

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Fizik Mühendisliği

Katıların Manyetik Özellikleri

Sert Manyetik Malzemeler

İçindekiler

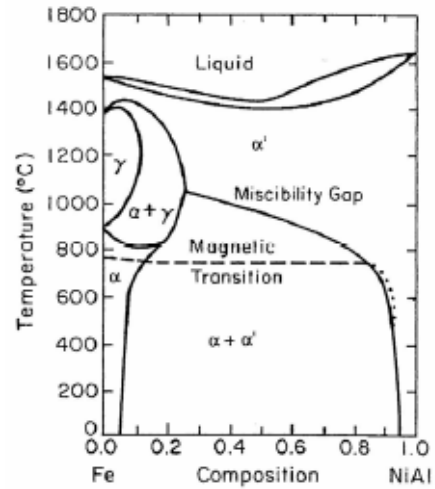
- Kalıcı Mıknatıslar
- Zorlayıcı Alan, Artık mıknatıslanma,
Doyum mıknatıslanması
- Maksimum Enerji
- Yük çizgisi ve Maksimum enerji çarpanı
- Kalıcı Mıknatıs kararlılığı
- AlNiCo
- Ferritler
- Nadir-Toprak elementleri
- Manyetostriksiyon

AlNiCo

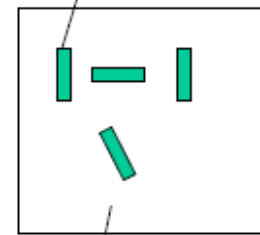
- Alnico'nun en önemli özelliği yüksek kalıcı manyetik akı yoğunluğu ve düşük sıcaklık sabitidir.
- Alnico alaşımlarının Curie sıcaklığı oldukça yüksektir (700-800C). Curie sıcaklığı sürekli mıknatıs malzemesinin manyetik özelliklerini kaybetmeye başladığı en yüksek sıcaklık değeri olarak tanımlanmaktadır ve kalıcı mıknatısın işletme koşullarının belirlenmesi bakımından önemlidir.
- İki fazlı olarak bulunurlar. Güçlü manyetik α_1 -(Fe-Co) ve zayıf manyetik α_2 fazını ise (Ni-Al) oluşturur. α_2 fazı domain duvarının hareketini zorlaştırır.
- Manyetik özellikler ısı işlemlerle geliştirilirler. Manyetik alanda tavlandıkları zaman (700 C) coercivity ve enerji çarpanında artış gözlenir.

$$B_c=50-130\text{kA/m} \quad (BH)_{\text{max}}=50-75\text{kJ/m}^3$$

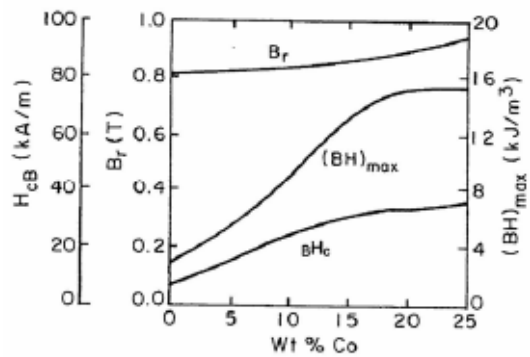
- Dezavantajları düşük coercivity değerlerinin olmasıdır.
- Güçlü manyetik Fe-Co , zayıf manyetik Ni-Al matris içine yerleştirilir. Bunun sonucu olarakta bu tür mıknatıslar çok sert ve kırılığandır.

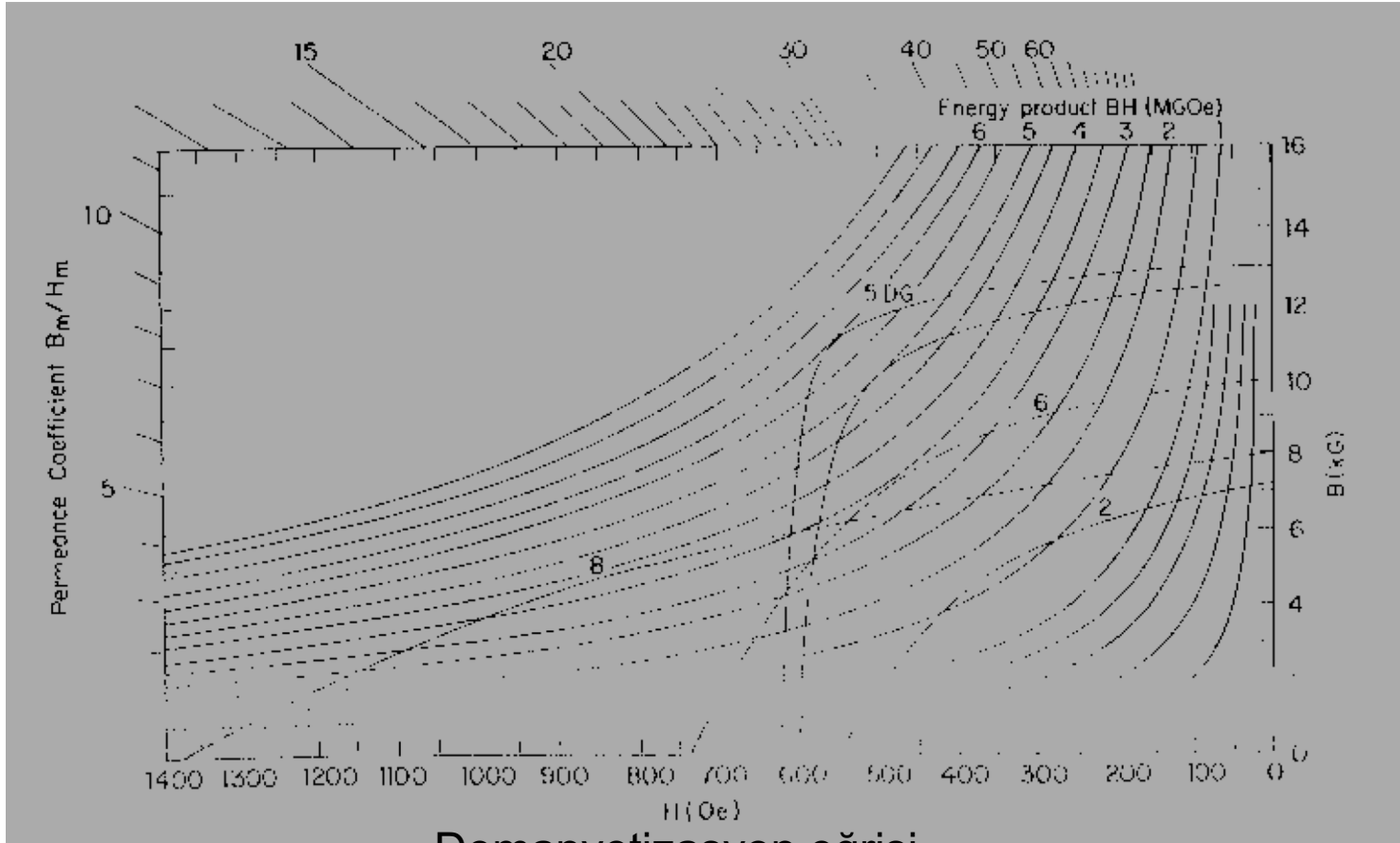


Fe-rich α phase



NiAl-rich α' phase

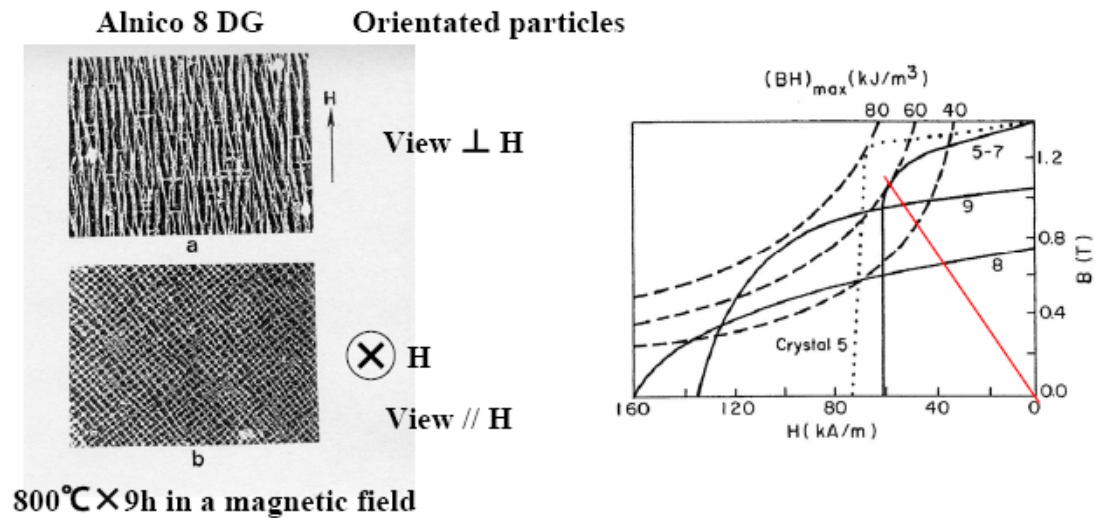




Demanyetizasyon eğrisi

Demagnetizasyon eğrisi, zorlayıcı kuvvet ve sıcaklığa bağlıdır.

Anizotropik AlNiCo Magnetler



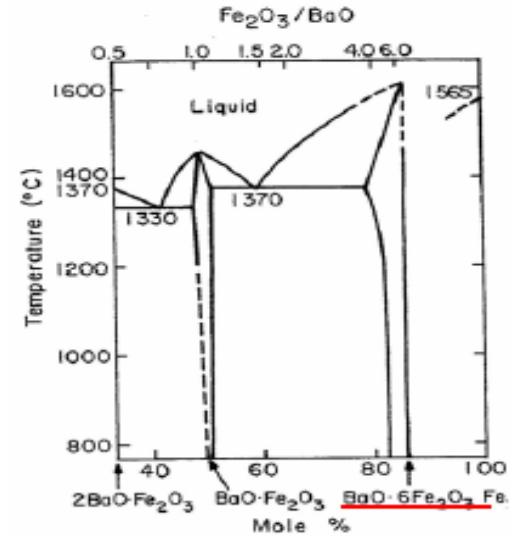
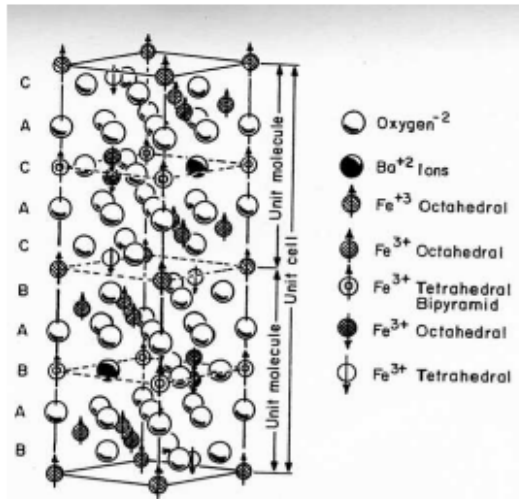
Alnico	Character	Composition (wt%) (balance Fe)					Magnetic Properties		
		Ni	Al	Co	Cu	Other	B_r (T)	$B_r H_c$ (kA/m)	$(BH)_{max}$ (kJ/m ³)
5	Random grain	12–15	7.8–8.5	23–35	2–4	0–0.5 Ti 0–1 Nb	1.2–1.3	52–46	40–44
DG ^a 5	Directed grain 5	13–15	7.8–8.5	24–25	2–4	0–1 Nb	1.3–1.4	62–56	56–64
5 xtl	Single crystal	14	8	25	3		1.4	68	80
8	Random grain	14–15	7–8	37–40	3	<u>7–8 Ti</u>	0.74–0.78	<u>150–170</u>	44–48
DG 8(9)	Directed grain 8	14–16	7–8	32–36	4	0.3S	1.0–1.1	140–110	60–75

Ferritler

- Ferrit, Alnico'dan daha yüksek zorlayıcı kuvvete sahipken aynı zamanda düşük kalıcı manyetik akı yoğunluğuna sahiptir. Sıcaklık sabitleri de kısmen yüksektir. Ferrit'lerin en önemli özellikleri düşük maliyetleridir.

Hekzagonal Ferritler

- $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ veya $\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Esnek plastik matrislerinin içine yerleştirildiği için plastik mıknatıs olarakta bilinirler.
- Coercivity değerleri alnicolardan yüksektir ama enerji çarpanları düşüktür. $B_c = 150-250\text{kA/m}$ ve $(BH)_{\text{max}} = 20\text{kJ/m}^3$



Some Fundamental Physical Properties of Ba, Sr, and Pb Hexaferrites

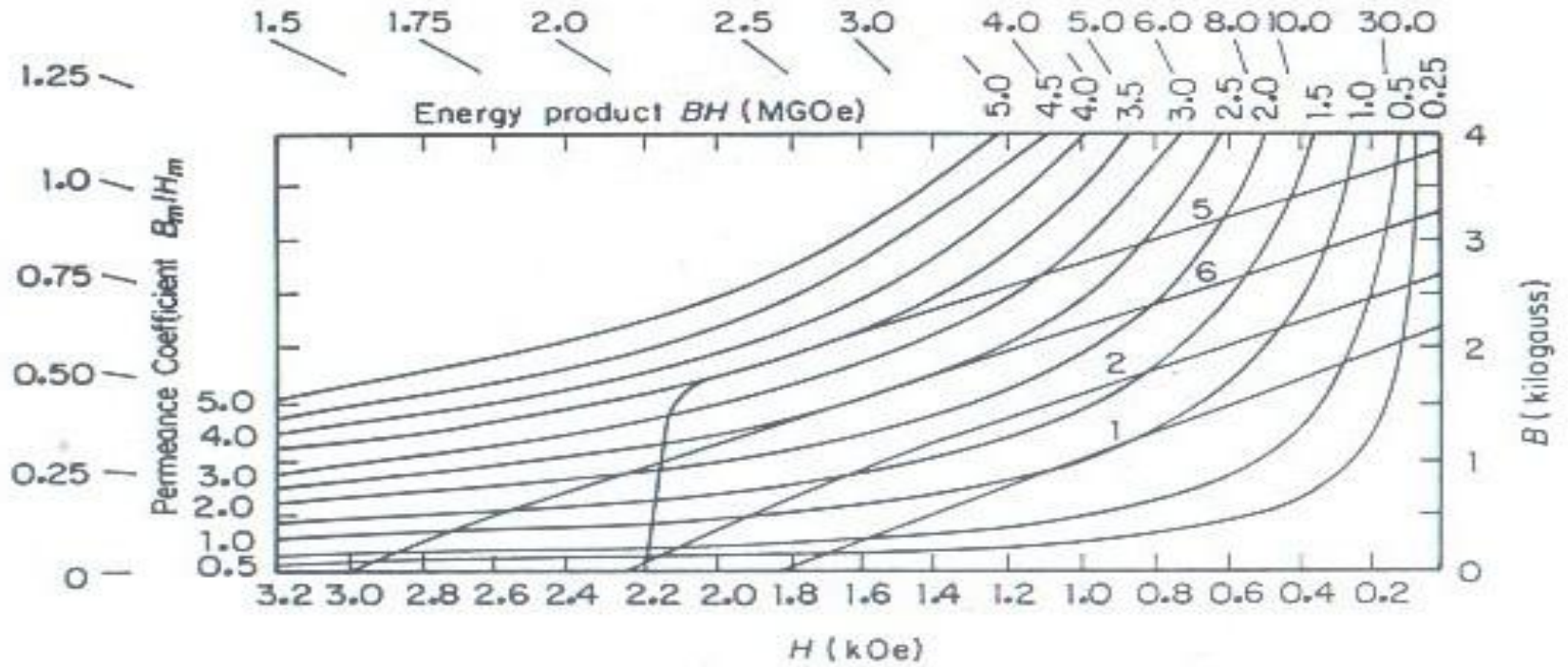
	Lattice Constants (nm)		Mass Density (g/cm ³)	$\mu_0 M_s (RT)$ (T)	T_c (K)
	<i>a</i>	<i>c</i>			
BaM	0.589	2.32	5.3	0.48	740
SrM	0.587	2.31	5.11	0.48	745
PbM	0.588	2.30	5.68	0.43	725

Magnetic Properties of Isotropic and Anisotropic BaM

Grade	$(BH)_{max}$ (kJ/m ³)	B_r (T)	$B_s H_c$ (kA/m)	$i_c H_c$ (kA/m)	$\Delta M_s / M_s \Delta T$ (%/K)	$\Delta_i H_c / H_c \Delta T$ (%/K)	Mass Densit (g/cm ³)
Isotropic	6.5–9	0.19–0.22	125–145	210–270	–0.2	0.2–0.5	4.6–5.4
Anisotropic	20–30	0.32–0.4	125–250	130–340	"	"	"

Source: After Stäblein (1982).

Magnetoplumbite yapısı



Demanyetizasyon eğrisi. 1-izotropik baryumferrit,2-5-6 anisotropik baryumferrit.

Nadir-Toprak Elementleri

- Nadir toprak, sürekli mıknatısların keşfedilmesi ile birlikte son yirmi yıl boyunca (BH)max enerji yoğunluğunda büyük gelişmeler yaşandı. Nadir toprak malzemelerinin ilk örnekleri Samaryum Kobalt karışımına dayanıyordu. 1960'lı yıllarda keşfedilmiş ve ticari olarak üretimine 1970'li yılların başında başlanmıştır. Samaryum Kobalt yüksek kalıcı akı yoğunluğu, yüksek zorlayıcı kuvvet, yüksek enerji, lineer demanyetizasyon eğrisi ve düşük sıcaklık katsayısı avantajına sahiptir. Küçük boyutta yüksek güç ve düşük eylemsizlik momenti istenen motorlarda kullanımı çok uygundur. Kaynak sıkıntısı nedeni ile malzemenin pahalı olması maliyeti olumsuz etkilemektedir.
- Son yıllarda birleşimi fazla pahalı olmayan neodmiyum (Nd) ve demir (Fe)'e dayanan ikinci jenerasyon nadir toprak kalıcı mıknatısın keşfedilmesi ile malzeme maliyetinin düşürülmesinde önemli bir adım atılmıştır. Günümüzde artan miktarda üretilen NdFeB mıknatıslar SmCo mıknatıslardan sadece oda sıcaklığı şartında daha iyi manyetik özelliklere sahiptir.

Samaryum-Kobalt

- Bunların anizotropisi Fe-Ni 'lilere göre daha yüksektir.
- Doyma mıknatıslanması yüksektir.

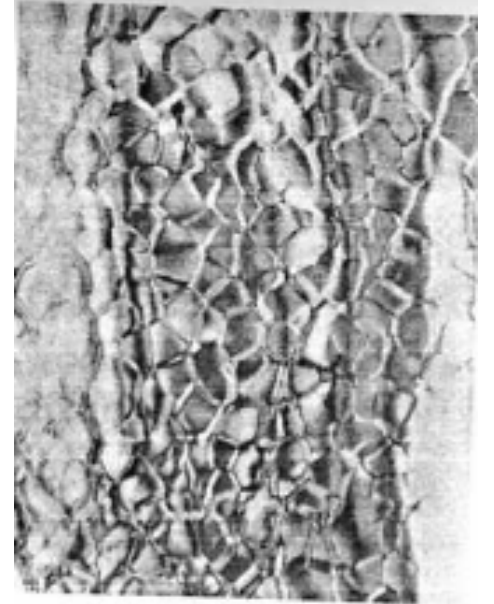
- SmCo_5

$$M_s=780\text{kA/m} \quad B_c=760\text{kA/m}$$

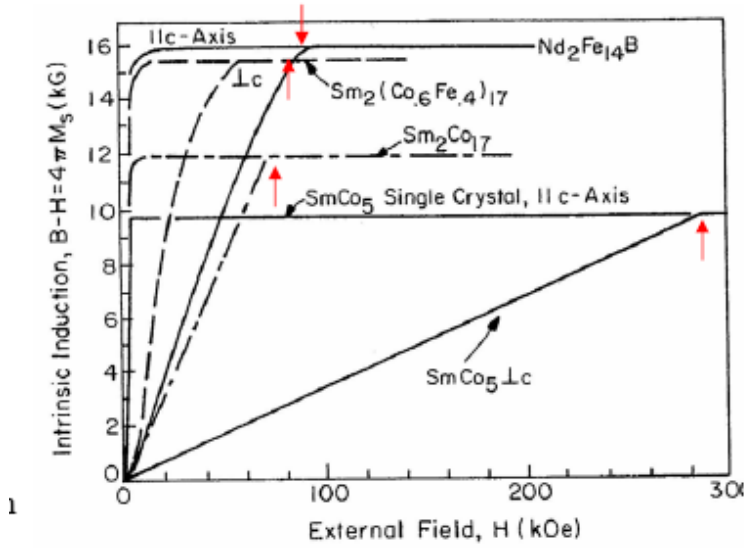
$$BH=150-200\text{kJ/m}^3$$

- $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$

$$B_c=800\text{kA/m} \quad BH=260\text{kJ/m}^3$$



Hücre Yapısı



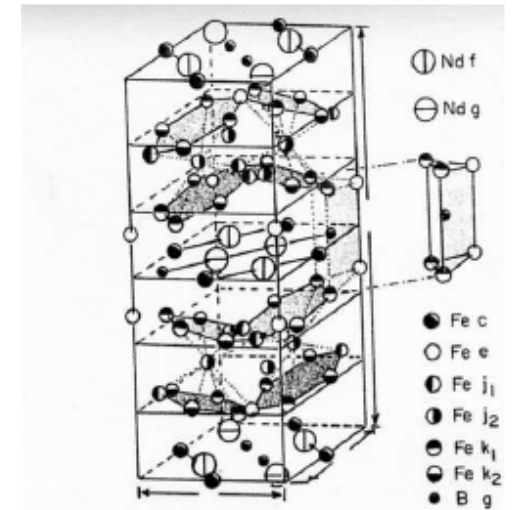
- Yapıdaki nadir toprak elementi anizotropi, geçiş metali ise yüksek Curie sıcaklığı (720 C) ve yüksek mıknatıslanma sağlamaktadır.
- Mıknatıs toz halde 1100 C de ısıtılarak tek fazlı homojen hale getirilir. Mikro yapının düzenlenimi için düşük sıcaklıklarda bekletilir. Fe ile zenginleştirilir.

	$\mu_0 M_s$ (T)	T_c (°C)	I_s (T)	H_c (MA/m)		$(BH)_{max}$ (MG·Oe)	
				Isotropic	Aligned	2D	3D
SmCo ₅	1.0	685-700	10	0.8-1	2.9	14-16	18-24
Sm ₂ (CoFe) ₁₇	1.2-1.5	810-970	3.3	1-1.3	2.4	16-20	24-30
Fe ₁₄ Nd ₂ B	1.6	312	5	—	1.2-1.6	34-45	

NdFeB

- Yüksek coercivity ve enerji çarpanına sahiptirler.
- İki şekilde üretilirler:
 - 1) Toz haline getirilip ısıyla şekillenim
 - 2) Erittikten sonra hızlı soğutma

Crystalline structure of $R_2Fe_{14}B$



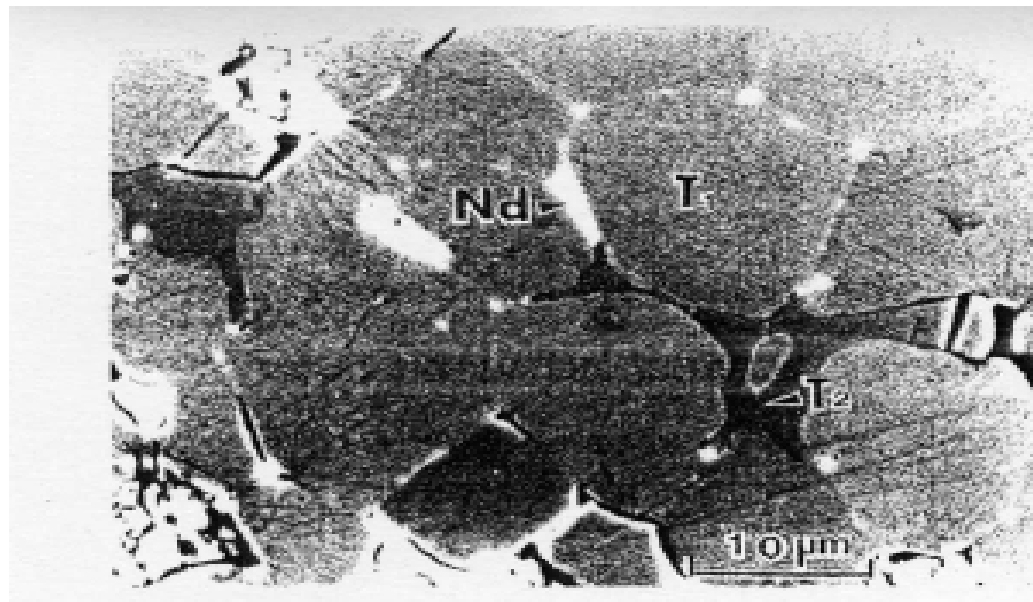
1) Bileşenler Ar atmosferinde alüminyum kaptaki indüksiyon yoluyla eritilirler. Sonra değirmende toz haline getirilirler. Manyetik alan ve basınç altında tavlama yapılır. Ar atmosferinde 1000-1150 °C'de şekillendirilir.

2) Ark fırınında eritilen malzemeler melt spinner kullanılarak 20-80 nm büyüklüğünde homojen parçalar elde edilir. Birbirlerine bağlanarak kullanılırlar.

$$BH=72\text{kJ/m}^3$$

$$BH=320\text{kJ/m}^3$$

Structure of sintered NdFeB magnet



$T_1: \text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, $T_2: \text{Nd}_{1+\varepsilon}\text{Fe}_4\text{B}_4$
Nd: Nd-rich phase