed investment is 4 million US\$. It is planned that the product will contain 18 % B, 1.5 % Si, 0.9 % C.

If the cost analysis are based on the current prices of the inputs, then the following financial results are obtained. (Note that the electricity price is 8 Cent per kwh).

- Operating cost becomes 1473 US\$/ton at the full operating rate. Electricity accounts for 40 % of this cost, while boric acid accounts for 34 %. It appears possible that the ferro boron will be sold in world markets at a price of 1750 US\$/metric ton.
- Net Present Value of the project is US\$ 5.400.000. Internal Rate of Return is 14.5 %, cut off rate is 39 %, pay back period is 9 years.

If the electricity price is reduced to 6 Cent per kwh, then the financial results become as following:

- Net present value : 9.111.000 US\$
- Internal Rate of Return : % 19.5
- Pay back period : 6 years
- Cut Off Rate : % 29

## YÖNETİCİ ÖZETİ

### **FERRO BOR TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ:**

Ferro bor ağırlık bakımından %10-20 arasında bor ihtiva eden bir demir-bor alaşımıdır. Ferro bor parlak gümüş rengindedir. Ancak uzun süre rutubetli havada kalırsa, parlak gümüş rengi kaybolur ve yüzeyin rengi kırmızı lekeler içeren mat griye dönüşür.

Ferro bor ilk olarak 1893 yılında Henri Moissan tarafından karbon astarlı ve tek fazlı bir elektrik ark fırınında elde edildi. Günümüzde ticari boyutlu ferro bor üretimi iki ana metotla yapılmaktadır. Bu metotlar; karbotermik reaksiyon ve alüminotermik reaksiyon metodlarıdır.

Karbotermik reaksiyonla ferro bor üretimi elektrik ark fırınlarında yapılır. Ark fırınına şarj edilen hammaddeler; borik asit, kömür ve demir tozudur. Alüminotermik reaksiyonla ferro bor üretimi ise potalarda yapılır. Alümino termik reaksiyon için potaya borik asit, demir cevheri, alüminyum tozu veya bazen magnezyum tozu yüklenir.

### **KULLANIM YERLERİ:**

Ferro bor ; çelik, dökme demir, sürekli manyetik malzemeler ve amorf metallerin üretiminde kullanılır.

Dünyada üretilen ferro borun yarısından daha fazlası çelik üretiminde kullanılır. Örneğin ABD'de 1999 yılında kullanılan ferro bor miktarı 1715 tondur. Bunun 1224 tonu çelik üretiminde kullanılmıştır. Çeliğin kompozisyonuna bor katılması, fırından potaya alınan sıvı çeliğin içine ferro bor ilave etmekle sağlanır. Çok düşük oranlarda katılan bor ; çeliğin su alma derinliğini artırır ve ayrıca çökeltme sertleşmesi sağlar. Dünyada bazı paslanmaz çelikler, mikro alaşımlı ve düşük alaşımlı çelikler, ve belirli amaçlar için üretilen karbon çeliklerinin kompozisyonlarına bor katılır. Borlu karbon çelikleri ile mikro alaşımlı ve düşük alaşımlı çeliklere % 0,0005-0,003 oranlarında bor ilave edilmektedir.

Dünya ferro bor tüketiminin yaklaşık %10'u Neodmiyum-Demir-Bor sürekli manyetlerinde yapılır. Dünyada bu endüstri dalında yaklaşık 1000 ton ferro bor kullanılmaktadır.

### **DÜNYA FERRO BOR TÜKETİMİ VE FİYATLARI:**

Dünya ferro bor tüketimi 1998 yılında 8563 ton/yıl olmuştur. Bu tüketimin 1885 tonu Japonya'da, 1711 tonu Avrupa Birliği Üyesi 12 ülkede, 1746 tonu ABD'de, 1412 tonu Çin'de ve geri kalanı diğer ülkelerde yapılmıştır. Türkiye'nin tüketimi yaklaşık 25 ton/yıl'dır.

Temmuz 2002'de Avrupa pazarında Avrupa menşeli parça ferro bor 1800 US\$/ton'dan satılmaktadır. Bu fiyat 10 tonluk parti için geçerlidir. Ürünün kompozisyonu %17-20 bor, %0.5 C , %0.2 alüminyum ve %0.5 Si ihtiva etmektedir.

Çin menşeli olup %14- 19 oranlarında bor içeren ve farklı speklere sahip üç ferro borun Çin ve Rotterdam pazarlarındaki fiyatları 1330, 1600 ve 1625 US\$/ton'dur.

Dünyada satılan ferro borların ortalama fiyatının 2300 US\$/ton olduğu tahmin edilirse, 1998 yılı dünya ferro bor pazarı yaklaşık 20 milyon US\$/yıl'dır.

### **DÜNYA FERRO BOR ÜRETİCİLERİ:**

Yapılan detaylı araştırmalar sonucunda, dünyada ferro bor üreten 28 şirket belirlenmiştir. ABD'de 8, Çin'de 6, Japonya'da 5, Hindistan'da 4, İngiltere, Almanya, Arjantin, Slovakya ve Norveç'te birer şirket ferro bor üretimi yapmaktadır. Bu firmalardan sadece sekiz tanesinin ferro bor kurulu kapasitesi bulunmuştur. Bu 8 firmanın toplam 29.476 ton/yıl ferro bor kapasitesi vardır. Diğer 20 firmanın kurulu kapasiteleri veya üretimlerine dair rakamlar bulunamamıştır.

### **ÖNERİLEN YATIRIMIN ANALİZİ:**

Türkiye'de 4.000 ton/yıl kapasiteli bir ferro bor tesisi kurulması önerilmektedir. Tesisin sabit yatırım tutarı 4 milyon US \$'dır. Üretilecek Ferro Bor'un %18 B, %1.5 Si, %0.9 C içereceği varsayılmıştır.

**Alternatif-1: Tesiste kullanılacak bütün girdilerin bugünkü fiyatları baz alındığında şu mali sonuçlar ortaya çıkmaktadır;**

#### **Elektrik Enerjisi : 8 Cent/kwh:**

- ✓ Tesis tam kapasitede çalışınca, üretim maliyeti 1473 US\$/ton olmaktadır. Bu maliyetin %40'ını elektrik enerjisi, %34'ünü borik asit teşkil etmektedir. Üretilecek ürünün dünya pazarlarında 1750 US\$/ton fiyatla satılması muhtemel görülmektedir.
- ✓ Projenin Net Bugünkü Değeri ( NBD) 5.400.000 US\$'dır. İç Karlılık Oranı (IRR) ise %14.5'dir. Tesisin Kara Geçiş Noktası %39, Yatırımın Geri Ödeme Süresi 9 yıldır.

**Alternatif-2: Elektrik Enerjisi Fiyatının 6 Cent/kwh'a düşmesi ve diğer girdilerin bugünkü fiyattan alınmaları durumunda şu mali sonuçlar ortaya çıkmaktadır;**

#### **Elektrik Enerjisi : 6 Cent/kwh:**

- ✓ Projenin Net Bugünkü Değeri 9.111.000 US\$, İç Karlılık Oranı ise %19.5 olmaktadır. Yatırımın Geri Ödeme Süresi 6 yıl, Tesisin Kara Geçiş Noktası ise %29 olmaktadır.



# I. FERRO BOR'UN TANITIMI VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Ferro bor , ağırlıkça %10-20 arasında bor ihtiva eden bir demir-bor alaşımıdır. Katı haldeki demir içinde bor sıcaklığa bağlı olarak %0.1-0.15 arasında çözünmektedir. Demir-bor ikili faz diyagramına bakıldığında metaller arası iki bileşik görülmektedir. Bunlar FeB ve Fe<sub>2</sub>B bileşikleridir. FeB ortorombik kristal yapısına, Fe<sub>2</sub>B ise tetragonal kristal yapısına haizdir. Fe<sub>2</sub>B'nin bileşiminde %9, FeB'nin bileşiminde ise %16 bor bulunur. İkili denge diyagramına göre, yüzde 9-16 arasında bor içeren alaşımın faz yapısı Fe<sub>2</sub>B ve FeB kristallerinden ibarettir. Yüzde 16'dan fazla bor içeren alaşım ise FeB ve B kristallerinden oluşur.

Ticari ferro bor alüminotermik veya karbotermik metotla üretilir. Bu metotlarla üretilen ticari ferro bor parlak gümüş renginde olup kırılğan bir yapıdadır . Ticari ferro bor uzun süre rutubetli havada kalırsa parlak gümüş rengi kaybolur. Yüzeyin rengi, kırmızı veya pas rengi lekeler ihtiva eden mat gri'ye dönüşür.

Ferro bor genel olarak çelik ve manyetik malzeme üretiminde kullanılır (1,2).

Amerikan ASTM ve Alman DIN standartlarında ferro bor standartları belirlenmiştir. Aşağıdaki tablolardan görüldüğü üzere; Amerikan ASTM 6 sınıf ferro bor, Alman DIN normu ise 4 sınıf ferro bor tanımaktadır.

**Tablo-1:** Amerikan ASTM Tarafından Kabul Edilen Ferro Bor sınıfları ve kompozisyonları (Ağırlık Yüzdesi):

SINIF	%Bor (min.-max.)	%Karbon (maximum)	% Silisyum (maximum)	% Alümin. (maximum)
A1	12.0-14.0	1.5	4.0	0.5
A2	12.0-14.0	1.5	4.0	8.0
B1	17.5-19.0	1.5	4.0	0.5
B2	17.5-19.0	1.5	4.0	8.0
C1	19.0-24.0	1.5	4.0	0.5
C2	19.0-24.0	1.5	4.0	8.0

**Tablo-2:** Alman DIN Normu tarafından kabul edilen Ferro Bor sınıfları ve kompozisyonları (Ağırlık Yüzdesi):

Sembol	%Bor	%Al max.	Si	C	Mn	P	S	Co
FeB16	15-18	4.0	1.0	0.10	0.50	0.005	0.001	0.005
FeB18	18-20	2.0	2.0	0.10	0.50	0.005	0.001	0.005
FeB12C	10-14	0.5	4.0	2.0	0.50	0.005	0.1	0.005
FeB17C	14-19	0.5	4.0	2.0	0.50	0.005	0.1	0.005

## II. FERRO BOR ÜRETİM PROSESLERİ

Ferro Bor ilk olarak 1893 yılında karbon astarlı, tek fazlı bir elektrik ark fırınında Henri Moissan tarafından elde edilmiştir. Bu fırına şarj edilen hammaddeler demir, borik asit ve kömürden ibarettir (1). Bu metodla üretilen ferro bor karbon ihtiva eder. 1898 Yılında Goldschmidt tarafından thermite (termik) reaksiyonun bulunması, borik asitin aluminotermik redüksiyonla ferro bora redükleneceğini göstermiştir. Aluminotermik redüksiyon yıllar boyu ferro bor üretimi için ana metod oldu. Aluminotermik redüksiyonla üretilen ferro borun içinde kalıntı alüminyum vardır. Bu alüminyum aşırı döküm problemlerine neden olur. Son 20 yılda ferro bor üretiminde Karbotermik prosesin kullanımı tekrar başlamıştır.

1893-1920 Yılları arasında ferro bor üretim metodları için birkaç tane patent kaydı yapılmıştır. Bu patentlerden birisi, 1919 yılında, alüminyum tozu, susuz borik asit, demir ve cam suyundan oluşan briketleri bir reverber fırınında ısıtmak suretiyle ferro bor üretimi yapılmasını önermektedir. Bu patente göre üretilen ferro bor %17 bor içermektedir. Bir başka patent, kolemanit ve ferro silisi cam suyu ile briketlemeyi ve daha sonra karbon astarlı bir elektrik fırınında bor'u redüklemeyi önermektedir. Bu işlemde bor karbon tarafından redüklenir, silisyum ise banyoya geçerek karbonun banyoda çözülmesini önler (1).

Günümüzde ticari boyutlu ferro bor üretimi iki ana metodla yapılmaktadır. Bunlardan biri borik asitin karbonla redüklenmesidir. Buna karbotermik veya endotermik reaksiyon adı verilir. Karbotermik ferro bor üretiminde fırına şarj edilen hammaddeler borik asit, kömür ve demir tozundan teşekkül eder. Bu reaksiyon elektrik ark fırınlarında yapılır. The London and Scandinavian Metallurgical Co. firması borik asiti karbotermik reaksiyonla redüklemek suretiyle ; %16-18 B, %0.5 C, ve %0.15 'den az Al içeren bir ferro bor üretmektedir.

Karbotermik metodla bir ton ferro bor üretmede kullanılan enerji miktarı, bor kazanma randımanı ile alaşımın bor muhtevasına bağlı olarak değişir.

Bir Japon patenti, karbon astarlı bir Heroult-tip elektrik ark fırınında borik asit, demir tozu ve odun kömüründen karbotermik reaksiyonla ferro bor üretimi yapıldığını iddia etmektedir. Bir örnek, 350 kW'lık üç fazlı bir elektrik ark fırınında %10.3 B, %2 Si, ve %0.98 C ihtiva eden ferro bor üretimini açıklamaktadır. Kullanılan şarj karışımı; 100 kısım borik asit, 136 kısım demir tozu (%93 Fe), ve 57 kısım odun kömürü tozudur. Bor kazanma randımanı % 82 ve bir ton ferro bor üretimi için enerji tüketimi 4550 kWh' dir. Başka bir örnek, %15.3 B muhtevalı bir ferro borun küçük ölçekte üretilmesini açıklamaktadır.

Başka bir Japon patenti ise; özel bir dikey yüksek fırında (vertical blast furnace), ağırlıkça %3.3 B, %2.9 Si ve %3.0 C muhtevalı bir bor ve silisyum alaşımının karbotermik reaksiyonla üretildiğini iddia etmektedir. Bu ferro bor, amorf alaşımların üretiminde kullanılmak niyetiyle üretilmektedir.

Bir elektrik ark fırınında, kırpıntı pik demir ve borik asitin karbotermik reaksiyonuyla ; %16.3 B, %0.03-0.06 Al ve %0.03-0.06 C muhtevalı ferro bor üretilir. (Reaksiyon için gerekli karbon, pik demirin muhtevasından sağlanıyor olmalı). Küçük

ölçekli bir tesiste bu prosesle yapılan ferro bor üretiminde, bor kazanma randımanının %60-65 olduğu, bir ton alaşım için enerji tüketiminin 16.500 KWh olduğu söylenmektedir.

Karbotermik reaksiyonla; silisyum ihtiva eden bor alaşımları üretmek de mümkündür. K.D. Frank tarafından açıklanan bu proseste, 1000 kW'lık bir elektrik ark fırınına 100 kısım kolemanit, 100 kısım kuvarsit, 40 kısım demir ve 60 kısım düşük-sıcaklık kok kömüründen ibaret bir karışım şarj edilir. Fırından alınan alaşımın muhtevası %5.35 B, %37.2 Si, ve %0.21 C'dur. Bor kazanma randımanı %70 ve bir ton alaşım için enerji tüketimi 6000 kWh' dır.

Gesellschaft für Elektrometallurgie firması üç fazlı bir submerged ark fırınında, borik oksit ve demir oksiti odun kömürü ve diğer düşük yoğunluklu karbonlu maddelerle (örneğin ağaç talaşı) aynı anda redüklemek suretiyle %15-20 B ve %0.1 den düşük Al içeren ferro bor üretmek için bir karbotermik proses geliştirmiştir.

Ticari ferro bor üretiminde uygulanan diğer metod ise borik asit ve demir oksitin genellikle alüminyum ile ve bazen de magnezyum ile redüklenmesidir. Buna da alüminotermik veya egzotermik reaksiyon adı verilir. Bu methodda kullanılan hammaddeler borik asit, alüminyum tozu veya bazen magnezyum tozu, ve demir cevherinden ibarettir. (Alüminotermik reaksiyonda bir miktar magnezyumun yararı vardır. Kendi kaynama sıcaklığının altında Magnezyum, Alüminyuma göre daha kuvvetli bir redükleyicidir. Magnezyumun kaynama sıcaklığının üzerinde ise Alüminyum daha kuvvetli bir redükleyicidir. Bu tür metallotermik reaksiyonlar genellikle bu sıcaklığın üzerinde meydana gelmektedir).

Bor oksit ve demir oksitin alüminotermik methodla redüklenmesi yüksek miktarda ekzotermik'dir. Reaksiyonun kendi kendine devam etmesi için çok az bir ilave enerji gereklidir. İyice karıştırılmış hammaddeler refrakter astarlı bir potaya şarj edilir ve ateşleme yapılır. (Karışımın tamamı potaya yüklenerek tepeden ateşleme veya önce bir miktar karışım potaya yüklenerek ateşleme yapılır. Geri kalan karışım ise reaksiyon devam ederken birkaç dakika içinde şarj edilir). Reaksiyon neticesinde oluşan sıvı ferro bor ve cüruf farklı yoğunlukları nedeniyle ayrılırlar.

Bor oksit, demir oksit ve alüminyum tozundan ferro bor üreten Metallurg Group şirketleri proses parametrelerini ayarlamak suretiyle, %18-20 B tenörlü ferro bor üretimi için %70-75 bor kazanma randımanı elde etmektedirler, %15-18 B tenörlü ürün için ise %80-85 bor kazanma randımanı elde etmektedirler. Bir kg bor için alüminyum tüketimi 4.8-5.0 kg kadar düşük olmaktadır (2).

N.A. Chirkov adında bir uzman bor oksit veya borik asit kullanmak suretiyle bir elektro-alüminotermik ferro bor prosesi için kullanılan girdi miktarlarını ve ısı dengelerini araştırmıştır (2). Chirkov üç fazlı bir elektrik ark fırınına sırasıyla üç hammadde karışımı, igniting(ateşleme), main(ana karışım) ve precipitation (çöktürme) şarj edip bunların reaksiyonu neticesinde %20 B içeren ferrobor üretmiştir. Şarj edilen her bir karışımın kompozisyonu ve elde edilen neticeler Tablo -3'de verilmektedir.

**Tablo-3:** Bor Oksit veya Borik Asit Kullanmak suretiyle Elektro-Alüminotermik metotla Ferro Bor üretimi sırasında Fırına Şarj Edilen Karışım Kompozisyonları ve çıkan ürün özellikleri:

	<b>Bor Oksit Kullanılırsa:</b>			<b>Borik Asit Kullanılırsa:</b>		
	<b>Ateşleme karışımı</b>	<b>Ana Karışım</b>	<b>Çöktürme Karışımı</b>	<b>Ateşleme Karışımı</b>	<b>Ana Karışım</b>	<b>Çöktürme Karışımı</b>
<b>Hammaddeler (KG)</b>						
Bor Oksit	-	1200	-	-	-	-
Borik Asit	-	-	-	-	1800	-
Demir Cev.	200	200	1000	200	180	950
Al tozu	65	820	282	65	820	262
Kireç	70	100	170	70	450	170
<b>Zaman (Dakika)</b>	30	98	32	3	114	23
<b>Ener.Tük. (kWh)</b>		1130			1980	
<b>Çıkan Ürünler</b>						
Ferro Bor (Kg)		1200 *			1100 *	
%B		20			18	
%Al		3			3.9	
%Si		1.13			1.7	
Cüruf (Kg)		2900 *			3080 *	
%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		14-15 *			10-12 *	
Bor Kazanma (%)		64			63	
Alüm. Tük. (Kg Al / ton FeB)		973			1043	
Ener. Tük. KWh/ton FeB		940			1800	

\*Tahmin

Bu araştırmayı yapan uzmanlar, bor kazanma randımanı ile tüketilen girdi miktarlarını iyileştirmek için bu prosesin optimize edilebileceğini söylemektedirler.

Alüminotermik prosesle ferro bor üretiminde bor oksit yerine bor cevherleri (örneğin; borasit ve kolemanit ) kullanılması halinde bor kazanma randımanı % 40-50'ye kadar düşmektedir (2). Bu durumda, birim alüminyum tüketimi de daha fazla olmaktadır.

### III. FERRO BOR KULLANIM ALANLARI

Ferro bor çoğunlukla çelik ve sürekli manyetik malzeme üretiminde kullanılır. Ferro bor'un diğer kullanım alanları; plastisitesi yüksek (malleable) dökme demir, amorf metaller, bakır ve alüminyum üretimleridir.

#### III.1. ÇELİK ÜRETİMİNDE FERRO BOR:

Ferro bor'un en çok kullanıldığı iki alandan biri çelik sanayiidir. Çeliğe ilave edilen çok düşük oranlardaki bor, hem adi karbon çelikleri ve hemde alaşımlı çeliklerin sertleşebilirliğini arttırmaktadır (2,3). Sertleşmeyi artırmak için çeliğin içine 5-15 ppm (maximum 30 ppm) bor ilave edilmelidir (2). Bor , çeliğe ilave edilen diğer sertleştirici elementlerin, örneğin karbon, manganez, krom, molibdenyum v.b., sertleştirme derecesini de artırır. Çelik içine çok az miktarda ilave edilmesi durumunda çeliğin sertliğini artırması ve diğer sertleştirici elementlerin etkisini de artırması nedeniyle bor, çelikte kullanılan pahalı alaşım elementleri maliyetinde tasarruf sağlar. Alaşımlı çeliklere %0.001-0.003 arasında bor ilave edilmesi, bu çeliklerin yapısında gerek duyulan Ni, Cr, ve Mo miktarlarını düşürür (78). Bor'un oksijen ve azot'a karşı affinitesi yüksektir. Bu nedenle bor, çelik içinde çözülmüş olan oksijen ve azot tarafından bağlanır. Bunu önlemek için bor, bu iki elementten korunmalıdır. Bor'u korumak için sıvı çelik; kalsiyum, alüminyum ve silisyum kullanılarak ön deoksidasyona tabi tutulur. Titanyum ve zirkonyum kullanmak suretiyle de, sıvı çelik içindeki azot giderilir (2,4,5).

Bor, çeliğin sertliğini karbür oluşturmak suretiyle artırır. Diğer karbür yapan elementlerle kıyaslandığında, çeliğe aynı derecede sertlik kazandırmak için çok az bor gerekir.

Ostenitik çeliklere %0.0005 oranında ilave edilen bor, çeliğin yüksek sıcaklık mukavemeti ile sürünme mukavemetini iyileştirir. Yüksek hız çeliklerinin kesme performansını arttırmak için bu çeliklere de bor ilave edilir.

18-8 Krom Nikelli ostenitik paslanmaz çeliklere ilave edilen bor, çökme sertleşmesi yaparak çeliğin elastik limitini artırır, fakat oksitlenme direncini düşürür (4). AISI 321 ostenitik paslanmaz çeliğine %0.01'e kadar bor ilavesi, bu çeliğin 650 °C sıcaklıkta ve 157 N/mm<sup>2</sup>' deki servis ömrünü 8000 saatten 18000 saate uzatır (4). Krom-Nikelli ASTM 316 paslanmaz çeliklerinde %0.004-0.009 oranlarında bor, şekil verme aralığında (950-1250 °C) çeliğin şekil alma kabiliyetini önemli derecede artırır (2). Ostenitik ısıya dayanıklı paslanmaz çeliklerde ve ferritik çeliklerde çok düşük oranlarda (%0.002-0.005) bor; titanyum, molibdenyum ve niobium ile birlikte kullanıldığında çeliğin sürünme özelliklerini iyileştirir (2). Yapısında %2,5'e kadar bor bulunan çelikler, nükleer reaktörlerde kontrol çubuğu olarak kullanılır. Bor, haddelenmiş veya tavllanmış haldeki çeliklerde, diğer karbür yapıcılar gibi çeliğin sertliğini arttırmaz. Bu nedenle, bor'la sertleştirilmiş çelikleri işlemek daha kolaydır. Borlu çelikler ilave bir ısı işlem gerektirmezler. Bu da bor'un diğer bir avantajıdır.

Dünya bor'lu çelik üretim miktarlarıyla ilgili yeterli veri elde edilemedi. Amerika'da 1980 yılında yaklaşık 1.000.000 ton/yıl borlu karbon çeliği ve 300.000 ton/yıl bor alaşımlı çelik üretimi yapılmıştır . Bu üretimler içinde en büyük tonajları; 90.000 t/y ile krom çeliği, 90.000 t/y ile Cr-Mo çeliği,ve 200.000 t/y ile karbon çelik levhaları teşkil etmektedir (78).

**Tablo-4:** Bor içeren bazı yapı çeliklerinin kimyasal kompozisyonları:

Çeliğin AISI Derecesi	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Mo	%Ni	%B
46B	0.10-0.15	0.20-0.35	0.45-0.55	0.04	0.04	-	0.2-0.3	1.65-2.00	0.0005
50B	0.38-0.43	0.15-0.30	0.65-1.00	0.035	0.04	0.3-0.7	-	--	0.0005
51B	0.55-0.65	0.15-0.30	0.65-1.10	0.035	0.04	0.6-1.0	-	-	0.0005
81B	0.42-0.49	0.15-0.30	0.7-1.0	0.035	0.04	0.3-0.6	0.08-0.15	0.2-0.4	0.0005
86B	0.27-0.33	0.15-0.30	0.60-0.95	0.035	0.04	0.35-0.65	0.15-0.25	0.35-0.75	0.0005
94B	0.38-0.43	0.20-0.35	0.75-1.00	0.040	0.04	0.30-0.50	0.08-0.15	0.30-0.60	0.0005

**Tablo-5:** Bor ihtiva eden bazı ısıya dayanıklı çeliklerin kompozisyonları:

Çeliğin AISI Sınıfı	%Cr	%Mo	%Ni	%Fe	%Ti	%Co	%W	%Al	%B
662	13.50	2.75	26.0	Bal.	1.75	-	-	0.07	0.005
664	14.90	4.05	44.3	Bal.	3.00	-	3.65	1.05	0.010
665	13.50	1.75	26.0	Bal.	3.00	-	-	0.15	0.020
681	12.50	6.00	42.5	Bal.	2.50	-	-	0.20	0.015
682	12.50	5.70	42.5	Bal.	2.85	-	-	0.20	0.015
683	19.00	10.00	Bal.	1.80	3.10	11.00	0.60	1.50	0.005
684	17.50	4.25	Bal.	0.50	3.00	18.45	-	3.00	0.005
685	19.75	4.45	Bal.	0.75	3.00	13.00	-	1.40	0.005
687	15.00	5.25	Bal.	0.50	3.50	18.50	-	4.25	0.030
689	20.00	10.00	Bal.	-	2.60	10.00	-	1.00	0.005

## III.2. SÜREKLİ MANYETLER VE FERRO BOR

### III.2.1. SÜREKLİ MANYET SANAYİNDE FERRO BOR TÜKETİMİ:

Ferro bor'un en fazla kullanıldığı diğer bir alan "**Nd-Fe-B esaslı sürekli manyetik malzemeler**" üretimidir. Dünya "Neodymium-Demir-Bor Sürekli Manyet" üretimi 1998 yılında 10.000 ton/yıl dır. Bu miktarda manyet üretimi için gerekli olan ferro bor 1000 ton'un altındadır. Nd-Fe-B sürekli manyetlerinin bor muhtevasıyla ilgili olarak elde edilebilen tek veri şudur. General Motors firması tarafından ABD Indiana'daki tesiste üretilen Nd-Fe-B manyetleri, %29 neodmiyum,%70 demir ve %1 bor ihtiva etmektedir. Bu tesis yılda bir milyon manyet üretim kapasitesine sahiptir (4). Dünya Nd-Fe-B Sürekli Manyet üretiminin %90'ının Japonya ve Çin'de yapıldığı tahmin edilmektedir. Japonya'da manyet üretiminde kullanılan ferro bor miktarı ise 1993 yılında 160 ton iken, 1998 yılında 420 ton'a yükselmiştir (4). Nd-Fe-B Sürekli Manyetler üretiminde kullanılan ferro bor düşük karbonlu olup, bunun kimyasal kompozisyonu; %20 B, %0.02 C, %1 Si, ve %3 Al'dir.

### III.2.2. SÜREKLİ MANYETLERİN GELİŞİMİ VE ÖZELLİKLERİ:

Amerika'da General Motors firmasının Delco Remy bölümü , Japonya'da Sumitomo Special Metals firması ve Çin'de Chinese Academy of Sciences birbirlerinden bağımsız olarak 1982 yılında Neodymium-Demir-Bor'dan oluşan yeni bir sürekli manyet malzemesi keşfettiler (4,13). Bu manyetlerin geliştirilmesinin ardındaki en büyük itici güç, samarium-kobalt manyetleri üretimi için gerekli olan kobalt arzına ilişkin endişeler olmuştur. Nd-Fe-B sürekli manyetleri, mevcut ticari manyetler içinde en güçlü olanıdır.

Nd-Fe-B manyetlerinin, klasik sürekli manyetlere karşı birkaç tane avantajı vardır. Bu manyetlerin kalıntı flux yoğunluğu "residual flux density" yüksek (12 KG), Sm-Co manyetlerinininki 11.2 KG, alnico ve ferrit manyetlerinininki ise sırasıyla 11.5 ve 4.4 KG'dır (4). Nd-Fe-B Sürekli manyetlerinin "maksimum enerji ürünleri" diğer manyetlere göre daha yüksektir (4). Diğer bir ifadeyle bu manyetler, diğerlerine göre daha güçlüdürler. Bu nedenle, belirli bir enerjiyi sağlamak için Nd-Fe-B manyeti kullanıldığında, daha küçük boyutlu bir manyet yeterlidir. Bu manyetler, klasik ferrit manyetlere göre 10-12 kere daha fazla güçlüdürler (6). Ağırlığı 850 gram olan bir Nd-Fe-B manyeti, ağırlığı 3 kg olan bir ferrit manyetle aynı güce sahiptir (4).

Nd-Fe-B manyetlerinin coercivity özelliği diğer sürekli manyetlere göre daha yüksektir. Coercivity, Nd-Fe-B manyetlerinde 11 KOe, Sm-Co manyetlerinde 7 KOe, ferrit manyetlerinde 3 KOe, alnico manyetlerde ise 2 Koe' dir. Yüksek coercivity, "*yüksek demanyetize etme alanlarına*" karşı dayanmanın göstergesidir (4).

Nd-Fe-B manyetleri ayrıca, Sm-Co manyetlerine göre daha ucuzdurlar.

Tablo-6, çeşitli manyetik malzemelerin maximum enerji ürünleri ile fiyatlarını kıyaslamalı olarak vermektedir.

**Tablo-6:** Çeşitli manyetik malzemelerin fiyatları ve özellikleri.

Manyetik Malzemeler	Ortalama Fiyat (\$/Kg)	Ortalama Max. Enerji Ürünü (MGOe)	US\$/MGOe
Sert Ferrit	5	3.5	1.4
Nd-Fe-B	150	<b>30</b>	5
Sm-Co	500	22	22.7
Alnico	50	8	6.2
Pt-Co	15.000	10	1.500
Bonded ferrit	5	1.5	3.3
Bonded Nd-Fe-B	145	5	29
Bonded Sm-Co	300	7	42.8

Kaynak: The Economics of Rare Earths

Diğer manyetik malzemelerle mukayese edildiğinde, Nd-Fe-B manyetlerinin belirli dezavantajları vardır. Bunların termal stabilitesi Sm-Co manyetlerine göre düşüktür. Bu gerçek, Sm-Co manyetlerinin sanayi, havacılık ve askeri alanlarda tercih edilmesini sağlar. Bu kullanım alanlarında, daha iyi termal ve korozyon karakteristiklerine sahip olması nedeniyle Sm-Co manyetinin fiyatı daha düşüktür .

Yüksek "Manyetik Kuvvet / Ağırlık" oranının gerekli olduğu kullanım alanlarında veya çalışma sıcaklığı 150 °C'yi geçmeyen kullanım alanlarında, Nd-Fe-B manyetleri gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Kompüter sürücülerinde (örneğin disket sürücüsü), kamera motorlarında, personel stereolarda, ve kompakt disk playerler'de Nd-Fe-B manyetleri, Sm-Co manyetlerinin yerini almaktadır (4).

Sumitomo Special Metals, alışıma diğer daha ağır rare-earth metalleri ilave ederek ve iki kademeli ısı işlem uygulamak suretiyle, Nd-Fe-B sürekli manyetlerinin termal stabilitesini geliştirmek için çalışmalar yapmaktadır.

### III.2.3. Nd-Fe-B MANYETLERİNİN KULLANIM YERLERİ:

Evimizde ve işyerimizde sürekli manyetler aslında bizim bildiğimizden daha önemlidir. Sürekli manyetler; endüstri ve ulaşımında kullanılan motorlarda ve enerji jeneratörlerinde, tıbbi ekipmanlarda, ev eşyalarında ve oyuncaklarda kullanılmaktadır. Elektronik ekipmanlarda ise genellikle, video player, bilgisayarlar, hoparlörler, sensörler, ve manyetik saklama medyasında kullanılmaktadır (6, 7, 8, 11,12). Bu manyetler test ve ölçüm cihazlarında, mikro motorlar ile mini (DC) Doğru Akım motorlarında da kullanılmaktadır. Nd-Fe-B manyetleri, bilgisayarlarda ve birçok popüler tüketici elektronik eşyasında kullanılan küçük boyutlu ve düşük ağırlıklı motorları imal edebilmek için tercih edilen bir malzemedir (11,12).

2005 Yılı ve ötesine kadar, sürekli manyet pazarının hızla büyüyeceği beklenmektedir. Manyetik malzemeler için yeni kullanım alanları, özellikle otomobil sektöründe, ortaya çıkmaktadır. Otomobil imalatçılarının araç ağırlığını düşürmek,



araçlarda konfor ve emniyeti iyileştirmek, yakıt tüketimi ve egzost gazı emisyonunu azaltmak yönündeki teşebbüsleri bu sektörde sürekli manyetler için yeni kullanım alanları doğurmaktadır. Sürekli manyet satışlarının 1998 yılında 4,5 milyar dolara ulaştığı rapor edilmektedir. Bu miktarın en az %25'ini Nd-Fe-B manyetleri teşkil etmektedir (4).

Magnequench International firması 05.08.2001 tarihli basın bülteninde, dünya sürekli manyet pazarının yılda 6 milyar US\$ olduğunu, bunun 2.4 milyar US\$'ının Nd-Fe-B manyetleri ve manyetik malzemeleri tarafından teşkil edildiğini rapor etmiştir(12). Roskill 1999 yılında yayınladığı bir raporunda, dünya Nd-Fe-B sürekli manyetleri pazarının 1997 yılında 1.1-1.3 milyar US\$ arasında olduğunu ve bunun, sürekli manyet pazarının üçte birinden fazlasına eşdeğer olduğunu tahmin ettiğini rapor etmiştir (4). Bu verilerden görüldüğüne göre, dünya Nd-Fe-B sürekli manyetleri pazar değeri 1997'den 2000'e yaklaşık bir kat artmıştır. Bu manyetlerde kullanılan ferro bor'un gelecekteki tüketim miktarını görmek bakımından bu veriler umut vericidir.

Nd-Fe-B sürekli manyetlerinin birinci en büyük kullanım alanı otomobil marş (starter) motorları olmuştur. Bu manyetlerin bütün motorlu araç tiplerinde ayrıca diğer uygulamaları da vardır.

Otomotiv sanayiinde sürekli manyet kullanımının gerekli olduğu yerlerde; geleneksel olarak ferrit manyetler düşük maliyeti nedeniyle ve Alnico manyetler ise sıcaklığa dayanıklı olması nedeniyle kullanılmaktadır. Sıcak preslenmiş Nd-Fe-B manyetlerinin geliştirilmiş olması, iyileştirilmiş toplam sistem performansı ve maliyeti esas alınarak, daha pahalı olmasına rağmen daha küçük ve daha hafif manyetlere geçmenin yararlarını yeniden değerlendirmeyi mümkün kılmıştır.

General Motors firması, Daido Steel ile ortaklaşa çalışarak halka şeklinde Nd-Fe-B manyetleri üretmiştir. Bu manyetler Neoquench-DA ve Neoquench-DR adı altında pazarlanmaktadır. Bunlar; sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleriyle mukayese edilebilecek bir manyetik güce sahip olup, fabrika otomasyon motorlarında ve otomotiv parçalarında kullanılmaktadır. Bu manyetlerin halka şeklinde olması, özel aletlere ihtiyaç kalmaksızın bunların motorlara yapıştırılmasını ve monte edilmesini mümkün kılar. Nagoya'daki tesisin başlangıç kapasitesi 1-2 ton/ay'dır. Fakat burada,10 ton/ay kapasiteli yeni bir fabrika kurulması planlanmıştır. Daido halihazırda (1998 yılı itibariyle), ayda 20 ton Neoquench-P manyetleri üretmektedir.

1998 yılında, Ford Motor Co. firmasının, otomobil eğlence sistemlerindeki hoparlörler için ferrit manyetlerden Nd-Fe-B manyetlerine geçeceği rapor edilmiştir. Bu uygulamayla, ağırlığın 500 gram azalacağı rapor edilmiştir. Ford Motor'un başlangıç talebinin 350.000 adet manyet olacağı rapor edilmektedir. General Motors firması otomobillerin içine gelen gürültü seviyelerini düşürmede kapı izolasyonu olarak esnek Nd-Fe-B gasket manyetlerinin kullanılmasını önermiştir. Bu uygulama ile ayrıca araç başına 0.5 kg ağırlık azalması elde edileceği belirtilmektedir. 1998 yılında, bu uygulamanın gelecek 5 yıl içinde 2000-3000 ton/yıl manyet talebi yaratacağı tahmin edilmektedir.

Manyetik rezonans görüntüleme, Nd-Fe-B manyetleri için büyük bir potansiyel kullanım alanıdır. Gerekli manyetik alanı yaratmak için ferrit manyetler en ucuz

malzeme olabilir, fakat bu durumda bir sistem yaklaşık 100 ton ağırlığında manyete ihtiyaç duyacaktır. Daha pahalı olmalarına rağmen, Nd-Fe-B manyetleri daha hafif ve daha kompakt olup bazı durumlarda gerekli manyetik alanı yaratmada süper iletken manyetlerle rekabet edebilir.

Nd-Fe-B manyetler, küçük elektrikli aletlerin gittikçe daha fazla çeşidinde kullanılmaktadır. Ayrıca bu elektrikli aletlere olan talep de hızla büyümektedir. Bu nedenle Nd-Fe-B manyetleri tüketiminin hızla artacağı yönünde beklentiler var. Nd-Fe-B manyetleri tüketiminin hızla artacağı alanlar olarak; bilimsel cihazlar, büro makinaları, bilgisayarlar, hoparlörler, ve bütün ekipman tiplerinde kullanılan elektrik motorları gösterilmektedir.

Krupp-Widia, şehirlerde hızlı ulaşım sistemleri için geliştirmiş olduğu ve havada yüzen manyetik araçlarda Nd-Fe-B manyetleri kullanmıştır (4). Bölgeler bazında, Nd-Fe-B manyetleri tüketiminin kullanım alanlarına göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo-7:** Nd-Fe-B manyetleri tüketiminin kullanım alanlarına dağılım yüzdesi:

	Japonya	Avrupa	K. Amerika	Çin
Hoparlörler	3	15	5	27
MTOilfields	-	-	-	22
Büyük Makina Motorları	15	45	17	25
Sürekli Manyet Motorları	59	5	57	1
Tıbbi Tarayıcılar	13	-	11	-
Manyetik Separatörler	-	7	-	8
UN/TW	-	14	-	-
Couplers	-	2	-	-
Clamps	-	-	-	15
Mobil Telekomünikasyon	5	-	-	-
Sensörler	-	6	-	-
Ölçü Cihazları	-	-	-	2
Diğer Uygulamalar	5	6	10	-

### III.2.4. Nd-Fe-B MANYETLERİNİN DÜNYA ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ:

Dünya Nd-Fe-B manyetleri üretimi 1994 yılında 2640 ton iken 1998 yılında 10.000 tonu aştığı tahmin edilmektedir. Başlıca üreticiler Japonya ve Çin olup, bu iki ülke dünya üretiminin %90'ını gerçekleştirmektedirler (4).

Japonya ve Çin dışında, sinterleme yoluyla üretilen Nd-Fe-B manyetleri üretim kapasitesi 2000 ton/yıl'dır. Avrupa ve ABD'de, sinterlenmiş manyetler üretiminin 400 ton/yıl civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Sürekli manyet satışlarının 1998 yılında 4,5 milyar US\$'a ulaştığı rapor edilmektedir. Bu miktarın en az %25'ini Nd-Fe-B manyetleri teşkil etmektedir (4).

Magnequench International firması 05.08.2001 tarihli basın bülteninde, dünya sürekli manyet pazarının yılda 6 milyar US\$ olduğunu, bunun 2.4 milyar US\$'ının Nd-Fe-B manyetleri ve manyetik malzemeleri tarafından teşkil edildiğini rapor etmiştir (12).

Roskill 1999 yılında yayınladığı bir raporunda, dünya Nd-Fe-B sürekli manyetleri pazarının 1997 yılında 1.1-1.3 milyar US\$ arasında olduğunu ve bunun, sürekli manyet pazarının üçte birinden fazlasına eşdeğer olduğunu tahmin ettiğini rapor etmiştir . Bu verilerden görüldüğüne göre, dünya Nd-Fe-B sürekli manyetleri pazar değeri 1997'den 2000'e yaklaşık bir kat artmıştır. Dünya üretiminin %40'ını yapan Çin'de Nd-Fe-B manyetleri tüketimi 2000 yılında %15'in üstünde artmıştır (76). Bu manyetlerde kullanılan ferro bor'un gelecekteki tüketim miktarını görmek bakımından bu veriler umut vericidir.

Dünyanın en büyük sürekli manyet üreticisi konumunda olan Magnequench International firması 30 Haziran 2000 tarihli basın bülteninde, geçmiş yıllarda alışımların yüksek maliyeti nedeniyle Nd-Fe-B manyetleri pazarının sınırlı kaldığını belirtmektedir. Firma bu manyetlerin daha çok sayıda uygulama alanlarında kullanılmasını sağlamak için 2000-2005 yılları arasında alışımların fiyatını tedricen azaltacak olan bir fiyat programı başlatmıştır. Bu fiyat programı çerçevesinde firma, MQP serisi Nd-Fe-B manyet tozlarının fiyatını 2005 yılına kadar her yıl düşürme kararı almıştır. Örnek olarak, 30 Haziran 2000 tarihinde, firmanın en çok satan ürünü olan MQP-B manyet tozlarının fiyatı 40 US\$/kg olup, firma 2005 yılına kadar bu ürünün fiyatını 25 US\$/kg'a ve hatta daha aşağıya indireceğini ifade etmektedir (15).

### III.2.4.1. JAPONYA'NIN ÜRETİMİ:

1998 Yılında dünya Nd-Fe-B manyetleri üretiminin %50'sinden fazlasının Japonya tarafından yapıldığına inanılmaktadır. Japonya'nın toplam Nd-Fe-B manyetleri üretimi 1997 yılında 4139 ton, 1998 yılında ise 5325 ton olmuştur. 1998 yılındaki bu üretimin 4200 tonu sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri, 1125 tonu ise bonded Nd-Fe-B manyetleridir.

Japonya'da kullanılan bütün Nd-Fe-B manyet alışımları üç firma tarafından sağlanmaktadır. Bunlar; Showa Denko K.K., SSMC/Molycorp, ve Sanduko Metal Industries firmalarıdır. Japonya'da sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri üreten başlıca firmaların kapasiteleri Tablo-8'de görülmektedir.

**Tablo-8:** Sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri üreten başlıca Japon firmaların kapasiteleri :

<b>SSMC/Molycorp:</b>	<b>3600 t/y</b>
<b>TDK</b>	<b>: 2400 t/y</b>
<b>Shinetsu</b>	<b>: 3000 t/y</b>
<b>Hitachi Metals</b>	<b>: 1200 t/y</b>

Sumitomo Special Metals Company (SSMC) Japonyanın en büyük Nd-Fe-B manyetleri üreten firmasıdır. Nd-Fe-B sürekli manyetleri ilk olarak bu firma tarafından, 1982 yılında, geliştirilmiştir. Firma o tarihten beri, manyetik enerjisi 54 MgOe'yi aşan NEOMAX Nd-Fe-B manyetlerini geliştirmiştir. SSMC'ye göre, NEOMAX manyetler Japonya Nd-Fe-B manyetleri pazarının %50'sini oluşturmaktadır.

### III.2.4.2. ÇİN'İN ÜRETİMİ:

1998 Yılında dünya Nd-Fe-B sürekli manyet üretiminin %40'ını Çin gerçekleştirmiştir (49). Sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetlerinde Çin'in toplam kapasitesi 5400 ton/yıldır. The Beijing Institute of Aeronautical Materials isimli kuruluş sahip olduğu 3500 t/y kapasitesiyle, Çinde en büyük Nd-Fe-B alışımları temin eden kuruluştur. Aşağıda Tablo-9'da Çin'in Nd-Fe-B manyetleri üretimi gösterilmektedir.

**Tablo-9:** Çin'in Nd-Fe-B Manyetleri üretimi ve bunların parasal değeri:

	1996			1997		
	Üretim (ton)	Değer (Mil.\$)	Ort.fiy. (\$/kg)	üretim (ton)	Değer (Mil.\$)	Ort.Fi. (\$/kg)
<b>Sinterlenmiş Nd-Fe-B</b>	<b>2600</b>	<b>135.2</b>	<b>52</b>	<b>3150</b>	<b>151</b>	<b>48</b>
<b>Bonded Nd-Fe-B</b>	<b>70</b>	<b>5.7</b>	<b>82</b>	<b>150</b>	<b>12</b>	<b>80</b>

(Not: Çin'in 1998 yılındaki üretiminin 4000 tonu aştığı tahmin edilmektedir.)

Çin'de üretilen manyetin en büyük kısmı iç pazarda kullanılmaktadır. Çin'de üretilen manyetlerin %27'si hoparlör imalatında, %25'i elektrik motorlarında, %21' i petrol prosesinde, %15'i manyetik chucklarda, %8' i ise manyetik separatörlerde kullanılmaktadır (4). Son yıllarda Çin'in Nd-Fe-B manyetleri üretimi yılda %14'ün üzerinde bir artış göstermiş olup, gelecek yıllarda da büyük oranlı büyümenin devam edeceği beklenmektedir.

Çin'de Nadir Toprak (Rare Earth) Manyetler üreten toplam 110 fabrika olduğu tahmin edilmektedir. Bunların Nd-Fe-B manyetleri kapasitesi 5400 ton/yıldır. Buradan anlaşıldığına göre, fabrikaların büyük kısmı küçük kapasitelidir.

Çin'de en büyük Nadir Toprak (Rare Earth) Manyet üreticisi Magnequench International Inc. (MQI) firmasıdır. 1995 yılında Çin'in iki devlet firması, San Huan New Materials&Hightech Inc. ve China National Nonferrous Metals Import and Export Corporation , Amerikalı bir yatırım grubuyla beraber, MQI ortak şirketini kurdular. Bu yeni şirket General Motors'un Amerikadaki magnequench manyetleri üretim tesisini satın aldı (4,14). Bu şirketin, Çin, singapur, Almanya, İsviçre ve İngiltere'de birer tane,

ABD'de ise üç tane sürekli manyet fabrikası vardır (14). Merkezi ABD'nin Indiana eyaletinde olan bu firma, dünyanın en büyük Nd-Fe-B manyetleri üreticisidir (14).

Baotou Steel & Rare Earth Co. firması bir seri Nd-Fe-B manyetleri üretmektedir. Bu manyetler Amerikada satılmaktadır.

### **III.2.4.3. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ:**

ABD'de sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri üretiminin 1998 yılında 400 ton olduğu tahmin edilmektedir. Bunun, 1995 yılındaki üretime göre %17 daha az olduğu rapor edilmektedir (4).

ABD'de Nd-Fe-B manyet alaşımları üreten başlıca firmalar, Indiana eyaletinde Magnequench International Inc., West Pittsburg'da Neomet Corp., ve Pennsylvania eyaletinde Rhone-Poluenc Basic Chemicals Co. firmalarıdır.

Magnequench International daha önceleri, "Delco Remy Division of General Motors" adıyla biliniyordu ve General Motors firmasının bir bağlı ortaklığıydı.

### **III.2.4.4. AVRUPA VE DİĞER ÜLKELER:**

Avrupa'da otomobillerdeki uygulamalar için küçük Nd-Fe-B manyetleri üretiminde uzmanlaşmış birçok imalatçı vardır. Avrupa'nın sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri üretimi 1998 yılında 450 ton olmuştur. Avrupa'nın üretimi 1990'ların başlarında 120 ton/yıl'dır. O yıllardan itibaren üretim, 1998 yılına kadar önemli miktarda artmıştır. Fakat Avrupa, 1998 yılı itibarıyla, dünya sinterlenmiş Nd-Fe-B manyetleri üretiminin %5'inden daha azını yapıyordu ve küçük bir üretici konumundaydı.

Avrupa'da Nd-Fe-B manyetleri üreten başlıca firma Ugimag'dır. Ugimag İsviçre, Fransa, ve ABD'de kendi tesislerinde Nd-Fe-B üretmektedir (4). Ugimag ayrıca, Singapur'daki iki tesisinde bilgisayar disk sürücülerini için Nd-Fe-B montaj parçaları üretmektedir. Bu firmanın İngiltere'de de bir fabrikası vardır. İngiltere fabrikasında Nd-Fe-B (UGIMAX) işleme ve nihai şekil verme imkanları vardır. Bu firmanın UGIMAX adıyla satılan manyetlerinin nominal enerji ürünü yüksektir. Firmanın UGISTAB Nd-Fe-B adıyla bilinen manyetleri, sıcaklığa ve korozyona karşı geliştirilmiş stabiliteye sahiptir (4).

Avrupa'da üretim yapan diğer bir firma Finlandiya'da Neorem Magnets'dir. Neorem Magnets firması, Japon Sumitomo Special Metals firmasının lisansı altında sinterlenmiş Nd-Fe-B "Neorem" manyetleri imal etmektedir. Bu manyetlerin, yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılan sınıfları vardır (4).

Avrupada Nd-Fe-B manyetleri üreten diğer firmalar; İngiltere'de SG Magnets, İsveçte Sura Magnets AB, ve Svenska Magnet Fabriken, Almanyada Vacuumschmelze GmbH firmalarıdır.

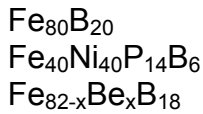
### III.3. DÖKME DEMİRLERDE FERRO BOR:

Dökme demirlere bor, ferro bor ilavesiyle verilir. Dökme demirlerin kompozisyonunda bulunan bor'un birkaç avantajı vardır. Bor dökme demirde karbür yapıcıdır. Katılma esnasında teşekkül eden bu karbürler dökme demirin beyaz renkli olmasını sağlar. Dökme demire %0.03'e kadar bor ilave edilmesi aşınma direncini iyileştirir. Yüzde bir kadar çıkan oranlarda bor ilavesi, sinterlenmiş dökme demirin sinterlenme sıcaklığını büyük ölçüde düşürür. Dökme demirlere %0.02-0.1 arasında bor katılması, dökme demirin yapısında grafitleşmeyi önler, yüzey sertliğini ve su alma derinliğini iletir. Temper dökme demirlere % 0.001 oranında bor ilavesi, dökme demirin tavlanması hızlandırır (4).

### III.4. AMORF METALLERDE FERRO BOR:

Ferro Bor'un kullanım alanlarından biri de amorf metaller üretimidir. Camı metaller veya metalik camlar adıyla da anılan amorf metaller, kristalin olmayan bir yapıya sahiptir. Amorf metal, ergimiş haldeki metalin hızlı soğutulmasıyla elde edilir. Ergimiş metal saniyede 1 Milyon Kelvin Derece hızla soğutulur. Bu kadar yüksek hızda soğuyan metal katılırken kristalleşmeye zaman bulamaz ve metal amorf halde katılır. Ergimiş metali dönmekte olan soğuk bir bakır silindir üzerine sürekli akıtmak suretiyle bu hızlı soğuma elde edilir. Katılma sonunda teşekkül eden amorf metal, 5 cm'ye kadar geniş ve 0.13 mm'ye kadar kalın olan bir şerit şeklindedir.

Amorf metaller ilk olarak 1970'li yılların sonlarında bazı amaçlar için kullanılmıştır (17). Elektrik transformatörlerinde kullanmaya uygun amorf metaller geliştirmek için dünyada 1980'li yıllarda araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmıştır (4,16,17). Bu amaç için geliştirilen amorf alaşımların kimyasal kompozisyonu çok değişiktir. Fakat bunlar temel olarak bor ihtiva eden demirdir. Bu alaşımların kimyasal formülleri aşağıda yazıldığı gibidir (4).



Bu alaşımların kompozisyonunda bor'un atomik yüzdesi 1-12 arasındadır . Bor, alaşıma ferro bor ilave edilerek verilmektedir. Bu alaşımlar geliştirildiği zaman, transformatör laminasyonlarında standart malzeme olabilecekleri söylenmektedir (4,16, 17). Eğer bu beklenti gerçekleşirse, dünya ferro bor tüketiminin büyük miktarlara ulaşacağı belirtilmektedir.

Transformatör nüveleri imalatında yıllardan beri kullanılan klasik manyetik çelikler çoğunlukla %3 dolayında silisyum içeren demirdir. Tipik bir amorf metal kompozisyonu ise %78 demir, %13 bor ve %9 silisyumdan ibarettir. Bor, alaşımı amorf halde katılaştırmak için gereklidir (32).

Amorf metal alaşımı yapraklarından yapılan ve elektrik nakil sisteminde kullanılan göbeklerde (çekirdeklerde) enerji kayıpları daha azdır. Amorf metal

alaşımından yapılan çekirdekte kaybolan enerji, klasik silisyumlu çelik nüveli transformatörden kaybolan enerjinin dörtte biri ile üçte biri arasındadır (4,16).

General Electric firması, Electric Power Research Enstitüsü ile ortak yürüttüğü bir proje dahilinde, 1985 yılında amorf metal nüveli 1000 adet prototip transformatör imal etmiştir. Bu transformatörler değerlendirme amacıyla 90 tane tesise gönderilmiştir. 1993 yılında yayınlanan bir kaynak, amorf metal nüveli transformatörlere geçişi yavaşlatan faktör olarak yüksek maliyeti işaret etmektedir. Söz konusu kaynak, bu yeni transformatörlerin fiyatının klasik transformatörlere göre 2-6 kat daha yüksek olduğunu belirtmektedir (17). 1987 yılında çıkan bir yayın, küçük elektrik nakil transformatörlerinde amorf metallerin kullanıldığını rapor etmiştir. Söz konusu yayın, teknik bir problem (low saturation induction) nedeniyle amorf metallerin büyük enerji nakil transformatörlerinde kullanılmasını ihtimal dışı görmüştür (28). Aynı yayın eğer fiyatı düşürülürse, amorf alaşımların audio transformatörlerinde kullanılma ihtimalinin bulunduğunu belirtmiştir.

Günümüzde transformatör sanayiine satmak için demir esaslı ve borlu amorf alaşım üreten firmalar vardır. Örneğin Arnold Grubu, ABD Kaliforniya'da Adelanto'da bulunan tesisinde kendi tescilli markası NAMGLASS® adıyla demir esaslı borlu amorf alaşımlar imal etmektedir. Bu tesiste üretilen NAMGLASS®<sup>2</sup> amorf alaşımının kimyasal kompozisyonunun %80'i demir olup gerisi bor, silisyum ve karbon'dur. Firma bu alaşımın, 30 KHz'in altındaki transformatörlerde ve choke'lerde(inductor), ve 30 KHz'in üstündeki pulse transformatörlerinde kullanıldığını belirtmektedir. Bu amorf alaşımın, %50 Ni - %50 Fe alaşımına göre ve %3 silisyumlu grain (tane) oriented çeliğe göre daha iyi performans gösterdiği ve daha ekonomik olduğu belirtilmektedir (30).

Günümüzde amorf demir-bor alaşımı nüveli transformatörler imal edilmekte ve pazarlanmaktadır. Örneğin transformatör imalatçısı Pauwels Group 1994 yılında bir amorf metal nüveli, üç fazlı 400 KVA'lık transformatör geliştirmiş ve test etmiştir. Amorf metal nüveli bu büyüklükte bir transformatörün başarılı bir şekilde dizayn edilmesinde karşılaşılan ana sorun, kısa devreye karşı dayanma yeteneğini gerçekleştirmektir (32). Bu firma günümüzde, amorf metal alaşımlı transformatörler imal edip satmaktadır (31).

## **IV. DÜNYA GENELİNDE FERRO BOR ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE FİYATLARI**

### **IV.1. DÜNYA TÜKETİMİ:**

Dünya genel ferro bor üretim ve tüketimini bulmak için çok yönlü araştırmalar yapılmıştır. Ancak değişik kaynaklarda istatistiki bir rakam bulunamamıştır. Bu raporda elde edilen değişik bilgileri aşağıda açıklandığı gibi analitik metodlarla değerlendirilerek dünya ferro bor tüketimi hesaplanmıştır.

ABD, Japonya, Avrupa Birliği üyesi 12 ülke ve Kanada'nın birbirinden farklı yıllarda tükettiği ferro bor miktarları değişik kaynaklardan elde edilmiştir. Bu ülkelerle ilgili bilgiler ilerleyen sayfalarda ayrı başlıklar altında verilmektedir. Türkiye'nin ferro bor tüketimi, başlıca tüketici şirketlerle yapılan yazışma ve görüşmeler neticesinde yaklaşık olarak bulunmuştur (70, 71, 72, 73, 74, 75). Çin ve diğer ülkelerin ferro bor tüketimleri ise doğruluk derecesi yüksek olan varsayımlara dayanarak analitik

metodlarla hesaplanmıştır. Bulunan istatistiki bilgiler ve analitik tahmin yoluyla bulunan rakamlar Tablo-10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10:** Değişik yıllarda Ülkelerin Ferro Bor Tüketimleri (Birim : ton).

	1985	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Japonya	-	-	1380	1450	1450	1550	-	-	-	-	-	-	-
AB 12	1000	1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABD	-	-	-	-	-	-	-	1130	-	-	1746	1715	1432
Çin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1412	-	-
Kanada	-	-	-	-	-	-	-	48	56	66	104	121	-
Türkiye	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Diğer Ülkeler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1680	1716	1902

İ: istatistik, t: analitik tahmin, - : bilgi bulunamadı

Bu tablo herhangi bir yılda dünya ferro bor tüketimini vermemektedir. Ülkelerin tüketimi verilmektedir. Ancak bunlar farklı yıllara ait verilerdir.

Bazı yorumlar yaparak 1998 yılı dünya ferro bor tüketimini hesaplamak mümkündür. Bu tablo AB 12, Japonya ve Türkiye dışındaki ülkelerin (ABD, Kanada, Çin, diğer ülkeler) 1998 yılı tüketimlerini vermektedir.

Bu raporda , 12 Avrupa Birliği Ülkesi ve Japonya'nın daha önceki yıllarda yaptıkları tüketimler 1998 yılına projekte edilmek suretiyle, 1998 yılı tüketimleri hesap edilmiştir. Japonya'nın tüketimi 1990-1993 yıllarında ortalama %4/yıl oranında artmıştır. Bu artışın 1998 yılına kadar devam ettiği varsayılırsa, 1998 yılı ferro bor tüketimi 1885 ton olur. Benzer metod AB üyesi 12 ülkeye de uygulanabilir. Bu 12 ülkenin ferro bor tüketimi 1985-1989 yıllarında ortalama %4,7/yıl oranında artış göstermiştir. Söz konusu artışın 1998 yılına kadar devam ettiği varsayılırsa, bu ülkelerin tüketiminin 1998 yılında 1711 ton olduğu kabul edilmiştir.

Ülkelerin 1998 yılı tüketim rakamları toplandığında, 1998 yılı dünya ferro bor tüketiminin 8.563 ton olduğu görülür.

**Tablo 11:** 1998 Yılı Dünya Ferro Bor Tüketimi (Birim : Ton).

Japonya	1.885	(p)
Avrupa Birliği 12	1.711	(p)
ABD	1.746	(i)
Çin H.C.	1.412	(t)
Kanada	104	(i)
Türkiye	25	(t)
Diğer Ülkeler	1.680	(t)
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>8.563 ton</b>	

(p): projeksiyon, (t): analitik tahmin, (i): istatistik



## IV.2. DÜNYA FERRO BOR ÜRETİMİ:

Ferro bor ile ilgili çok çeşitli kaynaklar incelenmiş olup dünya genel ferro bor üretim rakamıyla karşılaşılmamıştır. Bir kaynak Batı Dünyası ve Japonya'da 1982 ve 1983 yıllarında sırayla 1400 ton/yıl ve 2000 ton/yıl ferro bor üretildiğini belirtmektedir (2). Uzun yıllar öncesine ait olan bu verilerin içinde doğu blokunun üretimi yoktur.

Bir kaynak japonyanın 1990-1993 yılları üretimini vermektedir. Tablo-12'de Japonyanın 1993 yılında 5420 ton ferro bor üretimi yaptığı belirtilmektedir. Bu üretimin yüzde otuzu Japon iç pazarında kullanılmıştır.

Dünya tüketimi 1998 yılında 8.563 ton olarak gerçekleşmiştir. Bunu dikkate alarak, 1998 yılında dünya üretiminin 8.750 - 9.250 ton/yıl arasında olduğu tahmin edilebilir.

## IV.3. ÜLKELERE GÖRE FERRO BOR ÜRETİM VE TÜKETİMİ:

### IV.3.1. JAPONYA:

#### ÜRETİM:

Japonya'nın ferro bor üretimi 1990 senesinde 3700 ton/yıl iken, 1993 senesinde 5400 ton/yıl'a çıkmıştır (16). Bu, üç yılda %46 artış demektir. Japonya'nın üretimindeki bu artışın çoğunluğu, ana üretici Nippon Denko'nun üretimini artırmasından kaynaklanmıştır. Adı geçen firma 1992 yılında Toyama Fabrikasının kapasitesini 2000 ton/yıldan 6000 ton/yıla çıkartmıştır.

**Tablo-12:** Japonya' nın 1990-1993 yıllarında firmalar bazında ferro bor üretimi;

	1990	1991	1992	1993
Nippon Denko	1500	1540	2650	3170
Yahagi Iron Co	1200	1200	1250	1200
NKK	600	600	600	600
Taiyo Koko	130	130	150	150
Japan Metals&Chemicals	300	300	300	300
<b>TOPLAM</b>	<b>3730</b>	<b>3770</b>	<b>4950</b>	<b>5420</b>

(Birim : Ton)

Kaynak: Roskill's Letter from Japan, No:221, Sep.1994 (The Economics of Boron 1995)

Japonyanın ferro bor üretimi 1998 yılında 5000 ton/yıl'ın üstüne çıkmıştır. Bunun yaklaşık 3900 tonunu Nippon Denko üretmiştir. Söz konusu firmanın bu üretim rakamı içinde, çelik üretiminde kullanılan yaklaşık 3000 ton yüksek karbonlu ferro bor ve manyet üretiminde kullanılan 400 ton düşük karbonlu ferro bor vardır.

Bu firma 1998 yılında çoğu ABD'ye olmak üzere 2500 ton ferro bor ihraç etmiştir. İhraç edilen bu ürün çelik ve amorf alaşımlarda kullanılmıştır (4).

### TÜKETİM:

Tablo-13 kullanım yerlerine göre Japonya'nın 1990-1993 yıllarında ferro bor tüketimini göstermektedir.1993 Yılında Japon çelik sanayiinde 1200 ton, Dökme Demir sanayiinde 200 ton ve Manyet sanayiinde 150 ton ferro bor kullanılmıştır. Söz konusu yıllarda bu sanayii dallarının her birinde ferro bor talebi yavaş bir hızda artmıştır.

**Tablo-13:** Japonya'nın 1990-1993 yıllarında sanayii dallarına göre ferro bor tüketimi;

	(Birim Ton)			
Tüketim Yerleri	1990	1991	1992	1993
Çelik	1050	1100	1100	1200
Dökme Demir	200	200	200	200
Manyetler	130	150	150	150
TOPLAM	1380	1450	1450	1550

Kaynak : Roskill's letter from Japan, No 221, September 1994

Japonya'nın yüksek karbonlu ferro bor talebi, çelik sanayiinde istikrarlı duruma gelmiştir. Ancak amorf metaller sanayiinde düşmüştür (4). Japonya'nın ferro bor tüketimi 1990-93 yıllarında ortalama %4/yıl oranında artmıştır. Bu artışın 1998 yılına kadar devam ettiği varsayılırsa, 1998 yılı ferro bor tüketimi 1885 ton olmaktadır.

"The Economics of Boron 1999" adlı yayına göre; 1998 yılında Japonya'nın yüksek karbonlu ferro bor talebinin 3000 t/y olduğu tahmin edilmektedir (4). Manyet endüstrisi tarafından talep edilen düşük karbonlu ferro bor miktarı 420 t/y olduğu belirtilmektedir. Bu durumda, çelik ve manyet sanayiilerinde Japonya'nın ferro bor tüketimi 3420 ton olur. Adı geçen yayının tahmin ettiği bu rakamın yanlış olduğu düşünülmektedir. Zira, 1998 yılında 93 milyon ton çelik üretimi yapan Japonya, çelik sanayiinde 3000 ton/yıl ferro bor kullandıysa, 1 ton çelik için ortalama 32 gram ferro bor kullanmış olur. Bu rakam çok yüksek olduğundan, yanlış olduğu hemen anlaşılmaktadır.

Tablo-14'de görüldüğü gibi 1990-93 yılları arasında Japonya'da bir ton çelik için ortalama ferro bor kullanımı; 9,5 - 12,0 gram arasındadır.

**Tablo-14:** Japonya'nın ham çelik üretimi ve çelik sanayiinde kullanılan ferro bor:

	1990	1991	1992	1993
Ham Çelik Üretimi (milyon ton)	110.3 (a)	110.9 (a)	98.1 (b)	99.6 (b)
Çelik Sanayiinde FeB Tüketimi (ton)	1050	1100	1100	1200
Bir Ton Çelik için ortalama FeB Tüketimi ( Gram FeB /Ton Çelik)	9.5	10.0	11.2	12.0

Kaynaklar: a) Metal Bulletin, 13 jan.1992. b) Metal Bulletin, 24 January 1994

**Tablo-15** : Japonyanın 1990-1993 yılları ferro bor ihracatı (Birim Ton).

1990	1991	1992	1993
2300	2700	3000	3300

Kaynak: Roskill's letter from Japan, No 221, September 1994

#### IV.3.2. AVRUPA:

Avrupa Birliği üyesi 12 ülkenin (önceki AB) ferro bor talebi, 1985 yılında 1000 ton ve 1989 yılında 1200 ton olarak tahmin edilmiştir (17). 1985 Yılında Avrupa Birliği ferro bor talebinin %5'i,1989 yılında %40'ı Japonyadan ithal edilmiştir (4). Japonyadan yapılan ithalat artınca, Avrupa Birliği Komisyonu 1990 yılında bu ülkeden gelen ferro bor'a % 11,4 - 23,3 oranlarında antidamping vergisi getirmiştir (77). Daha sonraki yıllarda gerçekleşen talep rakamları bulunamamıştır. Avrupanın ferro bor üretim rakamları hakkında yeterli bilgi bulunamamıştır.

#### IV.3.3. ABD:

Tablo-16'da belirtildiği gibi, 1998 ve 1999 yıllarında ABD'nin ferro bor tüketimi 1700 tonun biraz üstünde gerçekleşmiş, fakat 2000 yılında 1432 tona düşmüştür.

**Tablo 16** : ABD'de katkı maddesi (additive) olarak Ferro Bor kullanımı:

(Birim : Metrik Ton)				
KULLANIM ALANLARI	1995	1998	1999	2000
<b>Çelik</b>				
Karbon Çeliği	618	957	880	827
Paslanmaz ve ısıya Dayanımlı çelikler	36	(a)	87	115
Diğer alaşımlı çelikler	336	565	257	97
<b>Çelik Toplamı</b>	<b>990</b>	<b>1522</b>	<b>1224</b>	<b>1039</b>
<b>Alaşımlar</b> (alaşımlı çelikler ve süper alaşımlar hariç)	137 ©	224 (d)	491 (d)	393 (d)
<b>Çeşitli ve tanımlanmayan</b>	3	-	(b)	-
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>1130</b>	<b>1746</b>	<b>1715</b>	<b>1432</b>

- a) Diğer alaşımlı çelikler içinde verimiştir
- b) Alaşımlar içinde verimiştir
- c) Dökme demir ve süper alaşımları da kapsamaktadır.
- d) Süper alaşımları da kapsamaktadır.

**Tablo-17:** ABD'de ham çelik üretimi ve çelik üretiminde kullanılan ferro bor .

	1998	1999	2000	2001
Çelik Üretimi (milyon ton)	97.30 (a)	95.90 (b)	101.70 (b)	88.70
Çelikte Ferro Bor tüketimi (ton)	1522 ©	1224 ©	1039 ©	Bulunamadı
Bir ton çelik için Ortalama FeB Tüketimi ( Gram Ferro Bor / Ton Çelik )	15.6	12.7	10.2	Bulunamadı

Kaynaklar:

a) Metal Bullatin, 24 January 2000.

b) Metal Bulletin Research, Ferro Alloys Monthly, July 2001,

c) Tablo-16'dan alınmıştır.

#### IV.3.4. KANADA:

Tablo-18'den görüldüğü gibi Kanada'nın ferro bor tüketimi 1998 ve 1999 yıllarında 104 ve 121 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir.

**Tablo-18:** Kanada'nın Yıllara göre Ferro Bor Tüketimi (Ton).

1995	1996	1997	1998	1999
48	56	66	104	121

Kaynak: Natural Resources Canada

#### IV.3.5. TÜRKİYE:

Türkiyenin Ferro Bor tüketimini öğrenmek için Devlet İstatistik Enstitüsü'ne müracaat edilmiştir. Enstitünün kayıtlarında ferro bor adında bir ürün bulunamadığı için, Türkiyenin bu ürünle ilgili ithalat rakamlarının tutulmadığı anlaşılmıştır. Bu ürünün muhtemelen diğer ferro alaşımlar başlığı altında geçtiği tahmin edilmektedir.

Ferro bor ithalatı yapıp yurt içinde satan bir firmayla görüşülmüş ve bu firma Türkiye'nin ferro bor tüketiminin 5 ton/yıl dolayında olabileceğini ifade etmiştir.

Bu rakamın doğru olamayacağı düşüncesinden hareketle, Türkiyede'ki çelik üreticisi firmalardan yazışma ve telefon görüşmesi vasıtasıyla bilgi toplanmıştır. Bu firmalardan Asil Çelik, minimum %18 tenörlü ferro bor kullandığını, 1999 yılında 4148 kg/yıl, 2001 yılında 5000 kg/yıl ferro bor kullandığını bildirmiştir (70). Firma, çeliğin su alma derinliğini artırmak amacıyla ferro bor'u mikro alaşımlı çeliklere ilave ettiklerini, bor oranının %0,0020-0,0030 olduğunu, bu oran'ın üstüne çıkması halinde bor'un alaşım elemanı görevi yapmadığını söylemiştir. Bu çeliklerin makina ve otomotiv sanayiinde, örneğin şanzıman dişlileri ve civata imalatında kullanıldığını belirtmişlerdir. Asil çelik firması adi karbon çeliğinde ferro bor kullanmadıklarını belirtmiştir.

Çemtaş firması ise %18 tenörlü ferro bor kullandığını, 2001 de 100 kilo ve 2002'de 250 kilo ferro bor satın aldıklarını ve yıllık tüketimlerinin yaklaşık 250 kilo olduğunu söylemiştir (74). Bu firma 30 tonluk sıvı çelik potasına 4 kg ferro bor ilave ettiğini söylemiştir. Bu bilgiye dayanarak hesap yapılırsa, çelik içinde %0.0024 Bor

bulunmaktadır. Çemtaş firması, düşük oranda bor içeren bu çeliklerin düşük alaşımlı (C, Mn, Mo, V, Cr , B) çelikler olduğunu, bunların haddelenerek yuvarlak ürüne dönüştürüldüğünü ve makina ve otomotiv sanayiinde kullanıldığını söylemiştir. Örnek olarak, forklift ve greyder bıçakları imalatında bu çeliğin kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Ege Çelik firması gönderilen mektuba yazılı cevap vermemiştir. Bu firmanın Çelikhane Müdürüyle yapılan telefon görüşmesinde; yılda 10 - 15 ton %17-18 tenörlü ferro bor kullandıkları öğrenilmiştir.

Kroman Çelik firması ise ferro bor kullanmadıklarını belirtmiştir.

İzmir Demir Çelik Sanayii A.Ş. firması, işletmelerinde sadece "inşaat beton çelik çubuğu" üretimi yapıldığından dolayı ferro bor kullanmadıklarını belirtmiştir (73). Çebitaş ve Ekinciler Demir Çelik firmaları da ferro bor kullanmadıklarını bildirmişlerdir (71, 72).

Çelik üreticisi firmalardan alınan bu bilgilere göre, 3 çelik firması (Asil Çelik, Çemtaş ve Ege Çelik) ferro bor kullanmakta olup, bunların yıllık tüketimi 15,5 - 20,5 ton arasındadır. Diğer sanayii dallarında yapılan tüketim de dikkate alınırsa, Türkiye'nin ferro bor tüketiminin 25 ton/yıl dolayında olduğunu tahmin etmek mümkündür.

#### **IV.3.6. ÇİN HALK CUMHURİYETİ:**

Çok yönlü araştırmalar yapılmasına rağmen, Çin Halk Cumhuriyeti'nin ferro bor tüketimi bulunamamıştır. Ancak, Çinde tüketilen ferro bor'un çok yüksek bir oranının çelik ve manyet sanayiilerinde kullanıldığı gerçeğinden hareket ederek ve biraz da tahmine dayalı analitik metodlar kullanılarak bu ülkenin ferro bor tüketimi hesaplanmıştır. Yapılan hesaplar 1998, 1999, 2000 ve 2001 yıllarında Çin'in çelik sanayiinde ferro bor tüketiminin 912, 976, 1008 ve 1120 ton/yıl olduğunu göstermektedir. Hesaplama metodu raporun sonunda Appendix 1'de açıklanmaktadır.

Appendix-1'de görüldüğü gibi, 1998 yılında Çin'de Nd-Fe-B sürekli manyetleri üretiminde kullanılan Ferro Bor miktarının 400 ton olduğu tahmin edilmiştir. Çinde diğer alanlarda kullanılan ferro bor miktarının 100 ton olduğu tahmin edilmiştir.

Bunlar toplandığında, 1998 yılında Çin'in toplam Ferro Bor tüketimi 1412 ton/yıl olmaktadır.

#### **IV.3.7. DİĞER ÜLKELER:**

Japonya, Avrupa Birliği Üyesi 12 ülke, ABD, Çin, Kanada ve Türkiye'nin ferro bor üretim ve tüketim miktarları daha önceki bölümlerde ayrı olarak verilmiştir. Bunların haricindeki ülkelerin (diğer ülkeler) ferro bor üretim ve tüketimleri bulunamamıştır. Bu raporda diğer ülkelerin çelik ve borlu manyet üretim rakamlarına bakılarak, onların ferro bor tüketim miktarları hesaplanmıştır.

Diğer ülkelerin bir ton çelik üretiminde ABD ve Japonya'ya kıyasla daha az ferro bor kullandıkları varsayılmıştır. Bunların bir ton ham çelik üretiminde ortalama 6 gram ferro bor kullandıkları varsayılmış, ve çelik üretim rakamları bu sayıyla çarpılmak suretiyle çelik sanayiinde kullandıkları ferro bor miktarı hesaplanmıştır. Neticede, Tablo-19'da görüldüğü üzere, 1998, 1999, 2000 yıllarında diğer ülkelerin çelik sanayiilerinde kullanılan ferro bor miktarı tahminen 1680, 1716, 1902 ton olarak bulunmuştur.

**Tablo-19:** Diğer Ülkelerin Ham Çelik Üretimi ve Çelik Sanayiinde Tahmini Ferro Bor tüketimleri :

	1998	1999	2000
Çelik Üretimi (milyon ton)	280 (a)	286 (a)	317 (b)
Bir ton Çelikte ortalama ferro bor tüketimi (Gram)	6	6	6
Çelik sanayiinde Kullanılan Toplam Ferro Bor (Ton)	1680	1716	1902

#### Kaynaklar

- a) Metal Bulletin, 24 January 2000'den hesaplandı.  
b) Metal Bulletin, 25 January 2001'den hesaplandı.

Diğer ülkelerin Nd-Fe-B sürekli manyetleri üretiminde kullandıkları ferro bor ise eser miktar kadar az olduğundan ihmal edilmiştir. Dünya'da Nd-Fe-B sürekli manyetleri üretiminde kullanılan ferro bor miktarı sadece 1000 ton olup, bunun %90'ını japonya ve Çin'de kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, bu raporda diğer ülkelerin toplam ferro bor tüketimi çelik sanayiinde kullandıkları miktarla eşdeğer kabul edilmiştir. Bu durumda söz konusu ülkelerin FeB tüketimi 1998 yılında 1680 ton, 2000 yılında 1902 ton olmaktadır.

#### IV.4. FERRO BOR FİYATLARI:

Temmuz 2002'de Avrupa pazarında Avrupa menşeli parça ferro bor 1800 US\$/ton'dan satılmaktadır. Bu fiyat 10 tonluk parti için geçerlidir. Ürünün kompozisyonu %17-20 bor, %0.5 C , %0.2 alüminyum ve %0.5 Si ihtiva etmektedir.

Bir kaynak, Rotterdam depolarından teslim koşuluyla, 2001 yılı Haziran ayında Çin menşeli % 18 tenörlü ferro bor fiyatının 1.600 US\$/ton olduğunu ilan etmektedir (80).

Çin'in Dalian şehriden 30 Nisan 2001 tarihinde teslim edilmek üzere Sino-Metals & Resources firmasınınca satışa sunulan 20 ton ferro bor'un fiyatı 1625 ABD Dolar/ton olarak ilan edilmiştir (81). Bu fiyat FOB Dalian, Çin, bazında dır. Satışa sunulan bu ürünün kompozisyonu : Bor: %18 min., Si: %2 max., C:%0.5 max, Al: %0.5 max, S:%0.01 max, ve P: %0.1 max'dır.

2001 Yılıının Eylül ayında yine Çin'de bir firma %14-19 bor tenörlü ferro bor'un fiyatını C&F bazında 1330 US\$/ton olarak ilan etmiştir (82). Minimum %90'ı 5-50 mm boyutunda olan bu ferro borun kompozisyonu; bor: %14-19, silisyum: %1 max., alüminyum: %0.5 max., karbon: %0.5 max., fosfor: %0.1 max., kükürt: %0.01

maximum'dur. Bu ürünün ambalaj şekli ve boyutu ; net 100 kg demir variller içinde ve dört varil bir palette, veya 1000 kg'lık torbalar içindedir.

Doğu Çin de 2000 yılında ferro bor fiyatlarının 700 RMB/ton azalarak 29.300 RMB'den 28.600 RMB'ye düştüğü rapor edilmektedir (79). Bu ferro bor'un spekleri ve parti miktarı belirtilmemiştir.

Çin Liaoning menşeli %17-19 tenörlü ferro bor 28 Nisan 2002 tarihinde Tianjin bölgesinde 23.500 RMB/ton fiyattan satıldığı rapor edilmektedir (83).

## V. DÜNYA FERRO BOR ÜRETİCİLERİ

### V.1. METALLURG INCORPORATION (ABD):

Metallurg Incorporation firması demirdışı metal alaşımları ve ferro alaşımlar üreten 7 şirkete sahip bir holdingdir. Bu şirketlerden üçü çeşitli alaşımların yanında ferro bor da üretmektedir. Ayrı ülkelerde ferro bor üretimi yapan bu üç şirket, London & Scandinavian Metallurgical Co Limited (LSM), Shieldalloy Metallurgical Corporation (SMC) ve GfE Gesellschaft für Elektrometallurgie GmbH şirketleridir. Metallurg şirketler grubunun toplam satışı 2000 yılında 523 milyon US\$'dir. Bu satışların 9 milyon US\$'i ferro bor ve bor master alaşımlarıdır (29).

#### V.1.1. LONDON & SCANDINAVIAN METALLURGICAL CO LIMITED (LSM) (İNGİLTERE):

LSM şirketinin merkezi ve üretim tesisleri İngiltere'nin South Yorkshire bölgesinde, Rotherham kentindedir. Bu tesislerde 9 endüksiyon fırını, 3 ark fırını, 2 gaz-ateşlemeli fırın, 2 vakum fırını ve 3 rotary fırın ve bir alüminotermik fabrika vardır. Ferro bor, ferro titanyum, ferro vanadyum, krom metal ve bats alaşımı toplam kapasitesi 25.000-30.000 ton/yıldır (33).

Bu tesislerde üretilen ürünler, ferro alüminyum tozu, ferro bor (parça ve toz), krom metal (alüminotermik, parça ve toz), yüksek karbonlu ferro mangan (toz), ferro titanyum, bats alaşımları (bor, alüminyum, titanyum, silisyum, mangan ve zirkonyum kompleks alaşımları), mangan bor, nikel bor, ferro-silisyum-titanyum tozu, nikel-bor tozu, krom boride tozu'dur (33, 34). Bu tesislerde iki sınıf ferro bor üretilmektedir. Bunların kimyasal kompozisyonları Tablo-20'de belirtilmektedir.

**Tablo-20:** LSM Rotherham tesisinde üretilen ferro bor kompozisyonları:

	Sınıf 1	Sınıf 2
Bor	17-20	17 min.
Karbon	0.50	0.5
Alüminyum	0.20	0.5
Silisyum	0.50	3.0
Kükürt	0.01	0.01
Fosfor	0.03	0.2
Demir	kalan	kalan

Kaynak: LSM Web Sitesi



LSM tarafından üretilen Ferro Bor

### **V.1.2. SHIELDALLOY METALLURGICAL CORPORATION (ABD):**

Metallurg Incorporation'ın bağlı ortaklıkları içinde diğer bir ferro bor üreticisi Shieldalloy Metallurgical Corporation şirketidir. Shieldalloy yüksek kaliteli demir ve demirdışı metal alaşımları ve özel metal ürünleri üretiminde liderdir (35). Firmanın üretim tesisi ABD'nin New Jersey eyaletinin Newfield kentindedir. Ayrıca Ohio eyaletinin Cambridge kentinde Vanadyum ürünleri tesisi vardır.

Newfield tesisinde çok sayıda ferro alaşım ve demir dışı metal alaşımlarıyla birlikte ferro bor ve titanyum bor alüminyum, bor alüminyum, nikel bor master alaşımları üretilmektedir (33, 35). Firmanın ferro bor kapasitesi hakkında veri bulunamamıştır. 1952 yılında kurulan bu şirketin 1970 yılında ferro bor ürettiği bilinmektedir (33,36). Fakat ferro bor üretimine ilk ne zaman başladığına dair bilgi bulunamamıştır. Şirketin çalışan sayısı 250' dir (33).

### **V.1.3. GFE GESELLSCHAFT FÜR ELEKTROMETALLURGIE GMBH (ALMANYA):**

Merkezi Almanya, Nuremberg'de bulunan bu firma 1911 yılında Paul Grünfeld tarafından kurulmuştur. Ancak bugün, Amerikan Metallurg Incorporation'ın bağlı ortaklığıdır. Firmanın Nuremberg'de bulunan fabrikasında üretilen başlıca ürünler; ferro bor, krom tozları (powders), kaplama malzemeleri, niobium alaşımları, manyet alaşımları, özel master alaşımları, vanadyum alüminyum ve vanadyum kimyasallarıdır (29,37). Firma sürekli manyet sanayii için %18-20 B tenörlü granül ve toz (powder) ferro bor üretmektedir. Kaynak elektrotları imalatı için %18-20 tenörlü toz (powder) ferro bor üretmektedir. Döküm ve çelik sanayiilerinde kullanılan master alaşımların üretiminde kullanılan %18-20 B tenörlü parça ferro bor üretmektedir. Toz metalurjisinde kullanılan master alaşımlar için %18-20 tenörlü toz (powder) ferro bor üretmektedir (37). Nuremberg fabrikasında elektrik ark fırınları, multiple-hearth-type roasters, vakumlu endüksiyon fırınları, vakumlu ark fırınları, electron beam fırını, sinterleme fırınları ve döner fırınlar yer almaktadır (33). Bu firmanın kapasitesi bulunamamıştır. Yaklaşık 260 çalışanı bulunan bu firma 2000 yılında 250 milyon DM ciro gerçekleştirmiştir (37).



## V.2. EAGLE-PICHER TECHNOLOGIES, LLC (ABD):

ABD'nin Oklahama eyaleti Quapaw'da yeralan Eagle-Picher Technologies firmasının Bor departmanı ferro bor üretmektedir. Firma tarafından üretilen standart ferro bor'un spekleri Tablo-21'de gösterilmektedir

**Tablo-21:** Eagle-Picher Technologies tarafından üretilen standart ferro borun kompozisyonu (Yüzde Ağırlık Cinsinden):

Bor	%17-19
Karbon	Max.%0.2
Alüminyum	Max.%0.5
Silisyum	Max.%0.5
Manganez	Max. %0.7

Bu standart ürüne ilave olarak, Eagle-Picher müşteri gereksinimlerine bağlı olarak izotopik içeriği, bor içeriği, partikül boyutu ve emprüte oranı değişik olan ferro bor üretimi de yapmaktadır (41).

## V.3. F.W. WINTER INC.& CO. (ABD):

ABD'nin New Jersey eyaleti Camden kentinde yerleşik olan F.W.Winter metal ve alaşım tozları (powder) üretmektedir. Bu firma özel alaşımlar grubunda ferro bor, bor karbür, krom-alüminyum, krom karbür, ferro molibdenyum, ferro niobium, ferro fosfor, ferro silisyum, ferro titanyum, ferro tungsten, ferro vanadyum, magnezyum-alüminyum, molibdenyum metal, nikel alaşımları imalat ve dağıtımını yapmaktadır (42).

## V.4. GALT ALLOYS, Inc. (ABD):

1981 yılında kurulan ve 75 çalışanı bulunan Galt Alloys'un üretim tesisi ve satış bürosu ABD'nin Ohio eyaletinde Canton kentindedir (33, 43). Canton Tesisinde ergitme fırınları ve kırma üniteleri olan bu firma ferro bor, ferro titanyum, titanyum, ferro alüminyum, FeSiZr, silikon titanyum, nikel zirkonyum, ve nikel titanyum üretmektedir (4,33,43).

## V.5. AMERICAN ELEMENTS CORPORATION (ABD):

American Elements Corporation, ABD Kuzey Carolina'da Farmville'de yeralan üretim merkezi ve Kaliforniya'da San Mateo'da bulunan deposundan pazara 300 den fazla ürün sunmaktadır. Firmanın ürettiği ürünler arasında ferro bor, bor karbür, bor nitrür, Nd-Fe-B sürekli manyetleri vardır.

Bu firma ABD'nin en büyük Nadir Toprak (Rare Earth) Metaller ve Alaşımları ile ileri teknoloji malzemeleri üreticisidir (47). Firma aşağıda sıralanan elementleri; saf metal, metal kimyasalı veya alaşım halinde üretmektedir. Bunlar; Alüminyum, Antimuan, Arsenik, Berilyum, Bizmut, Bor, Kalsiyum, Karbon, Seryum, Krom, Kobalt, Dysprosium, Erbium, Europium, Galyum, Gadolinium, Germanyum, Holmium, Indium, demir, Lanthanum, Lityum, Magnezyum, Manganez, Molibdenyum, Neodymium, Nikel, Niobium, Fosfor, Praseodymium, samarium, Scandium, Silisyum,

Tantalum, Terbiyum, Tellurium, Thulium, Kalay, Titanyum, Tungsten, Vanadyum, Ytterbiyum, Çinko ve Zirkonyum 'dur. Bu elementlerin saf metal hali, veya çeşitli kimyasal bileşikleri veya değişik alaşımları halinde firma 74 ana ürün üretmektedir (48). Her bir ana ürün kullanıldığı yere göre değişik speklere üretilmekte olup, bir ana ürünün alt ürünleri bulunmaktadır. Bu nedenle, firmanın toplam ürün sayısı yüzlerle ifade edilmektedir. Ferro Bor ürününde, tenör ve emprüte oranları değişik olan 5 farklı ferro bor üretmektedir. Müşteri isteklerine bağlı olarak başka speklere haiz ferro bor üretimi de yapmaktadır. American Elements Corporation firmasının ürettiği 4 ayrı ferro bor'un speklere Tablo-22'de belirtilmektedir.

**Tablo-22:** American Elements Corporation firmasının ürettiği 4 ferro bor'un speklere.

Ürün No	Açıklama	Kompozisyon	Lot Ağırlığı
FE-B-01	Ferro bor alaşım	B : %20-21 C<%0.5, Si<%3, Al<%0.05	1 MT 10 Mt
FE-B-02	Ferro bor alaşım	B:%18-19 C<%0.5, Si<%3, Al<%0.05	1 MT 10 MT
FE-B-03	Ferro bor alaşım	B:%18-19 C<%1, Si<%3, Al<%0.5	1 MT 10 MT
FE-B-04	Ferro bor alaşım	B: %12-13 C<%11, Si<%3, Al<%0.5	1 MT 10 MT

Not : Firma müşteri talebine bağlı olarak diğer ferro bor sınıflarını da üretmektedir.

Kaynak: American Elements Corporation

## V.6. CHEMALLOY CO. INC. (ABD):

Chemalloy ABD'nin Pensilvanya eyaletinde Bryn Mawr kentinde yerleşik bir firmadır. Chemalloy firması çeşitli endüstriyel uygulamalar için müşteri ihtiyacına uygun özel boyutlandırılmış alaşımlar, metaller, mineraller ve kimyasallar üretmektedir (51). Firma bu ürünleri genellikle parça, granül ve toz halinde piyasaya arz etmektedir.

Toz (powder) şeklinde ferro bor üreten Chemalloy firmasının toz şeklinde ürettiği diğer alaşım ve saf metaller şunlardır (51,49). Alüminyum (%99), alüminyum magnezyum alaşımları, kalsiyum silisyum, kalsiyum silisyum baryum, krom metal, kobalt, ferro krom (düşük, yüksek ve ekstra yüksek karbonlu), ferro krom silisyum, ferro columbiyum, ferro manganez, ferro silisyum, ferro titanyum, silisyum, ferro tungsten, magnezyum, magnezyum alüminyum alaşımı, elektrolitik manganez, manganez nitrür, manganez silisyum demir, molibdenyum, nikel, nikel magnezyum, nikel titanyum, rare earth silicide, siliko manganez, silisyum metal, titanyum metal, titanyum silisyum, zirkonyum alüminyum ve zirkonyum silisyum demir.

## **V.7. REACTIVE METALS & ALLOYS CORP. (ABD):**

ABD'de ferro bor üreten Reactive Metals & Alloys firmasının genel merkezi Pensilvanya'da West Pittsburgh'da bulunmaktadır. 1975 Yılında kurulan firmanın 156 işçisi ve 70 ofis çalışanı vardır. Firmanın fabrikasında ferro bor üretimi için 1,5 MVA'lık tek fazlı submerged ark fırını (kapasite 816 mt/yıl) ve rare earth silicide üretmek için 3,75 MVA'lık üç fazlı submerged ark fırını (kapasite 2700 m.t./y) vardır (4,33,16,17). Metal Bulletin'in 2000 yılında yayınlanan "Ores and Alloys" adlı bir yayınına göre, bu ferro bor fırınında üretim geçici olarak durdurulmuştur (33). Şartlar uygun olduğunda üretimin yeniden başlayacağı rapor edilmektedir.

Bu firma ferro bor'dan başka ferro alüminyum, cerium metal ve ferro titanyum üretmektedir (33).

## **V.8. ATOMERGIC CHEMETALS CORPORATION (ABD):**

Atomergic Chemetals firması ABD'de müşteri ihtiyacına göre (custom production) ferro bor üretmektedir (33,49,4). Genel Merkezi New York, Farmingdale'de bulunan bu firma 1962 yılında kurulmuş olup yaklaşık 100 çalışanı vardır (33).

Yüksek teknoloji malzemeleri üreten Atomergic Chemetals'in başlıca ürünleri müşteri taleplerine uygun olarak ferro bor, krom metal (yüksek safiyetli), kobalt metal (yüksek safiyetli), manganez metal (yüksek safiyetli), cerium metal, ferro molibdenyum (custom production), molibdenyum metal (yüksek safiyetli), nikel oksit, silikon metal (yarı iletken sınıfı), ferro tungsten (custom production), tungsten metal (yüksek safiyetli), ferro vanadyum (custom production) ve yüksek safiyetli vanadyum metaldir (33,54). Firma bunlardan başka 10 rare earth metal,12 rare earth metal oksiti, 5 tane de rare earth metal nitrati (nittrade) üretmektedir (54). Bor nitür de üreten bu firmanın ürettiği daha birçok ürün bulunmaktadır.

## **V.9. NIPPON DENKO Co.Ltd. (JAPONYA):**

Nippon Denko Japonyada Hokuriku'da bulunan fabrikasında 1984 yılından beri ferro bor üretimi yapmaktadır (38). Çok geniş ürün yelpazesi olan bu firma başlıca 6 alanda üretim yapmaktadır.

**Ferro Alaşımlar:** (Çeşitli ferro alaşımlar)

**Endüstriyel kimyasallar:** (krom kimyasalları, bor kimyasalları, soda külü)

**Yeni Malzemeler:** (Bor alaşımları, zirkonyum oksit, krom metal).

**Çevresel dönüşüm sistemleri:** (Kromik asit ve bor geri kazanma sistemleri)

**Silikon Metal:** (silikon metal)

**Diğer ürünler:** (Silikat gübre, fosfat gübresi, elektrik enerjisi).

Nippon Denko'nun satışları 1998 ve 1999 yıllarında sırasıyla 40.8 ve 32.0 milyar Yen'dir. Bu satışların sırayla %68 ve %57'sini ferro alaşımlar teşkil etmektedir (38).

1925 yılı Ekim'inde Ogaki Denki Yakin Kogyosho Co adıyla kurulan bu firma, Ekim 1925'de çeşitli ferro alaşımların üretimiyle faaliyete geçmiştir (38). Bu firmanın adı daha sonraları değişmiştir. Aralık 1963'de ise Nippon Denki Yakin Co Ltd. ile Toho Denka Co.Ltd. firmasının birleşmesiyle bu gün var olan Nippon Denko Co.Ltd. oluşturulmuştur. Bugün Genel Merkezi Tokyo, Chuo-ku'da yer alan bu firmanın Japonya'da 4 yerde fabrikası bulunmaktadır (33,38).

Tokushima Fabrikası: 1969 yılında Tokushima Prefecture'de kurulan bu fabrikada yüksek karbonlu ferro manganez (kapasite: 225.000 ton/yıl), süper düşük kükürtlü ferro manganez (kapasite 20.000 ton), özel siliko-manganez alaşımları (kapasite: 21.000 ton), zirkonyum oksit (kapasite: 400 ton) üretimi yapılmaktadır (33,38).

Hokuriku Fabrikası: Toyama Prefecture'de kurulu olan bu fabrikada ferro bor (kapasite 8.000 ton/yıl), yüksek-karbonlu ferro krom (kapasite 18.600 t/y), ferro vanadyum (kapasite 2.000 t/y), ferro manganez nitrided (kapasite 650 ton), krom metal (kapasite 1000 ton), krom karbür (kapasite 300 ton/yıl) üretimi yapılmaktadır (33,38).

Hidaka Fabrikası: Hokkaido'da kurulu bu fabrikada ferro siliko manganez üretimi yapılmaktadır (kapasite 27.200 ton/yıl).

Koriyama Fabrikası: Fukushima Prefecture'de bulunan bu fabrikada kromik asit geri kazanma sistemi imal edilmektedir.

Yukarıda açıklanan 4 fabrikadan başka, Nippon Denko'nun Japonyada 11 bağlı ortaklığı ve Güney Afrikada NST Ferrochrome adında bir bağlı ortaklığı vardır (38).

Nippon Denko firması Aralık 1984'de Hokuriku fabrikası içinde ferro bor tesisinin kuruluşunu tamamlayarak üretime başlamıştır (38). Tesisin ferro bor kapasitesi 1992 yılında yapılan bir ilaveyle 2000 tondan 5300 ton/yıl'a çıkarılmıştır (4,38). Kapasite 2000 yılında 8000 ton/yıl'a çıkarılmıştır (33,38). Ferro bor üretiminde borik asit kullanan firma 1995 yılına kadar Tokushima fabrikasında borik asit ürettiyordu. Söz konusu yılda borik asit üretimini durduran Nippon Denko, Rusyanın JSC of Bor firmasıyla yaptığı Joint Venture anlaşması çerçevesinde borik asiti bu firmadan almaya başlamıştır (39,40).

#### **V.10. KOBELCO (KOBÉ) STEEL, LTD. (JAPONYA):**

Kobe Steel firması Japonya'da Izumi Fabrikasında bor alüminyum alaşımı, bor karbür ve ferro bor üretim imkanlarına sahiptir (44). Genel Merkezi Tokyo'da bulunan Kobe Steel'in ürettiği başlıca ürün ve hizmetler ; demir ve çelik, kaynak malzemeleri, alüminyum ve bakır, altyapı ve fabrika mühendisliği hizmetleri, inşaat makinaları, fabrika makinaları, elektronik ve iletişim ekipmanları'dır (45). Eylül 1905'de kurulan bu firmanın Japonya'da ve diğer ülkelerde çok sayıda bağlı ortaklığı ve iştiraki

bulunmaktadır. 31 Mart 2001'de konsolide edilmiş olarak 30.129 çalışanı, non-konsolide olarak 9.828 çalışanı bulunmaktadır (46). Konsolide satışları 1 trilyon 373 milyar Yen, Non-konsolide satışları ise 818 milyar Yen'dir.

#### **V.11. TAIYO KOKO CO.LTD. (JAPONYA):**

Japonyada ferro bor üreten Taiyo Koko firması çeşitli metal alaşımları, ferro alaşımlar ve metal kimyasalları üretmektedir(4,33,17,16,52). Ferro bor üretimi firmanın Japonya Hyogo'da Ako City'de bulunan Ako fabrikasında yapılmaktadır. Bu fabrikada 360 ton/yıl ferro bor üretme kapasitesine sahip 1 MVA'lık bir elektrik fırını mevcuttur (33). Gerçekleşen üretim 240 ton/yıl'dır (4,33). Bu fabrikada ferro molibdenyum ve ferro vanadyum üretmek için 12 tane termit fırını vardır. Bunların üretim kapasitesi 3.000 ton/yıl'dır (33).

Ako fabrikasından başka Japonyada üç fabrikası (Iyo, Fukui ve Fukuoka) daha bulunan bu firmanın 160 çalışanı vardır (53).

Ürettiği ürünler, ferro bor, ferro molibdenyum, ferro vanadyum, metal vanadyum, alüminyum vanadyum, molibdenyum briket, alüminyum zirkonyum alaşımı ve ferro niobium (FeNb) dur. Firma bunlardan başka çeşitli metal kimyasalları(metal oksitler) üretmektedir. Örneğin vanadyum pentaoksit, molibdenyum trioksit bunlardan sadece ikisidir (53).

#### **V.12. JAPAN METALS & CHEMICALS CO.LTD (JAPONYA):**

Japonya'da ferro bor üreten Japan Metals & Chemicals firması 1917 yılında kurulmuştur (33, 16, 17). Bu firmanın ABD'de yüksek safiyetli krom üreten JMC (USA) Incorporation adında bir bağlı ortaklığı vardır (33). Japonyada ise çeşitli metal ve alaşımlar üreten 4 bağlı ortaklığı bulunmaktadır.

#### **V.13. AWAMURA METAL INDUSTRY CO.LTD (JAPONYA):**

Genel merkezi ve üretim tesisi Japonyada Kyoto Prefecture'de Uji City'de bulunan Awamura Metal Industry'nin 200 ton/yıl ferro bor üretme kapasitesi mevcuttur (33). Uji fabrikasında submerged ark fırınları vardır. Bunlar; 1,5 MVA'lık FeW fırını(kapasite 100 t/y), alüminotermik redükleme fırını (Kapasite: 2.000t/y FeMo, 1500 t/y FeV, 200 t/y FeB).

#### **V.14. STEIN FERROALEACIONES SACIFA (ARJANTİN):**

Endüstriyel faaliyetlere 1965 yılında başlayan Arjantinli Stein Ferroaleaciones firması ferro bor üretmektedir (4,16,17,49,50). Bu firmanın ürettiği başlıca ürünler; çelikhaneler için kalsiyum silikon, cored wires denilen nüveli teller (silisyum kalsiyum, kalsiyum silisyum, alüminyum kalsiyum ferro, alüminyum kalsiyum silikon, ferro bor, ferro titanyum, karbon, sülfür, kurşun, magnezyum ferro silikon) ve dökümhaneler için magnezyum ferro silikon, kalsiyum silisyum baryum , çeşitli bağlayıcılar ve refrakter kaplama malzemeleridir (33,50). Firma üretimlerini Arjantinde iki tesiste yapmaktadır.

Ferro alaşımlar ve diğer alaşımların üretildiği Mendoza fabrikasında 4 tane submerged elektrik ark fırını yer almaktadır. Bu fırınlar 18 MVA, 8 MVA, 7.2 MVA ve

5 MVA gücündedir. En küçük fırın gerekince tekrar devreye alınmak üzere yedekte bekletilmektedir (33,50).

İkinci tesis Villa Mercedes fabrikasıdır. Bu tesiste 4 tane ana üretim hattı vardır. Bunlar; kalıp kumu bağlayıcıları, kum kalıp kaplama (boyama) malzemeleri, alüminotermik ferro alaşımlar ve cored wires (nüveli teller)'dir (50).

#### **V.15. HONGWEI FERRO BORON-ALLOYS CO.LTD. (ÇİN):**

Dünyanın en büyük ferro bor üreticilerinden biri olan "**Hongwei Ferro Boron-Alloys**" firması 1994 yılında Çin'in Liaoning City kentinde "Liaoning Hongwei Boron-Alloys Works" adıyla kurulmuştur. Firma daha sonra Dong-gang City kentine taşınmıştır (55). Firma yılda 8000 ton ferro bor ürünleri ürettiğini belirtmektedir (55). Bu firma 9 seri içinde değişik speklerde yüzden fazla ferro bor üretmektedir. Firmanın ürettiği seriler; düşük silisyumlu, düşük alüminyumlu, düşük fosforlu, düşük karbonlu ve ultra düşük karbonlu ferro borlar ve ayrıca bor-bakır, bor-nikel, bor-krom alaşımlarıdır. Üretimin yüzde doksanı ABD, Hollanda, İngiltere, Almanya, İsveç, Güney Afrika, Hindistan, Kore ve Japonya başta olmak üzere yirmi'den fazla ülkeye ihraç edilmektedir (55). Firmanın web sitesinde Nd-Fe-B manyetleri için üretilen 35 farklı ferro bor'un kompozisyonları verilmektedir. Firma ürettiği ferro borların, demir çelik üretiminde, döküm sanayiinde, Nd-Fe-B manyetik malzemeleri imalatında, transformatörlerde kullanılan amorf metaller imalatında ve toz metalurjisinde kullanıldığını belirtmektedir.

#### **V.16. LIAOYANG FERROALLOY (GROUP) CO.,LTD. (ÇİN):**

1949 Yılında kurulan, Genel Merkezi ve fabrikası Çin'in Liaoning bölgesinde Liaoyang kentinde bulunan "Liaoyang Ferro Alloy Group Co.,Ltd." firmasının 6.000 ton/yıl ferro bor üretme kapasitesi mevcuttur (4, 33,61). Ürettiği ferro bor düşük alüminyumlu olup bu ürün 1995 yılında "Ulusal Yeni Ürün ve Liaoning Meşhur Marka Ürün" ödülü kazanmıştır (61). Bir devlet kuruluşu olan bu firmanın sermayesi 25 milyon dolar, yıllık satışları 57 milyon dolar ve çalışan sayısı 4000 kişidir (33,61).

Firmanın ürettiği diğer ürünler, ferro krom, ferro manganez, siliko manganez, borik asit (kapasite: 5000 ton), magnezyum sulfat monohidrat, basic krom sülfat, titanyum dioksit, borax dekahidrat (5000 ton) ve magnezyum karbonat'dır (33, 61).

Bu firmanın 4 tane bağlı ortaklığı vardır.(Liaoyang AML Ferro Alloy Ltd., Liaoyang International Boron Alloy Co.Ltd.,Liaoyang Ferro Alloy Group Titanyum Dioksit Co., Liaoyang Magnesium Boron Resources Co.)

#### **V.17. LIAOYANG INTERNATIONAL BORON ALLOY CO. LTD. (ÇİN):**

1976 Yılında kurulan, Genel Merkezi Çin'in Liaoning bölgesinde Liaoyang kentinde bulunan "Liaoyang International Boron Alloy" şirketi, Liaoyang Ferro-Alloy Group'un bağlı ortaklığıdır. Liaoyang International Boron Alloy şirketinin 6.000 ton/yıl ferro bor üretme kapasitesi vardır. 1999 yılında ferro bor üretimi 4.000 ton/yıl olarak gerçekleşmiştir (4,33). Şirketin sermayesi 10 milyon RMB, çalışan sayısı 285 kişidir.

#### **V.18. HEBEI JINDU FERROALLOY CO., LTD. (ÇİN):**

Çin'de özel ferro alaşımlar üreten en büyük firmalardan olan "Hebei Jindu Ferroalloy Co.", Hebei bölgesinde Qinghe'dedir. Ana ürünleri ferro molibdenyum (3.600 mt/y), ferro titanyum (3.000 mt/y), ferro vanadyum (500 mt/y) ve krom olan bu firmanın ferro bor'da ürettiği belirtilmektedir (62,63). Firma 1992 yılında kurulmuştur (63).

#### **V.19. JIANGXI JIAXUN TUNGSTEN CO.LTD. (ÇİN):**

Çin'de 1991 yılında kurulan Jiangxi Jiaxun Tungsten firması genellikle çeşitli tungsten ürünleri üretmektedir. Üç branş fabrikası (Wuning branş, Jingan branş, Yangxin branş) bulunan firmanın ürettiği ürünler arasında ferro bor da vardır (64).

Jiangxi Jiaxun firması ürettiği ferro bor'u 1000 kg büyük torbalarda veya 250 kg çelik variller içinde piyasaya arz etmektedir.

Bu ferro bor'un kimyasal kompozisyonu B: %14 %17 %18 min, Al:%0.5max, Si: %2 max, C: %0.5 max, S: %0.01 max, P: %0.2 max..

#### **V.20. JILIN FERROALLOYS GROUP CORPORATION LIMITED (ÇİN):**

1953 yılında kurulan Jilin Ferro Alloys Group'un Genel Merkezi Çin'in Jilin bölgesinde Jilin City'de bulunmaktadır (33,69). Bu firma toz ferro bor, bakır bor alaşımı, nikel bor alaşımı, ferro titanyum bor alaşımı, ferro krom bor alaşımı üretmektedir (69).

7000 çalışanı olan Jilin Ferro Alloys Group Corporation'ın ürettiği ana ürünler; ferro krom, ferro manganez, ferro manganez silikon, manganez metal, ferro silisyum, silikon metal, ferro titanyum, tungsten cevheri ve konsantresi, ferro tungsten, molibdenyum cevheri ve konsantresi, ferro molibdenyum, kalsiyum silikon'dur (33, 69). Toplam ferro alaşımlar kapasitesi 420.000 ton/yıl, 1999 yılı üretimi 200.000 ton/yıl'dır (33).

#### **V.21. ACME FERRO ALLOYS LIMITED (HİNDİSTAN):**

1990 yılında kurulan bu firma Hindistan'da ferro bor üretmektedir (56,57). Ürettiği ürünler krom metal, ferro bor, ferro titanyum ve baz metal'dir (56,57,58).

#### **V.22. L.R.FERRO ALLOYS PRIVATE LIMITED (HİNDİSTAN):**

Hindistan'da Ranchi'de kurulu olan L.R. Ferro Alloys Private Limited'in ürettiği ürünler; ferro bor, ferro moly, FeV, Alüminyum notchbar, moly oksit, molybdenum , v.b.'dir (60).

#### **V.23. MINEX METALLURGICAL CO., LTD. (HİNDİSTAN):**

Hindistan'da kurulu olan Minex Metallurgical Co. firması ferro bor dahil çeşitli özel ferro alaşımlar üretmektedir (33,65). Firma Maharashtra bölgesinde Nagpur'da bulunan fabrikada çeşitli özel alaşımlar (Çeşitli Alaşımlar Kapasitesi: 6.000 ton/yıl)

üretmektedir. Aynı bölgede Kalmeshwar'da bulunan bir fabrikada ise metalurjik cored tel (Kapasite 6.000 ton/yıl alaşım muhtevası) üretmektedir (33,65). Ürettiği başlıca ürünler : ferro alüminyum, ferro alüminyum kalsiyum, deoksidant ve flokulant olarak FeSiAl, FeSiMg, FeSiTi, FeSiZr, CaSi, ferro titanyum, ferro bor, kalsiyum metal, magnezyum metal ve daha birçok metal ve alaşımlar (33, 65, 66).

Minex'in ürettiği Ferro Bor %15 ve %20 bor tenörlüdür. Ayrıca isteğe göre Al, Ti, Si içeren özel ferro bor alaşımları üretmektedir (65).

#### **V.24. MOLDEX INDUSTRIES (HİNDİSTAN):**

Genel Merkezi Hindistan'ın Maharashtra bölgesinde Mumbai'de bulunan Moldex Industries firması ferro bor ve diğer özel ferro alaşımlar ve demir dışı metal alaşımları üretmektedir (4, 33, 84). Firmanın ferro bor üretme kapasitesi 100 ton/yıl'dır (4,33). Ayrıca 50 ton/yıl mobalt alaşımı kapasitesi mevcuttur (4). Mobalt alaşımı; %6 B, %10 Al, %30 Ti, %10 Si içerikli bir bor alaşımıdır (4, 33).

1964 yılında kurulan ve günümüzde toplam 39 çalışanı bulunan Moldex Industries firmasının Hindistanda iki ayrı yerde üretim tesisi bulunmaktadır (33). Bulsar bölgesinin Umbergaon kentinde bulunan birinci fabrikada FeMo, FeB, FeTi, FeSiZr ve Mobalt alaşımı üreten 12 alüminotermik fırın mevcuttur. Bu fırınların tamamı faaliyet halinde olup toplam kapasite 1000 ton /yıl'dır (33). Bunlardan başka, fuel oil yakıtlı 1800 ton/yıl kapasiteli bir adet döner fırın mevcuttur. Bu fırın da faaliyettedir (33). İkinci fabrika Hindistan'da Kalyan'da kuruludur. Bu fabrikada ferro sülfür üreten fuel oil yakıtlı 6 pit fırını vardır. Bunların toplam kapasitesi 1200 ton/yıl'dır (33). Bu fırınlar faaliyettedir.

#### **V.25. KOVOHUTE MNİSEK, A.S. (ÇEK CUMHURİYETİ):**

Çek Cumhuriyetinin Brdy bölgesinde Mnisek'de kurulu bu firma, "The Economics of Boron,1999" raporuna göre ferro bor üretmekte olup, 3.500 ton/yıl ferro bor + ferro vanadyum üretim kapasitesine sahiptir (4). Kovohute Mnisek'in başlıca üretimleri; dökümhane alüminyum alaşımları, deoksidant alüminyum alaşımları, ferro alaşımlar, v.b.'dir. (67).

#### **V.26. FESIL ASA (NORVEÇ):**

Norveç'de kurulu, bu ülkede 4 fabrikası bulunan Fesil Asa, 1999 yılında yayınlanan "The Economics of Boron" raporunda 1997 yılının dünya ferro bor üreticileri içinde gösterilmektedir. Bu rapora göre 1997 yılında bu firmanın ferro bor kapasitesi 5.000 ton/yıldır (4). Fakat firmanın web sitesinde ve 2000 yılında yayınlanan "Ores and Alloys" adlı raporda yayınlanan bu firmanın ürettiği ürünler listesinde ferro bor kelimesi bulunmamıştır (33,68). Fesil'in ürettiği ürünler olarak ferro silisyum, silikon metal , mikro silika, ferro mangan ve silisyum karbür verilmektedir (33, 68).

1997 yılında ferro bor üreticileri arasında verilen Fesil firması günümüzde üretime son vermiş veya düşük miktarlarda üretime devam etmekte olabilir.



## VI. MALİYETLER

### VI.1. ÜRETİLECEK ÜRÜN , KAPASİTE VE İLK YATIRIM TUTARI:

Üretilecek ürün %18 B, % 1.5 Si, % 0.9 C muhtevalı parça ferro bor ve kurulacak tesis kapasitesi 4.000 ton/yıl olarak öngörülmüştür.

Tesisin sabit yatırım tutarı 4 milyon US \$'dır. Tesis 30 kişilik istihdam sağlayacaktır.

### VI.2. ÜRETİM PROSESİ VE GİRDİLER:

Üretim Elektrik Ark Fırınında yapılacaktır. Fırında hammadde olarak borik asit, demir tozu ve odun kömürü kullanılacaktır. Odun kömürünün görevi, borik asitin kimyasal yapısındaki boru redüklemektir. Redüklenme sonucu açığa çıkan sıvı bor, fırının tabanında birikir. Demir hurdası ise ergiyerek fırının tabanındaki sıvı borla karışmak suretiyle, ferro bor banyosunu oluşturur. Prosesde Bor Kazanma randımanı % 80'dir.

Bir ton Ferro Bor (%18'lik) üretmek için gerekli girdi miktarları şöyledir:

- Borik Asit : 1333 kg
- Demir tozu ( % 93'lük) : 836 kg
- Odun kömürü : 760 kg
- Elektrik Enerjisi : 7330 kwh

Kullanılacak girdilerin birim fiyatları şöyledir:

- Borik Asit : 375 USD/ton
- Demir tozu : 140 USD/ton
- Odun Kömürü : 125 USD/ton
- Elektrik : 0.08 USD/kwh
- İşçilik : 1300 US\$ /Ay/Kişi

### VI.3. BİR TON ÜRÜNÜN MALİYET YAPISI: (Tam kapasiteyle Çalışması Durumunda)

Girdi	Miktarı	Fiyatı	Toplam Maliyet / Ton	Payı
Borik Asit :	1,333 ton	375 US\$/t	500	%34
Demir Tozu	0,836 ton	140 US\$/t	117	%8
Odun Kömürü	0.760 ton	125 US\$	95	%6.5
Elektirik	7330 kwh	0.08 US\$/kwh	586	%39.8
İşçilik	30 kişi, toplam		117	%7.9
Amortisman			58	%3.9
<b>TOPLAM</b>			<b>1473 US\$/Ton</b>	

Yukarıdaki tablodan görüldüğü gibi %18'lik bir ton ferro borun üretim maliyeti 1473 US\$ olmaktadır. Üretilen ürüne yakın özelliklerdeki ferro bor Avrupa pazarında 1800 US\$/ton CIF fiyatla satılmaktadır.

#### **VI.4. FİYAT VE SATILACAK MİKTAR:**

Üretilen ürüne yakın özelliklerde olan İngiltere menşeli ferro bor Avrupada 1800 US\$/ton CIF fiyatla satılmaktadır. Çin menşeli %18 B tenörlü ferro bor, Rotterdam depolarından teslim edilmek kaydıyla 1600 US\$/ton fiyatla satılmaktadır.

Kurulacak tesisin kapasitesi 4.000 ton/yıl olup Ferro Bor fiyatı dünya piyasasındaki fiyatlara göre düşük tutulmadığı sürece, mevcut üreticilerin elinde bulunan dünya pazarından büyük pay alma ihtimali az görülmektedir. Bu nedenle üretilen ürünün dünya pazarlarında 1750 US\$/ton fiyatla satılacağı kabul edilmiştir. Ayrıca ilk 2 yılda ; 2000 ton/yıl satış yapılacağı, daha sonraki yıllarda ise 4000 ton/yıl satış yapılacağı kabul edilmiştir. Tesisin ekonomik ömrünün 18 yıl olacağı kabul edilmiştir.

#### **VI.5. PROJE'NİN MALİ ANALİZLERİ:**

**Alternatif-1: Tesiste kullanılacak bütün girdilerin bugünkü fiyatları baz alındığında şu mali sonuçlar ortaya çıkmaktadır;**

**Elektrik Enerjisi : 8 Cent/kwh:**

Kullanılacak bütün girdilerin bugünkü fiyatları baz alındığında, Nakit Akımları tablosu aşağıdaki gibi olmaktadır. Bu tablodan görüldüğü üzere, projenin Net Bugünkü Değeri 5.400.000 US\$ olmaktadır. İç Karlılık Oranı (IRR) ise %14.5 olmaktadır.

Projenin sabit yatırım tutarı 4 milyon US\$ olup, geri ödeme süresi 9 yıldır. Kurumlar vergisinin %40 olması geri ödeme süresini uzatmaktadır.

Kara Geçiş Noktasının Hesaplanması: Tesisin Kara geçiş noktası %38.7'dir. Yani kapasite kullanım oranı %38.7'ye ulaştığı anda tesis kara geçmektedir.

Bu Oran şu formüle göre hesaplanmıştır:

$KGN = \text{Yıllık sabit Giderler} / (\text{Birim Satış Fiyatı} - \text{Birim Değişken Giderler})$

- Yıllık sabit Giderler = 700.000 US\$
- Birim Satış Fiyatı = 1750 US\$/ton
- Birim Değişken Giderler = 1298 US\$/ton

$KGN = 700.000 / (1750 - 1298) = 1548 \text{ ton} = \% 38.7 \text{ kapasite kullanım oranı.}$



## **VI.6. PROJENİN MALİ ANALİZLERİ:**

**Alternatif-2: Elektrik Enerjisi Fiyatının 6 Cent/kwh'a düşmesi ve diğer girdilerin bugünkü fiyattan alınmaları durumunda şu mali sonuçlar ortaya çıkmaktadır;**

### **Elektrik Enerjisi : 6 Cent/kwh:**

Aşağıdaki tablodan görüldüğü gibi, elektrik enerjisi fiyatının 8 Cent'den 6 Cent/kwh'a düşmesi halinde projenin Net Bugünkü Değeri 9.111.000 US\$'a yükselmektedir. İç Karlılık Oranı (IRR) ise %19.5 olmaktadır. Projenin geri ödeme süresi 6 yıl'a inmektedir.

Tesisin kara geçiş noktası % 29 olmaktadır.



## APPENDIX-1 : ÇİN'İN FERRO BOR TÜKETİMİNİ HESAPLAMA METODU

Çin'de tüketilen ferro borun çok yüksek bir oranı çelik ve sürekli manyet sanayiilerinde kullanılmaktadır. Çin'in çelik üretimi yıllara göre bilinmektedir. Fakat çelik sanayiinde kullanılan FeB miktarıyla ilgili bir veri bulunamamıştır. Çin çelik sanayiinde kullanılan FeB miktarını tahmin etmek için önce bir ton çelik için kullanılan ortalama FeB miktarını tahmin etmek gerekir. ABD'de 1998,1999 ve 2000 yıllarında bir ton çelik üretiminde kullanılan ortalama Ferro Bor miktarı, 15.6, 12.7 ve 10.2 gram gerçekleşmiştir. Japonyada ise 1990, 1991, 1992 ve 1993 yıllarında bir ton çelik üretiminde kullanılan ortalama ferro bor miktarı 9.5, 10.0, 11.2, ve 12.0 gram olarak gerçekleşmiştir. ABD ve Japonya'nın verilerine bakarak, Çinde bir ton çelik üretimi için ortalama 8 gram ferro bor kullanıldığını söylemek mümkündür. Bu rakamı Çin'in yıllık çelik üretimiyle çarpma suretiyle , bu ülkenin çelik sanayiinde kullanılan FeB miktarı bulunmuştur. Neticede Çin'in çelik sanayiinde kullandığı ferro bor miktarı aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi olmaktadır.

**Tablo-23:** . Çin'in ham çelik üretimi ve Çelik sanayiinde kullanılan Ferro bor miktarı

	1998	1999	2000	2001
Çelik Üretimi (Milyon Ton)	114 (a)	122 (b)	126 (b)	140 ©
Çelik Üretiminde Kullanılan FeB (Ton)	912	976	1008	1120

Kaynaklar: a) Metal Bulletin, 24 Jan 2000.  
b) MBR, Ferro Alloys Monthly, July 2001.  
c) MBR, Ferro Alloys Monthly, Jan. 2002.

Çin'in sürekli manyet sanayiinde kullanılan Ferro Bor miktarı ise şöyle hesaplanmıştır. Dünya Nd-Fe-B sürekli manyetleri üretimi 1998 yılında 10.000 ton/yıl olup, bunun için kullanılan ferro bor yaklaşık 1000 tondur (4). Çin'in Nd-Fe-B manyetleri üretimi 1998 yılında 4000 ton gerçekleşmiştir (4). Bunun için kullanılan ferro bor miktarının 400 ton olduğunu söylemek mümkündür.

## **YARARLANILAN KAYNAKLAR:**

- 1). V.P.Elyutir, Yu.A.Pavlov, B.E.Levin, E.M.Alekseev, Production of Ferroalloys, Chapter 9, Ferroboron, Moscow 1957.
- 2) Ullmans, Boron and Boron Alloys, Vol.A4, sayfa. 285-292
- 3) LSM Company, [URL:www.lsm.co.uk/st3.htm](http://www.lsm.co.uk/st3.htm)
- 4)The Economics of Boron, 1999.
- 5) SMC's Ferro Alloys & Alloying additives online handbook, Boron
- 6) More powerful permanent magnets. Annual 93 of Oslo Sintef .
- 7) Polimer Bonded Rare-Earth Permanent Magnet, Vacuumschmelze GmbH Website.
- 8) Nd-Fe-B Rare Earth Permanent Magnet Generator, <http://business.density.com>
- 9) Ningbo Yunsheng Strong Magnet Material Co., Company Profile
- 10) Magnetic Materials, Business Portal-Tpage.com
- 11) Nd-Fe-B Permanent Magnets, Louis Magnets Supplies Ltd.
- 12) Magnequench International Files, Press Release, magnequench.com
- 13) Magnequench Company History, magnequench.com/mag\_news
- 14)Magnequench History, Company Backgrounder
- 15) Nd-Fe-B magnet applications grow as raw material prices decrease, Magnequench Press Release, 30 Haziran 2000..
- 16) The Economics of Boron 1995, Roskill.
- 17) The Economics of Boron 1993, Roskill.
- 18) Natural Resources Canada
- 19) Ferro Alloys 2000, Minerals Yearbook, USGS.
- 20) Iron and Steel, Minerals Information, USGS.
- 21) Ferro Alloys 1999, Minerals Yearbook, USGS.
- 22) Metal Bulletin, 24 January 2000
- 23) Metal Bulletin Research,Ferro Alloys Monthly, July 2001.
- 24) Metal Bulletin, 13 jan.1992.
- 25) Metal Bulletin, 24 January 1994.
- 26) MBR, Ferro Alloys Monthly, Jan. 2002
- 27) Metal Bulletin, 25 January 2001
- 28) [www.sowter.co.uk](http://www.sowter.co.uk)
- 29) U.S. Securities and Exchange Commission, Metallurg Inc..
- 30) Group Arnold, National Arnold Magnetics, July 2001.
- 31) Pauwels Group, Our Products, [www.Pauwels.com](http://www.Pauwels.com)
- 32) [www.jkr.gov.my](http://www.jkr.gov.my)
- 33) Ores & Alloys for the Global Steel Industry, MB ,2000.
- 34) LSM Web sitesi
- 35) Shieldalloy Metallurgical websitesi.[www.shieldalloy.com](http://www.shieldalloy.com)
- 36) Shieldalloy, MB 1971.
- 37) Gfe Gesellschaft für Elektrometallurgie web sitesi.
- 38) Nippon Denko
- 39) Japan's sole producer of Borik Asit to give up manufacturing, Nippon Denko, Japan Chemical Week 15 sep. 1994.
- 40) M. Hilmi Angın, Dünya bor sektörü ve Eti Bank,1996.
- 41) Eagle-Picher Technologies
- 42)F.W.Winter Inc.
- 43) Metal Bulletin, June 7 ,1999, p.42.

- 44) Kobe Steel Producing Boron Aluminium Alloy, July 18, 2001.
- 45) Main Products, Kobelco Steel
- 46) Corporate Profile, Kobelco, Kobe Steel.
- 47) American Elements Corporation Web Sitesi
- 48) Product Catalog, American Elements Corporation.
- 49) Ferro Alloy Directory and Databook, MB,1985
- 50) Stein Website
- 51) Chemalloy web sitesi
- 52) Metal Bulletin , Ferro Alloys Special Issue, 1971
- 53) Taiyo Koko web sitesi
- 54) Atomergic Chemetals Web sayfası.
- 55) Hongwei Ferro Boron - Alloys web sitesi.
- 56) Acme Ferro Alloys Ltd.([www.indianwelding.com](http://www.indianwelding.com))
- 57) Acme Ferro Alloys Ltd., URL: [www.indianyellowpages.com/india/manufacturers](http://www.indianyellowpages.com/india/manufacturers)
- 58) Acme Ferro Alloys Ltd., URL: <http://india.metalworld.com>
- 59) URL: [www.ratlam.org/acmeferos](http://www.ratlam.org/acmeferos)
- 60) URL: <http://dir.indiamart.com>, L.R. Ferro Alloys Pri.Ltd.
- 61) [http:// china-window.com/Liaoning-w/products](http://china-window.com/Liaoning-w/products), (Liaoyang Ferroalloy Co.Ltd.)
- 62) URL: [www.metalworld.com](http://www.metalworld.com) Hebei Jindu Ferroalloy Co.
- 63) Hebei Jindu Ferroalloy Web sitesi
- 64) URL: [www.Jiaxun-metals.com](http://www.Jiaxun-metals.com)
- 65) Minex Metallurgical Web sitesi
- 66) URL: [www.indianwelding.com](http://www.indianwelding.com) Minex Metallurgical Co.
- 67) Kovohute Mnisek, a.s., URL: [www.mpo.cz/gc](http://www.mpo.cz/gc)
- 68) Fesil Web Sitesi
- 69) Jilin Ferro Alloy Group Corporation Ltd.. Web sitesi.
- 70) Asil Çelik'ten alınan mektup, 23 Mayıs 2002.
- 71) Çebitaş'dan alınan mektup, 24 Mayıs 2002.
- 72) Ekinciler Demir Çelik'den alınan mektup, 28 Mayıs 2002.
- 73) İzmir Demir Çelik'den alınan mektup, 22 Mayıs 2002.
- 74) Çemtaş ile telefon görüşmesi, Mayıs 2002.
- 75) Kroman Çelik ile telefon görüşmesi, Mayıs 2002.
- 76) China Economic News, 16.07.2001.
- 77) Ferro boron from Japan, OJ(1990) L73/6.
- 78) Donald E.Garreth, Borates, Handbook of deposits, processing, properties and use, 1998.
- 79) Alloy prices increase in East China, [www.metallurgy-china.com](http://www.metallurgy-china.com)
- 80) [www.rjh-trading.com/minormetals.htm](http://www.rjh-trading.com/minormetals.htm)
- 81) Spot metals online
- 82) Ferro alloy and graphite from China. [www.expvoellinger.de/ferroalloy](http://www.expvoellinger.de/ferroalloy)
- 83) Asia-Steel, price of Iron and Steel Furnace charge in Tianjin.
- 84) [http:// business.vsnl.com/moldex](http://business.vsnl.com/moldex)