

42199

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANA SANAT DALI
SERAMİK SANAT DALI

İSOTROPİK SERT MAGNETLERE
KALSİYUM FOSFAT VE KOBALT OKSİT
KATKISI

(YÜKSEK LİSANS)

42199

Alptekin GÖRÜNÜŞ

DANIŞMAN: Prof. Dr. Ateş ARCASOY

İSTANBUL - 1995

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	II
GİRİŞ.....	1
1. MANYETİK SERAMİKLERE GİRİŞ.....	2
1.1 SERT MAGNETLER.....	2
1.2 YUMUŞAK FERRİTLER.....	2
2. MANYETİZMA.....	3
2.1 DİA VE PARA MANYETİZMA.....	8
2.2 FERROMANYETİZMA.....	8
2.3 ANTİFERRO VE FERRİMANYETİZMA.....	10
2.4 MANYETİK ÖZELLİKLERİN TANIMI.....	11
2.5 ANİSOTROPİ VE MANYETOSTRİKSİYON.....	13
2.6 MANYETİK PARAMETRELERİN ÖLÇÜMÜ.....	15
3. FERRİTLERİN KRİSTAL YAPISI.....	16
4. FERRİTLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	19
4.1 HAMMADDE.....	20
4.2 KARIŞTIRMA.....	20
4.3 KALSİNASYON.....	20
4.4 ÖĞÜTME.....	21
4.5 GRANÜL YAPIMI.....	22
4.6 ŞEKİLLENDİRME.....	22
4.7 SİNERLEME.....	22
4.8 BİTİRME VE SONUÇ.....	23
5. KATKI MADDELERİNİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ.....	23

5.1	CoO KATKISININ ETKİSİ.....	24
5.1.1	DEMİR FAZLA FERRİTLER.....	24
5.1.2	DEMİR EKSİK FERRİTLER.....	24
5.1.3	STOKİOMETRİK FERRİTLER.....	24
5.2	KALSİYUM OKSİT VE DİĞER KATKI MADDELERİNİN ETKİSİ....	37
6.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	37
6.1	YERLİ VE YABANCI HEMATİTİN KİYASLANMASI.....	38
6.2	KALSİNASYON SICAKLIĞI VE KALSİNASYON SONRASI ÖĞÜTMENİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ.....	42
6.3	KATKI MADDELERİNİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ.....	45
7.	SONUÇ.....	48
EK	SERT FERRİTLERİN J-H EĞRİSİ.....	49
8.	KAYNAKÇA.....	51

ÖNSÖZ

İsotropik sert magnetlere kalsiyum fosfat ve kobalt oksit katkısı konulu tez çalışması temel itibarıyla 1992 - 1994 yıllarını kapsayan bir inceleme tezidir.

Manyetik seramikler üzerinde yapılan araştırmalar 1988-89 öğretim yılında ANADOLU ÜNİVERSİTESİ UGSYO SERAMİK BÖLÜMÜNDE, Öğr.gör.GÜNER SÜMER danışmanlığında başlayıp; 1990-92 öğretim yıllarında MARMARA ÜNİVERSİTESİ G.S.F SERAMİK VE CAM ANASANAT DALINDA Prof.ATEŞ ARCASOY danışmanlığında devam etmiştir. 1992 yılında TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU olan TÜBİTAK'ın araştırma imkanı tanınması üzerine TÜBİTAK MAM MALZEME BÖLÜMÜ seramik laboratuvarında Arş.uz. HİLKAT ERKALFA danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarımda bana yardımcı olan Öğr.gör.GÜNER SÜMER, Prof ATEŞ ARCASOY, Arş uzm.HİLKAT ERKALFA,seramik laboratuvarı çalışanlarına, çalışmalarımı destekleyen Prof.HALUK TEZONAR, sayın EBRU KÖK'e ve tüm iştirakçilere teşekkürü borç bilirim.

ÖZET

Seramik, nadiren organik malzemelerle birleştirilip, herhangi bir usul ile şekillendirildikten sonra fırınlanan işlevsel ve sanatsal malzeme ya da malzemelere denir.

Seramiğin elektriki özellikleri, elektriğin keşfine dayanır, fakat 20. yüzyılda genişlemeye başlamıştır.

Seramiklerin yalıtkan, yarı iletken, süper iletken ve manyetik özellikler taşıyan, inorganik minerallerinin oluşturduğu bileşimler, çeşitli yöntemlerle şekillendirilip bir kaç dış müdahale ile elektriki özelliklerine yön verilen malzeme ve ürünlerine ELEKTROSERAMİK denir.

Elektroseramik alanına giren manyetik seramikler, ileri teknoloji seramiklerindedir. Üretim süreçleri incelendiğinde bilgi ve deneyim gerektirdiği fark edilir. Manyetik seramikler kendi aralarında sert, yumuşak, isotropik, anisotropik gibi kısımlara ayrılırlar.

Katkı malzemesi olarak kullanılan Kalsiyum fosfat ($Ca_3P_2O_8$) ve Kobalt oksitinin (CoO) maliyetinin yüksek oluşu, projenin geleceğini olumsuz yönde etkilemektedir.

GİRİŞ

Seramik, nadiren organik malzemelerle birleştirilip, herhangi bir usul ile şekillendirdikten sonra fırınlanan işlevsel ve sanatsal inorganik malzeme ya da malzemelere denir .

ilerleyen dünya teknolojisinde önemi artmakta olan seramik iki grup altında toplanır. Bunlar; klasik ve ileri teknoloji seramikleridir. İnsanoğlu ilkel çağlardan bu yana bu malzemeyi değişik araçlarla üretip kullanmış, günümüze kadar süre gelmiş ve günümüzün vaz geçilmez ögesi olmuştur. Son yıllarda teknoloji alanında olan gelişmeler, insanlığı seramik konusunu özel olarak incelemeye yöneltmiştir. İkinci gruba giren seramiklere, "Yüksek teknoloji seramikleri" kimi zaman "ince seramikler" ve "yapısal seramikler" adları verilir. Genel olarak yapısal amaçlı yüksek teknoloji seramikleri, oksit seramikler olarak; Alüminyum oksit, Zirkon oksit, Silisyum oksit, büyük önem taşıırken oksit olmayan (non - oxide) grupta Silisyum nitrür, Bor karbür, Silisyum karbür, Titan borür gibi yüksek özellikli malzemeler bulunmaktadır. Tekstil, Elektronik, Elektrik, Makina teçhizat, Kimya, Petro kimya sanayi lerinde seramik, yaygın olarak kullanım alanı bulmuştur.

Ülkemiz seramik sanayiinde üretilen seramikler genel olarak klasik seramikler ya da başka bir deyişle geleneksel seramiklerdir. Bunlar yapı malzemesi olarak; Yer karosu, Fayans, Hela taşı, Klozet, Lavabo, Bide, Mutfak eşyası olarak; Tabak, Çanak, Bardak Fincan, Demlik, Baharatlık, Elektrik alanında; İzolatörler, Sigorta, Fırın rezistans boruları, Refrakter alanında; Ateş tuğlaları, Fırın rafları gibi seramik malzemelerdir. İleri teknoloji seramikleri ülkemizde değişik nedenlerden dolayı üretilmemekte, firmalarca ithal edilmektedir. Teknik seramiklerin üretilmemesinin bir çok sebebi vardır. Konu üzerindeki bilgi birikiminin henüz oluşmamış olması ve yerli hammaddelerimizin durumu, ilk etapta göze çarpan etkenlerdir.

Seramik malzemeler, değişik alanlarda işlevselliklerine göre üretilmektedirler. Üretim şartları, hammadde temizliği ve homojenlik seramik üretimindeki verimliliği önemli ölçüde etkiler ki, bu da Seramik sektörünün, Üniversitelerin Araştırma kurumlarının birliktelikleriyle çözüme ulaşacaktır. Bu konuyla ilgili çalışmalar, Ülkemizde büyük bir hızla devam etmektedir.

1- MANYETİK SERAMİKLERE GİRİŞ

Ferrit, esası demir oksit olan ve manyetik özellik gösteren seramik malzemelerin genel bir ismidir. Manyetik özelliklerine göre bu malzemeler iki grupta toplanır.

1.1- SERT MAGNETLER

Genel kimyasal formülleri $MeO.nFe_2O_3$ olup, Me, Ba, Sr ve Pb elementlerini gösterir. Bu tür ferritler sürekli mıknatısı özellik gösterdiğinden sert ferrit olarak tanımlanmakta ve manyetik özelliğine göre isotropik ve anisotropik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Isotropik malzemelerin manyetik özellikleri her doğrultuda aynıdır. Şayet üretim esnasında manyetik özellikler belirli bir doğrultuda geliştirilirse, bu süreçte anisotropik olarak adlandırılır.

1.2-YUMUŞAK FERRİTLER

Genel kimyasal formülleri $MeO.Fe_2O_3$ olarak ifade edilir. Me; Mn, Mg, Zn, Co, Ni, Cu ve Fe gibi iki değerlikli metallerdir. Yumuşak ferritler, yüksek frekanslarda az histeresis kaybı gösteren ve geçirgenliği (permeability) yüksek olan malzemelerdir.

Türkiye'de yumuşak ferrit üretimi yapılmamaktadır. Yalnızca sert ferritlerin isotropik tipi üretilmektedir. Yapılan incelemelere göre yıllık 10 ton kapasiteyle Manyet Ltd. Şti. ve 40 ton kapasiteyle Kanat Sanayi isotropik sert ferrit üretimi yapmaktadır. Buzdolabı kapaklarında kullanılan plastik ile karıştırılmış ferrit üretimi ise 200-250 bin tondur. Bu kuruluşlardan Kanat Sanayi üretimi 100 tona çıkararak anisotropik ferrit üretimini planlamaktadır. Tüm bu fabrikalar ferriti yarı mamul ithal ederek üretimin son basamağı olan preste şekillendirme ve sinterleme işlemlerini yapmaktadır. 1981 yılına göre kilogramı 1.5 U.S dolardan ithal edilen ferrit tozlarına 1 dolarda gümrük ödenerek bu fabrikalara hammadde girişi olarak 2.5 dolara mal olmaktadır.

Dünyada ferrit üretimi üzerine ilk çalışmalar 20. yüzyılın ilk başlarından itibaren doğada tabii bulunan manyetit özelliklerinin geliştirilmesiyle başlamıştır. Bu konuda ön incelemeleri 1909 yılında Almanyada başlatan Hilpert'in çalışmaları başarısız olmuştur. İkinci dünya savaşından önce Kato

ve Takis adındaki japonlar ferrit teknolojisinde büyük gelişmeler kaydetmiştir. Savaştan sonra Hollanda'da ferrit teknolojisini geniş çapta uygulamak için çalışmalar başlamış ve böylece yeni bir endüstri doğmuş ve bu konuda öncülüğü Philips şirketi yapmıştır. Dünyada üretilen mıknatıslar, metal mıknatıslar ve sert ferritler olmak üzere iki grupta toplanır. 1970'lerden önce çok miktarlarda kullanılan metal mıknatısların yerini şimdi ferritler almaktadır. (1)

2. MANYETİZMA

Tez çalışmasının bu bölümünde malzemelerdeki manyetik özellikler ve bu özelliklerin tanımlanmasında kullanılan terim birimler açıklanmaktadır. Bilinen bütün malzemeler kuvvetli veya zayıf manyetik özellik gösterir. Malzemeler manyetik kuvvetlerine göre diamanyetik, paramanyetik, ferromanyetik, antiferromanyetik veya ferrimanyetik özelliğe sahiptir. Bu beş tipten en kuvvetli manyetik özelliği ferromanyetik malzemeler gösterir. Manyetizma atomlar ve onların yörünge elektronlarından kaynaklanır.

Atom çekirdeğinin manyetizmaya katkısı çok küçüktür. Manyetizmaya esas, dış yörüngedeki elektronlar katkıda bulunur. Her elektron elektriki yüke sahip olduğu gibi bir de manyetik momenti vardır. Bu momente SPİN adı verilir. Bu bedenle elektronları ince çubuk mıknatıs gibi düşünmek mümkündür (şekil 2.1). Spin dışında, her elektron çekirdeğin etrafında dönmesinden dolayı ayrıca yörüngemsi (orbital) momente'de sahiptir.

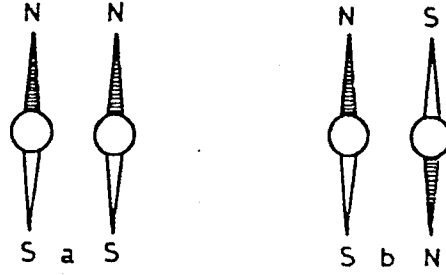


Şekil 2.1 Şematik olarak basit manyet

Bu yüklerin hareketi sonucu toplam manyetik etki oluşur. Eğer dıştan manyetik bir akı uygulanmamış ise küçük mıknatıs gibi düşünülen manyetik etkiler her yönde rastgele dizilmiştir. Diziliş sırasında atomik manyetikler birbiri ile paralel çiftleşirlerse (şekil 2.2a) ferromanyetizma meydana gelir. Örneğin Fe, Ni ve Co da olduğu gibi. Eğer manyetik momentler

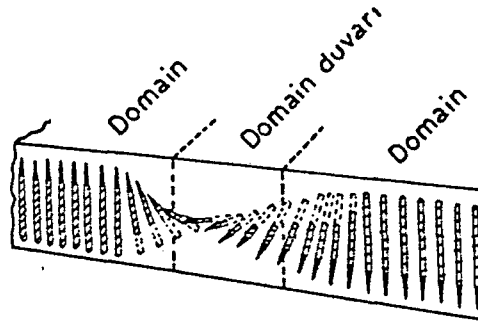
1. Kirk-othmer " ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY" 2 nd ed. vol.8

birbirini yok edecek şekilde ters yönde dizilirlerse anti-ferromanyetizma(şekil 2.2 b) meydana gelir.



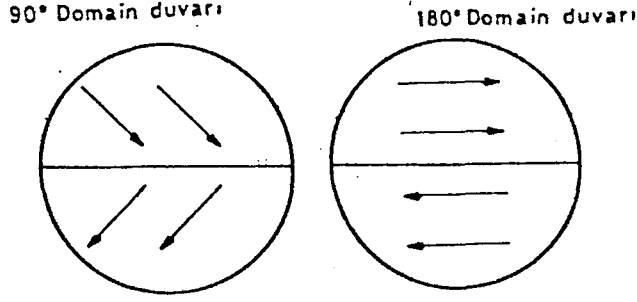
Şekil 2.2 a) Ferromanyetizma
b) Anti-ferromanyetizma

Ferromanyetik malzemelerde sıcaklık yükseldiğinde atomik manyetlerin salınımı artar ve manyetik çiftler arasındaki kuvvetler yenilerek değişik yönlerde dizilme olur. Bu durumda ferromanyetik özellik kaybolur ve bu sıcaklık Curie sıcaklığı olarak bilinir. Curie sıcaklığının altında tüm manyetler aynı yönde diziliş göstermez. Yalnız belirli bölgeler içinde aynı yönde dizilmişlerdir. Böyle milyonlarca atomun bulunduğu ve atomik momentlerin aynı yönde dizildiği bölgelere DOMAIN adı verilir. Birim hacimdeki toplam manyetik momentler manyetizasyon veya polarizasyon olarak tanımlanır. Eğer dışardan bir etki yoksa oda sıcaklığında manyetizasyon malzemenin kristal kafesi içinde belirli yönde bulunmayı tercih eder. Örneğin: Demirde kübün kenarları 100 yönü ve nikelde kübün köşegeni 111 kolay manyetizasyon yönleridir. Domainler arasında sınır domain duvarı veya Bloch duvarı olarak isimlendirilir. Domain duvarı değişik manyetik yönler arasında bir geçiş bölgesi olduğundan ters kuvvetlerin etkisi ile burada enerji yaratılmıştır. (Şekil 2.3).



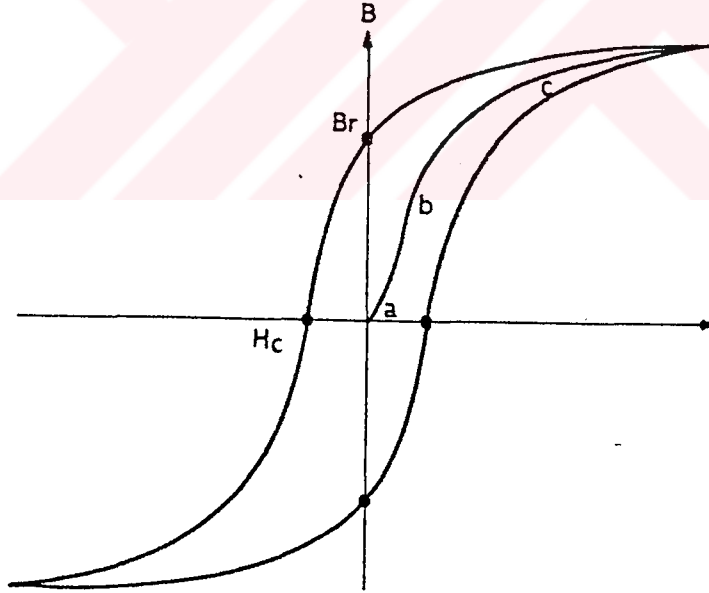
Şekil 2.3
Domain duvar yapısı

Domain duvarları manyetizasyonun yönü ile bir açı oluştururlar ve domain bu açı ile tanınır. Örneğin 180 derece, 90 derece gibi. (Şekil 2.4)



Şekil 2.4 Domain duvarları

Ferromanyetik bir malzemeye dışardan H gibi bir manyetik alan uygulandığında domain duvarları yavaş yavaş hareket ederler ve H arttıkça alan yönüne doğru dönerek dizilirler. Önceleri sıfır olan manyetizasyon değeri gittikçe yükselir. Alan yokken domain duvarları safsızlıklardan ve kristaldeki hatalardan dolayı belirli bir denge durumundadırlar. Eğer küçük bir alan uygulanırsa duvarlar denge durumundan ayrılır. Alan kaldırılınca da hemen eski durumlarına dönme olur. Şayet alan büyük ise duvarlar karşılaştıkları engeli atarlar ve yeni bir duruma gelirler, BARKHAUSEN atlaması olarak bilinir. Manyetizasyon eğrisi (şekil 2.5) genellikle iki kısımda incelenir. İlk kademe olan ve bölgesi geri dönebilen domain duvar hareketlerini göstermektedir.



Şekil 2.5 Manyetizasyon (Histerisis) eğrisi

B bölgesinde barkhausen atlamaları etkilidir. C bölgesinde ise domain dönmesi en yüksek noktaya ulaşmış ve malzeme doyuma gelmiştir. Burada artık tüm duvarlar yön değiştirmiş ve uygulanan alan yönünde dizilmiştir. Bu nedenle C bölgesine doyum manyetizasyonu (B_s) olarak isim verilir. Manyetizasyon birim hacimdeki atomların manyetik momentlerin toplamıdır, (M)

ile ifade edilir. $M=J/\mu^{\circ}=B/\mu^{\circ}-H$ şeklinde gösterilir. Sıcaklık arttıkça alan yönünde sapmalar olur ve curie sıcaklığında manyetizasyon tekrar sıfıra düşer. Ferro manyetik malzemelerin doyum miktarı, atomların içindeki manyetik momentlerin büyüklüğüne ve birim hacimdeki moment sayısına bağlıdır. (Sıcaklık hesaba alınmazsa) Bu da kristal kafesin yapısı ve malzemenin yapısıyla belirlenir.

Malzemede bir çok elektron olmakla birlikte onların yalnız birkaçı manyetizasyona sebep olur. Bu etkili elektron sayısı Bohr magneton sayısı olarak isimlendirilir. BOHR magneton sayısı en fazla 2.5 dir. Bazı elementlerin bohr magneton sayısı aşağıda örnekler olarak verilmiştir.

ELEMENT	BİR ATOMDAKİ BOHR MAGNETON SAYISI
DEMİR	2.218
KOBALT	1.714
NİKEL	0.604

Ferromanyetik malzemeye uygulanan H alanı kaldırıldığında domainlerin hepsi eski durumlarına dönemezler. Malzemede kalan bir miktar manyetizasyon kalıcı akı yoğunluğu (Br) olarak isimlendirilir. Bu akı yoğunluğunu sıfıra getirmek için ters yönde uygulanan manyetik alan şiddeti zorlayan kuvvet (Hc) olarak tanımlanır.

Malzemenin domain duvarları kolay hareket ederse malzeme düşük zorlayan kuvvete sahiptir. Safsızlıklar, kristal hataları ve gözenekler domainleri birbirine bağlar, hareketlerin güçleştirir. Manyetik alan şiddeti ile manyetik akı yoğunluğu arasındaki bağıntı histerisis eğrisini verir (şekil 2.5).

Genel olarak akı yoğunluğunun manyetik alan kuvvetine oranı geçirgenlik olarak tanımlanır. Geçirgenlik (μ) sıcaklık, zaman, frekans ve uygulanan alan şiddetine bağlıdır. Geçirgenlik çok değişik şekillere ifade edilir. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

Mutlak geçirgenlik (absolute permeability)	$\mu = B/H$
Genlik geçirgenlik (amplitude permeability)	$\mu_a = 1/\mu_0 \cdot B/H$
Görünür geçirgenlik (apparent permeability)	$\mu_{app} = L/L_0$
Karmaşık geçirgenlik (complex permeability)	$\mu = \mu' - j\mu''$
Ayrımsal geçirgenlik (differential permeability)	$\mu_{dif} = 1/\mu_0 \cdot dB/dH$
İlk geçirgenlik (initial permeability)	$\mu_i = \lim_{B \rightarrow 0} B/H$

İlk geçirgenlik (μ_i), akı yoğunluğunun veya alan şiddetinin çok küçük olduğu değerlerdeki genlik geçirgenliğine eşittir. İlk geçirgenliğin ölçümü toroid şeklindeki malzemede demanyetize işlemi yapıldıktan 24 saat sonra 300 K sıcaklığında ve 1kHz frekansta yapılır. Ölçüm için malzemeye 1 Gauss'dan küçük akı yaratacak alan tatbik edilir. Bu alan yaklaşık olarak 4mA/cm mertebelerindedir. Bunun için malzemeye sarılacak

sarım ve uygulanacak voltaj aşağıdaki formülden bulunur.

$$V = (WN Ac B/2) * 10^{-8} \text{ VOLT}$$

W : Frekans * (2*3.1476) (Hz)

Ac : Bobinin etki alanı (cm)

B : Tepe akı yoğunluğu (Gauss)

N : Sarım sayısı

İlk geçirgenlik ,sargı içeren malzemenin ölçülen endüktans (L) değerinin aynı sargının malzeme olmadan gösterdiği endüktans (Lo) değerine oranı olarak ($\mu_i=L/Lo$) tanımlanır. Buradaki (Lo) değeri aşağıdaki verilen formülden hesaplanır.

$$Lo = 4.6 (n*n)*h \log OD/ID * 10^{-9} \text{ HENRY}$$

N : sarım sayısı

h : Toroid kalınlığı (cm)

OD : Toroidin dış çapı (cm)

ID : Toroidin iç çapı (cm)

Deneysel çalışmalarda manyetik ölçümler için OD,ID +-3 ve 1.5 olan örnekler üretilmiştir.Bu örneklerle yaklaşık 100 sarım yapılabilmektedir.Buna göre gerekli voltaj hesaplanırsa 4 mV'un tatbik edilmesi;

$$V=(1000*2*3.14*100*0.5*1)/2 * 10^{-8} =0.004 \text{ volt}$$

Gerektiği ortaya çıkmaktadır.Ancak elde bulunan endüktans ölçümünün yapıldığı 'endüktans analizör' aygıtında en düşük 5 mV voltaj uygulanabilmektedir.Bu mertebede yapılabilecek ölçümler gerekli hassasiyette olamamaktadır.Yukarıdaki formül kullanılarak 5 mV uygulanması halinde 225 sarım hesaplanabilir.Böyle bir sarım üretilen toroid lere sığmamaktadır.Bu nedenle endüktans ölçümleri,toroidlere 100 sarım sarılarak ve bu sargılara 4 mV uygulanarak yapılmıştır. bu durumda yapılan ölçümler malzemenin manyetik doyum koşulların da olduğundan hesaplanan μ' ler μ_{app} değerleridir.

Manyetik malzemelerin diğer bir özelliğde kayıplardır. Malzemeye dalgalı manyetik alan uygulandığı zaman kayıplar oluşmaktadır.kayıp faktörü $\alpha / \mu_i \rightarrow 1/\mu^o$ şeklinde olarak

ifade edilir.

μ^o çarpımı malzemenin kalitesini belirler. Kayıplar histeresis, eddy akımı ve kalan kayıplar olmak üzere üç gruba ayrılır.

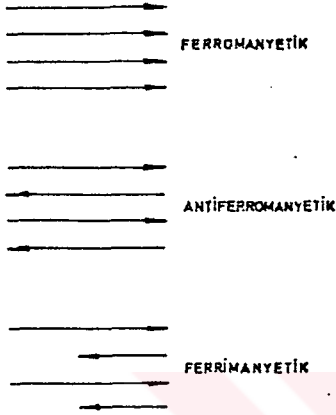
2.1 DİA VE PARA MANYETİZMA

Malzemelerin manyetik özelliği elektronların hareketinden ve atomların kalıcı momentlerinden ileri gelir. Manyetik alan içinde bulunan malzemenin davranışı, o malzemenin manyetik özelliklerini belirler. Malzemeler manyetik alan içinde mıknatıslanma özellikleri bakımından dia, para ve ferro şeklinde üç ana grupta toplanır. Dia manyetik malzemelerin alan içinde mıknatıslanmaları çok zordur ya da zayıftır ve mıknatıslayıcı alanın zıt yönüdedir. Dia manyetik malzemeler kuvvetli mıknatıs tarafından hafifce itilir. Zayıf manyetik özelliği tanımlayan dia manyetizma, uygulanan manyetik alan içerisinde malzeme atomlarının yörünge durumunun etkilenmesinden doğar. Bi, Cu, Ag ve Au gibi elementler dia manyetik özellik gösterir. Para manyetik malzemeler kuvvetli bir mıknatıs tarafından hafifce çekilirler. Demir tuzları nadir toprak elementleri platin polladium, sodyum, potasyum ve dioksitler paramagnetik özellik gösterirler.

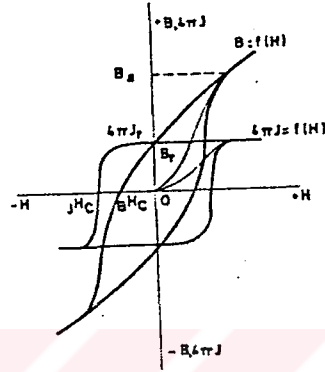
2.2 FERROMAGNETİZMA

Ferromagnetik malzemeler, manyetik alan içerisinde alan yönünde mıknatıslanırlar. Bu durumda malzemenin manyetik momentleri malzemeyle aynı yönde dizilirler. Ni, Co ve Fe gibi elementler ferro manyetik özelliğe sahiptir. Bu elementlerin bazı alaşımlarında uygulanan alan kaldırıldığı halde mıknatıs özellikleri kaybolmaz ve manyetizasyonları tersinir değildir. Malzemeye uygulanan alan (H) manyetik endüksiyonda (B) yavaş yavaş artar. Belirli bir noktada eğim hızla yükselir ve B doyum endüksiyon (B_s) değerine ulaşır. Bu noktadan sonra alanın daha fazla artması eğrinin düşmesine neden olur. Doyuma ulaşan malzemelerde uygulanan alan azaltılırsa ilk çizilen eğri elde edilemez. Alanın sıfır olduğu durumda malzeme, B Br değerinde kalıcı bir endüksiyona sahip olur. Malzemeye ters yönde alan uygulanırsa Br değeri gittikçe azalır ve belirli bir noktada malzemedeki akı sıfır olur. ($B=0$) X eksenindeki bu noktada zorlayıcı kuvvet olarak tanımlanır ve HB HC olarak gösterilirler. Uygulanan alan daha negatif değerlere devam edilirse 1. bölgenin simetriği olan üçüncü bölge elde edilir.

Bu şekilde elde edilen histerisis eğrisi ferro manyetik malzemelerin manyetik davranışlarını gösterir. Eğriyi elde etmek için gösterilen iş eğrinin kapsadığı alandır.

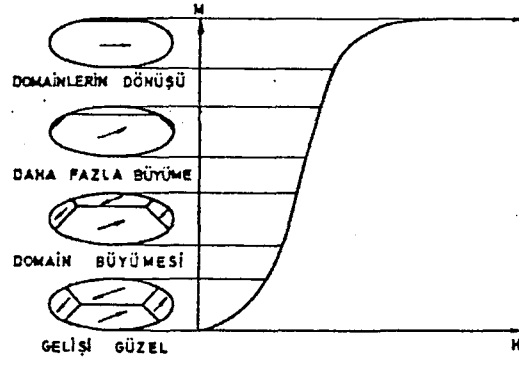


Şekil 2.6 Manyetizasyon Şematik Gösterilişi



Şekil 2.7 B ve J Histerisis Eğrileri

1907 yılında Weiss ferromanyetik malzemelerdeki histerisis olayını açıklayabilmek için manyetik domainler tezini ileri sürmüştür. Buna göre ferromanyetik malzemeler belirli yönde tamamen manyetize olmuş domain denilen küçük bölgelerden oluşur. Domainin yapısı isotropik değişim enerjisi, manyetostatik enerji, manyetokristal enerji ve manyeto striktif enerji gibi manyetik enerjilerle tanımlanır dışarıdan herhangi bir enerji etki etmediği zaman, domainler geliş güzel dizildiğinden malzemede net manyetizasyon sıfırdır. Malzemenin manyetik enerji kazanması için domainlerin bir yönde yönelmesi gerekir. Bu da alan uygulamasıyla sağlanır. Manyetizasyon eğrisi ve domainler şekil 2.3' de gösterilmiştir. Başlangıçta domain büyümesi yoktur.



Şekil 2.8 Ferromanyetik Malzemelerde Domain Büyümesi ve Dönüşü

H arttıkça domain büyümesi ve B artışı görülür. Doyum bölgesine gelince domain büyümesi durur ve dizilişi uygun olmayan domeinlerin dönüşü başlar, domeinlerin dönüşü için gerekli olan enerji, domeinlerin büyümesi için gerekli olan enerjiden daha fazladır. Bu nedenle eğrinin eğimi doyum noktasından sonra düşer. Alan kaldırıldığında bazı domeinlerin geri dönmesine karşın hepsi ilk durumlarına geri dönemediklerinden malzeme manyetize olarak kalır. Ters alan (-H) uygulandığında manyetik endüksiyon sıfır oluncaya kadar manyetik endüksiyondan dolayı domein yapısı değişir. Uygulanan bu alanın büyüklüğü zorlayıcı kuvvet H_c ye eşittir.

2.3 ANTİFERRO VE FERRİMANYETİZMA

Ferromanyetizmanın dışında antiferromanyetizma ve ferrimanyetizma diye tanımlanan iki tür manyetik biçimi vardır. Malzeme içindeki komşu elektronların birbirini etkilemeleri aynı yönde paralel yönelmeyi sağladığı gibi bu enerji alışverişi bazen elektron spinlerinin ters yönde eşit miktarda dizilmelerinde neden olabilir. Bunun sonucu olarak malzemedeki manyetik momentlerin dizilişi ters yönde ve moment etkileri birbirini yok edecek şekilde olursa olaya antiferromanyetizma denir. Böyle malzemelerde alınganlık (susceptibility, X_m) pozitifdir ve sıcaklık arttıkça o da yükselir, çünkü ısı enerjisi antiparalel moment düzenini bozarak alanla aynı yönde dizilmelerini sağlar. Ferromanyetik malzemelerdeki Curie sıcaklığı antiferromanyetik malzemelerde Neel sıcaklığı olarak isimlendirilir.

Ferrimanyetizma, antiferromanyetizmanın özel bir durumudur. Antiferro malzemelerdeki ters momentlerin dizilişi sırasınca eğer manyetik momentler birbirinden farklı ve belirli bir yönde moment oluşturursa buna ferrimanyetizma denir. (2)

2.4 MANYETİK ÖZELLİKLERİN TANIMI

Bir malzeme içindeki manyetik akı yoğunluğu veya manyetik endüksiyon (B), uygulanan manyetik alan şiddetine (H) ve ortamın özelliğine bağlıdır.

$$B=f(H) , \quad B=\mu(H)$$

' μ ' Mutlak geçirgenlik olarak bilinir ve alanın uygulandığı ortam için sabit bir değerdedir. Bir ortamın bağıl geçirgenliği (μ_r) ortamın mutlak geçirgenliği (μ_0) un boşluğun geçirgenliği;

$$\mu_r = \mu / \mu_0$$

oranı olarak bilinir.

μ_0 (boşluğun geçirgenliği); $(4 \cdot 3.14) \cdot 10^{-7}$ Henry/metre'dir.

$B = \mu H$ denklemi $B = \mu_0(H+J)$ olarak yazılabilir.

J malzemenin içsel manyetizasyonu olarak isimlendirilir. Böylece malzemenin akı yoğunluğu, boşluğun endüksiyonu ($\mu_0 H$) ile malzemenin içsel manyetik endüksiyon alanının ($\mu_0 J$) toplamı olarak ifade edilir. J, birim hacimdeki manyetik dipol momentlerin yoğunluğu olarak tanımlanır. Bu durumda alan kesiti A ve uzunluğu 'l' olan malzemenin toplam manyetik momenti;

$$M = J \cdot A \cdot l \text{ 'dır.}$$

$B = \mu H$ ve $B = \mu_0 (H+J)$ denklemleri birleştirilirse;

$$\mu h = \mu_0 (H+J)$$

$\mu_r = 1 + J/H$ olup, denklemde J/H oranı alınganlık (susceptibility) olarak tanımlanır ve bu oran x m olarak gösterilir. Böylece $\mu = 1 + m$ olur.

Bu denklemler kullanılırken birimlere dikkat edilmelidir. CGS sisteminde $B = H + (4 \cdot 3.14) \cdot j$ denklemi kullanılır.

B- akı yoğunluğu, GAUSS

H- manyetik alan şiddeti, OERSTED

J- malzemenin içsel manyetizasyon şiddeti, birim alanda manyetik kutup yoğunluğu, GAUSS

$4\pi j$ - bazen $B(J)$ olarak gösterilir. Gauss cinsinden malzemenin akıyoğunluğudur. Manyetizasyon şiddeti manyetik polarizasyon olarak isimlendirilir.

SI sisteminde $B = \mu_0 H + J$ denklemi kullanılır.

μ_0 - boşluğun içsel geçirgenliği, $4\pi \cdot 10^{-7}$ henry/metre

B, J- TASLA

H - amper/metre'dir.

Bu iki denkleme göre çizilen eğriler;

$B=f(H)$ ve $4\pi J=f(H)$ ve ya $B(j)=f(H)$ histerisis eğrisi diye isimlendirilir. Bu eğriler pratikte B ve J eğrileri olarak bilinir. $H=0$ için y-ekseni aynı noktada keserler. Her iki eğriden biri bilindiği zaman diğeri hemen çizilebilir. H değerinin (-) olduğu ikinci bölgede, CGS sisteminde, $4\pi j$ eğrisi her nokta için B eğrisinden H değerine b'nin değeri ilave edilerek bulunur. SI birimleri kullanıldığı zaman J eğrisi her nokta için $\mu_0 H$ a B ilave edilerek elde edilir.

Histerisis eğrisi malzemenin doyum koşullarında çizilmez. Eğer uygulanan alan şiddeti doyum değerinin altında histerisis eğrisi, olması gerekenin içinde bir eğri verir. Histerisis eğrisinden aşağıda verilen manyetik parametreler bulunabilir. Br- malzemeyi doyuma ulaştıran alan kaldırıldığında malzemede oluşan manyetik akı yoğunluğu, (remenance) kalıcılık olarak da bilinir.

BHC- içsel akı yoğunluğunu sıfıra getirmek için gerekli alan şiddetidir. Zorlayıcı (coercitiv) veya zorlayan kuvvet olarak bilinir.

Histerisis eğrisinin ikinci bölgesi demanyetizasyon bölgesi olarak tanımlanır. Demanyetizasyon eğrisinin üzerinde herhangi bir noktada B ve H değerini çarpımı o noktada malzemenin birim hacminin içerdiği manyetik enerji olarak tanımlanır. Bu çarpımın enyüksek değerini veren nokta (BH) max. olarak ifade edilir. Değişik tür mıknatısları kapsamak için her zaman kullanılan bir terimdir. CGS sisteminde gauss-oersted $\times 10$ (mega gauss) SI sisteminde joule/m² dür. BH max. iki yöntemle saptanabilir. İkinci bölgedeki her nokta için B ve H değerleri çarpımı çizilir ve enyüksek değerleri bulunur. İkinci yöntemde ise BH sabit değerde olan hiperboller demanyetizasyon eğrisi üzerine çizilir. Demanyetizasyon eğrisinin üzerinde olan nokta (hiperbole teğet) BH max. noktasını ve değerini verir.

Manyetik parametrelerin birimleri ve birbirlerine dönüşümü tablo2-1 de özetlenmiştir. CGS birimindeki sayısal değerleri SI'a çevirmek için son kolondaki faktörlerle çarpılır.

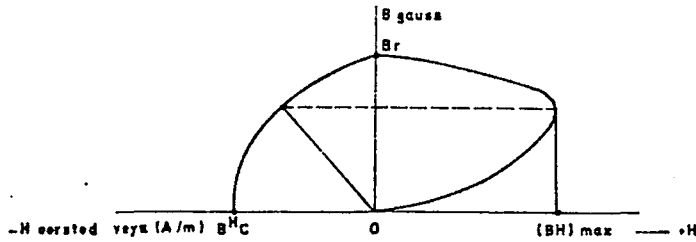
TABLO 2.1 Demanyetizasyonda kullanılan birimler.

Birimler CGS'yi SI'a çevirmek;

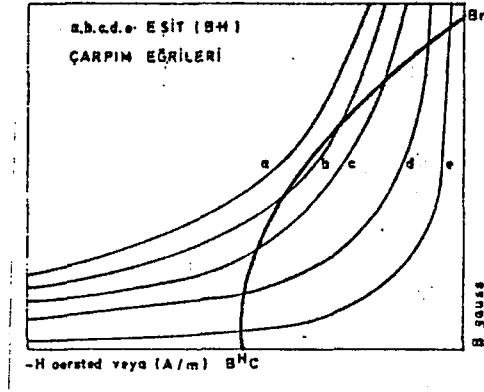
İKTAR	SEMBOL	SI	CGS	İÇİN
manyetik sabite	μ_0	henry/m	--	$4\pi \times 10^{-7}$
enerji yoğunluğu	BH	joule/m	gauss-oersted	$1/40\pi$
alan şiddeti	H	amper/m	oersted	$10^3/4\pi$
akı	Φ	weber	maxwell	10^{-8}
akı yoğunluğu	B	tesla	gauss	10^{-4}
geçirgenlik	μ	henry/m	--	$4\pi \times 10^{-7}$

2.5 ANİSOTROPİ VE MANYETOSTRİKSİYON

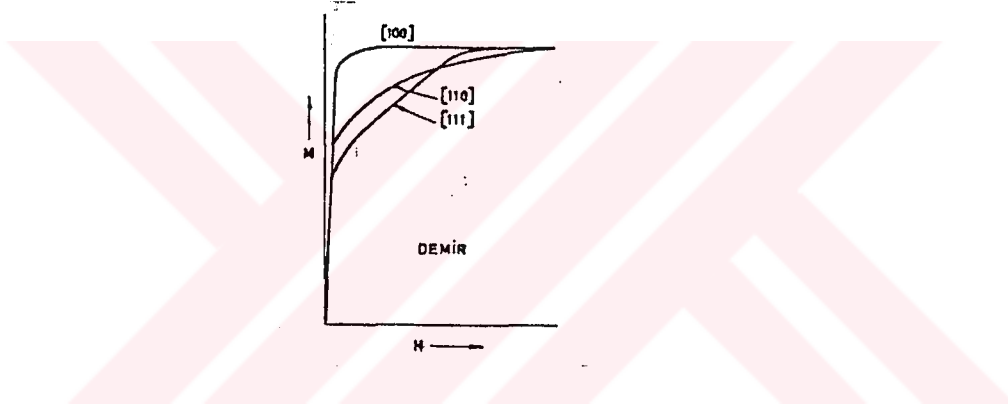
Tek kristal ferromanyetik bir malzemede, manyetik özellikler uygulanan alan şiddeti ile kristalin ölçüm yönünde bağlıdır. Bu özellik manyetik anisotropi olarak bilinir. Mıknatıslanma olayı kristalde anisotropik (yöne bağımlı) bir özelliktir. Örneğin bcc yapıdaki demir "100" yönünde kolay doyuma ulaşır. Yapıda böyle birbirine eşit 6 yön vardır. "111" yönünde ise demiri mıknatıslamak güçtür.



Şekil 2.9 (BH) Max Saptama Yöntemi
Her Nokta için B x H Değerleri

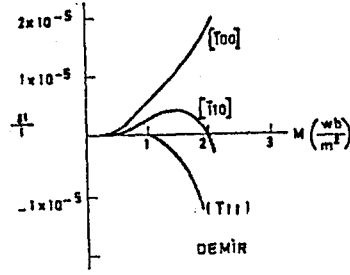


Şekil 2.10 (BH) Max Saptama Yöntemi
BH Çarpım Değerleri Sabit Eğriler



Şekil 2.11 Çeşitli Eksenlerdeki Demirin
Manyetizasyon Eğrisi

Bu nedenle çok kristalli malzemelerde çeşitli taneler farklı zamanlarda doyuma ulaşır. Alan yanına yakın, kolay manyetize olan yöndeki malzemelerin alan yönüne dönmeleri için yapılan işe manyetokristal enerji denir. Atomların dizilmeleri için dönme sırasında atomlar arası bağın boyutu değişir. Dipollerin kendi alanları, atomik boşluğu etkiler, birbirlerini çeker ya da iterler. Bu olayda manyetize ferromanyetik malzemelerin şeklini ve hacmini değiştirir. Bu değişim manyetostriksiyon olarak isimlendirilir. Yüksek manyetik alanda, kristalin herhangi bir yönünde manyetostriksiyon sabit bir değere ulaşır. Manyetizasyon ve manyetostriksiyon aynı anda doyuma ulaşırlar. Şekil 2.7 demir için manyetostriksiyon değerlerini gösterir. Manyetostriksiyon; 1/1 olarak gösterilir, bu özellikte anisotropiktir ve kristalin elastik özelliklerinede bağlıdır.



Şekil 2.12 Demirin Manyetostriksiyon Eğrisi

Demir mıknatıslanma yönüne genişler, Bu yöne dik yönde küçülür. Böylece toplam hacim aynı kalır; Bu da ferromanyetik malzemenin mıknatıslanmasında yapıyı zorlar.

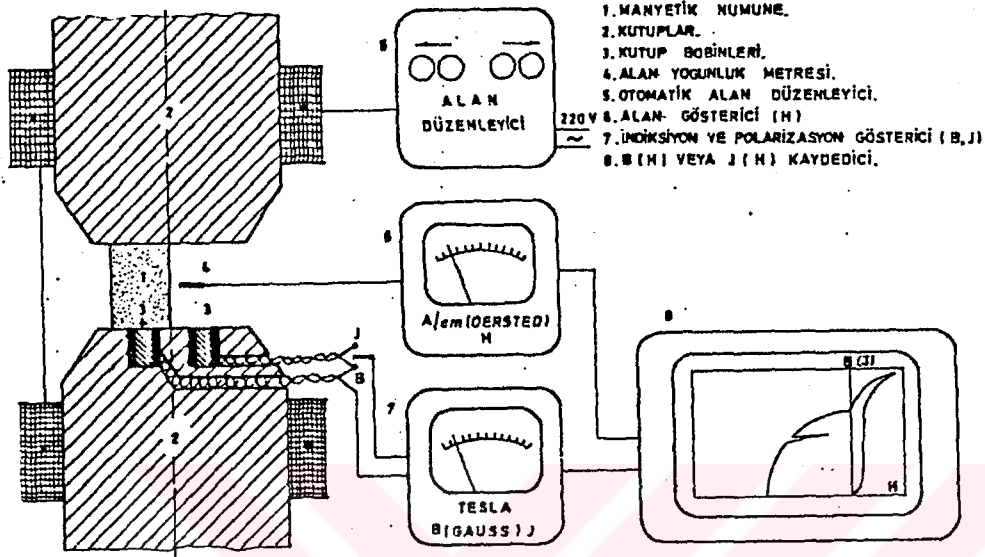
2.6 MANYETİK PARAMETRELERİN ÖLÇÜMÜ

Sürekli manyetik özelliği gösteren malzemelerin manyetik özelliklerinin saptanması için histeresis eğrisi çizilir. Burada B_s , B_r , H_s ve BH_{max} değerleri bulunur. B_s ve H_s doyum noktasındaki endüksiyon ve alan şiddetini verir. B_r kalıcı mıknatıslık ve H_c zorlayan kuvvetin değerlerini verir.

BH eğrisinde endüksiyon (B) değerinin ölçümü elektronik akımetre fluxmeter EF 2A yardımı ile, alan şiddeti H ise Hallprobe ile ölçülür. Ölçüm tekniği şematik olarak şekil 2.13'de gösterilmiştir. Test numunesi paralel kutuplar arasına yerleştirilir. Yukarıdaki kutuplar yatay olarak hareketlidir. Endüksiyon ve alan şiddeti ölçüm metreleri x, y kaydedicilere bağlanmıştır.

Kutuplar direk akımla manyetize edilirler. Kutupların birisinin üzerine iki bobin yerleştirilmiştir. Bir tanesi numunenin manyetik akısını diğeri ise yalnız hava aralığının akısını ölçer.

Bobinler bir anahtar yardımı ile seri olarak bağlanabilir. Endüksiyon B'yi ölçmek için yalnız bir tanesi kullanılır. İçsel endüksiyonu ölçmek için ($B-H=4\pi J$) her iki bobinde seri bağlanır, bobinler akımetreye ve oradanda kaydedicinin y eksenine bağlanır. Hallprobe'de manyetik alan H'ı ölçer ve kaydedicinin x eksenine bağlanır. Kutup-bobin ölçüm yöntemiyle numunenin yalnız bir noktasından ölçüm yapıldığından yüzeydeki diğer bölgelerde ölçüm yapılarak numunenin homojen olup olmadığı kontrol edilir. Özellikle metal mıknatıslarda farklı soğuma nedeni, homojen olmayan endüksiyon ve kalıcı kuvveti saptamak mümkündür.



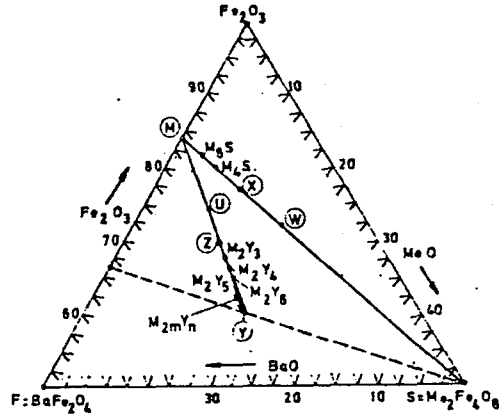
Şekil 2.13 Manyetik Özellikler Ölçüm Aygıtının Şematik Gösterilişi (3)

3. FERRİTLERİN KRİSTAL YAPILARI

Ferritler, spinel, garnet ve magnetoplumbit gibi üç doğal bileşiğin kristal yapılarının türevidir. Kübik yapıda olan yumuşak ferritlerin kristal yapısı spinel türündendir. Hegzagonal olan sert ferritlerin kristal yapısı magnetoplumbit yapıda olup oksijen iyonları ($r_{O^{2-}} = 1.32 \text{ \AA}$) sıkı dizi şeklindedir. Bunların oluşturduğu boşlukları daha küçük olan metal iyonları ($r_{Me} = 0.6 - 1.0 \text{ \AA}$) doldurur.

BaO - MeO - Fe₂O₃ sistemindeki 6 klasik hegzagonal ferrit bileşimi Şekil 3-1 de görülmektedir. Bunlar M, V, Z, Y, X ve W ile gösterilir.

- "Ferrit malzemelerinde kullanılan baryum karbonat, stronsiyum karbonat ve mangan karbonatın yerli hammaddelerden üretim yöntemleri" TÜBİTAK 1981 HILKAT ERKALFA, Dr. E. KALAFATOĞLU, Prof. Dr. R. TOLUN, Doc. Dr. OSMAN ÖZKAN



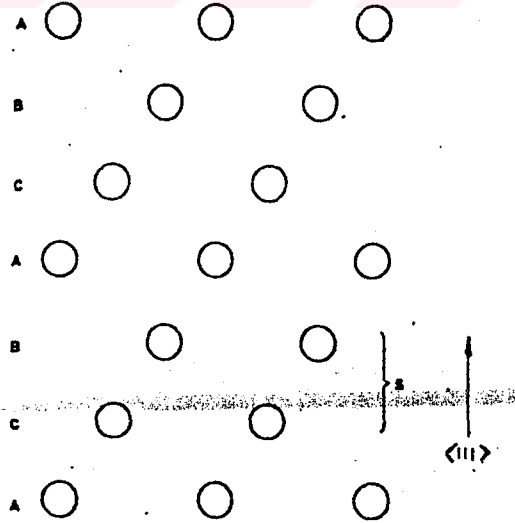
ŞEKİL 3.1 BaO M₂O Fe₂O₃ SİSTEMİ

Şekil 3.1 BaO M₂O Fe₂O₃ Sistemi

- (M) = BaFe₁₂O₁₉
 (U) = Ba₆Me₂Fe₃₀O₅₀ (M₂Y₁) (X) = Ba₂Me₂Fe₂₈O₄₆ (M₂S)
 (Z) = Ba₆Me₄Fe₄₈O₈₂ (M₂Y₂) (W) = BaMe₂Fe₁₆O₂₇ (MS)
 (Y) = Ba₂Me₂Fe₁₂O₂₂

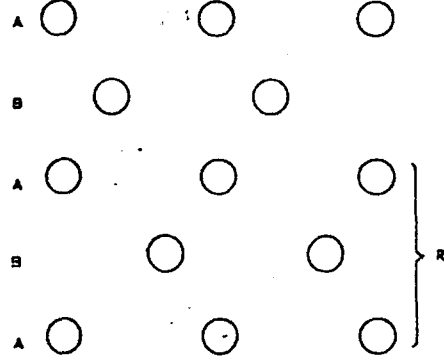
M bileşiğinin formülü $A^2O \cdot 6B_2O_3$ dur. Burada A iki değerli Ba, Sr veya Pb dir. B ise üç değerli Al, Ga, Cr veya Fe dir. En iyi örnek magneto - blumbit Pb₂Fe₂O₃ dur.

Ferritlerde kristal yapı hegzagonal olup kristal kafesi iki birim formülden oluşur. İlk birim yapı spinel yapı ile bağıntılıdır. Bu spinel yapı, yüzey merkezli küp (f.c.c.) oksijen kafesinin içerdiği ve 111 hegzagonal oksijen tabakalarının ABC, ABC şeklinde dizilişinden oluşur (Şekil 3-2).



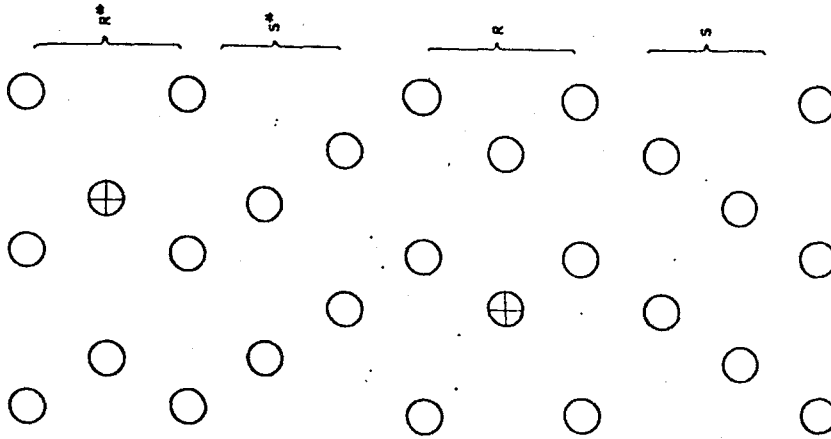
Şekil 3.2 Spinel Yapıda Oksijen İyonlarının Dizilişi

Eğer diziliş AB,AB şeklinde ise hegzagonal olur.f.c.c. kristal modelinde kübün köşegeninden bakıldığında bu diziliş açık şekilde görünür.AB,AB şeklinde dizilmiş hegzagonal tabakaların bulunduğu sıkı dizi hegzagonal yapılarla kıyaslanır. (Şekil 3-3)



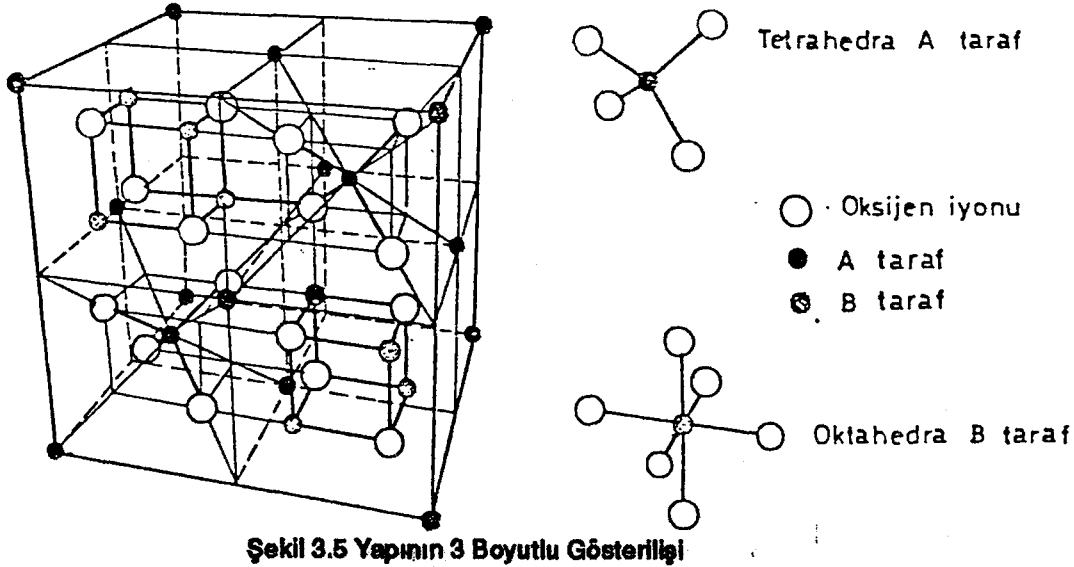
Şekil 3.3 Sıkı Dizilmiş Hegzagonal Kafes

Magnetoplumbit yapı, Pb veya Ba iyonu içeren sıkı paketlenmiş hegzagonal B yapı ile ayrılmış f.c.c. spinel kafesin S yapı kısmını içerir.S kısmı tabakalar, arasında 3 katyon bulunan 4 oksijen iyonu III e paralel 2 tabaka şeklindedir. R kısmı orta tabakadaki 4 oksijen iyonundan birinin Ba ile yer değiştirdiği hegzagonal kafesin 3 tabakasından oluşur. (Şekil 3-4).Özet olarak magnetoplumbit yapıda diziliş R,S, R*, S*, R,S şeklinde gösterilir ve birim kafes R,S,R*,S* dir. R*,S*, R ve S tabakaları nın aynı olup yalnız III eksenini etrafında 180° dönmüş şeklindedir.Birim hücre her 5 dakikada bir oksijen iyonunun Ba ve Pb ile yer değiştirdiği 10 oksijen tabakasından oluşur.



Şekil 3.4 Magnetoplumbit Yapıda .R. ve .S. Kısımları (4)
⊕ Ba veya Pb iyonu

4. TABLE CRAIK "MAGNETİK MATERIALS" 1969, JOHN WILEY AND SONS LTD.



Birim hücrede S kısmının formülü Fe_2O_3 , R kısmının formülü $Pb.Fe_2O_3$ olup toplam formül $Pb.Fe_2O_3$ dur. Birim kafes RSR^*S^* olduğundan kafes formülü $2(Pb.Fe_2O_3)$ olarak ifade edilir. Yapının 3 boyutlu gösterilişi Şekil(3-5)de verilmiştir.

Yapıda demir iyonu,

Tetrahedra, 4 oksijenle çevrelenmiş kation

Oktahedra, 6 oksijenle çevrelenmiş kation.

Trigonal bipramit yapan 5 oksijenle çevrelenmiş bölgelerde bulunmaktadır.

Her demir iyonunun manyetizasyon değeri teorik olarak 5 Bohr magneton olup birim formül olan $Pb.Fe_2O_3$ için kafesteki manyetik yönler şu şekilde dizilmiştir.

2 Fe iyonunun spinel(S) kısımdaki tetrahedra tarafında $2 \times 5\mu_B$

9 Fe iyonun oktahedra dağılışı $2 \times 5 \mu_B : 7 \times 5\mu_B$

1 Fe iyonun R kısmındaki trigonal bipramitte $1 \times 5\mu_B$

Böylece bir yönde net manyetik moment $4 \times 5 \mu_B = 20\mu_B$ olmaktadır. Burda net manyetizasyon $4 \times 5\mu_B$ dir. (5)

4. FERRİTLRİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Ferrit malzemelerin genel üretim yöntemi şekil 4.1 deki akım şemasında gösterilmiş ve üretim kademeleri aşağıda açıklanmıştır.

5. INTERNATIONAL ELECTRONIC COMMISSION, IEC STANDART, PUBLICATION.
367-1 1982

4.1 HAMMADDE

Hammadde olarak,metallerin oksitleri veya kolayca oksitlere dönüşecek karbonat, okzalat veya sülfatları kullanır. Kimyasal analizi tane iriliği ve maliyeti, hammadde seçiminde önemli bir etkendir.Hammadde içi yabancı maddeler mamul madenin özelliğini çok fazla etkiler.karıştırma işleminde malzemeye şekil vermede, sinterleme sırasında tepkimelerde,tane iriliği ve hammaddedeki safsızlıklar önemli rol oynar.Üretimler arası homojenliği sağlamak için hammaddelerin bu özelliklerinden emin olmak gerekir.Bu da hammaddenin tüm fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapılmasıyla sağlanır.

4.2 KARIŞTIRMA

Karıştırma homojen bir başlangıç malzemesi elde etmek için önemlidir.Karıştırma kuru veya yağ ortamda türbün karıştırıcı ya da değirmende yapılır.Yağ karıştırmada, süzme ve kurutma işlemleri olduğundan,kuru karıştırmaya nazaran pahalıdır. Fakat daha iyi sonuç elde edilmektedir.Spray kurutucu kullanılırsa bu işlemler azalmakta ve maliyet düşmektedir malzemenin homojenliği artmaktadır.Eğer bilyeli değirmen kullanılacaksa çelikten yapılmalıdır.Yalnız bu durumda bilyelerden hammaddeye geçen Fe miktarı hesaplanıp çıkan sonuca göre malzeme tartılmalıdır.Tartılan tozlar kalsinasyon için preste briketlenir.

4.3 KALSİNASYON

Kalsinasyon genellikle 900-1000 °C arasında yapılır.Kalsinasyon işleminin önemi şöyle sıralanabilir.

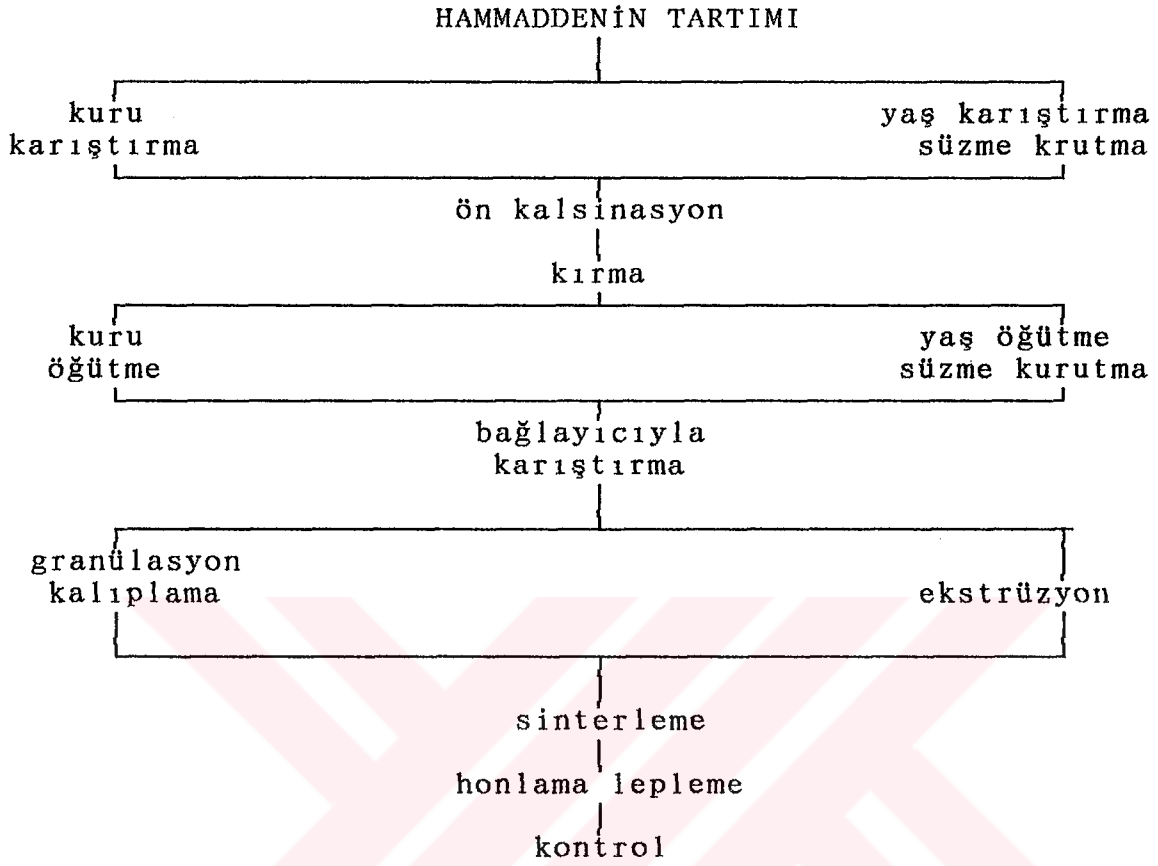
.Karbonat ve yüksek oksitli metaller parçalanarak sinterleme sırasın da gaz çıkışını azaltır ve ana fazların oluşumunu kolaylaştırır.

.Malzemenin homjen olmasına yardım eder.

.Hammaddeden gelen değişik etkileri ortadan kaldırır.

.Sinterleme sırasındaki küçülmeyi azaltır ve kontrol eder.

.Kalsinasyon sırasında ferrit oluşumu başlar ve kristaller büyür.Bu oluşum kalsinasyon sıcaklığıyla doğrusal olarak artar.800 °C-1350 °C'de %100 dönüşüm başlar.



Şekil 4.1 ferrit üretim yöntemi akım şeması

4.4 ÖĞÜTME

Kalsinasyondaki ürünler yoğun ve serttir. Bu nedenle de-ğirmenlerde öğütmeye başlamadan önce 1mm ve ya daha küçük parçalar halinde çene ve merdane kırıcılarında kırılması gerekir. Yaş ve kuru öğütme yapılabilir. Daha önce de karıştırma işleminde açıklandığı gibi, çelik bilyelerden gelecek demir miktarı hammaddenin hazırlanmasında göz önüne alınmalıdır. Öğütme genellikle 12 saat sürer, burada önemli olan iriliği (0.3-1 μ m ve özgül yüzeyi 2-20 μ m²/gr) elde edilinceye kadar tozun öğütülmesi gerekir. Öğütülen toz kurutulularak granül yapımına hazırlanır.

4.5 GRANÜL YAPIMI

Elde edilen toza bağlayıcı ilave edilerek sigma ya da blandır tipi karıştırıcılarda karıştırılır. Bağlayıcının tipi granül yapma yöntemine basma veya çekme yöntemiyle şekil verme işlemine ve yanmadan önce şekil verilmiş parçanın istenilen mukavemetine ve sinterlemeden sonra parçanın geride artık bırakmamasına bağlıdır. Genellikle arapzankı, amonyum aljinat PVA mullar, stearatlar kullanılabilir. Bağlayıcı ile karıştırılan malzeme granül haline getirilir.

4.6 ŞEKİLLENDİRME

Malzemeye son şekil verme işlemi yapılır. Bu işlemde en önemli olan husus, pışma küçülmesi miktarına göre kalıp boyutlarının hesaplanmasıdır. Bu tip malzeme için 8000-16000 Oersted lik manyetik alan altında preslemek gerekir.

Boyu çapına göre çok uzun olan çubuk ve boru malzemelerin şekillenmesinde ekstrüzyon kullanılır. Ekstrüzyon deposuna vakum pompası bağlanarak istenmeyen hava uzaklaştırılır, homojen bir yoğunluk sağlanır ve böylece sinterleme sırasındaki kırılmalar, parçalanmalar önlenmiş olur.

4.7 SİNERLEME

Sinterleme 1000-1350°C arası yapılır, üretimde genellikle tünel fırınlar kullanılır. Sinterleme sırasında gözenekler azalır, yoğunluk artar ve kristal büyümesi tamamlanır. Boyutlarda %10-25 arası küçülme olur ve kalıp yapımında bu oran çok iyi bilinmelidir.

Sinterleme üç aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada atomik yayılım ile taneler arasında boyunlar oluşur ve boyunların büyümesi başlar.

Bu mekanizma, teorik yoğunluğu yaklaşık %60'ına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu noktadan sonra ikinci aşama olarak nitelendirilen tane büyümesi başlar. Tane arasındaki boşluklar daralarak zamanın logaritması ile artar. Bu aşamanın sonunda teorik yoğunluğun %95'ine ulaşılır. Son aşamada yoğunlaşma hızı yavaşlar ve tane büyüme hızında artış olur. Eğer büyüme homojen de aşırı bir şekilde olursa yapıdaki boşluklar tane içinde kalarak teorik sinterleşme işlemi durmuş olur. Eğer kontrollü tane büyümesi sağlanırsa, taneler arası sinterleşme tamamen yok edilerek, tam sinterleşme sağlanmış olur ve teorik yoğunluğa ulaşılır. pratikte bunu sağlamak oldukça güç olup, klasik sinterleme işlemleriyle teorik yoğunluğa erişilmesi özel koşullar dışında çok zordur.

Faz diyagramları, kalsinasyon ve sinterleme için önemlidir. Malzemenin bileşeni ve içindeki safsızlıklar sinterleme sıcaklığını etkiler. Stokiyometrik oranda ($n=6$) sinterleme hızı düşüktür. Stokiyometrik orandan uzaklaştıkça kristal kafesteki boşluklar nedeniyle yayılım hızı ve buna bağlı olarakda sinterleme hızı artar. (6)

4.8 BİTİRME VE SONUÇ

Ferritler sert seramik malzemeler olduklarından bunların kesilmesi öğütülmesi çok güçtür. Bu nedenle kalıpların çok iyi ve istenen biçimde seçilmiş olması gerekir.

Sinterleme işlemi bitmiş malzeme manyetik alana tabi tutulur. Ferritin yüzeyi leplendikten sonra çeşitli özellikleri saptanmak üzere histerisis eğrisi çizilir ve buradan $B_r, H_c, (BH)_{max}$ değerleri bulunur. (7)

5. KATKI MADDELERİNİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Ferritlerde, kimyasal bileşim ve mikroyapı manyetik özellikleri etkiler. Belirli bir kimyasal bileşim ve üretim yöntemleri bazı manyetik malzemeler için uygun gelirken diğer özellikleri ters yönde etkilemektedir. Bu nedenle çeşitli katkı maddeleri eklenerek bir kısım manyetik özellikler geliştirilirken diğerlerinin bozulmamasına çalışılmaktadır.

Yapı içindeki tanelerin büyüklüğü ve içerdiği gözenek miktarı manyetik özellikleri etkilediği gibi yapıda bulunabilecek ikinci bir fazda aynı şekilde etkili olmaktadır. Safsızlıklar ve katkı maddeleri tane sınırlarında birikerek tane büyümesini engeller veya bazı durumlarda anormal tane büyümesine neden olurlar. Eğer sinterleme sıcaklığı yüksek ise tane sınır hareketi hızlı olup ikinci faz veya safsızlıklar, tane sınır hareketini engelleyip ana faz ile katı eriyik oluşturur. Bu koşullarda serbest hareket eden sınırlar diğer tanelerle birleşerek büyük taneleri oluşturur ve anormal tane büyümeleri başlar. Çeşitli katkı maddeleri manyetik özelliklerde farklı etkiler yapmaktadır.

6. SNELLING, E.C. "SOFT FERRITES PROPERTIES AND APPLICATIONS"
I LIPPE BOOKS LTD. LONDON, 1969

7. C.W. CHEN "MAGNETISM AND METALLURGY OF SOFT MAGNETICS MATERIALS"
1977 VOLUME 15, NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY

5.1. CoO KATKISININ ETKİSİ

Baryum ve stronsiyum ferritlerde katkı maddesi olarak ilave edilen CoO, Ferrit fazla katı eriyik yaparak yüksek frekanslarda manyetik kayıpları azaltır. Bu olgu, uygun oktahedra tarafa giden Co^{2+} nin domein duvarlarını dengelemesiyle açıklanır. Domein duvarlarını dengelemesi yüksek frekans özelliklerini arttırır. DE ve DF bileşimlerde Co^{2+} 'nin etkisi farklı mekanizmalarla açıklanmıştır. Bunlar şöyle özetlenebilir:

5.1.1 DEMİR FAZLA FERRİTLER

Bu bileşimlerde bulunan fazla demir spinal faz ile katı eriyik yaparak katyon boşluğu oluşturur. Kristal kafes içinde oluşan katyon boşluğuna doğru Co^{2+} iyonlarının yayılımı başlar. Ancak boşluk-yayılım mekanizmasında aktivasyon enerjisi çok yüksek olduğundan hızlı yayılım çok yüksek sıcaklıklarda olur. Bu nedenle Co'nun hareketini sağlayabilmek için malzeme Curie sıcaklığına kadar ısıtılır ve yavaş yavaş soğutulur.

Malzemeye oda sıcaklığında alan uygulandığında denge durumundaki domein duvarlarını bozduğundan kayıplar fazla olur.

5.1.2 DEMİR EKSİK FERRİTLER

Bu bileşimlerde Co^{3+} ve Co^{2+} iyonları arasında elektron yayılımı vardır. Elektron yayılımı oda sıcaklığında çok hızlı olduğundan, kullanımı sırasında ortaya çıkan bozukluklar kısa sürede ortadan kaldırılır ve bu nedenle kayıplar az olur. Ayrıca bileşimde Co^{2+} nin yanında Co^{3+} yeterince var ise elektron yayılımı domein duvarlarını yeterince dengelediğinden malzemenin sinterlenmesinin oksitleyici ortamda yapılması uygun olur.

5.1.3 STOKİOMETRİK FERRİTLER

DF ve DE bileşimlerde domein duvarları, boşluk veya elektron yayılımı ile dengelendiğinde geçirgenlik ve yüksek frekans kayıpları oldukça düşüktür. Fakat stokiometrik ferritlerde katyon boşluğu ve Co^{3+} iyonları çok az olduğundan domein duvarları dengelenememekte; geçirgenlik ve kayıplar yüksek olmaktadır.

Genellikle spinel ferritler düşük sıcaklıklarda düşük geçirgenliğe sahiptir. Curie sıcaklığına doğru geçirgenlik artar. Ni-Zn ferritlerde oda sıcaklığı civarındaki geçirgenlik az miktarda ilave edilen Co^{2+} ile değiştirilebilir. Sr-Ba ferritlerde ise sertlik ve kalıcılık arttırılabilir.

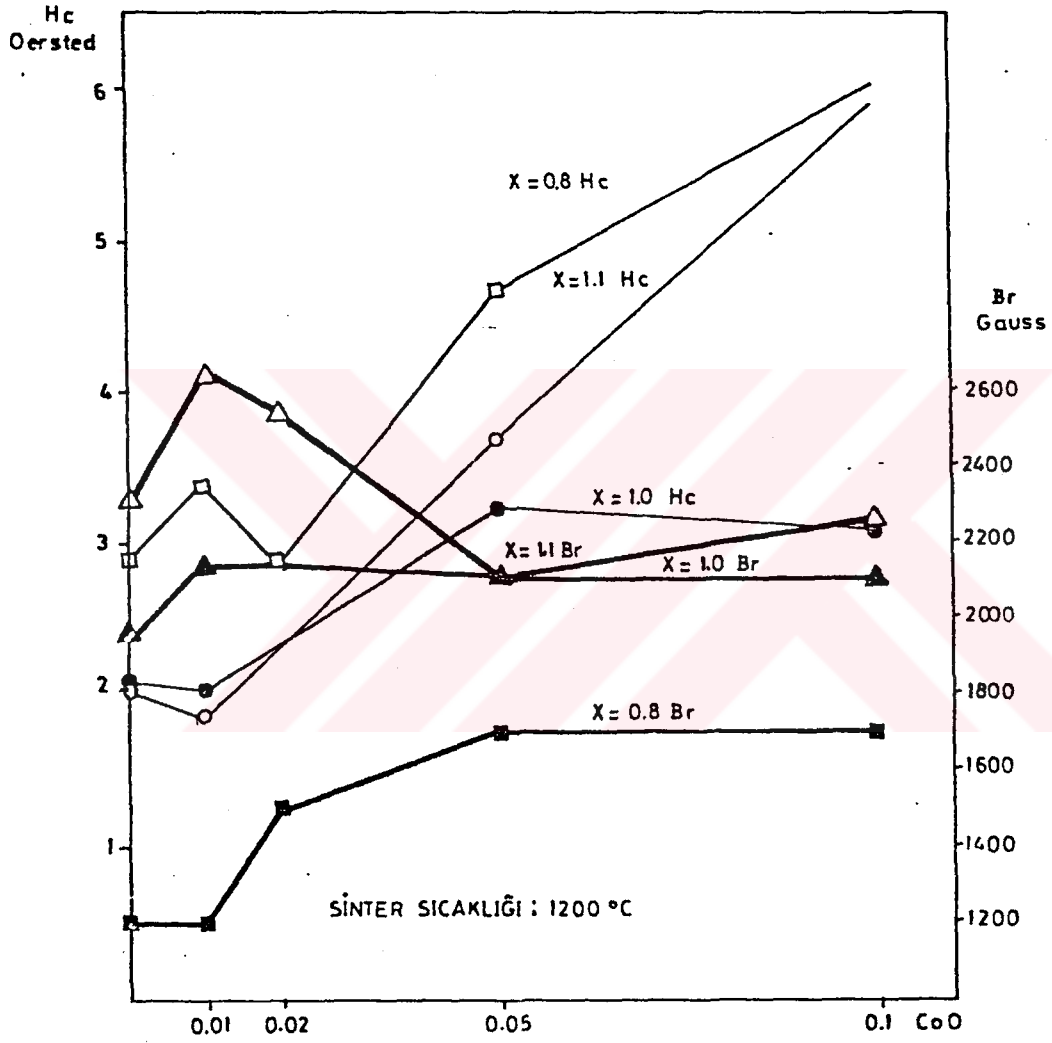
Bu oktahedrada bulunan Co^{2+} 'nin manyetokristal anisotropi yi artı yönde etkilemesi sonucudur. CoO 'in etkisi $\text{NiO-ZnO-BaO-SrO.6Fe}_2\text{O}_3$ göre araştırılmıştır. SrO ve BaO bileşiminin sonuçları tam olarak alınamamıştır.

Formüllere göre oluşturulmuş CoO katkılı örnekler çeşitli sıcaklıklarda sinterlenmiştir TABLO 5.1.

1350 °C sıcaklıktan sonra tane büyümesinde önemli bir gelişme olmuş ve buna karşılık tanelerin içerdiği gözenek miktarında önemli bir düşme meydana gelmiştir.

TABLO 5.1 spinel tip kübik ferritlerde CoO katkılı bileşimlerin formülleri

Kod No	Y	X	Kimyasal Bileşim
13	0.01	1.0	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}\text{Fe}_2\text{O}_3$
14	0.02	1.0	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.98}\text{CoO}_{0.02}\text{Fe}_2\text{O}_3$
15	0.05	1.0	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.95}\text{CoO}_{0.05}\text{Fe}_2\text{O}_3$
16	0.10	1.0	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.90}\text{CoO}_{0.10}\text{Fe}_2\text{O}_3$
17	0.01	0.8	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$
18	0.02	0.8	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.98}\text{CoO}_{0.02}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$
19	0.05	0.8	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.95}\text{CoO}_{0.05}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$
20	0.10	0.8	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.90}\text{CoO}_{0.10}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$
21	0.01	1.1	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$
22	0.02	1.1	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.98}\text{CoO}_{0.02}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$
23	0.05	1.1	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.95}\text{CoO}_{0.05}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$
24	0.10	1.1	$(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.90}\text{CoO}_{0.10}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$



Şekil 5.1 Hc ve Br'nin Co ve Fe₂O₃ miktarı ile değişimi

TABLO 5.2 Co'lı bileşimlerin manyetik özellikleri

No	y	x	°C	H _c Oersted	Br Gauss	Bs Gauss	μ _{app} kHz	ρ gr/cm ³	Q MHz
4	0	1	1100						
			1200	2.05	2150	3300	346	4.85	57.8
			1250	0.90	2300	3575	488	4.96	15.2
			1275	0.75	2125	3400	630	4.98	11.0
			1300	0.45	1800	3500	917	5.01	7.4
			1350	0.45	2250	3650	841	4.98	5.4
			1375	0.37	2300	3450	1079	5.00	4.3
13	0.01	1	1100						
			1200	1.87	2350	3500	362	4.97	41.3
			1250	0.97	2450	3650	560	5.01	22.0
			1275	0.82	2400	3500	595	4.98	17.4
			1300	0.60	2500	3750	685	5.14	11.5
			1350	0.45	2500	3750	769	5.15	
			1375	0.45	2450	3750	782	5.11	
14	0.02	1	1100	4.35	625	2875	58	3.70	77
			1200	2.32	2150	3250	292	4.93	45
			1250	0.90	2450	3650	504	5.07	
			1275	0.82	2600	3750	519	5.11	
			1300	0.75	2600	3750	564	5.11	
			1350	0.45	2550	3775	643	5.11	
			1375	0.45	2500	3800	632	5.11	
15	0.05	1	1100	6.22	700	1350	40	3.68	77
			1200	3.22	2100	3250	201	4.91	64
			1250	1.50	2300	3550	346	5.06	
			1275	1.42	2500	3700	357	5.08	
			1300	1.20	2650	3850	378	5.12	
			1350	0.82	2750	3925	412	5.09	
			1375	0.75	2650	3800	406	5.12	
16	0.10	1	1100	5.10	350	950	32	3.63	91
			1200	3.07	2100	3250	150	4.89	71
			1250	2.62	2550	4000	245	5.34	
			1275	2.32	2400	3750	250	5.07	
			1300	2.02	2400	3750	273	5.03	
			1350	1.35	2400	3825	316	5.10	
			1375	1.20	2100	3800	262	5.00	

TABLO 5.3 Co'lı bileşimlerin manyetik özellikleri

No	y	x	$t^{\circ}C$	H_c Oersted	Br Gauss	Bs Gauss	H_{app} kHz	ρ gr/cm ³	Q MHz
			1100						
			1200	2.40	1200	2700	186	4.95	58.0
			1250	1.95	1200	2825	254	5.10	20.6
7	0	0.8	1275	1.50	1050	2750	293	5.06	14.3
			1300	1.20	925	2750	298	5.17	13.0
			1350	1.05	800	2650	338	5.14	11.1
			1375	0.90	750	2500	313	5.13	10.1
			1100	4.05	600	1500	55	4.03	214
			1200	2.85	1200	2625	130	4.98	198
			1250	1.95	1300	2875	231	5.19	
17	0.01	0.8	1275	1.65	1200	2825	263	5.19	
			1300	1.35	1200	2725	285	5.15	22
			1350	1.20	950	2725	310	5.21	
			1375	1.05	850	2650	287	5.18	
			1100	4.95	850	1750	49	4.33	199
			1200	2.85	1500	2775	21	5.13	199
			1250	1.95	1350	2800	173	5.18	
18	0.02	0.8	1275	1.72	1300	2800	219	5.22	
			1300	1.50	1150	2750	245	5.14	
			1350	1.42	1100	2700	225	5.12	
			1375	1.20	1150	2950	252	5.45	
			1100	5.40	850	1375	27	3.89	97
			1200	4.65	1700	2500	63	4.72	104
			1250	2.85	1650	2750	101	5.11	
19	0.05	0.8	1275	2.40	1600	2675	108	5.12	
			1300	2.02	1500	2700	153	5.18	
			1350	1.57	1350	2625	174	5.15	
			1375	1.50	1250	2650	181	5.19	
			1100	7.80	800	1175	13	3.69	56
			1200	6.00	1700	2375	41	4.75	60
			1250	4.65	1650	2600	55	5.02	
20	0.10	0.8	1275	3.67	1650	2650	60	5.11	
			1300	3.37	1600	2600	61	5.06	
			1350	2.40	1400	2625	84	5.17	
			1375	2.25	1350	2675	86	5.14	

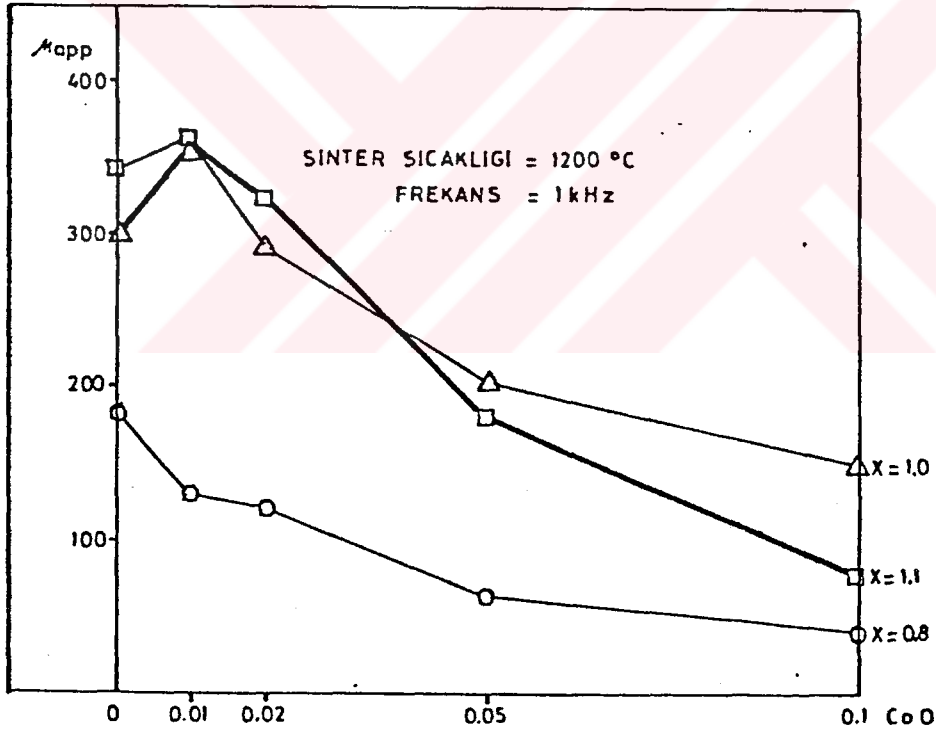
TABLO 5.4 Co'lu bileşimlerin manyetik özellikleri

No	y	x	°C	Hc Oersted	Br Gauss	Bs Gauss	μ_{app} kHz	ρ gr/cm ³	Q 1 MHz
			1100						
			1200	2.10	2300	3300	295	4.77	57.5
			1250	0.97	2550	3750	435	4.95	23.0
11	0	1.1	1275	0.90	2400	3600	571	4.97	13.3
			1300	0.75	2450	3650	569	4.87	18.7
			1350	0.60	2250	3550	576	4.90	13.7
			1375	0.52	2350	4000	634	5.00	13.4
			1100	6.30	950	1525	41	3.69	76
			1200	2.02	2650	3800	359	4.99	44
			1250	1.12	2600	3875	508	5.05	
21	0.01	1.1	1275	1.05	2500	3875	523	5.04	
			1300	0.97	2250	3400	467	4.43	22
			1350	0.75	2600	4000	615	5.08	
			1375	0.60	2600	4100	19	5.12	
			1100	6.15	1000	1650	47	3.82	77
			1200	2.32	2550	3750	325	4.99	54
			1250	1.35	2550	3950	512	5.02	
22	0.02	1.1	1275	1.20	2450	4000	498	5.08	
			1300	1.12	2350	3750	507	5.06	
			1350	0.97	2350	3800	573	5.08	
			1375	0.82	2350	3900	614	5.17	
			1100	6.90	800	1450	37	3.70	83
			1200	3.67	2100	3300	180	4.82	76
			1250	2.32	2150	3750	241	5.00	
23	0.05	1.1	1275	2.17	2150	3750	258	5.02	
			1300	1.95	2000	3750	290	4.98	
			1350	1.57	1900	3850	333	4.99	
			1375	1.27	1800	3800	354	5.05	
			1100	6.75	500	1050	20	3.65	84
			1200	5.84	2250	2900	77	4.90	64
			1250	4.35	2200	3350	80	5.01	
24	0.10	1.1	1275	4.12	2150	3350	76	4.92	
			1300	3.75	2100	3400	84	5.01	
			1350	3.22	2050	3650	92	5.02	

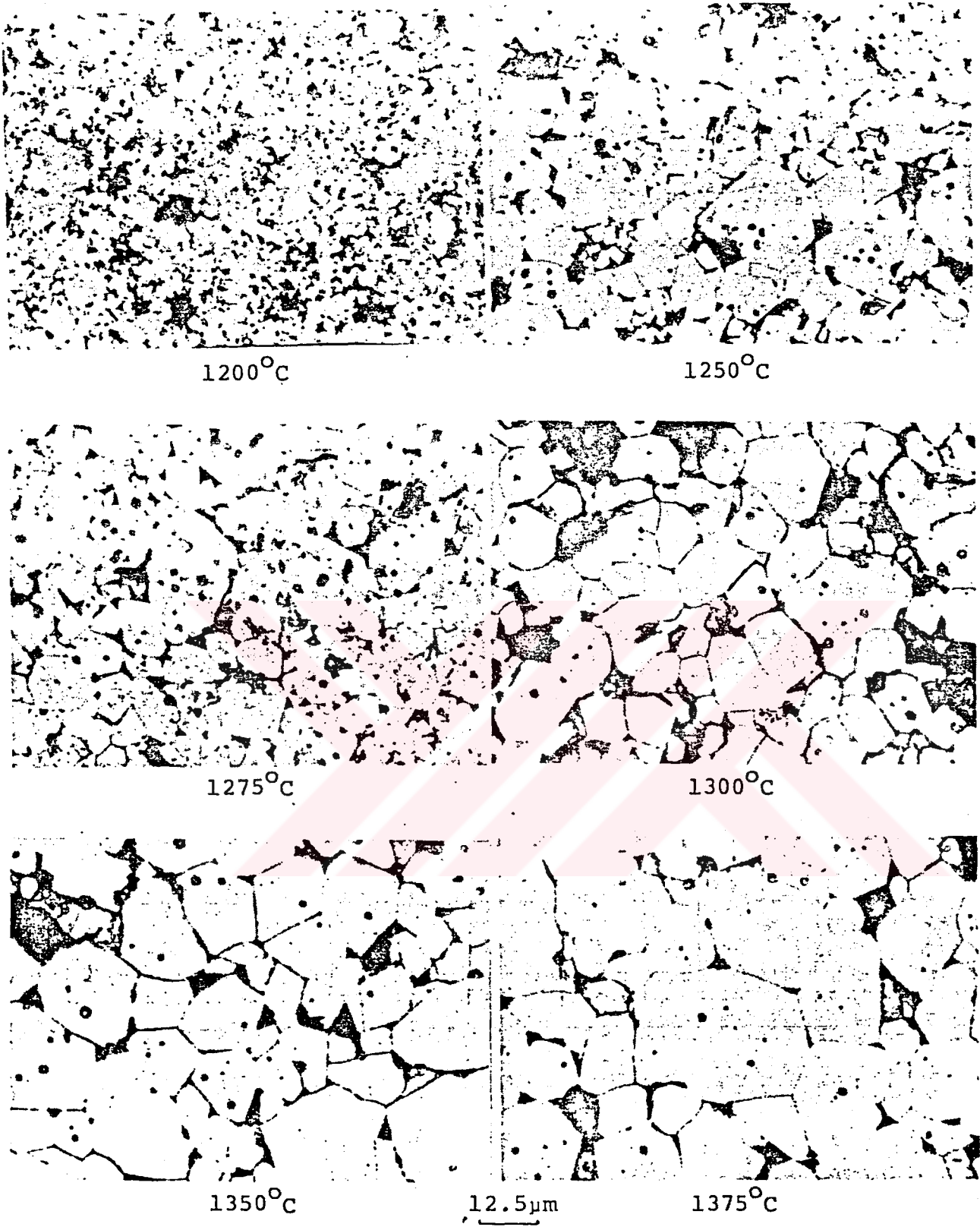
Stokometrik bileşimde Co ile domain duvarları dengelenmediği için Hc deki artış hızı diğerlerinden yavaş olur. 1200° deki sinterlenen örnekler de Co katkısı yok iken 2-2.5 Oersted olan Hc değeri Co ilavesi ile artmış ve 0.1 Co da DF ve DE örneklerde Hc değeri 6 Oersted e yükselmiştir. Stokometrik bileşimde ise ancak 3 Oersted olmuştur. Tüm bileşimlerde artan sinter sıcaklığı ile tane boyutu büyüdüğünden Hc değeri düşmüştür.

Stokometrik ve DF örneklerde Br değeri 2000-2600 gauss arasında değişim gösterirken DE örneklerde 900-1600 gauss arasında değişmiştir. Co katkısız DE bileşimde 1200 olan Br Co ilavesi ile artmış ve 0.10 Co da 1700 Gauss a yükselmiştir. Ancak DF ve stokometrik bileşimlerde 0.10 Co ilavesi ile 2300 den 2650 ye ve 2150 den 2350 ye çıkmıştır. Daha sonra ilave edilen Co ile fazla bir artış göstermemiştir. (şek.5.1)

Geçirgenlik Hc nin tersine Co katkısı ile domain duvarlarının dengelenmesi sonucu düşüş göstermiştir. (şek.5.2) DE bileşiminde μ Co ilavesi ile sürekli azalmıştır.

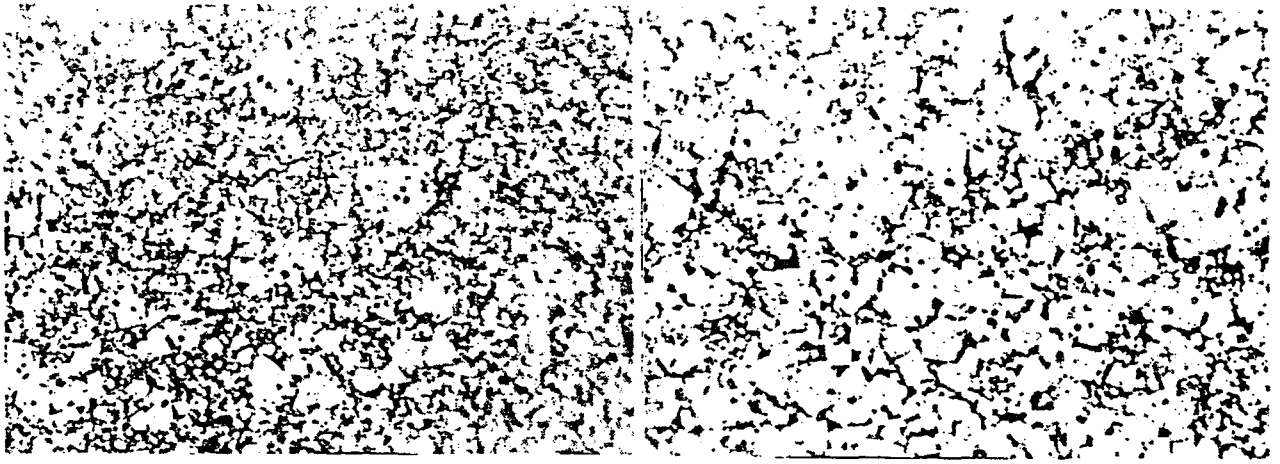


Şekil 5.2 Geçirgenliğin Co ve Fe₂O₃ miktarı ile değişimi.



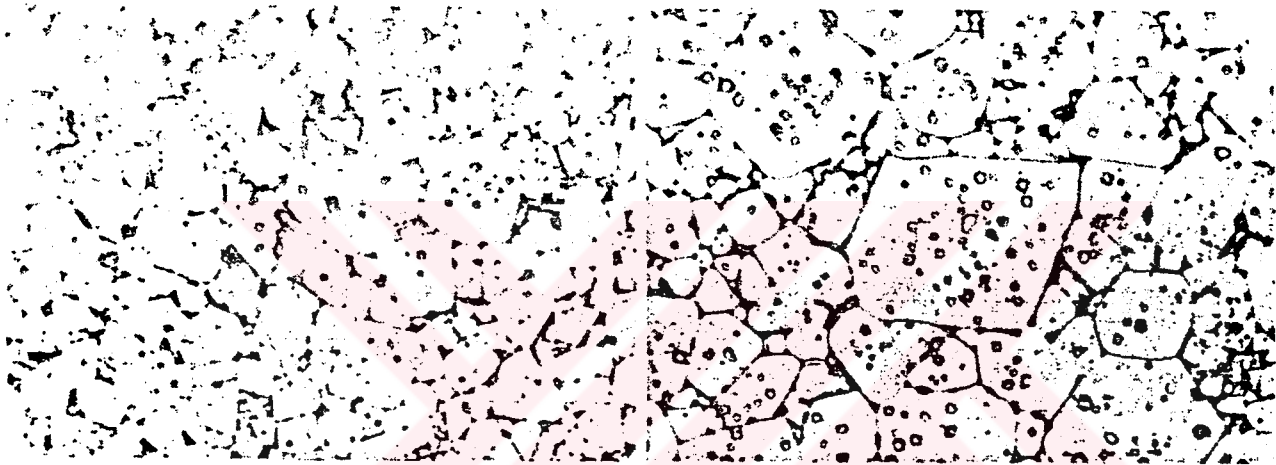
Şekil 5.3

$(\text{NiO}_{0.4} \text{ZnO}_{0.6})_{0.99} \text{CoO}_{0.01} (\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$ bileşiminde
 (No:17) sinter sıcaklığının etkisi



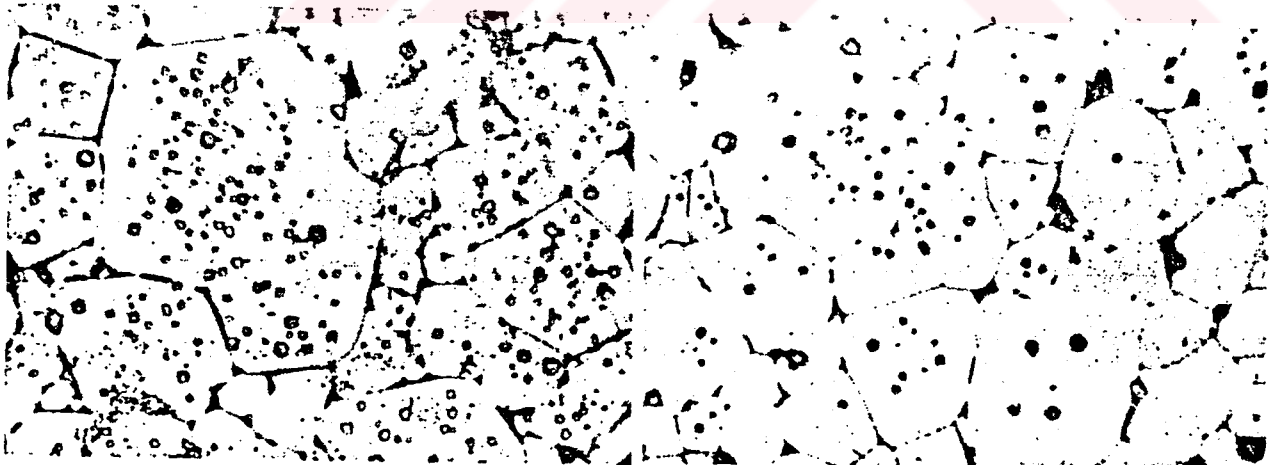
1200°C

1250°C



1275°C

1300°C



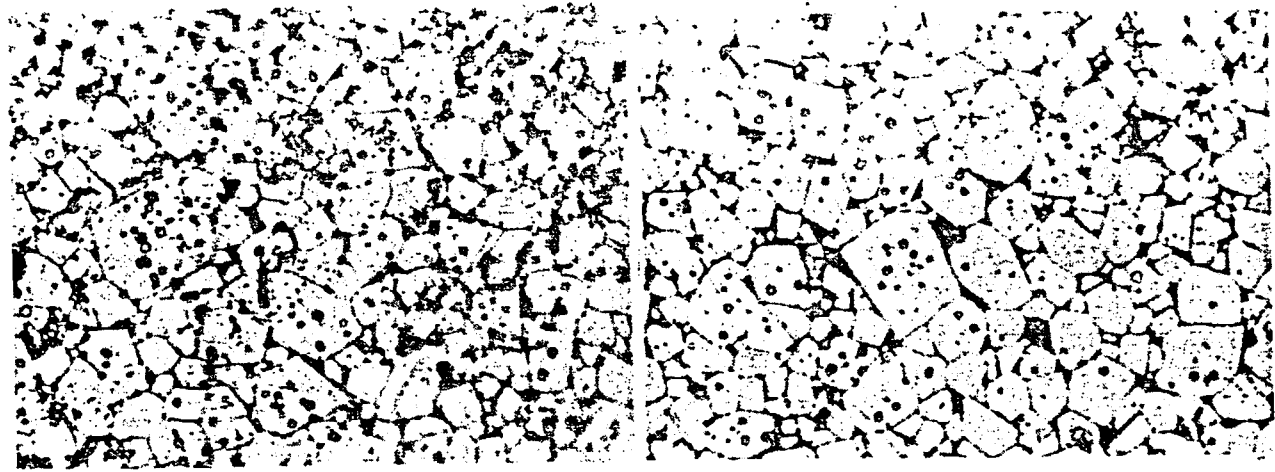
1350°C

12.5µm

1375°C

Şekil 5.4

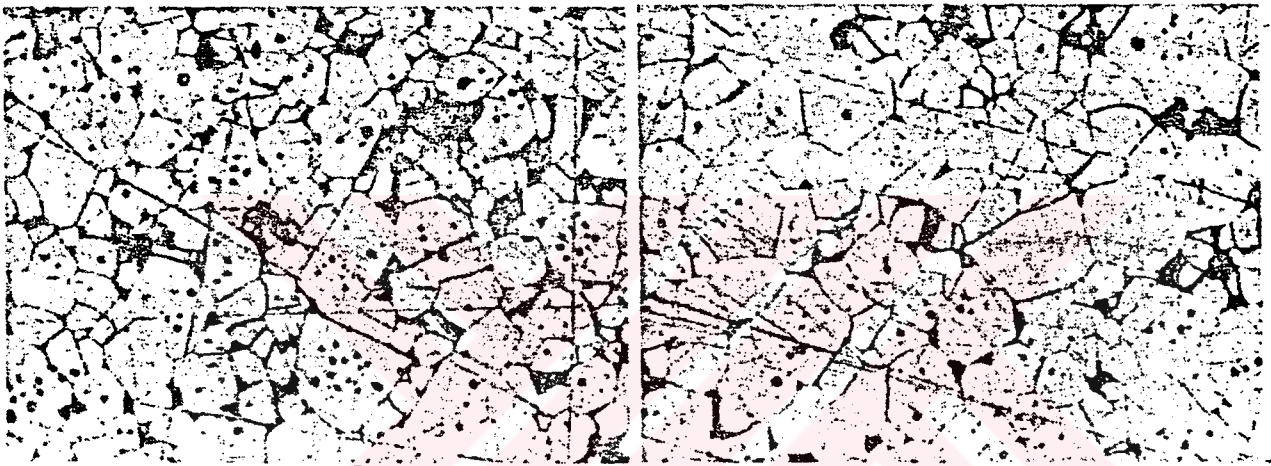
(NiO_{0.4} ZnO_{0.6})_{0.99} CoO_{0.01} Fe₂O₃ bileşiminde (No:13)
sinter sıcaklığının etkisi



1250°C

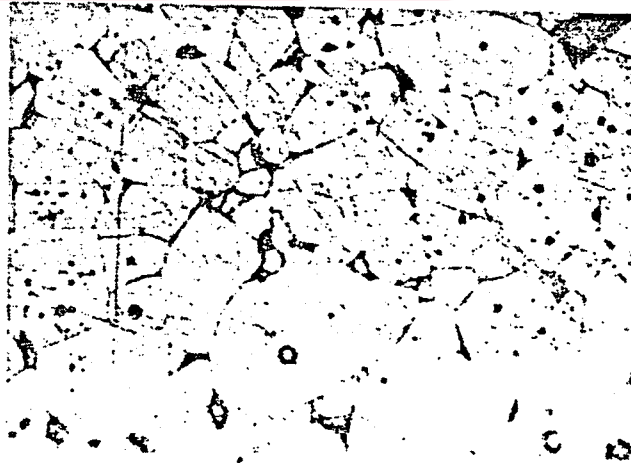
12.5µm

1275°C



1300°C

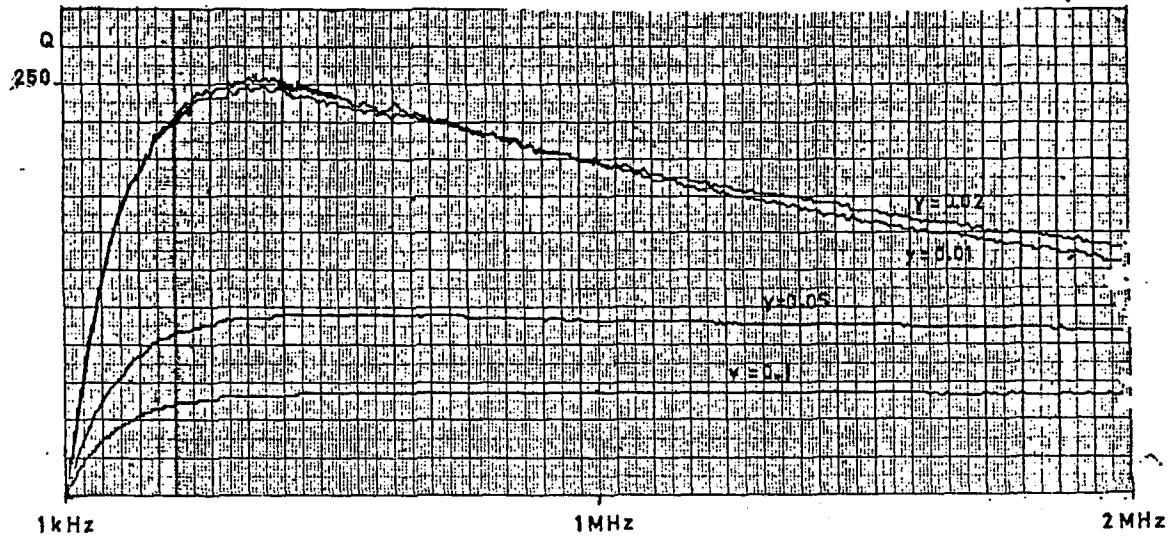
1350°C



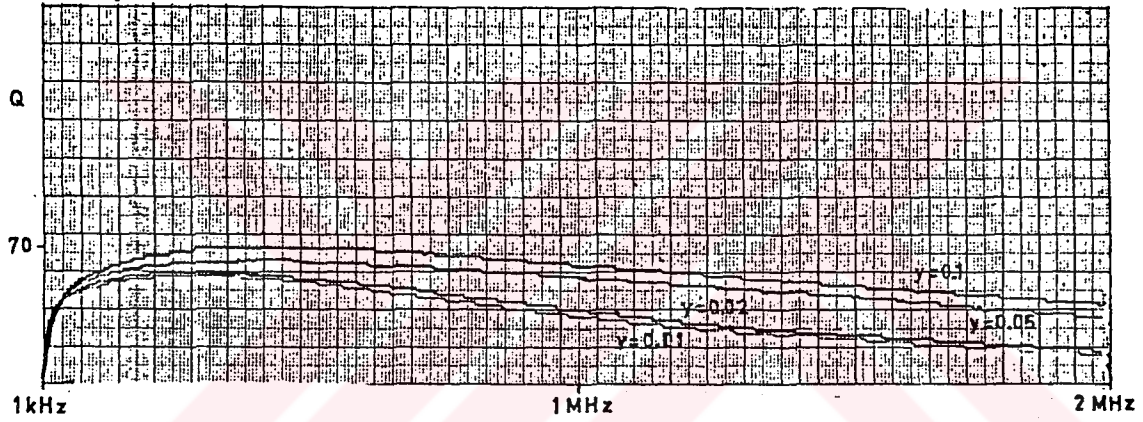
1375°C

Şekil 5.5

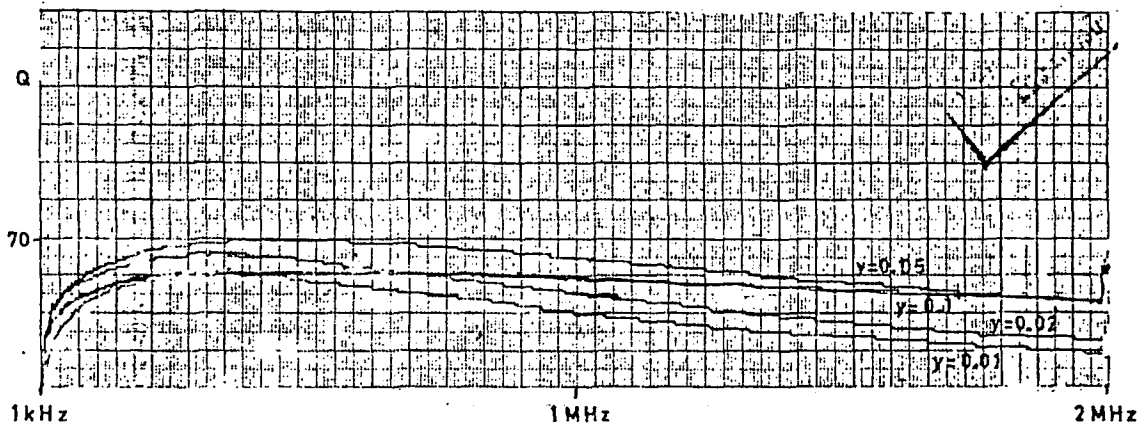
$(\text{NiO}_{0.4} \text{ZnO}_{0.6})_{0.99} \text{CoO}_{0.01} (\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$ bileşiminde
sinter sıcaklığının etkisi



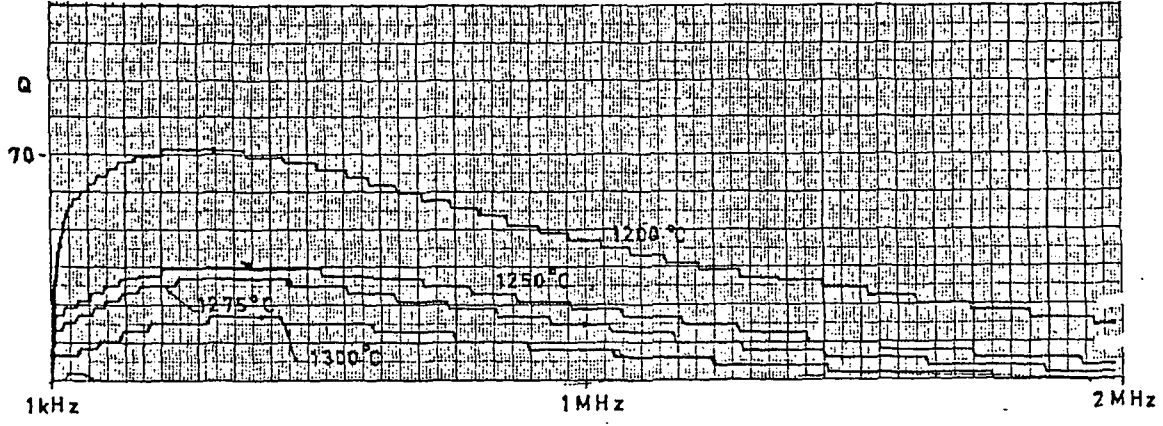
Şekil 5.6.a $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{1-y}\text{CoO}_y(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$ bileşiminde y 'nin manyetik kayıplara etkisi (1200°C)



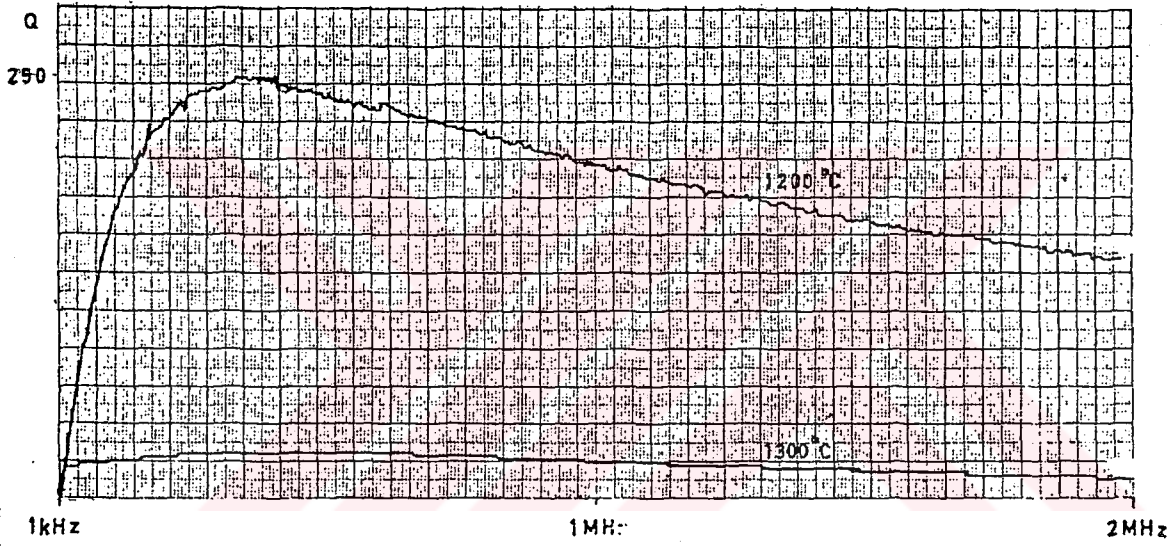
Şekil 5.6.b $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{1-y}\text{CoO}_y\text{Fe}_2\text{O}_3$ bileşiminde y 'nin manyetik kayıplara etkisi (1200°C)



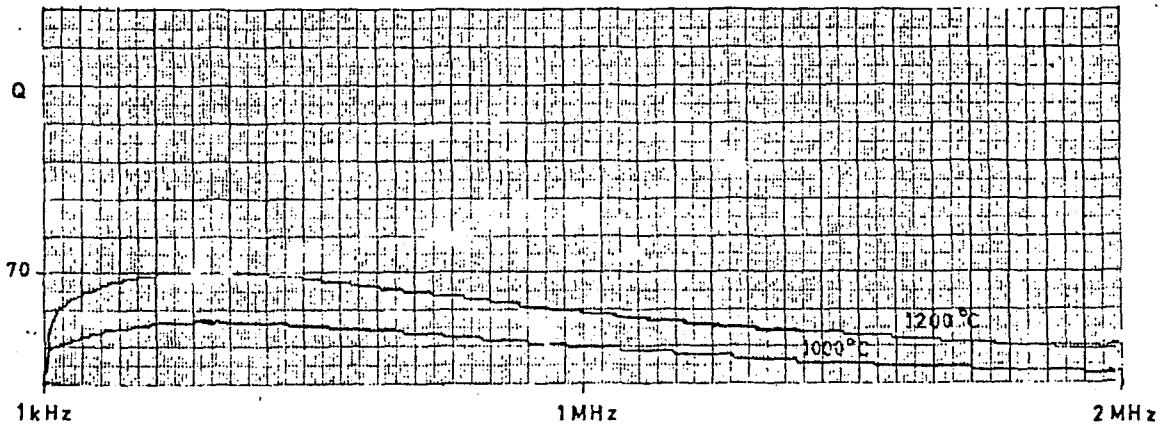
Şekil 5.7 $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{1-y}\text{CoO}_y(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$ bileşiminde y 'nin manyetik kayıplara etkisi (1200°C)



Şekil 5.8.a $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}\text{Fe}_2\text{O}_3$ bileşiminde (No:13) sinter sıcaklığının kayıplara etkisi



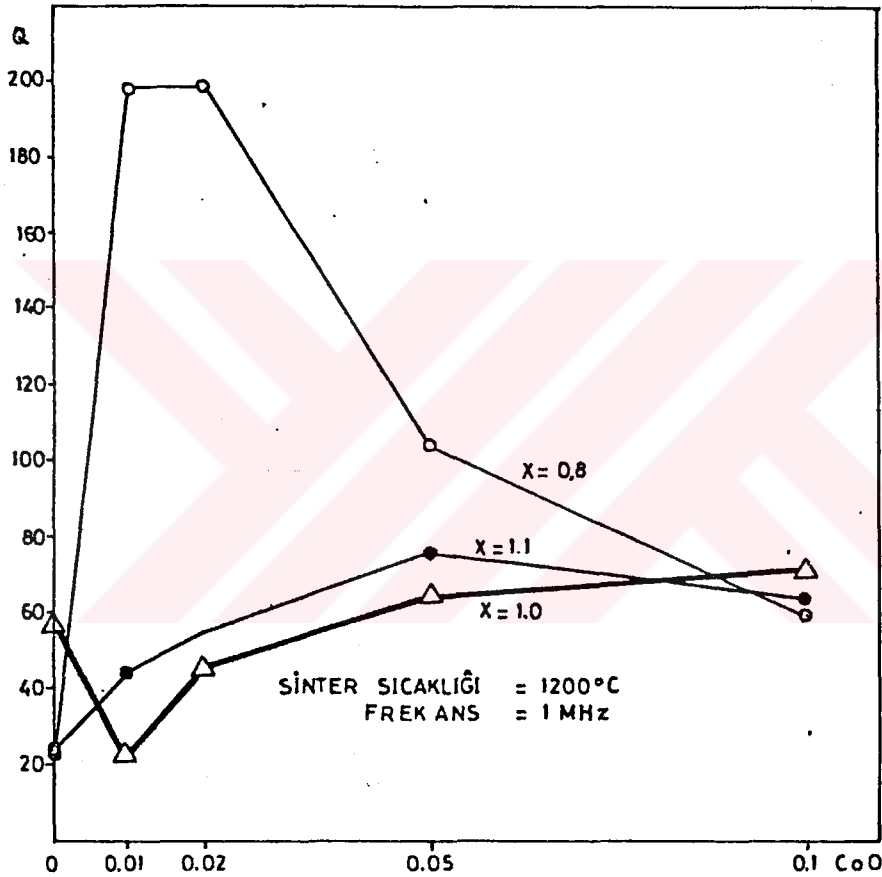
Şekil 5.8.b $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0.8}$ bileşiminde (No:17) sinter sıcaklığının kayıplara etkisi



Şekil 5.8.c $(\text{NiO}_{0.4}\text{ZnO}_{0.6})_{0.99}\text{CoO}_{0.01}(\text{Fe}_2\text{O}_3)_{1.1}$ bileşiminde (No:21) sinter sıcaklığının kayıplara etkisi

Ancak Stokiyometrik ve DF örneklerde 0.01 mol Co katkısı μ appi 346 dan 365e ve 295 den 359 a çıkartarak çok az bir artış sağlamış ve artan Co miktarı ile sürekli olarak düşmüştür.

Co ın manyetik kayıplara etkisini frekansa bağlı olarak görmek açısından frekansa karşılık @ değerleri çizilmiş ve şek.5.3,4,5 de verilmiştir. Ayrıca kayıtların sinter sıcaklığı ile değişimini görmek amacı ile örneklerin farklı sinter sıcaklıklarında ve frekansı bağlı olarak kayıpların değişimi Şekil 5.6,7,8 de Co ve Fe_2O_3 miktarı ile değişimi de Şekil 5,9 de verilmiştir.



Şekil 5.9 Manyetik Kayıpların Co ve Fe_2O_3 miktarı ile değişimi (8) (9)

(10) (11)

8. Dr. OSMAN ÖZKAN, HİLKAT ERKALFA "YERLİ HAMMADDELERDEN İSOTROPİK SERT FERRİT ÜRETİMİ" TÜBİTAK MAE 1983
9. C.A.M. VAN DEM BROEK AND A.L. STUIJTS, PHILIPS TECHNICAL REVIEW VOLUME 37.1977 NO:7
10. ROBERT M.ROSSE.L.A. SHEPARD "THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MATERIALS" JOHN WILEY AND SANS inc.1966
11. E.ERDİK "ELEKTRİK VE MAGNETİZMA" A.Ü. FEN FAKÜLTESİ YAYINLARI, 1975

5.2. KALSİYUM OKSİT VE DİĞER KATKILARIN ETKİSİ

Sert magnetlere kalsiyum oksit katkısı olumlu etki yapmaktadır. CaO ilavesi kemikkülünden sağlanmıştır. CaO n değerini düşürerek stokiometrik orandan fazla uzaklaşmış ve sinterleme hızı artarak daha düşük sıcaklıklarda sinterleme işlemi tamamlanabilmektedir. Sr ferritlerde 1250°C olan sinterleme sıcaklığı CaO katkılı ferritlerde 1200°C dir. Bu da daha düşük sıcaklıklarda daha az enerji kullanımı demektir.

Kalsiyum Fosfat tan elde edilen kalsiyum oksit periyodik cetvelde +2 değerlikte bulunmaktadır. BaO, SrO ve CaO yapı itibarıyla birbirlerine benzemektedirler. CaO sıcaklığı absorbe eden özelliği ile tarih boyunca dikkatleri üzerine çekmiştir. Sert magnetlerde Sr ve Ba'un etkilerini desteklemektedir. Verimli sonuçlar almak için fırın atmosferinin yavaş yavaş ısıtılması gerekmektedir.

Bazı katkı maddeleri ferritlerin üretimi sırasında kalsinasyon ve sinterleme sıcaklıklarını düşürür, mekanik dayanıklılığını geliştirir ve yoğunluğu yükseltir. Genel olarak lityum florid, lityum karbonat, kalsiyum florür, sodyum borat, kalsiyum borat, borik asit, albit, ortoklas, kurşun silikat bu görevi yaparlar. %1'e kadar ilave edilebilirler. Kurşun oksitte ise bu miktar %13'e kadar arttırılabilir. PbO hegzagonal yapıyı güçlendirerek yoğunluğu ve mekanik dayanıklılığını arttırır. Kalsinasyon ve sinterleme sıcaklıklarını düşürür. Kalsiyum oksite aynı amaç için kullanılabilir.

Ferrit bileşiminde çözünen metal oksitlerde çok az miktarda manyetik özellikleri arttırırlar. Kobalt oksit, titan oksit, kadmiyum oksit, bakır oksit, magnezyum oksit, mangan oksit, potasyum oksit, wolfram oksit, vanadyum oksit, çinko oksit, molibden oksit, berilyum oksit, zirkon oksit, nikel oksit, bizmut oksit kalay oksit, antimuan oksit bunlara örnek olarak verilebilir.

(12) (13)

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Manyetik seramik üretiminde kritik davranışlar belirlenerek araştırmalar bu süreç içerisinde yapılmıştır.

Hammadde tayininde yerli ve yabancı meteryaller ince lenerek yerli uygun olanları seçilmiş ya da kullanılabilir hale getirilmiştir. Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri aşağıda verilmiştir.

12. EDWARD C. HANRY "ELECTRONIC CERAMICS" DOUBLEDAY AND COMPANY inc.
1969 NEWYORK
13. NEOSID LIMITED STANDART
Stonehills House, Howardsgate Welwyn Garden city, Hertfordshire
A.1 8.6 NW ENGLAND

Tablo 6.1 Hammaddelerin kimyasal analizleri

Fe ₂ O ₃ (A.B.D.)		Fe ₂ O ₃ (Yerli)	
Fe ₂ O ₃	: 99.330	Fe ₂ O ₃	: 96.220
ZnO	: 0.005	ZnO	: 0.062
CuO	: 0.004	Al ₂ O ₃	: 0.027
Mn ₂ O	: 0.014	SiO ₂	: 0.228
Atş.z.	: 0.55(100-1000°C)	Atş.z.	: 3.4(100-1000°C)
<hr/>		<hr/>	
toplam	: 99.903	toplam	: 99.937
BaCO ₃		SrCO ₃	
BaCO ₃	: 98.25	SrCO ₃	: 99.10
SrCO ₃	: 1.74	BaCO ₃	: 0.22
Al ₂ O ₃	: 0.18	Fe ₂ O ₃	: 0.03
<hr/>		<hr/>	
toplam	: 100.17	NaCO ₃	: 0.55
		Al ₂ O ₃	: 0.06
		CaCO ₃	: 0.35
		<hr/>	
		toplam	: 100.31

6.1. YERLİ VE YABANCI HEMATİTİN KIYASLANMASI

Kimyasal analizleri verilen hammaddelerin manyetik özelliklere etkileri araştırılmış ve çalışmalar sırasında proje raporlarından yararlanılmıştır

Genel formülleri MeO.n Fe₂O₃ olan manyetik seramiklerin bileşiminde Fe₂O₃ ün MeO ya oranını veren n katsayısı stokiometrik oranda 6/3 ya göre hesaplanmıştır.Me ,Ba ve Sr olarak ele alınmıştır.Çalışmada kolaylık olması amacıyla hazırlanan numunelere verilen kodlar şöyledir.

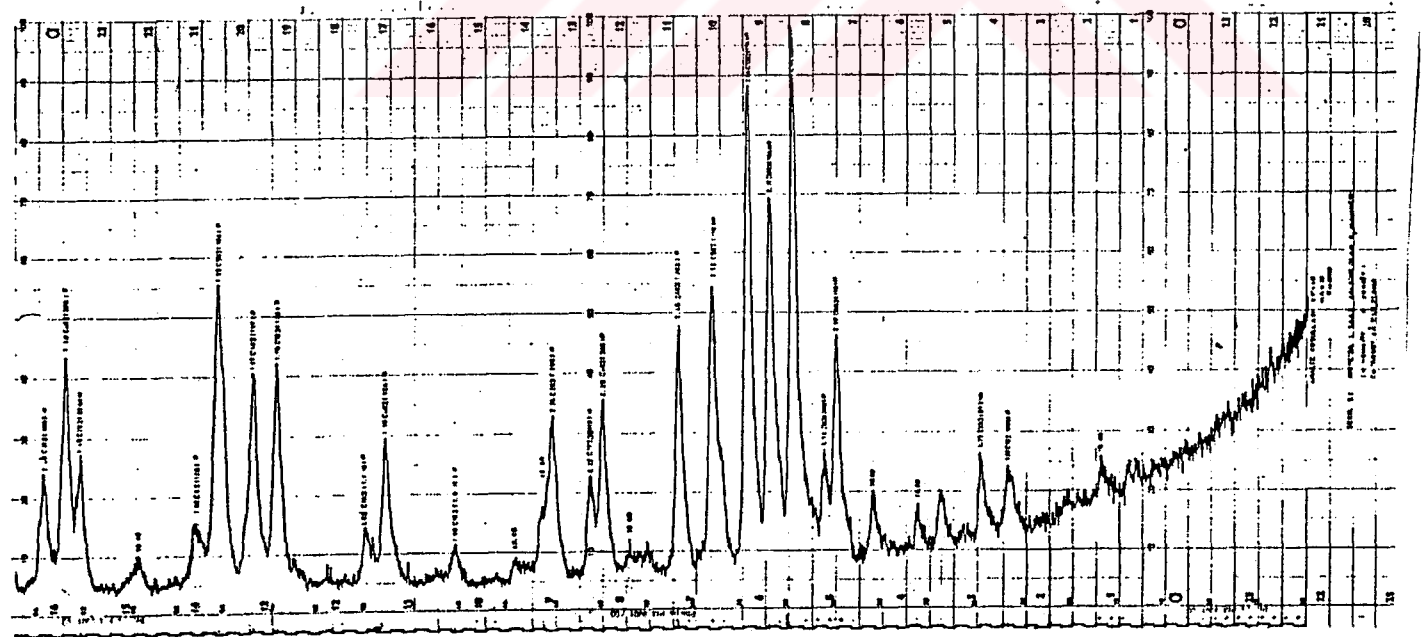
HAMMADDE	KOD NO
BaO.6Fe ₂ O ₃ (A.B.D.).....	B1
BaO.6Fe ₂ O ₃ (YERLİ.).....	B2
SrO.6Fe ₂ O ₃ (YERLİ.).....	S2

Hammaddeler 105°C 'de kurutulduktan sonra MeO.Fe O formülüne bağlı kalarak tartımları yapılmış. Ağırlıkça 1/3 oranında çelik bilyeler ve 2.5-3 litre daha önceden hazırlanmış deiyonize su ilave edilmiştir.Daha sonra karışım çapı ve yüksekliği 20 cm olan 2mm lik saçtan yapılmış değirmenlere konulmuştur. Dönme hızı 60 devir/dakika olan karıştırıcıda50000 devir öğütülmüştür.Karışım etüvde 110°C sıcaklıkta rutubeti %4 o-

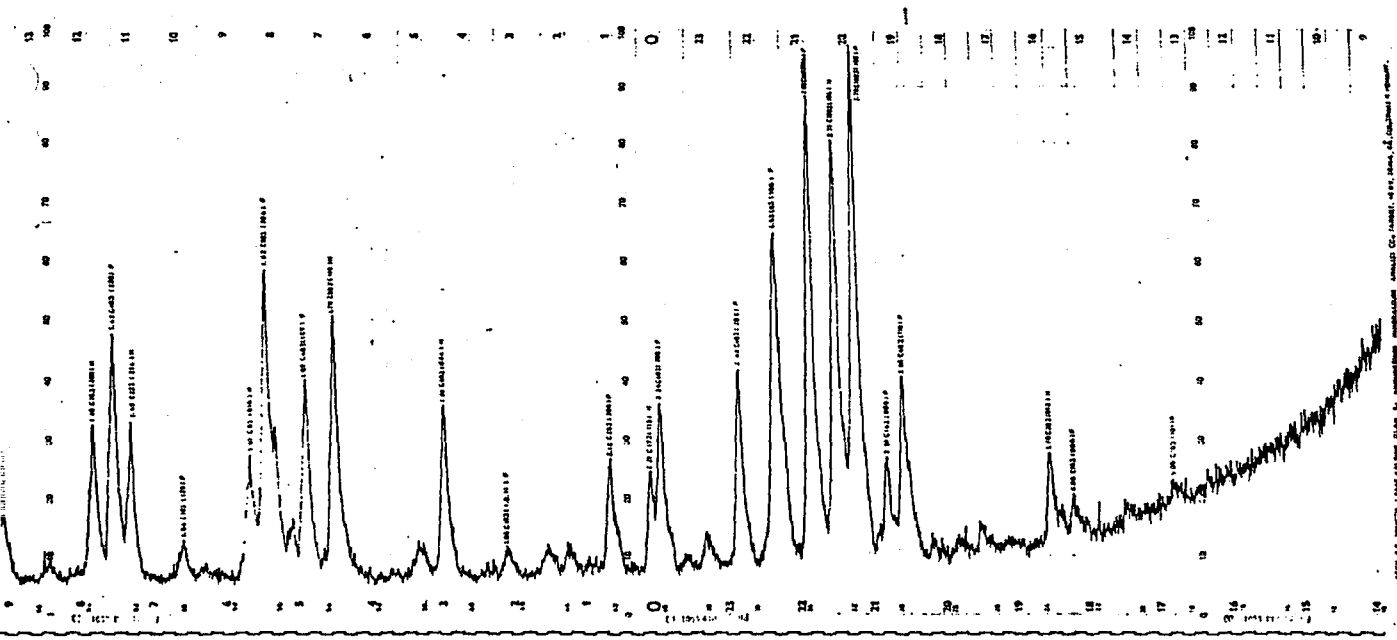
luncaya kadar kurutulmuştur.1 mm elekten geçirilmiş ve 150 kg/cm² basınç altında 5 cm çapında 3-4 cm yüksekliğinde tabletler hazırlanmıştır.Saatte 200 °C ısıtma hızıyla 900 °C 1 saat süreyle kalsine edilen tabletler -1 mm olacak şekilde öğütülmüştür.Kalsinasyon işleminde oluşan ferrit fazını saptamak için hazırlanan bileşim X-ışınları mineralolji analizi yapılmıştır ve analiz sonuçları Şekil 6.1,2,3 de verilmiştir.

Mineraloji sonuçları B1 bileşiminde yaklaşık %90 ve B2,S2 numunelerinde yaklaşık %50 oranında ferrit oluşumunu göstermektedir.Bu sonuca dayanarak B2 ve S2 numuneleri tekrar preslenerek 965-1000-1050-1100 °C sıcaklıkta kalsine edilerek X-ışınları analizi yapılmış fakat fark olmadığı,hammaddelerin uyumsuz olduğu gözlenmiştir.

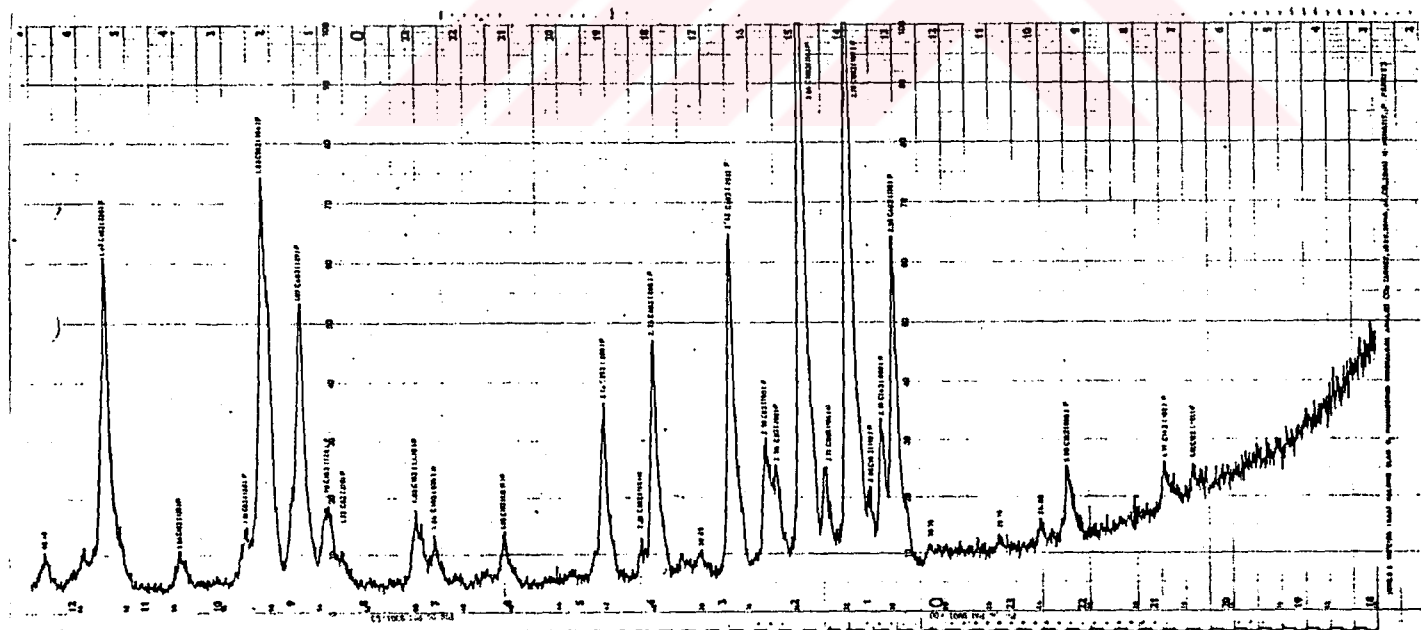
Kalsine edilmiş tabletler 80000 devir öğütülmüştür.110 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulmuş ve % 5'lik Poly Vinil Alkol çözeltisinden 200 ml ilave edilmiş, granül haline getirilmiştir.Presleme işlemi için -30,+70 (ASTM) mesh arası granüller alınmış ve presleme 1500 kg/cm² basınç altında gerçekleştirilmiştir.Şekillendirilen numuneler 200 °C/saat ısıtma hız ile çeşitli sıcaklık ve sürelerde sinterlenerek manyetik özellikleri balk yoğunluğu çap ve yükseklikteki pişme küçülmesi hesaplanmıştır.Sonuçlar TABLO 6.3 de verilmiştir.B2'nin 1150, 1200,1250 °C sıcaklıkta 1 saat 1300°C 'da 1/4 saat sinterlenen numunelerin tarayıcı elektron mikroskopunda çekilen fotoğrafları şekil 6.4 de verilmiştir.



Şekil 6.1



ŞEKİL 6.2



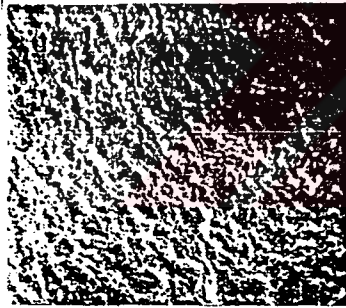
ŞEKİL 6.3

İ:6	°C	süre	Br Gauss	J ^{Hc} Oersted	B ^{Hc} Oersted	(B _H) _{max} Gauss. Oers. 10 ⁶	% Kütüleme çap	% Kütüleme Yükseklik	ρ gr/cm ³ Bulk	ρ gr/cm ³ yaş
B ₁	1150	1	1560	4600	1200	0,55	5,2	4,1	2,94	2,42
		1/2	1450	3800	1350	0,48	8,92	9,08	3,25	
	1200	1	1450	3850	1300	0,47	8,32	8,6	3,23	
		1/2	1570	3500	1350	0,55	10,00	11,39	3,34	
	1250	2	1580	3450	1250	0,55	10,59	10,26	3,46	
		1/2	1700	2900	1450	0,62	13,11	8,63	3,76	
	1300	1	1650	2300	1300	0,58	12,50	17,59	3,80	
		1/2	1875	2330	1470	0,75	15,73	16,9	4,25	
	1300	2	1700	2500	1400	0,62	13,71	17,61	3,96	
		1/4	2000	1500	1150	0,7	17,41	18,27	4,59	
B ₂	1150	1	1530	4200	1250	0,5	14,59	14,34	4,43	2,62
		1/2	1450	3100	1300	0,47	17,31	17,14	4,73	
	1200	1	1400	3200	1100	0,45	17,44	18,04	4,70	
		1/2	1400	2600	1100	0,42	17,93	19,39	4,89	
	1250	2	1470	2750	1200	0,47	18,03	18,98	4,86	
		1/2	1420	2250	1130	0,4	18,16	18,6	5,08	
	1300	1	1460	2200	1070	0,43	18,12	19,17	5,06	
		1/2	1440	2200	1100	0,40	18,27	19,19	5,07	
	1300	2	1480	2150	1100	0,43	18,17	18,32	5,04	
		1/4	1420	1900	1000	<0,4	17,88	15,93	4,90	
S ₂	1150	1	1500	4400	1300	0,5	14,29	14,85	4,21	2,55
		1/2	1570	3900	1400	0,55	16,89	17,00	4,48	
	1200	1	1500	3900	1300	0,50	17,19	18,78	4,50	
		1/2	1520	3500	1300	0,50	17,72	17,84	4,68	
	1250	2	1625	3600	1300	0,60	17,57	17,43	4,65	
		1/2	1570	3000	1350	0,53	18,16	19,33	4,89	
	1300	1	1560	2350	1250	0,53	17,93	18,57	4,88	
		1/2	1580	2670	1270	0,53	18,27	19,13	4,93	
	1300	2	1570	2700	1300	0,52	18,17	19,73	4,90	
		1/4	1640	1900	1250	0,55	18,24	19,38	4,95	

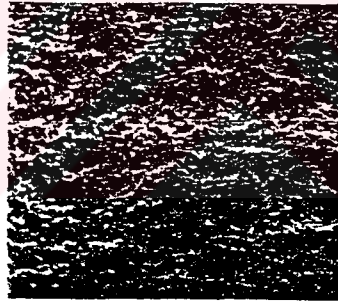
TABLO 6.3

ANALİZ SONUÇLARI

ŞEKİL 6.4 Farklı sıcaklıklarda şekillendirilen B2 numunesinin mikroyapısı (n=6)

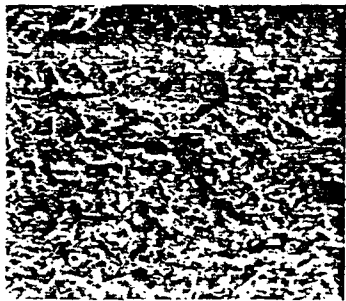


- 1150°C, 1 saat,
Dört < 1 μm

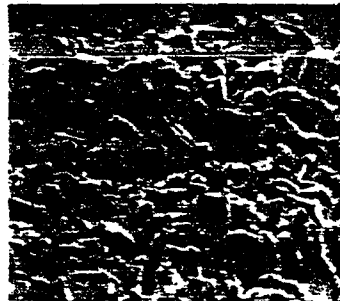


- 1200°C, 1 saat,
Dört: 1 μm

23 μm



- 1250°C, 1 saat
Dört: 5 μm



- 1300°C, 1/4 saat
Dört: 13 μm

6.2 KALSINASYON SICAKLIğI VE KALSINASYON SONRASI ÖĞÜTMENİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Bu araştırmada $\text{MeO} \cdot 5.8 \text{Fe}_2\text{O}_3$ bileşiminin manyetik özelliklere etkisi incelenmiştir.

Daha önceki araştırmada yerli hematitin ön kalsinasyon işlemine tabi tutulması gerektiği saptandığından bundan sonraki araştırmalarda hematit 800°C sıcaklıkta kalsine edilerek yapılmıştır. Bu deneyde kullanılan numunelere aşağıdaki kod numaraları verilmiştir.

HAMMADDE	KOD NO
$\text{BaO} \cdot 5.8 \text{Fe}_2\text{O}_3$ (ithal)	B12
$\text{BaO} \cdot 5.8 \text{Fe}_2\text{O}_3$ (yerli)	Bk2
$\text{SrO} \cdot 5.8 \text{Fe}_2\text{O}_3$ (yerli)	Sk2

Yukarıda formülleri verilen numunelere daha önceki çalışmadaki işlemlerin aynısı uygulanmıştır.

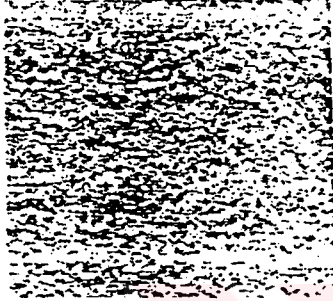
Bu kekler üç ayrı ($900-950-1000^\circ\text{C}$) sıcaklıkta kalsine edilmiş ve numunelerden Bk2 kodlu numune kalsinasyon sonrası öğütmenin tane iriliğine etkisini incelemek için 40000, 50000, 80000 ve 100000 öğütölerek tane irilik analizi yapılmıştır. Ancak tozların manyetik özellik taşımalarından ve bu nedenle aglomera olmalarında dolayı andresen pipet sedimentasyon yöntemi uygulanamamıştır. Bu nedenle öğütmenin manyetik özelliklere etkisi B12, Bk2 ve Sk2 numunelerinde kalsinasyon sonrası 50000 ve 100000 öğütölerek ferrit imalatı yapılan numunelerde manyetik özellikleri kıyaslanarak incelenmiştir. Bk2 ve Sk2 numunelerinin farklı öğütme zamanıyla ilgili fotoğrafları Şekil 6.5 da gösterilmiştir.



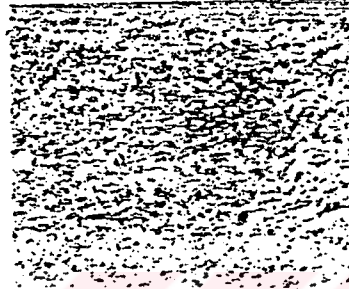
- Bk₂, 1250°C, 1/2 saat,
öğütme: 50.000 devir,
Dört): 7 μm.



- Bk₂, 1250°C, 1/2 saat,
öğütme: 100.000 devir,
Dört): 2 μm



- Sk₂, 1250°C, 1,2 saat
öğütme: 50.000 devir
Dört): 1,5 μm



- Sk₂, 1250°C, 1/2 saat,
öğütme: 100.000 devir
Dört): 2 μm

23 μm

Şekil 6.5
Bk₂ ve Sk₂ numunelerinin
Farklı öğütme zamanlarıyla
ilgili fotoğrafları

TABLO 6.4 ANALİZ SONUÇLARI

1:5,8		°C	Süre saat	Br Gauss	J ^H C Oersted	B ^H C Oersted	(BH) _{max} 10 ⁶ G. Oe	% Küçülme çap	ρ gr/cm Bulk	
Sk ₂	Bin	900	1200	1/2	2000	4350	1850	0,95	17,05	4,13
			1250	1/2	2000	3720	1900	0,92	19,83	4,36
		950	1200	1/2	1875	4200	1700	0,82	17,05	4,28
			1250	1/2	1875	4000	1800	0,85	18,97	4,45
		1000	1200	1/2	1935	4050	1700	0,9	15,78	4,09
			1250	1/2	2060	3700	1900	0,96	17,27	4,16
	Bin	900	1200	1/2	1925	4600	1750	0,87	17,27	4,16
			1200	1	1900	4400	1650	0,85	18,27	4,27
			1250	1	2100	3900	1900	1,0	19,4	4,44
		950	1250	1	2020	3200	1950	1,0	19,61	4,53
			1200	1/2	1700	4600	1550	0,7	16,84	4,24
			1200	1	1900	4300	1700	0,8	17,69	4,35
1000	1250	1/2	1950	3600	1900	0,9	19,83	4,59		
	1250	1	1870	3300	1700	0,8	19,83	4,68		
	1200	1/2	1925	4400	1800	0,87	15,56	4,13		
1000	1200	1	2100	3750	1800	1,0	17,27	4,34		
	1250	1/2	2100	3320	1900	1,0	18,12	4,54		
1250	1	2190	2850	1950	1,0	19,97	4,66			

1:58		°C	Sire	Br	JHC	BHC	(BH) _{max}	% Küçülme çap	Bulk density gr/cm ³	
B ₁₂	50 Bin	900	1200	1/2	1320	4250	1320	0,45	7,67	3,19
		950	1200	1,2	1320	4150	1320	0,45	9,31	3,13
		1000	1200	1/2	1320	4200	1320	0,45	7,46	3,15
	100 Bin	900	1200	1/2	1800	3700	1950	0,79	14,29	3,71
			1	1800	3200	1900	0,9	15,77	3,99	
		1250	1/2	1750	2900	1700	0,7	17,05	3,78	
			1	1875	2400	1600	0,8	17,69	4,29	
		950	1200	1/2	1650	3800	1700	0,65	13,43	3,68
			1	1750	3450	1500	0,75	13,96	3,81	
	1250	1/2	1750	3000	1500	0,7	15,14	3,98		
		1	1875	2600	1700	0,9	16,42	4,25		
	1000	1200	1/2	1700	3800	1600	0,67	11,51	3,60	
1			1875	3450	1950	0,93	12,15	3,70		
1250		1/2	1750	3000	1500	0,7	13,00	3,77		
		1	1875	2600	1700	0,9	14,29	4,01		
B _{k2}	50 Bin	900	1200	1/2	1600	3900	1500	0,7	16,34	3,99
			1250	1/2	1920	2100	1400	0,79	20,47	4,74
		950	1200	1/2	1690	3975	1600	0,7	16,41	4,16
			1250	1/2	1900	1950	1300	0,65	18,97	4,77
		1000	1200	1/2	1690	3950	1600	0,7	15,14	4,13
			1250	1/2	1975	1900	1200	0,67	18,55	4,79
	100 Bin	900	1200	1/2	1750	3900	1700	0,75	17,27	4,31
			1	1900	3500	1700	0,9	19,12	4,49	
		1250	1/2	2000	2700	1600	0,9	19,93	4,70	
			1	1925	1900	1250	0,7	21,1	4,95	
		950	1200	1/2	1700	3900	1700	0,7	17,69	4,35
			1	1750	3800	1700	0,75	19,12	4,56	
		1250	1/2	1900	2700	1600	0,35	19,61	4,79	
			1	1900	1900	1150	0,65	20,47	4,92	
		1000	1200	1/2	1750	3950	1700	0,75	15,99	4,34
			1	1900	3850	1900	0,9	16,63	4,43	
		1250	1/2	1950	3000	1600	0,79	19,55	4,78	
			1	1900	1600	1150	0,6	19,19	4,93	

TABLO 6.4 Analiz Sonuçları

6.4 KATKI MADDELERİNİN MANYETİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Daha önceki araştırmalar sonucunda; isotropik sert ferrit tiplerinde teorik olarak verilen Br için 2000-2300 Gauss, (BH) max için 1 ve BHC için 16000 Oe değerler elde edilmiştir. En uygun değerler veren numunelere bazı katkı maddeleri ilave edilmiştir.

Bazı katkı maddeleri ferritlerin üretimi sırasında kalsinasyon ve sinterleme sıcaklıklarını düşürür, mekanik dayanıklılığı arttırır ve yoğunluğu yükseltir.

1300 °C de çözünmeyen veya ana fazda çok az miktarda çözünen karışım veya bileşikler tane büyümesini engelleyici olarak %1 'e kadar ilave edilebilir. Koşullar tane büyümesi için uygun olsa bile çok ince Al₂O₃ ve SiO₂ katkısı sinterleme sırasında tane büyümelerini bastırır.

CoO ilavesinin sonucunda hızlı tane büyümeleri oluşmuş sertlik artmış ve frekans yükselmiştir. Ancak hammaddenin stratejik bir özellik göstermesi ve tane büyüme hızındaki artış kontrol altına alınamadığından bir süre için çalışmalar durdurulmuştur. Bu konudaki araştırmalar ayrı bir proje olarak ele alınacaktır.

Ca. P₂O₅ bileşiminde bulunan kemikkülü araştırmaları SÜMERBANK YARIMCA PORSELEN SANAYİ'nden elde edilen hammaddelerle gerçekleştirilmiştir. Kemikkülü ilavesinin BaO.6Fe₂O₃ formülüne göre kod numaraları şöyledir.

B3 (yerli kalsine olmamış hematit)
Bc1 (yerli kalsine olmamış hematit) %1 kemikkülü
Bc2 (yerli kalsine olmamış hematit) %2 kemikkülü

Hazırlanan numuneler 950 °C 'de kalsine edilmiş ve kalsinasyon sonrası 80000 devir öğütülmüştür. Çeşitli sıcaklıklarda sinterlenen numunelerin manyetik özellikleri Tablo 6.5, 6 da verilmiştir. (14) (15) (16)

14. R.M.BOZORTH "FERROMANYETİZM" D.VAN NOSTRAND COMPANY Inc. TORONTO 1968
15. R.C.MACKENZIE "DIFFERANTIAL TERMAL ANALYSIS" VOLUME1 ACADEMIC PRESS 2 nd.ed. 1973
16. NICHOLLS "THE CHEMISTRY OF IRON COBALT AND NICKEL" PERGAMON TEXTS IN INORGANIC CHEMISTRY VOLUME 24 1973

TABLO 6.5 n değerinin baryum ferrite etkisi

		1200°C 1 2 saat			1200°C 1 saat			1250°C 1 2 saat			1250°C 1 saat		
		B ₂	Bk ₂	Bk ₃	F ₂	Fk ₂	Fk ₃	F ₂	Fk ₂	Fk ₃	F ₂	Fk ₂	Fk ₃
Br	Gauss	1450	1750	1900	1400	1300	1850	1420	2000	2000	1460	1925	2125
J ^H C	Gersted	3100	3900	3000	3200	3600	3700	2250	2700	2800	2200	1800	2600
P ^H C	Gersted	1300	1700	1500	1100	1700	1700	1130	1600	1600	1070	1250	1600
(BH) max	Mega Gauss- Gersted	0,47	0,75	0,8	0,45	0,8	0,8	0,4	0,9	1,0	0,43	0,7	0,9

n değerinin stronsyum ferrite etkisi

		1200°C 1/2 saat			1200°C 1 saat			1250°C 1 2 saat			1250°C 1 saat		
		S ₂	Sk ₂	Sk ₃	S ₂	Sk ₂	Sk ₃	S ₂	Sk ₂	Sk ₃	S ₂	Sk ₂	Sk ₃
Pr	Gauss	1570	1925	1900	1500	1900	1950	1570	2100	2130	1560	2080	2125
J ^H C	Gersted	3900	4600	3900	3900	4400	4100	3000	3800	4000	2950	3200	3900
P ^H C	Gersted	1400	1750	1650	1300	1650	1850	1350	1900	1850	1250	1950	1900
(BH) max	Mega Gauss- Gersted	0,55	0,87	0,81	0,50	0,85	0,9	0,53	1,0	1,1	0,53	1,0	1,1

TABLO 6.6

1:5.0 Katkılı	No	°C	Süre	Br	JHC	FHC	(BH) _{max}	%	%	gr/cm ³	gr/cm ³	
												Küçülme çap
100 Bin	CaO:2%	4	1150	175	1875	2400	1600	0,77	21,5	19,2	4,82	2,36
		1200	1/2	1900	2450	1500	0,8	21,91	20,24	4,95		
			1	2000	2600	1600	0,84	21,91	20,26	5,00		
		1250	1/2	1850	2150	1350	0,7	22,12	20	4,95		
			1	1750	2050	1300	0,6	21,7	21,0	4,91		
	1300	1/4	1625	2000	1150	0,45	21,48	20,1	4,93			
	CaO:2% SiO ₂ :2%	5	1150	1	1650	4100	1500	0,65	15,95	14,3	3,92	2,37
		1200	1/2	1850	3800	1650	0,8	19,36	17,73	4,54		
			1	1880	3700	1600	0,78	20,63	22,97	4,70		
		1250	1/2	750	300	1250	-	21,7	19,71	4,82		
			1	900	300	250	-	21,7	19,41	4,79		
	1300	1/4	950	450	300	-	21,7	18,6	4,76			
	CaO:2% Al ₂ O ₃ : 2%	6	1150	1	1685	3900	1500	0,65	19,9	18,0	4,58	2,38
		1200	1/2	1775	4000	1500	0,75	21,48	19,91	4,86		
			1	1685	4200	1600	0,68	21,27	20,48	4,90		
		1250	1/2	1700	3900	1600	0,7	22,12	21,29	4,90		
			1	1900	3500	1500	0,72	22,12	21,31	4,91		
	1300	1/4	1500	3000	1200	0,45	21,48	20,19	4,97			
200 Bin		4	1150	1	2000	2300	1600	0,88	21,1	19,2	4,36	
		1200	1/2	1900	2350	1500	0,8	21,7	19,35	4,94		
			1	2040	2500	1600	0,9	21,91	19,76	4,98		
		1250	1/2	1700	2000	1350	0,58	21,7	18,32	4,95		
			1	1800	1950	1300	0,6	21,27	19,69	4,93		
	1300	1/4	1700	1900	1150	0,55	21,27	19,83	4,85			
		5	1150	1	1700	4100	1500	0,7	15,9	19,6	4,09	
		1200	1/2	1900	3850	1650	0,82	19,57	19,69	4,63		
			1	1810	3500	1600	0,68	20,42	18,98	4,71		
		1250	1/2	750	300	250	-	21,27	18,42	4,93		
			1	900	300	250	-	21,27	17,94	4,91		
	1300	1/4	300	400	300	-	20,42	17,90	4,77			
		6	1150	1	1700	3700	1500	0,7	19,4	14,2	4,54	
		1200	1/2	1775	3950	1500	0,75	21,27	21,42	4,34		
			1	1625	4100	1600	0,62	20,35	20,9	4,94		
		1250	1/2	1750	3600	1600	0,72	21,7	21,53	4,96		
			1	1500	2500	1000	0,4	21,7	20,68	4,93		
	1300	1/4	1350	2000	1200	0,4	21,48	20,21	4,33			

7. SONUÇ

ileri teknoloji seramikleri grubuna giren sert magnetlerin üretim koşulları incelenmiş, yurdumuzda daha önceden yapılmış olan sert magnetler üzerindeki Sn.Osman Özkan ve Hilkat Erkalfa'nın TÜBİTAK, MAE 1981 projesi incelenmiş ve buradan yola çıkarak kritik davranış noktaları belirlenip yapay bir gözlem ortamı oluşturulmuştur.

ileri teknoloji seramikleri olarak adlandırılan seramiklerin aslında üretimlerinin zor olmadığı bu incelemeler sayesinde anlaşılmıştır. Fakat üreticinin karşılaşacağı sorun; Kullanılan hammaddelerden baryum ve stronsiyum'un Ülkemizde cevher halinde bulunmasına rağmen kullanılacak şekil ve saflıkta olmamasıdır. Ayrıca Türkiye'deki hematit'in kullanım alanının az olması, üretim kapasitesinin düşük olması satılan hammaddenin birim maliyetini yükseltmektedir.

Dünyada ve Ülkemizde üretilen isotropik tip sert ferritlerin manyetik özellikleri aşağıda verilmiştir.

		Çeşitli Ferritlerin manyetik özellikleri					
		Köbox I	Neoperm D I	Feroba I	Ferroxdure	Sk ₃	Ek ₃
Br	Gauss	1900-2200	2200	2200	2000	2125	2000
H _C	Oersted	1700-2200	1600	1700	1700	2000	1600
(BH) _{max}	M Gauss-	0.8-1.1	1.0	1	0.9	1.1	1.0

Köbox I : : Elektromodul Budapeşte - Macaristan
Neoperm D : : Neosid Limited İngiltere
Ferroxdure 100 : : Philips - Hollanda
Feroba I : : P. M. A. - İngiltere

Literatür incelemeleri sert ferrit teknolojisinde mikroyapının manyetik özelliklere etkisinin tam olarak bilinmediğini ortaya koymakta ve konuları çalışmaya açık olduğunu göstermektedir. Özellikle bir çok katkı maddesinin manyetik özelliklere etkisi bilinmesine rağmen bu maddelerin mikroyapıya etkisi bilinmemektedir.

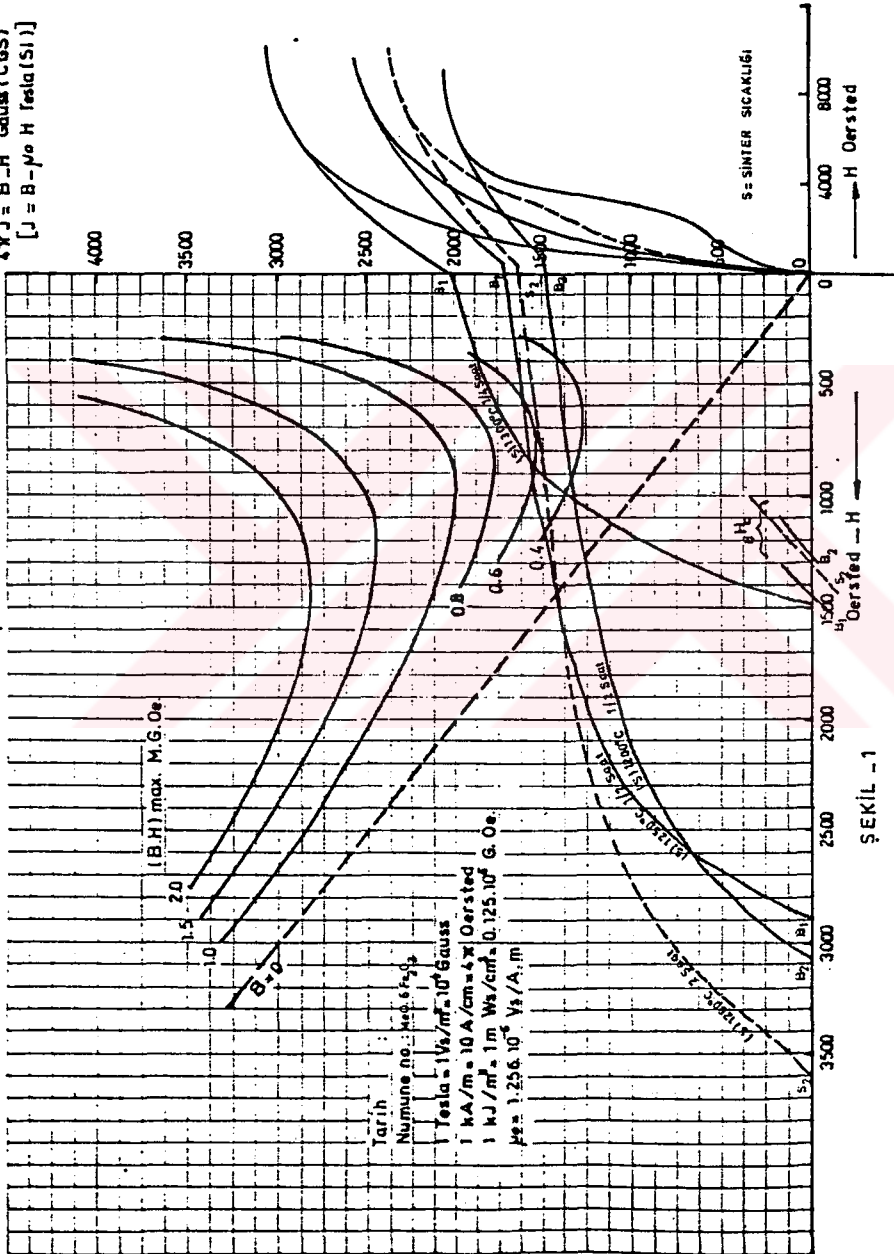
Deneyde en uygun koşullarda hazırlanan numunelerin manyetik özellikleri (J-H) eğrileri ek de verilmiştir. (17) (18)

17. Ö.YÜCEL "BARYUM FERRİT ÜRETİMİ" İ.T.Ü. METALURJİ FAKÜLTESİ MALZEME BİLİMİ KÜRSÜSÜ. 1981

18. R.M.FULRATH, J.A.PASK "CERAMIC MICROSTRUCTURES" JOHN WILEY AND SONS Inc. NEWYORK 1968

EK
SERT FERRİTLERİN J-H EĞRİLERİ

$\Delta T J = B \cdot H$ Gauss (CGS)
 $[J = B \cdot H \text{ Tesla (SI)}]$



ŞEKİL - 1

KAYNAKLAR

1. Kirk-othmer " ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY" 2 nd ed. vol.8
2. D.E MORRIS A.K. BHARGEUC "INDIAN CERAMIKS" 1971 15 (2),81
3. "Ferrit malzemelerinde kullanılan baryum karbonat, stronsiyum karbonat ve mangan karbonatın yerli hammaddelerden üretim yöntemleri" TÜBİTAK 1981 HİLKAT ERKALFA, Dr.E.KALAFATOĞLU, Prof.Dr.R.TOLUN,Doc.Dr.OSMAN ÖZKAN
4. TEBLE CRAİK "MAGNETİK MATERIALS" 1969, JOHN WILEY AND SONS LTD.
5. INTERNATIONAL ELECTRONIC COMMISSION, IEC STANDART, PUBLICATION. 367-1 1982
6. SNELLING, E.C. "SOFT FERRİTES PROPERTIES AND APPLICATIONS" I LIFFE BOOKS LTD. LONDON, 1969
7. C.W. CHEN "MAGNETISM AND METALLURGY OF SOFT MAGNETICS MATERIALS" 1977 VOLUME 15, NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY
8. Dr.OSMAN ÖZKAN, HİLKAT ERKALFA "YERLİ HAMMADDELERDEN İSOTROPİK SERT FERRİT ÜRETİMİ "TÜBİTAK MAE 1983
9. C.A.M. VAN DEM BROEK AND A.L.STUIJTS, PHILIPS TECHNICAL REVIEW VOLUME 37.1977 NO:7
10. ROBERT M.ROSSE, L.A. SHEPARD "THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MATERIALS" JOHN WILEY AND SONS inc.1966
11. E.ERDİK "ELEKTRİK VE MAGNETİZMA" A.Ü. FEN FAKÜLTESİ YAYINLARI, 1975
12. EDWARD C.HANRY "ELECTRONIC CERAMICS" DOUBLEDAY AND COMPANY inc. 1969 NEWYORK
13. NEOSID LIMITED STANDART
Stonehills House, Howardsgate Welwyn Garden city, Hertfordshire
A.1 8.6 NW ENGLAND
14. R.M.BOZORTH "FERROMANYETİZM" D.VAN NOSTRAND COMPANY Inc. TORONTO 1968
15. R.C.MACKENZIE "DIFFERANTIAL TERMAL ANALYSIS" VOLUME1 ACADEMIC PRESS 2 nd.ed. 1973
16. NICHOLLS "THE CHEMISTRY OF IRON COBALT AND NICKEL" PERGAMON TEXTS IN INORGANIC CHEMISTRY VOLUME 24 1973

17. Ö.YÜCEL "BARYUM FERRİT ÜRETİMİ" İ.T.Ü. METALURJİ FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ KÜRSÜSÜ. 1981
18. R.M.FULRATH, J.A.PASK "CERAMIC MICROSTRUCTURES" JOHN WILEY AND
SONS Inc. NEWYORK 1968

