

13567

SÜREKLİ METAL DÖKÜMLERİ İÇİN DÖNER MANYETİK KARIŞTIRICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(ELEKTRİK-ELEKTRONİK EĞİTİMİ)

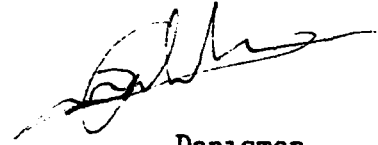
T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Osman GÜRDAL

Mart 1991

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Danışman

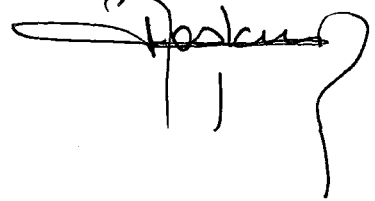
Prof.Dr. Doğan Çalikoğlu

Sınav Jürisi

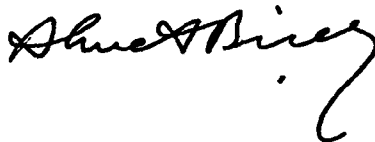
Başkan : Prof. Dr. Doğan ÇALIKOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Lami TAPLAMACIOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsmail COŞKUN



Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım
Esaslarına Uygundur.



SÜREKLİ METAL DÖKÜMLERİ İÇİN DÖNER MANYETİK KARIŞTIRICI
(Yüksek Lisans Tezi)

Osman GÜRDAL
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 1991

ÖZ

Erimiş halde bulunan metallerin katılaşmaları sırasında bazı metalurjik bozulmaların olduğu bilinmektedir. Bunlar, metal taneciklerinin eş eksenli katılaşmaması, küçük hava boşluklarının kalması, curuf parçalarının karışması ve merkez hattındaki metal olmayan birikimlerdir. Bu bozulmalar, erimiş metalin katılaşması sırasında döner bir manyetik alanla kalıp etrafından karıştırılmasıyla en aza indirilebilmektedir. Bu çalışmada, bir inverter (güç kaynağı) ve döner manyetik alanı sağlayacak bir stator tasarlanmış ve prototipi yapılmıştır. ODTÜ Metalurji Mühendisliğinde 1990 yılında, prototiple yapılan "Elektromanyetik Karıştırmanın Ticari Saflıktaki Alüminyum'un Tane İriliğine Etkileri" adlı Yüksek Lisans tezinde ise tane yapısında büyük oranda (% 95) küçülme gözlenmiş ve tanecik boyutu normal katılaşmada 3,71 mm iken karıştırma sonucunda 0,18 mm'ye düşmüştür.

ROTARY MAGNETIC STIRRER FOR CONTINUOUS METAL CASTINGS

(M.Sc. Thesis)

Osman GÜRDAL

GAZI UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

March 1991

ABSTRACT

It is known that some of metallurgical defects occur during the solidification of molten metals. These are namely non equiaxed solidification structures, the remains of pinholes, entrapments of slag patches and segregation of non metal particles on the centerline. During the solidification of molten metals, these defects can be reduced by stirring the molten metal around mold with a rotary magnetic field. In this study, an inverter (power source) and a stator for providing a magnetic field were designed and a prototype was constructed. In a M.Sc. Thesis, "Effects of Electromagnetic Stiring On Grain Size of Commercially Pure Aluminium", done with the prototype at the M.E.T.U., Metallurgical Engineering Department in September 1990, big reduction (95 %) of ratio of grain size were observed. The Grain size of free solidifiatiion of aluminium metal is 3.71 mm and 0.18 mm in stirred solidification.

TEŞEKKÜR

Bu konuda çalışmamı tavsiye eden, çalışmalarım süresince benden destek ve ilgisini esirgemeyen değerli hocam sayın Profesör Doktor Doğan Çalıkoğlu'na ve yardımı dokunan diğer tüm arkadaşlara teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Ingot kalıbındaki katılaşma hareketleri	5
Şekil 1.2. Keskin köşeli ve yuvarlak köşeli ingot kalıpları	5
Şekil 1.3. Gaz boşluklarının döküm yapısındaki farklılıkları	8
Şekil 1.4. Akım kaynağı inverteri blok diyagramı	11
Şekil 1.5. Gerilim kaynağı inverteri blok diyagramı	11
Şekil 1.6. 2 kutup-3fazlı bir stator	12
Şekil 1.7. Inverter ve stator prototipleri	12
Şekil 2.1. Erimiş metalin dönme hareketi ve kuvvetleri	16
Şekil 2.2. 2 kutup-2 fazlı karıştırıcı kalıbındaki manyetik akılar	17
Şekil 2.3. Kare kalıplardaki manyetik alan yoğunluklarının profilleri	18
Şekil 2.4. Akım kaynağı inverteri ile üretilmiş akı dalga şekli	19
Şekil 2.5. Kare kalıbın manyetik akı zayıflatması	20
Şekil 2.6. Dikdörtgen kalıbın manyetik akı zayıflatması	20
Şekil 2.7. Manyetik akı ve döndürme kuvveti ile frekansın eğrileri	22
Şekil 2.8. Karışma hızı ve frekansın karşılaştırılması	22
Şekil 3.1. Stator saç nüvesinin üst görünüşü ve ölçüleri	23
Şekil 3.2. Statorun el sargısı tipindeki sarım şekli	24
Şekil 3.3. Stator sarımlarının elektriki bağlantısı	26
Şekil 3.4. Stator prototipinin görünüşü	27

Şekil 3.5. Inverter devresi blok diyagramı	27
Şekil 3.6. D.A. kaynağı devresi	29
Şekil 3.7. Üç fazlı kare dalgalı sinyaller	30
Şekil 3.8. Inverter güç devresi	30
Şekil 3.9. Inverterin mantık kontrolü blok diyagramı	31
Şekil 3.10.Kare dalgalı frekans osilatörü	32
Şekil 3.11.Kodlamaların formüller haline getirilmesi	33
Şekil 3.12.Formüllerin ifade ettiği devre	34
Şekil 3.13.Sinyal güçlendirme devresi	34
Şekil 3.14.Mantık ve sinyal güçlendirme baskılı devresi	35
Şekil 3.15.Inverter prototipi görünüşleri	36
Şekil 3.16.Akım, gerilim ve frekans eğrileri	37
Şekil 4.1. Karışma hızının boşluk azalmasına etkisi	39
Şekil 4.2. Karışma hızının curuf kapma azalmasına etkisi	39
Şekil 4.3. Karıştırmalı ve karıştırmaksızın karbon ve sülfürün döküm merkezindeki birikimleri	40
Şekil 4.4. Karışma ile katılaştırılmış alüminyum kütükler ve metal üzerindeki karışma çizgileri	40

İÇİNDEKİLER

ÖZ	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	V
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1	
DÖKÜM YAPILARI, MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRICININ TANITIMI VE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	4
1.1. Ingot Ve Dökümlerin Yapıları	4
1.1.1. Ingotlar ve döküm yapılarının oluşumu (dallantılar)	4
1.1.2. Ingot ve döküm yapılarındaki bozukluklar	6
1.1.2.1. Çekme hareketi	6
1.1.2.2. Merkez boşluğu	6
1.1.2.3. Gaz gözenekliliği	6
1.1.2.4. Kimyevi eş dağılımsızlık (birikim=segregasyon)	8
1.1.2.5. Diğer bozukluklar	9
1.2. Manyetik Döküm Karıştırıcısının Tanıtımı	9
1.2.1. Güç kaynağı	10
1.2.2. Stator	12
1.2.3. Rotor	13
1.3. Yapılmış Çalışmalar	13
BÖLÜM 2	
MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRMANIN TEORİSİ	15

2.1. Manyetohidrodinamik'in (Karıştırmanın) Prensipleri	15
2.2. Erimiş Metaldeki Manyetik Akı Dağılımı	15
2.3. Kalıptaki Manyetik Akı Dağılımı	16
2.4. Kalıbın Manyetik Akı Dağılımı Ve Azalmasına Etkisi	18
2.5. Manyetik Döküm Karıştırmada En Uygun Frekans	19

BÖLÜM 3

BİR MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRICI PROTOTİPİNİN TASARIMI VE YAPIMI 23

3.1. Stator Ve Kalıp Tasarımı	23
3.1.1. Stator sarımının şekli	24
3.1.2. Stator sarımlarının siper sayısının hesaplanması	24
3.1.3. Stator sarımlarının iletken kesitinin hesaplanması	25
3.1.4. Kalıp tasarımı	26
3.2. Inverter Tasarımı	27
3.2.1. D.A. kaynağı	28
3.2.2. Inverter güç devresi	29
3.2.3. Inverterin mantık kontrolü	31
3.2.3.1. Kare dalgalı frekans osilatörü	32
3.2.3.2. Üç fazlı sinyalin elde edilmesi	32
3.2.4. Sinyal güçlendirme (sürücü) devresi	35
3.3. Inverter Ve Statorun Çalıştırılması Deneyi	37

BÖLÜM 4

METALURJİK SONUÇLAR 38

BÖLÜM 5

ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER 41

KAYNAKLAR 43

ÖZGEÇMİŞ

GİRİŞ

Bu çalışma, son yirmi yıl içinde gelişip sürekli metal dökümlerinde kullanılmakta olan manyetik döküm karıştırıcılar ile bir manyetik döküm karıştırıcısının tasarımı ve prototip haline getirilmesinden oluşmaktadır.

Metalurji dalında bilindiği gibi sürekli döküm kalıplarında eriyik halde bulunan metallerin, katılaşmalarından sonra, metalurjik ve fiziki yapılarında bazı bozulmalar olmaktadır. Bu bozulmalar; metal içinde çok küçük hava boşluklarının kalması, metal taneciklerinin eş eksenli katılaşmaması, dallantı uzantılarının dengesizliği ve belirli bölgelerde metal olmayan birikimler (segregasyon) şeklindedir. Bütün bu bozukluklar; ısıt işlemler, sıcak işlemler ve haddelemeler sırasında, döküm metali üzerinde çatlamalara ve yarılmalara sebep olmaktadır. Daha sonraları da üretilmiş iş parçaları üzerinde (kırılma, kopma gibi) arızalar meydana getirerek, maddi ve manevi tehlikelere sebep olmaktadır. Bu bozulmalar çeşitli metalurjik metodlarla giderilmeye çalışılmaktadır. En etkili ve sayılan bütün bozuklukların hepsini birden giderebilecek olan metod " Manyetik Karıştırma Metodu " dur. Manyetik karıştırma metodunda; erimiş metal kalıp etrafından lineer, döner veya helizoidal bir manyetik alanla karıştırılmaktadır. Çalışmasını yaptığımız tip, " Döner Manyetik Alanlı Karıştırıcı " 'dır. Manyetik olarak karıştırma sonunda döküm metalinin kalitesinin artmasıyla beraber sıcak işleme şekillendirme ve haddeme güçlerinde de azalmalar olmaktadır.

Bu çalışmamızla manyetik döküm karıştırma ile yapılmış çalışmalar incelenmiş, karıştırma teorilerine dayanarak laboratuvar tipi bir döküm karıştırıcı prototipi (3 faz, 1-10 hz, 22 amper) yapılmıştır. Prototip istenilen performansı göstermiştir. Döküm denemelerinde, değişik güç ve frekanslarda, erimiş metallerin (demir, alüminyum) dönerek katılaştırılması sağlanmıştır.

İngilizce'de "Electro Magnetic Stirring" olarak adlandırılan bu döküm karıştırma metodunun kısa adı " EMS " olarak bilinmektedir. İstenilen metalin, değişik metalurjik yapıdaki döküm tipleri, değişik stator dizaynına sahip manyetik döküm karıştırıcılarla elde edilmektedir (1). Stator dizaynı ise, manyetik alanın; lineer, döner veya helizoidal olması, kutup sayısı, faz sayısı ve saç nüve oyuk adedi gibi faktörlerle değişmektedir.

Lineer ve döner manyetik alanlı karıştırıcılar, manyetik karıştırıcıların iki temel şeklidir. Son yıllarda, helizoidal gibi daha karmaşık manyetik karıştırıcı sistemleri geliştirilmiştir (2). Helizoidal karıştırmada, lineer ve döner manyetik alanlar aynı statora yerleştirilmiştir. Manyetik karıştırıcılarda güç kaynağı olarak alternatif akımlı (3) ve diferansiyel faz akımlı (4) elektrik kaynakları kullanılmaktadır.

Kalıp etrafından karıştırma işlemine, magnetogyr ve bu karıştırma sistemine de Kosmostir magnetogyr process denilmektedir.

Tezin bundan sonraki birinci bölümünde; döküm yapıları, manyetik karıştırıcının tanıtımı ve yapılmış çalışmalar anlatılmaktadır. İkinci bölüm manyetik döküm karıştırmanın

teorilerinden oluşmaktadır. Üçüncü bölümde bir prototip tasarımlanmaktadır. Dördüncü bölümde metalurjik sonuçlar açıklanmaktadır. Beşinci bölümde çalışmanın değerlendirilmesi ve öneriler ile çalışmamız son bulmaktadır.



BÖLÜM 1

DÖKÜM YAPILARI, MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRICININ TANITIMI VE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

1.1.Ingot Ve Dökümlerin Yapıları

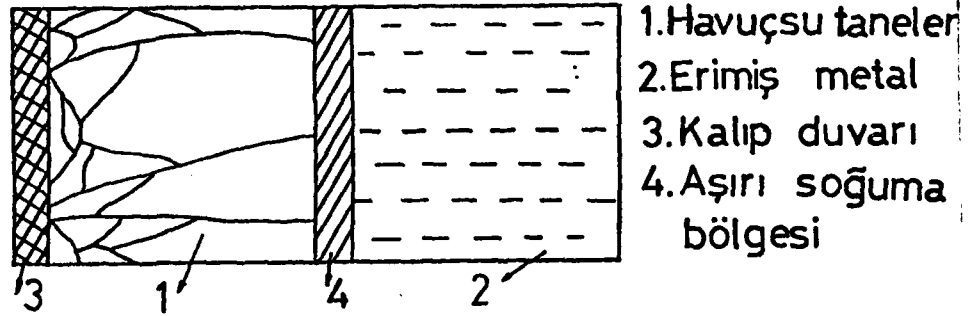
Birçok metal ve alaşımın üretimlerinde ilk aşamalardan biri erimiş metali uygun bir kalıba dökmektir. Katılaşmış metal eğer başka bir işlemle şekil değiştirmeyecekse, döküm adını almakta; sonradan, haddelene, dövme, v.b. işlemlerle şekil değiştirilecekse "Ingot" (kütük) adını almaktadır.

Hem dökümlerde ve hem de ingotlarda eşdağılımlı, ince taneli yapılar istenmektedir. Kaba taneli ve tane büyüklüğü farklılıklar gösteren bir yapı genellikle istenmemektedir. Tanelerin küçük olması metalin yoğrulukunu (plastisite) artırmaktadır.

1.1.1. Ingotlar ve döküm yapılarının oluşumu (dallantılar)

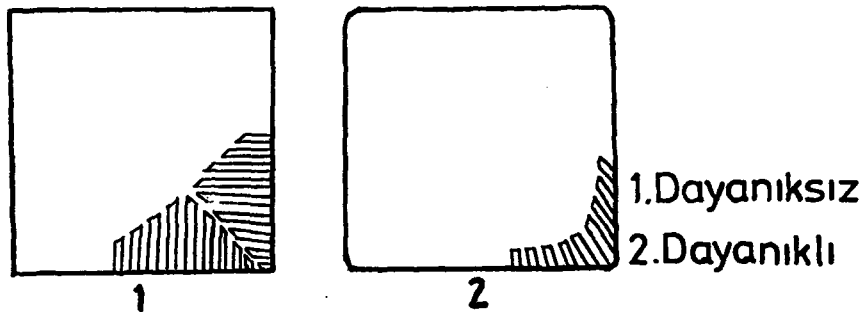
Katılaşmanın genel hızı metal ve alaşımlarda öncelikle çekirdek büyüme hızına bağlı olmaktadır. Büyüme hızı da, katılaşma olan ortamdan ısının ne hızla uzaklaşabildiğine veya soğuma hızına bağlıdır.Metalde, katılaşma sürecinin başlamasıyla dallantı büyümesi en çok rastlanmaktadır. Her bir dallantı tanesi temelde, bir"tek kristal" veya tek bir tanedir. Her dallantı erimiş metal içine doğru hızla ilerleyerek dallarını ve dalcıklarını oluşturmaktadırlar. İşte bu büyüme sonucu oluşan havuç şekilli

tanelere, havusu taneler adı verilmektedir. Şekil 1.1'de ingot kalıbındaki katılaşma hareketi ve havusu taneler görülmektedir.



Şekil 1.1. Ingot kalıbındaki katılaşma hareketleri

Kalıp köşeleri ve ayrıtları keskin ve dik ise buralara rastlayan yerlerde havusu tanelerin birbirlerini dik açı ile karşılama düzlemleri boyunca kütük yapısı dayanıksızdır. Haddeme ve dövme işlemleri sırasında aılabilmektedir. Bu tehlikeyi azaltmak için yuvarlak köşeli ve yuvarlak ayrıtlı kalıplar kullanılmaktadır. Tehlikenin tam olarak ortadan kaldırılması; dönme suretiyle, oluşan havusu tanelerin kırılması ile giderilebilmektedir. Bunun için manyetik karıştırma hareketi en ideal yol olmaktadır. Şekil 1.2'de keskin köşeli ve yuvarlak köşeli ingotlar görülmektedir.



Şekil 1.2. Keskin köşeli ve yuvarlak köşeli ingot kalıpları

Kalıpların alt bölümleri soğutulup, yan yüzleri yalıtılıp ve st bölümleri de ısıtılacak olursa, dallantı tanelerinin hepsinin

belli bir yönde büyümeleri sağlanabilmektedir. Jet motorlarının türbin kanatcıkları gibi bazı uygulamalarda, bu özel olarak istenmektedir.

1.1.2.İngot ve döküm yapılarındaki bozukluklar

1.1.2.1. Çekme hareketi

Bir kalıba dökülmüş metalin katılaşınca, kalıbı tam olarak doldurmadığı görülmektedir. Bunun sebebi, katılaşınca, metallerin sıvı haldekinden daha küçük hacim kaplamalarıdır. Buna çekme adı verilmektedir. Bunun için, döküm kalıpları istenilenden biraz daha büyük tasarımlanmaktadırlar.

1.1.2.2. Merkez boşluğu

İngot kalıbı içinde katılaşan metal, sıvı-katı dönüşümünün meydana getirdiği hacim daralması sonucu küçülmektedir. Bu değişim ingot'un merkezinde, üstten alta doğru uzanan boru biçiminde bir boşluk bırakmaktadır. Bu boşluğun yüzeyi hava ile temas halinde olduğundan oksitlenmekte ve birbirine kaynamamaktadır. Bu sebeple haddelme ve dövme işlemlerinde ingot'un merkez boşluğunu içeren bölüm tümünden kesilip hurdaya ayrılmaktadır. Bu tam olarak yapılamazsa, haddelenmiş ürünün merkez eksenini boyunca kılcal çatlaklara yol açmaktadır. Ancak sürekli dökümde böyle bir problem yoktur. Manyetik karıştırma ile ingot veya diğer dökümlerin merkez boşluğu dolmaktadır.

1.1.2.3. Gaz gözenekliliği

Erimiş metal içindeki gaz çözünürlüğü, katı metalde çok a-

zalmaktadır. Şayet katılaşılan bir metalde açığa çıkan gaz kaçamayıp katı içinde sıkışıp kalacak olursa, metalin yapısında gaz boşlukları oluşturmaktadır. Bu gazlar birkaç yerden kaynaklanmaktadır.

a.Çözünmüş gazlar

Eritme işlemi sırasında kullanılan hammadde, katım maddeleri, kalıp ve yardımcı maddeler ile fırın atmosferinden kaynaklanan hidrojen, metal sanayiinde en çok karşılaşılan çözünmüş gazdır. Hidrojenin sebep olduğu gaz boşlukları döküm yapısının sağlamlığını azaltmaktadır. Alüminyum alaşımlarında görülen iğnebaşı boşluklarına da hidrojen sebep olmaktadır.

b. Kalıp malzemeleri ile kalıptan kaynaklanan nem'in sebep olduğu gazlar

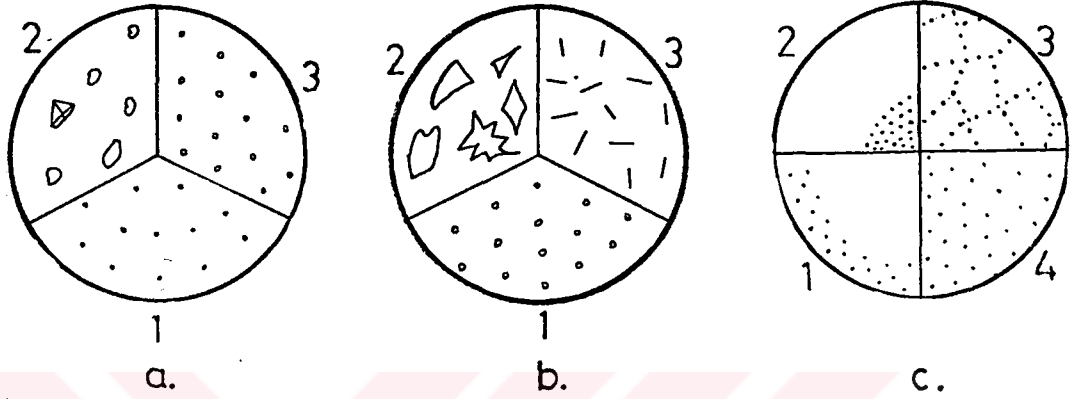
Bu gazlar, döküm yüzeylerinin hemen altlarında gaz boşlukları yapmaktadırlar. Dikkatli malzeme seçimi ve kalıp kurutma ile bu gazlar en aza indirilebilmektedir.

c. Erimiş metal içinde kimyevi reaksiyonlar sonucu doğan gazlar

Bu gazlar da çok yaygın gaz boşlukları yapmaktadırlar. Mesela; bakır içinde çözünmüş hidrojen, çözünmüş bakır oksit ile reaksiyona girerek buhar oluşturmaktadır. Çelikte ise, karbonun erimiş metal içindeki oksitlerle birleşmesi sonucu karbon monoksit gazı oluşmaktadır.

Oluşum şekilleri ve giderilme metodlarının bilinmelerine karşı sıvı metalden, gazların bütünüyle giderilmeleri bazı teknik zorluklar ve ekonomik sebeplerden dolayı yapılamamaktadır. Bu ba-

kımdan, döküm yapılarında hemen her zaman gaz boşluklarına rastlanmaktadır. Gaz boşlukları ikinci bir faz gibi, büyüklük, şekil ve dağılımları açısından etkilidirler. Şekil 1.3'de gaz boşluklarının döküm yapısındaki farklılıkları görülmektedir (5).



- | | | |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1.Çok ince boşluklar | 1.İğne başları | 1.Yüzeye birikim |
| 2.Kaba boşluklar | 2.Dallantılararası oluşum | 2.Merkez birikimi |
| 3.İnce boşluklar | 3.Kılcal çatlaklar | 3.Tane sınırlarında birikim |
| | | 4.Eş dağılımlı |

Şekil 1.3. Gaz boşluklarının döküm yapısındaki farklılıkları
a.Büyüklük, b.Biçim, c.Dağılım bakımından

Gaz kabarcıkları sıvı metal içinde oluşursa, gaz boşlukları da genellikle küresel olmakta ve yuvarlak görünmektedir. Katılaşmanın son zamanlarında oluşan gaz kabarcıkları ise köşeli ve kaba gaz boşlukları oluşturmaktadır. Ayrıca, katılaşmanın son aşamalarında oluşan gaz boşlukları tane sınırlarında yerleşebilmektedirler. İlk aşamalarda oluşanlar ise daha çok dallantı kolları arasında görünmektedirler. Bu gazlar sadece metal içinde sıkışıp kalmalarıyla kalmayıp, metal içinde kimyevi reaksiyonlarla metali içten bozucu etkiler meydana getirmektedirler (5).

1.1.2.4. Kimyevi eş dağılımsızlık (birikim : segregasyon)

Erimiş metal ve alaşımlar, çözünmüş katışık ve alaşım elementleri ile curuf parçacıkları gibi çözünmez parçacıkları taşımaktadırlar. İlk katılaştan kristaller, metal ve alaşım elementi bakımından en saf kristallerdir. Erimiş metal ve alaşım içinde, onun katılma sıcaklığını düşüren elementler ise en son katılaştan bölgelerde toplanmaktadırlar. Elementlerin katılma sırasında, belirli bölgelerde toplanmasına, birikim (segregasyon) denilmektedir. Mesela; çeliklerde, merkez hattı boyunca C, P ve S elementlerinin oluşturduğu birikimler görülmektedir.

1.1.2.5. Diğer bozukluklar

Döküm yapılarının istenilen özellikleri taşıması için, olabildiğince düşük döküm sıcaklıklarının kullanılması gerekmektedir. Fakat sıvı metalin de yeterince akışkan olması gerekmektedir. Yeterince akışkan olmayan sıvı metal kalıp içerisinde yükselirken kalıp yüzeyinde yarı katı kabuk oluşumuna yol açmaktadır. Zaman zaman sıvı metal bu oksitlenmiş kabuk arasından geçerek onu sarmakta ve döküm yüzeyinde, damar ve dilcik gibi bozulmalar yapmaktadır (5).

Bütün bu bozukluklar, ısıtma işlemi, sıcak işlem ve haddelenmeler sırasında çatlamalara ve yarılmalara sebep olabilmektedirler. Bu sebeplerden bu arızaların, iyice tanınmaları ve giderilmeleri gerekmektedir. Manyetik karıştırma ile bu arızaların hepsi giderilebilmektedir.

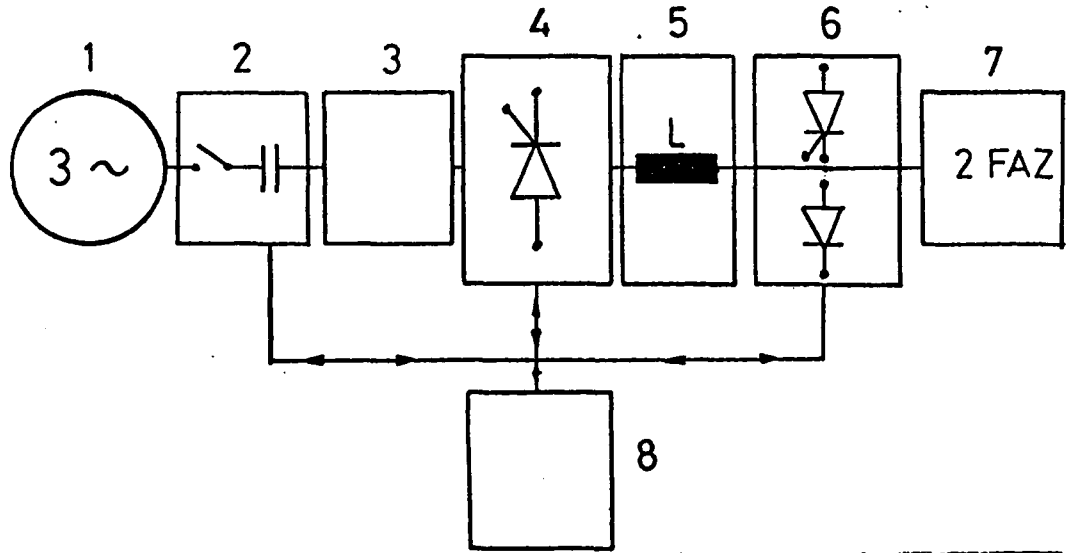
1.2. Manyetik Döküm Karıştırıcısının Tanıtımı

Erimiş metallerin, kalıp etrafından manyetik olarak karış-

tırılmaları, asenkron motorların çalışma prensibine çok benzermektedir. Tek farkla, asenkron motorun rotoru yerine, erimiş metal konulmaktadır. Erimiş metalin dönmesinin veya karıştırılmasının tek şartı elektrik iletkenliğini kaybetmemesidir. Çünkü karışma, metal içinde dolaşan fuko akımlarının, manyetik alanla etkileşimi sonucudur. Döküm karıştırıcı sistem, üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; güç kaynağı, stator ve rotor'dur.

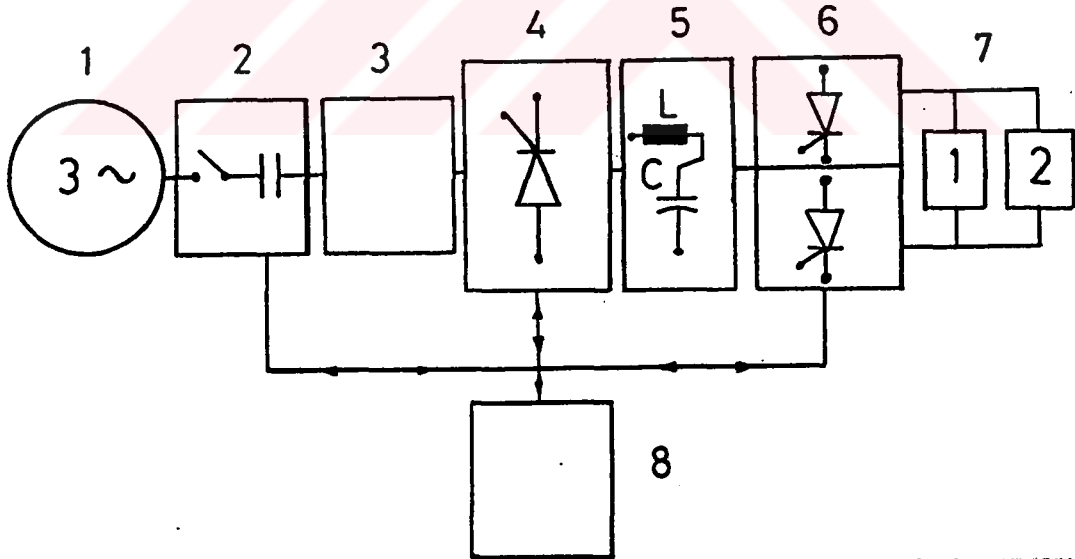
1.2.1. Güç kaynağı

Asenkron motorlar, 50-60 Hz frekanslı A.A'la çalıştırılmaktadır. 50-60 Hz'lik bu frekans, manyetik karıştırıcı için çok büyüktür. Frekans, çubuk dökümler için 10 Hz ve kütük dökümler için 2 Hz arasında değişmektedir (6). Bunun için istenilen frekanslardaki akım ve gerilimler, doğrultucu-inverter veya cyclo-converter ile üretilmektedir. 2-10 Hz'de üretilmiş A.A'nın faz sayısı ise en az 2 faz olmaktadır. Faz sayısı tayininde, döküm kalıplarının simetrik veya asimetrik olması etkilidir. Simetrik yapıda bulunan kare veya daire kalıplar için 2 faz, asimetrik ve çok değişik kenarlı kalıplarda 2'den fazla sayıda faz sayısı tercih edilmektedir. Faz sayısının artması, döner manyetik alanı düzgünleştirmekte ve karıştırmayı kolaylaştırmaktadır. Düşük empedanslı (0-10 ohm) karıştırıcı statorları için, akım kaynağı inverteri ve büyük empedanslı (10 ohm'dan fazla) statorlar için de gerilim kaynağı inverteri kullanılmaktadır. Akım kaynağında üretilen A.A'nın dalga şekli kare ve gerilim kaynağında üretilen A.A'nın dalga şekli ise sinüsoidal'dir. Şekil 1.4'de akım kaynağı inverteri blok diyagramı ve şekil 1.5'de gerilim kaynağı inverteri blok diyagramı görülmektedir.



- | | |
|----------------------------|--------------------|
| 1. Güç kaynağı | 5. Filtre |
| 2. Şalter ve kontaktör | 6. Faz inverteri |
| 3. Transformator | 7. 2 fazlı stator |
| 4. Faz kontrollü doğrultma | 8. Kontrol mantığı |

Şekil 1.4. Akım kaynağı inverteri blok diyagramı

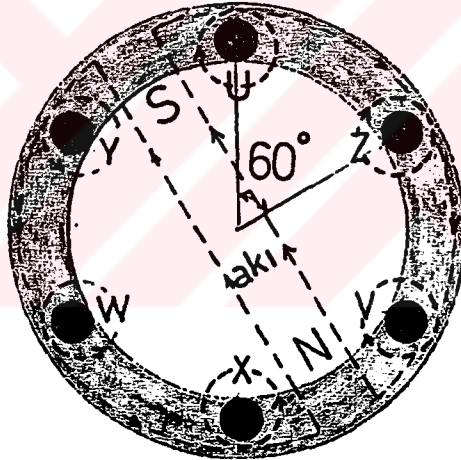


- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Güç kaynağı | 5. Filtre |
| 2. Şalter ve kontaktör | 6. Faz inverterleri |
| 3. Transformator | 7. 2 fazlı stator |
| 4. Faz kontrollü doğrultma | 8. Kontrol mantığı |

Şekil 1.5. Gerilim kaynağı inverteri blok diyagramı

1.2.2. Stator

Döner manyetik karıştırmanın ikinci elemanı statordur. Stator bir asenkron motorun statoruna çok benzemektedir. Stator yapısı, sadece lineer ve helizoidal karıştırılmalarda değişmektedir. Her cins karıştırıcı tasarımında, stator gövdesi uzun tutulmaktadır. Bu, erimiş metaldeki manyetik akı dağılımının her tarafta aynı olmasını sağlamaktadır. Stator'da sarımlar oyuklara yerleştirilmektedir. Şekil 1.6'da 2 kutup-3 fazlı bir stator görülmektedir. Şekil 1.7'de ise inverter ve stator prototipleri görülmektedir.



Şekil 1.6. 2 kutup-3 fazlı bir stator



Şekil 1.7. Inverter ve stator prototipleri

1.2.3. Rotor (Erimiş metal)

Manyetik karıştırıcının son elemanı rotor, yani karıştırılacak olan erimiş sıvı metal'dir. Karışma; manyetik akı şiddeti ve bunun erimiş metal içindeki dağılımına bağlıdır. Manyetik akı ve dağılımı, bakır kalıp ve büyüklüğünden etkilenmektedir. Bakır kalıb'ın büyük ve et kalınlığının fazla olması, rotor içindeki manyetik akıyı azaltmaktadır. Rotor olarak, erimiş halinde elektriki iletkenliğini az da olsa kaybetmeyen her türlü metal kullanılmaktadır. Fakat en yaygın olarak, manyetik karıştırma dayanımı artırdığından, demir-çelik endüstrisinde yerleşmiştir. Şekil 3.1'deki stator içinde rotor da görülmektedir.

1.3. Yapılmış Çalışmalar

Manyetik karıştırmanın mazisi çok eskiye dayanmamaktadır. Mevcut literatüre göre aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

A.A.Tzavaras (7), manyetik olarak katılaştırılmış çelikte, segregasyon (birikim) azaltma olayı üzerinde çalışmıştır. Manyetik karıştırma ile makrobirikim'de azalmalar olmuştur. Karıştırıcı, 222x254 mm karelik dikdörtgen kesitli ve 8 metre uzunluğunda bir çelik kütük'ü karıştırabilecek şekilde dizayn edilmiştir. 2 fazlı ve akım inverteri şeklinde yapılmış güç kaynağında, 300-2500 amper arasında akım ayarı yapılabilmektedir.

D.J.Hurtuk ve A.A.Tzavaras (8), yukarıdaki benzer çalışmayı, aynı karıştırıcı ile daha geniş olarak yapmışlardır. Çelik çubuk içindeki merkez hattı birikimleri bariz şekilde azalma göstermiş ve merkez hattı homojenleştirilmiştir.

J.Szekely (9), manyetik olarak karışma hızlarının ölçümü ve teorik tahminleri üzerinde çalışmıştır. Erimiş metal, 250 mm çapında ve 500 mm yüksekliğinde, paslanmaz çelikten bir pota içinde katılaştırılmıştır. 3 fazlı sarımlarla 350 gaus'luk manyetik alan yoğunluğu meydana getirilmiştir. Erimiş metalin karışma hızlarının teorik tahminleri, Navier-Stokes turbulens eşitlikleri ve Maxwell formülleri ile hesaplanmıştır. Deneyle ölçülen ve teorik olarak tahmin edilen hızlarda uygunluk görülmüştür.

J.A.Mulcahy (6), döner manyetik karıştırma ile çelik kalitesinin artırılması için çalışmıştır. Çelik'te, yüzey ve alt yüzey kalitesi elde edilmiştir. Eş eksenli katılaşma sağlanmış ve merkez hattı birikimleri azaltılmıştır.

BÖLÜM 2

MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRMANIN TEORİSİ

2.1. Manyetohidrodinamik'in (Karıştırmanın) Prensibi

Karışma hızının miktar ve dağılımı, difüzyon formülleri ile açıklanabilmektedir. Çünkü manyetik akı, hem bakır pota ve hem de erimiş metal içinde yayılma göstermektedir. Karışma prensibi şöyledir: Döner manyetik alan, erimiş metal içinde, manyetik alandan 90 derece geri hareket eden fuko akımları meydana getirmektedir. Döner manyetik alan ve fuko akımları manyetik alanlarının birleşmesi sonucu, bu iki alana dik bir emk meydana gelmektedir. Bu emk'nın teğet bileşeni sıvı metal içinde bir dönme kuvveti meydana getirmektedir (6). Şekil 2.1'de dönme hareketi ve kuvvetleri görülmektedir.

Miktar olarak, manyetik kuvvet / birim sıvı hacmi, olan $\bar{F}$ şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\bar{F} = \bar{J} \times \bar{B} \quad 2.1$$

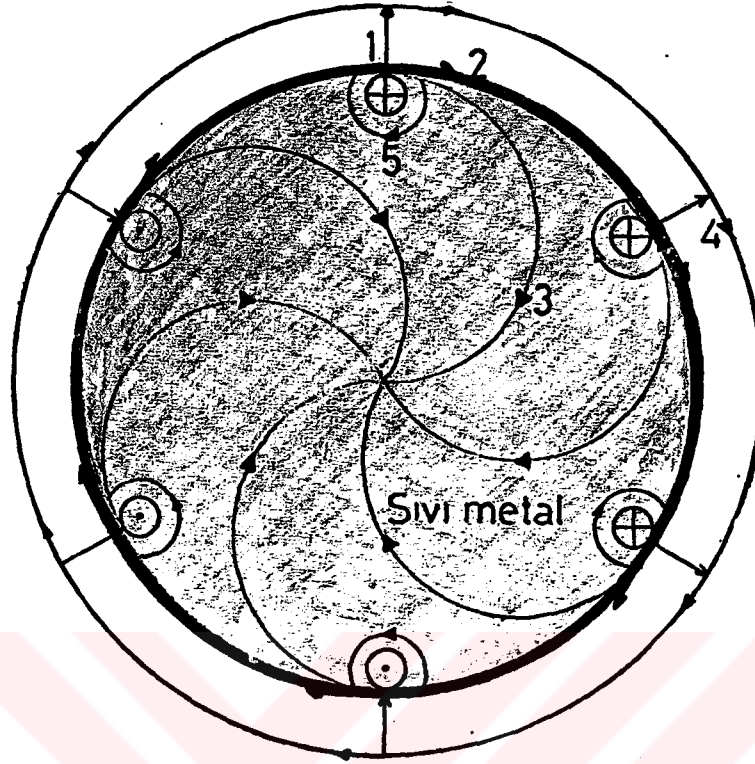
Burada,

$\bar{J}$ = Fuko akımı vektörü,

$\bar{B}$ = Manyetik akı yoğunluğu vektörü'dür.

2.2. Erimiş Metaldeki Manyetik Akı Dağılımı

Erimiş metaldeki manyetik akı dağılımı ve nüfuzu, kutup sayı-



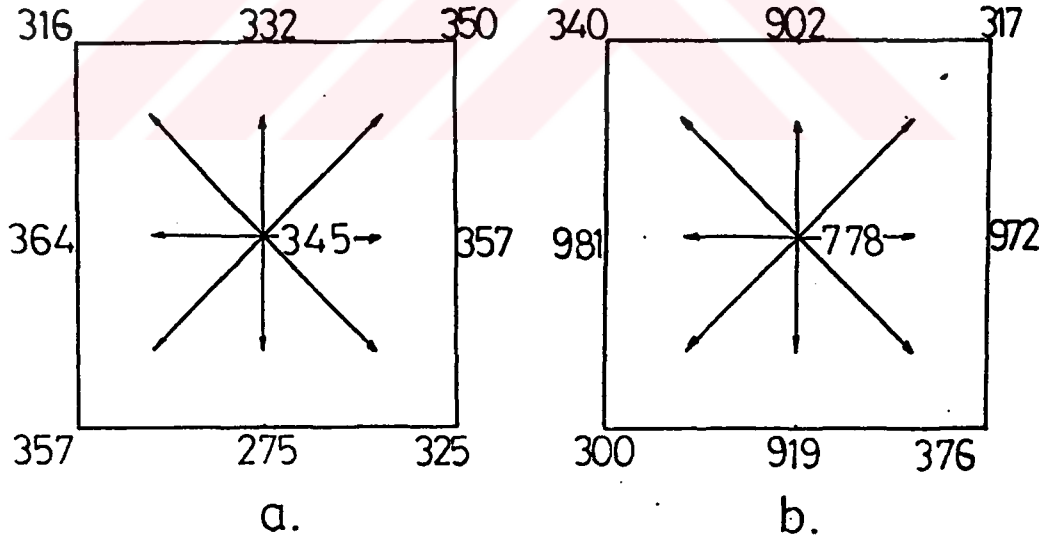
- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Stator manyetik akısı | 4. Döner alan yönü |
| 2. Bileşke alan yönü | 5. Fuko akımı |
| 3. Dönüş yönü | manyetik alanı |

Şekil 2.1. Erimiş metalin dönme hareketi ve kuvvetleri
($f = 1$ hz için)

sı ile doğrudan orantılıdır. Çok kutuplu bir karıştırıcıda manyetik alan erimiş metalin yüzeylerinde yoğunlaşmaktadır. Orta kısımlarda yoğunluk çok azalmıştır. Böylece dengeli bir karışım sağlanamamaktadır. İki kutuplu bir karıştırıcıda manyetik alanın nüfuzu, dört kutuplu olandan daha fazladır. Aynı zamanda iki kutuplu bir karıştırıcıda manyetik kuvvet, dört kutuplu olandan daha fazladır. Çünkü aynı süpürme hızı daha düşük frekansta elde edilmekte ve daha fazla manyetik akı elde edilmektedir. Bunun için kütük dökme işlerinde iki kutuplu karıştırıcı tercih sebebidir(6)

2.3. Kalıptaki Manyetik Akı Dağılımı

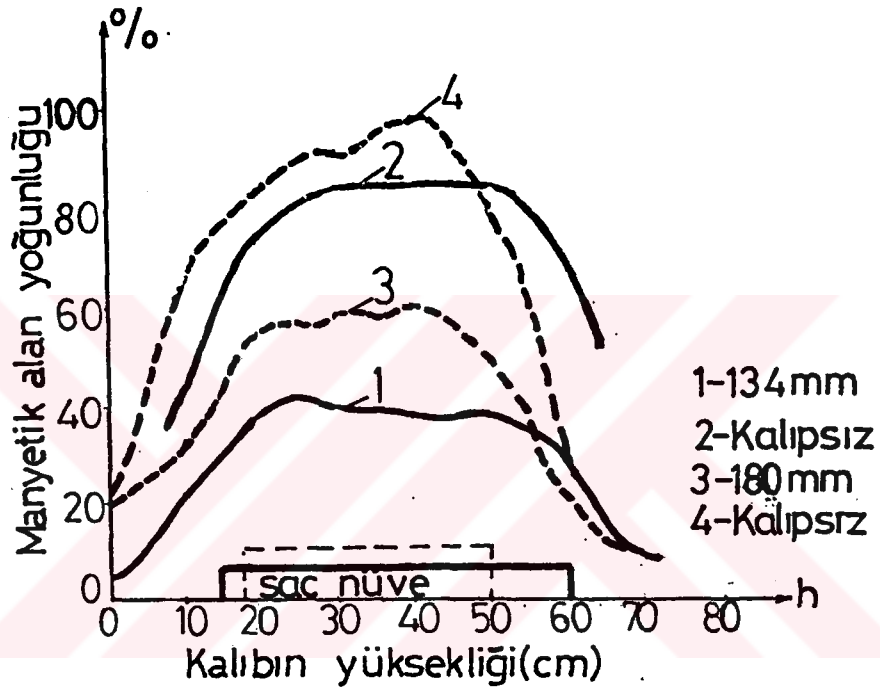
Stator sarımları tarafından meydana getirilen manyetik akı tam düzgün olmamaktadır. Bu düzgünsüzlük ise kutup sayısı, faz sayısı, kalıbın simetrisi ve geometrisinden etkilenmektedir. Karıştırıcının performansı ve yapılacak dizayn değişiklikleri için bu etkilerin bilinmesi gerekmektedir. Şekil 2.2'de bir kare kalıptaki manyetik akı değerleri görülmektedir. Kalıp köşelerindeki akı ortadakinden daha az olmaktadır. Eksenel profildeki manyetik akı, stator nüvesi ve iç çap uzunluğu oranına bağlı olarak değişmektedir. Düzenlenmiş bir yüzey ile manyetik akı bileşeni Gaussian dağılımına benzeyen bir çan eğrisi şekline dönüştürülebilmektedir. Çünkü nüve uzunluğunun denk çapa oranı 1,27- 0,70 arasında değişmektedir. Şekil 2.3'de kalıptaki manyetik alan yoğunluğunun profili görülmektedir (6).



Şekil 2.2. 2 kutup-2 fazlı karıştırıcı kalıbındaki manyetik akılar
(a) Bakır kalıplı karıştırıcı
(b) Bakır kalıpsız karıştırıcı
(f=6hz, I=150 amp, h=360mm)

Şekillendirme ve sarım sonlarının büyüklüğü, manyetik akı

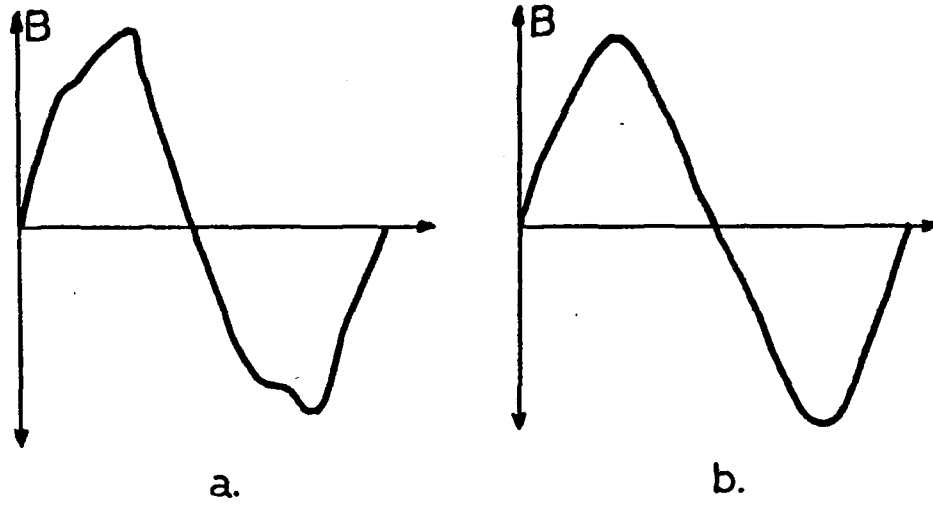
bileşen eğrisinin bir ışık gibi yükselmesini meydana getirebilmektedir. Bu, stator nüvesinin altında ve üstünde olmaktadır. Akimenko (10) , sarım sonları planı ve stator çapı arasındaki oranın, manyetik akı bileşenini etkilediğini ve onun boyunun yükselen bir şekilde gözüktüğünü söylemektedir.



Şekil 2.3. Kare kalıplardaki manyetik alan yoğunluklarının profilleri

2.4. Kalıbın Manyetik Akı Dağılımı Ve Azalmasına Etkisi

Deri olayı ve kalıbın dış yüzeyine göre olan faz farkından dolayı, bakır potanın, hem manyetik akı dağılımına hem de azalmasına etkisi olmaktadır. Akım kaynağı inverteri kullanılması halinde, bakır pota, manyetik dalgalar içindeki yüksek harmonikleri filtre etmekte ve daha sinüsoidal hale getirmektedir. Şekil 2.4'de akım kaynağı inverteri ile üretilmiş dalga şekli görülmektedir. Aynı zamanda eksenel kesitteki manyetik akı

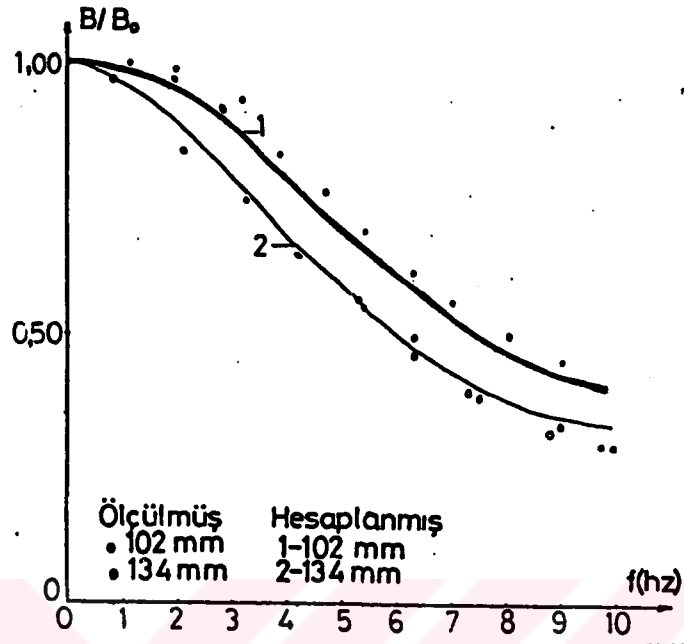


Şekil 2.4. Akım kaynağı inverteri ile üretilmiş akı dalga şekli
 (a) Inverter ile üretilmiş dalga
 (b) Kalıp ile filtre edilmiş akı

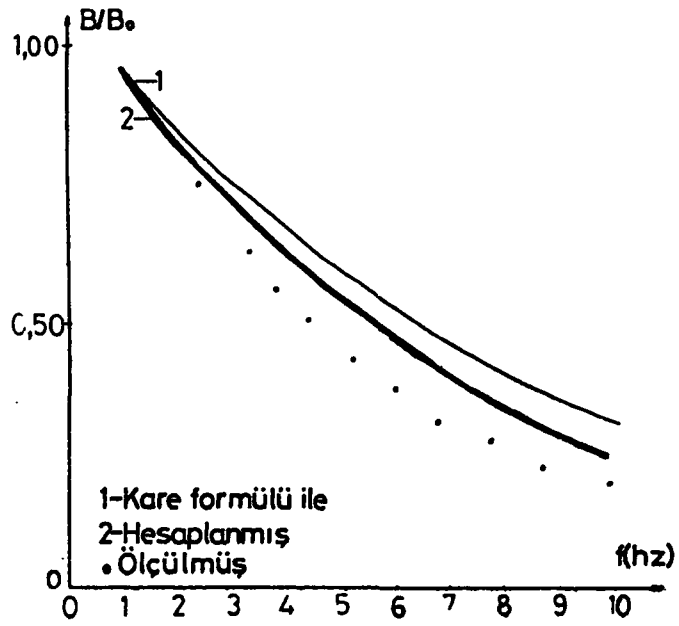
profilini daha düz hale getirmektedir. Bakır potanın manyetik akı zayıflatması, karıştırıcının gücü için büyük bir orandır (% 50 den fazladır). Kare kalıplar için hesaplanmış ve ölçülmüş manyetik akı zayıflaması şekil 2.5'de görülmektedir. Akı zayıflaması, bakır kalıbın kesit alanı arttıkça artmaktadır. Kalıp geometrisinin, kare veya daire biçiminden bozulmaya uğraması, ölçülmüş ve hesaplanmış sonuçlar arasındaki farklılığın artmasına sebep olmaktadır. Şekil 2.6'da bir dikdörtgen kesitli kalıbın manyetik akı zayıflatması görülmektedir. Sonuçlardaki farklılık, 134x192 mm karelik bir kalıp ölçüsü, 192x192 mm karelik bir kare gibi düşünüldüğünde, azalmaktadır.

2.5. Manyetik Döküm Karıştırmada En Uygun Frekans

Bir asimetrik, iki kutuplu karıştırıcı sisteminde manyetik kuvvet yoğunluğu demek olan F , aşağıdaki gibi formüle edilebilmektedir:



Şekil 2.5. Kare kalıbın manyetik akı zayıflatması



Şekil 2.6. Dikdörtgen kalıbın manyetik akı zayıflatması

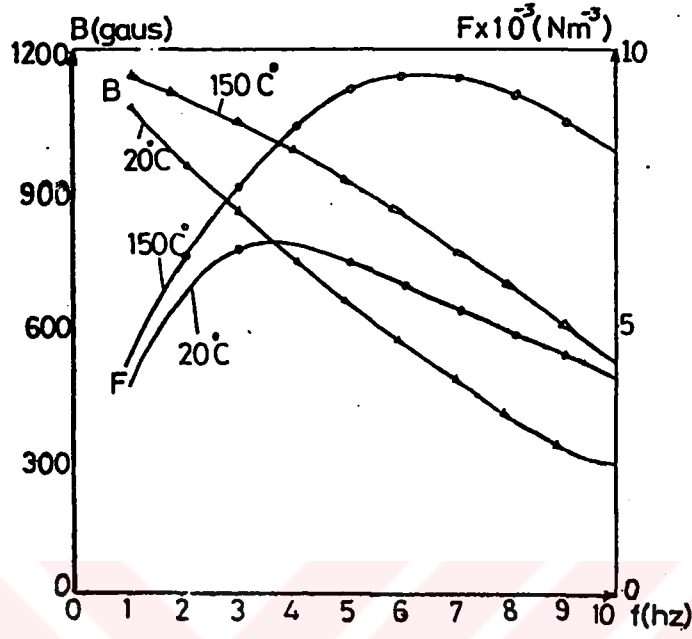
$$F = 0,5. \sigma . B . \omega _s . R$$

$$N . m^3$$

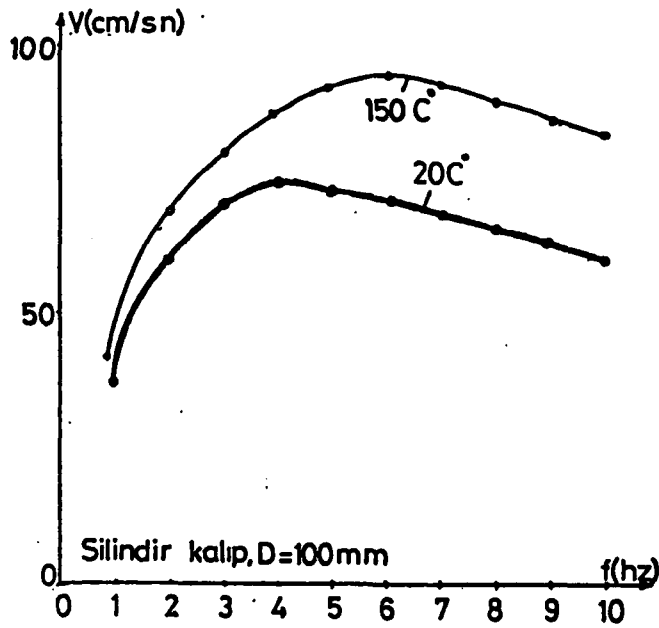
2.2

Formülde görüldüğü gibi, yüksek frekansta süpürme hızı (ω_s) arttığı için manyetik kuvvet de artmaktadır. Bu durum, metalin dönme hızı, katılaşmadan dolayı düşerken, manyetik alan açısall hızı $\omega_f = (4. \pi . f / p)'$ nin frekansla orantılı olarak artmasındandır. Fakat frekansın artması ile manyetik akıdaki zıt etki düşmekte ve manyetik kuvvet uygun bir değere varmaktadır. Böylece, verilen bir pota çapı için en uygun frekans, en büyük manyetik akıya karşılık gelen frekanstır. Bu uygun frekans, aynı et kalınlığındaki küçük kesitli potalar için büyük olmaktadır.

Sıcaklık artışıyla, pota malzemesinde meydana gelecek direnç artmakta, manyetik akı azalmakta ve frekans daha yüksek seviyeye çıkmaktadır. Kalıp sıcaklığı, ortalama değerin üzerinde olarak, şekil 2.7'de görülen sonuçları verecek şekilde, 100-200 °C arasında kabul edilebilmektedir (11). 20 °C de 4 hz ve 5800 Newton/m³ 'lük bir manyetik kuvvet yerine 150 °C de 6 hz ve 9000 Newton/m³ 'lük bir manyetik kuvvet gerekmektedir. Sıcak potalı karıştırma işleminde uygun frekansı bulmak zor olmaktadır. Çünkü karışma yolları manyetik kuvvet ile doğrudan ilgilidir (6). Şekil 2.8'de Mizukami (12) tarafından hesaplanmış ve 150 °C kalıp sıcaklığı için, merkür potasındaki akışkanlık hızları görülmektedir.



Şekil 2.7. Manyetik akı ve döndürme kuvveti ile frekansın eğrileri (kayma hızı ihmal edilmiştir.)



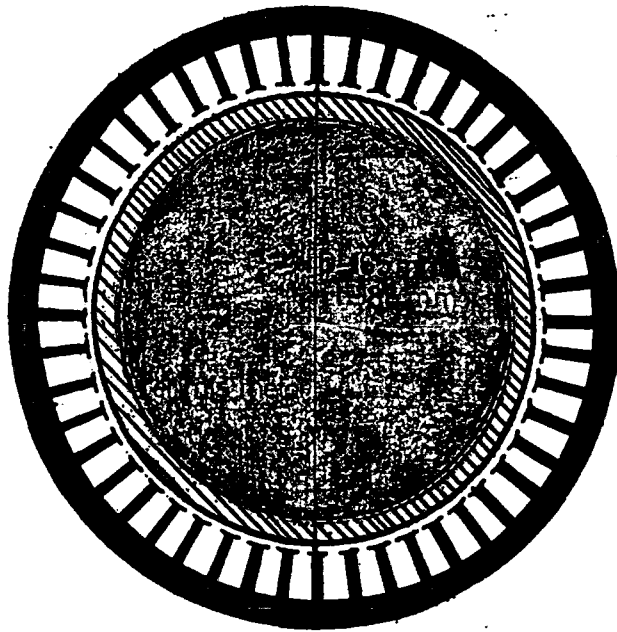
Şekil 2.8. Karıştırma hızı ve frekansın karşılaştırılması

BÖLÜM 3

BİR MANYETİK DÖKÜM KARIŞTIRICI PROTOTİPİNİN TASARIMI VE YAPIMI

3.1. Stator Ve Kalıp Tasarımı

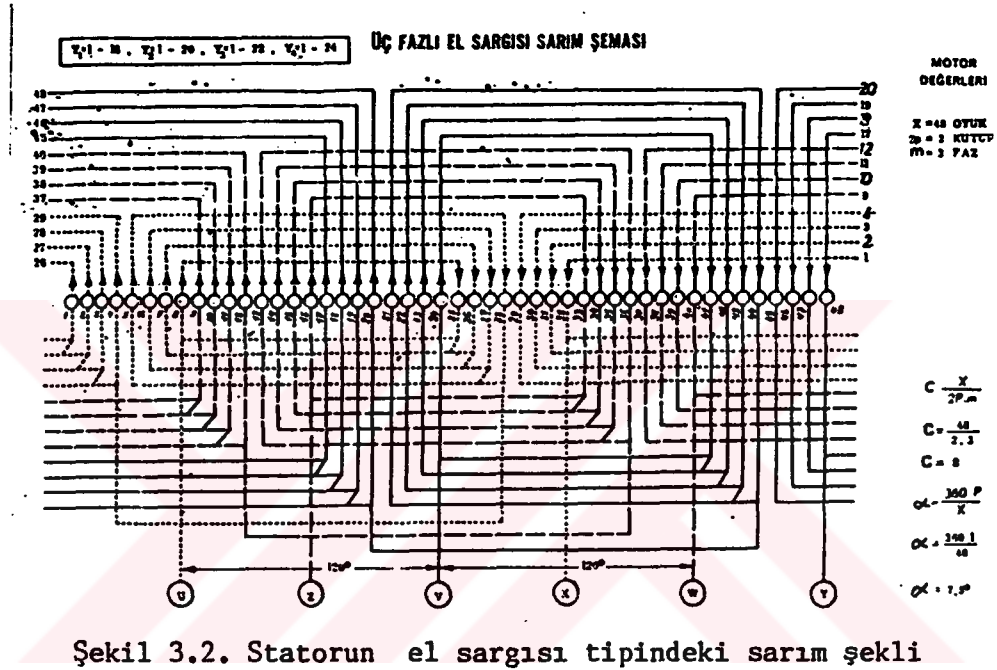
Bir karıştırıcının inverter ve stator dizaynı sıvı metal çapı tarafından belirlenmekteydi. Prototip'in tasarımı, 99 mm çapında ve 66 mm yüksekliğinde bir metal silindir için yapılmaktadır. Manyetik akı dağılımının dengeli ve düzgün olması için; şekil 3.1'de görülmekte olan stator, 3 fazlı, 2 kutuplu ve 48 oyuk sayısına sahiptir. Stator'un iç çapı kalıp ölçüleri ile birlikte 165 mm ve yüksekliği ise 88 mm dir. Böylece erimiş metal alt ve üstten $(88-66)/2=11$ mm daha içeride kalmaktadır. Kalıp; 2,5 mm kalınlığında pirinç metali ve 25 mm kalınlığında maça kumundan yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Stator saç nüvesinin üst görünüşü ve ölçüleri

3.1.1. Stator sarımının şekli

2 kutuplu- 3 fazlı- 48 oyuklu olarak tasarımlanan statorun sarımı, asenkron motorlardaki gibi el sargısı şeklinde yapılmaktadır. Şekil 3.2'de stator sarım şeması ve hesaplamaları görülmektedir.



Şekil 3.2. Statorun el sargısı tipindeki sarım şekli

3.1.2. Stator sarımlarının siper sayısının hesaplanması

Stator sarımlarının sipir sayısı, maksimum frekans (10 Hz)'da ve inverter çıkış gerilimi olan 37 volt (A.A.)'da aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$W_f = E_f \cdot 10^8 / 4,44 \cdot 0, f \cdot K_d \quad 3.1$$

$$\Phi = \pi \cdot D \cdot l \cdot B / 2 \cdot p \quad 3.2$$

Burada,

Wf = Bir faza düşen sipir sayısı,

$E_f = F_{az}$ gerilimi (37 volt),

Φ = Hava aralığındaki manyetik akı yoğunluğu (maxwell),

f = Frekans (10 Hz),

Kd= Dağılıma katsayısı (0,95),

D = Statorun iç çapı (16,5 cm),

l = Statorun boyu (8,8 cm),

2p= Tek kutup sayısı,

B = Manyetik akı şiddeti (2200 gauss) dir.

Böylece,

$$\Phi = \pi \cdot 16,5 \cdot 8,8 \cdot 2200 / 2 = 501775 \text{ maxwell ve}$$

$$W_f = 37 \cdot 10^3 / 4,44 \cdot 501775 \cdot 10 \cdot 0,95 = 175 \text{ siper bulunmaktadır.}$$

Her fazda 8 adet bobin bulunduğundan, bir bobinin siper sayısı ise, $175/8=22$ siper olmaktadır. Şekil 3.3'de stator sarımlarının elektriki bağlantısı görülmektedir.

3.1.3. Stator sarımlarının iletken kesitinin hesaplanması

İletken kesiti hesabında, inverterin faz başına akımı olan 22 amper gözönünde tutulmaktadır. Buna göre, iletken kesiti (S) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

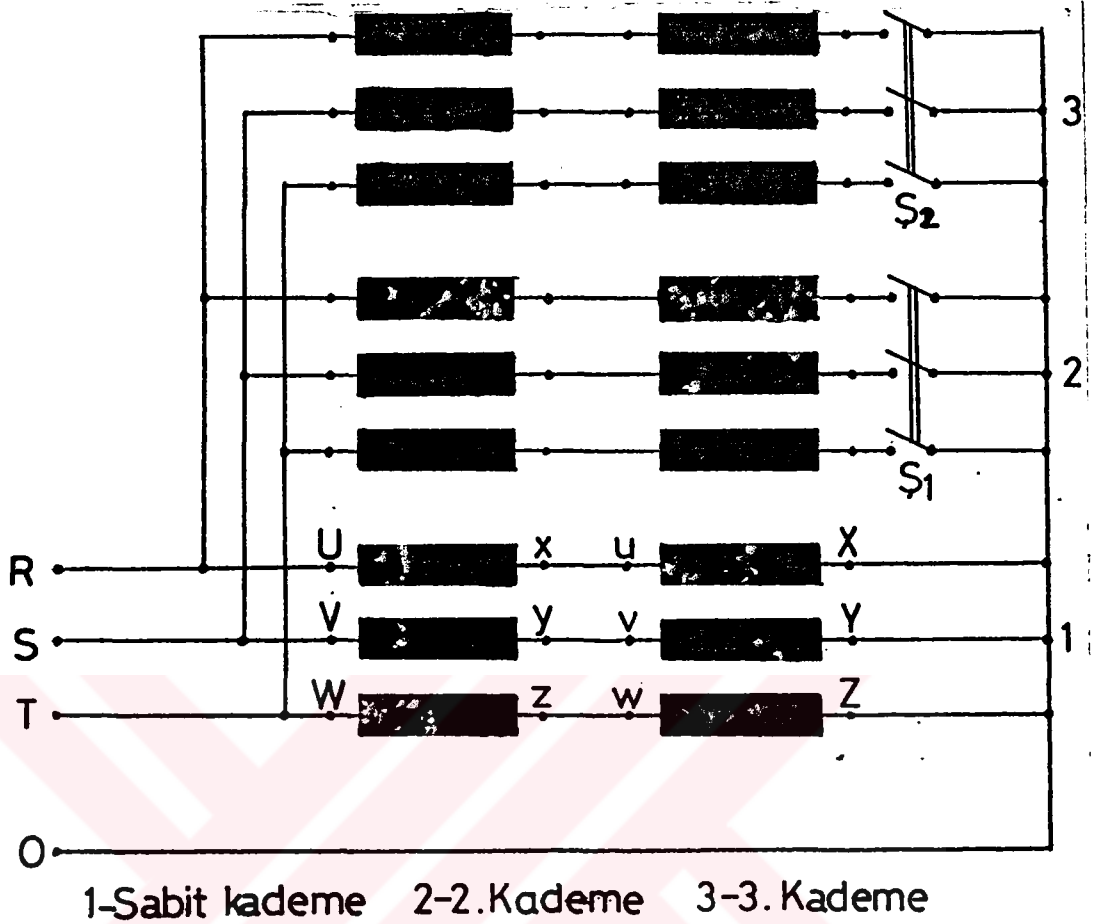
$$S = I/J \quad (\text{mm}^2) \quad 3.3$$

Formülde,

J = İletkenden geçecek olan akımın yoğunluğudur. ($J=5 \text{ A/mm}^2$)

Buna göre,

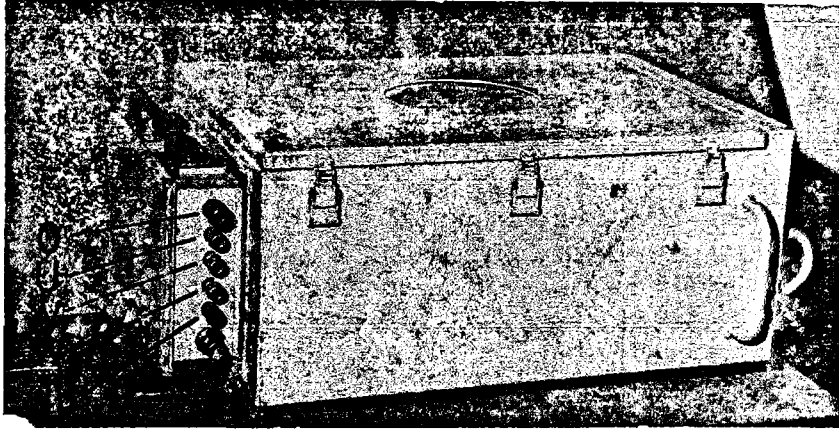
$S = 22/5 = 4,4 \text{ mm}^2$ bulunmaktadır. Bu kesitteki bir iletkenin sarım zorluğu ve değişik kullanma şekilleri düşünülerek, sarımlar 3 kat halinde yapılmaktadır. Böylece, bir kat iletken kesiti, $4,4/3=1,46 \text{ mm}^2$ ve iletken çapı ise, 1,36 mm bulunmaktadır.



Şekil 3.3 Stator sarımlarının elektriki bağlantısı

3.1.4. Kalıp tasarımı

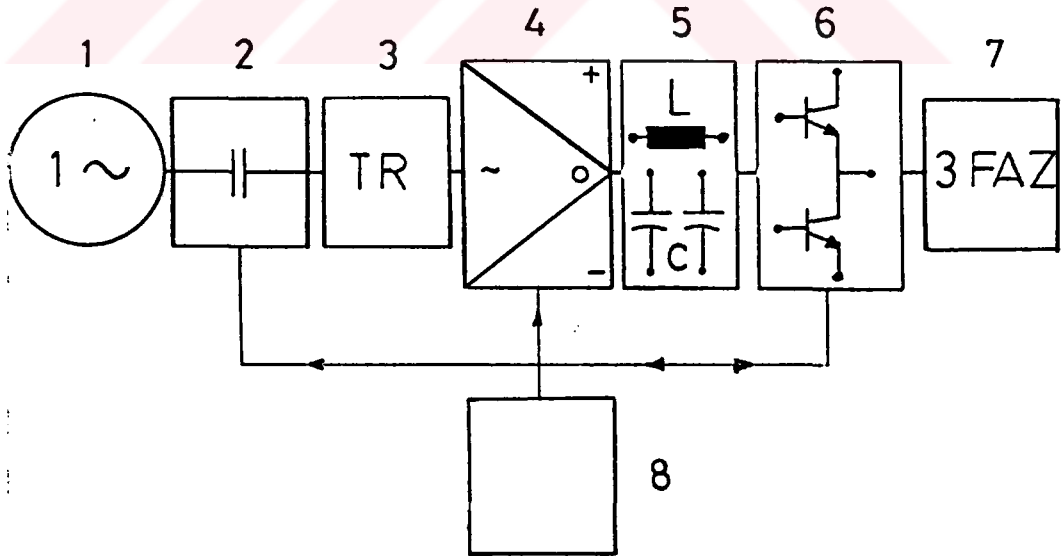
Sürekli döküm kalıplarında, erimiş metal doğrudan metal kalıp içine dökülmektedir. Kalıp ise aynı zamanda büyük bir hızla soğutulmaktadır. Bu soğutma işleminin zorluğu düşünülerek pirinç kalıb'ın iç yüzeyi, 25 mm kalınlığında maça kumu ile kaplanmıştır. Böylece, bir soğutmaya ihtiyaç duyulmaksızın döküm yapılabilmektedir. Yalnız bununla sürekli döküm işlemi yapılmayıp, her döküm denemesinde, kalıp içindeki kumun değiştirilmesi veya birkaç tane kalıp kullanılması gerekmektedir. Şekil 3.1'de statorun içindeki kalıp görülmektedir. Prototip haline getirilmiş stator ve kalıp şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4. Stator prototipinin görünüşü

3.2. Inverter Tasarımı

1-10 hz arasında kare dalgalı A.A., doğrultucu-inverter ile elde edilmektedir. Inverterin faz başına akımı stator faz akımı olan 22 amper ve her fazın faz gerilimi ise 37 voltur. Şekil 3.5'de inverter blok diyagramı görülmektedir.



- | | |
|-------------------|------------------------------|
| 1. Tek fazlı A.A. | 5. LC filtre |
| 2. Kontaktör | 6. 3 faz inverteri |
| 3. Transformatör | 7. Stator |
| 4. Doğrultucu | 8. Kontrol ve koruma mantığı |

Şekil 3.5. Inverter devresi blok diyagramı

3.2.1. D.A. Kaynağı

D.A. kaynağını elde etmek için, transformator, doğrultucu ve filtre devresi kullanılmaktadır. Teorik olarak D.A. kaynağının gücü, inverter gücü tarafından belirlenmekte ve inverterin gücü de statora bağlı olmaktadır. Prototipin dizaynında, mevcut olan transformator, stator, doğrultucular, kapasitörler ve transistörler kullanılacağından hesaplamalarda bunların akım ve gerilim değerleri göz önünde tutulmaktadır. Böylece öncelikle, D.A. kaynağı hesabında transformatorun akım ve gerilim değerleri hesaplanacaktır.

Transformatorun primer gerilimi $U_1 = 220$ volt, sekonder gerilimi, $U_2 = 2 \cdot 30$ volt ve manyetik nüve kesiti, $S_n = 47 \text{ cm}^2$ dir. Buna göre transformatorun sekonder gücü S_2 , $S_2 = (S_n / C)^2$ formülüyle bulunur. Burada C, nüve kesiti ve transformator gücü arasındaki ilişkiyi veren bir katsayı olup, $C = 1$ alınmıştır.

Buna göre,

$$S_2 = (47/1)^2 = 2200 \text{ VA olur.}$$

Doğrultucu çıkışı, yüksüz D.A gerilimi $V_{go} = U_2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} / \pi$ formülüyle bulunur. Buna göre,

$$V_{go} = 2 \cdot 30 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} / \pi = 54 \text{ volt olur.}$$

Filtre edici çıkış gerilimi, doğrultucu çıkışı yüksüz D.A. geriliminin maximum değeri olacaktır. Buna göre,

$$U_{\max} = V_{go} / 0,636 \approx 84 \text{ volt olur.}$$

Yüklü durumda ise 10 volt, doğrultucu ve filtre edicilerde düştüğü kabul edilirse D.A. kaynağı gerilimi $U = 84 - 10 = 74$ volt olacaktır.

Inverterin faz-nötr gerilimi ise uygulanan D.A. kaynağı geriliminin yarısı, $74/2 = 37$ volt olur.

Transformatorun sekonder akımı I_2 , $I_2 = S_2 / U_2$ formülüyle bulunur. Buna göre,

$$I_2 = 2200 / 2 \cdot 30 = 36,67 \text{ amper bulunur.}$$

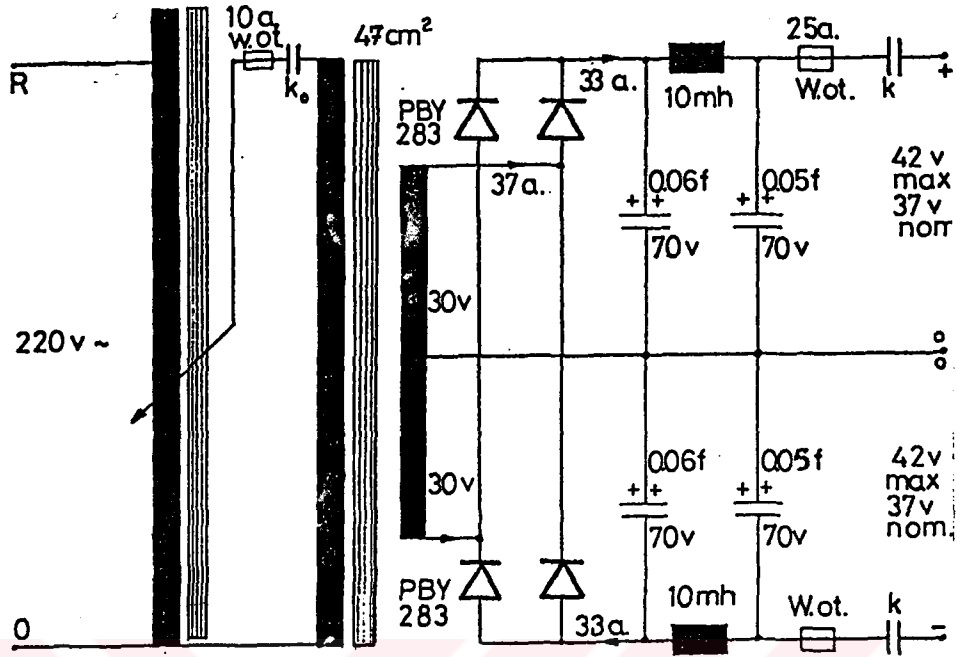
Doğrultucu çıkışı D.A. akımı I_g , $I_g = I_2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} / \pi$ formülüyle bulunur. Buna göre,

$$I_g = 36,67 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} / \pi = 33 \text{ amper olur.}$$

Inverter devresi çıkışı faz akımı I_f , $I_f = I_g / 1,5$ formülünden, $I_f = 33 / 1,5 = 22$ amper bulunur. Stator sargıları kalın kesitli ve

çok sargılı olduğundan güç katsayısı 0,8 olarak hesaplanmıştır.

Buna göre Inverterin çıkışı P_i , $P_i = 3 \cdot 37 \cdot 22 \cdot 0,8 = 1954 \text{ Watt}$ dir.

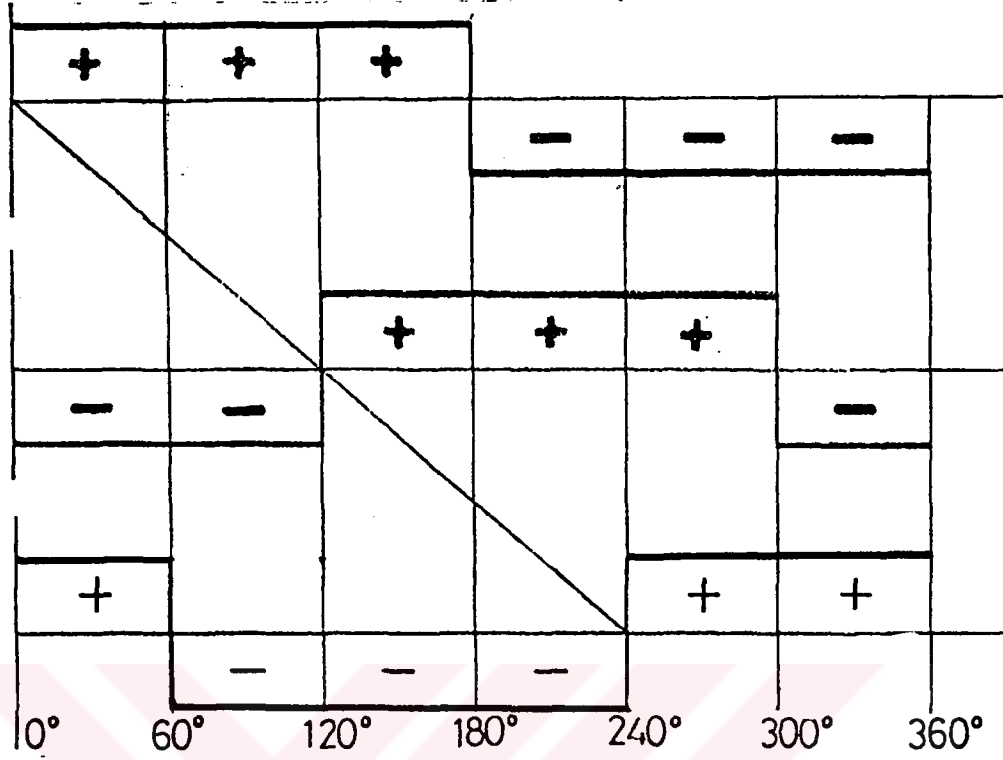


Şekil 3.6. D.A. kaynağı devresi

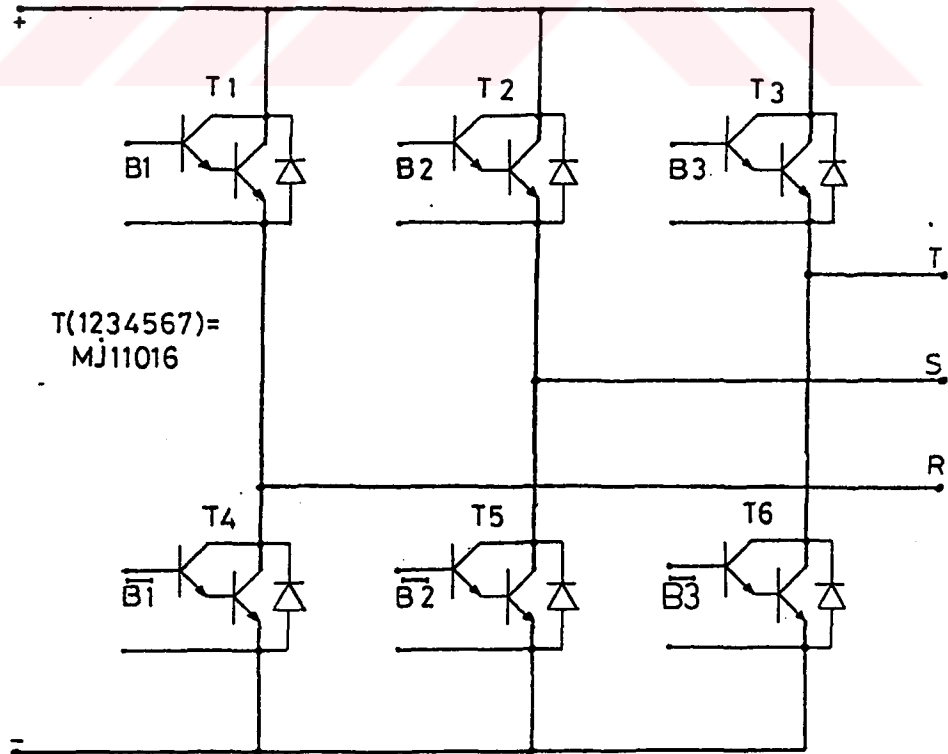
Şekilde 3.6'da D.A. kaynağı devresi görülmektedir.

3.2.2. Inverter güç devresi

3 fazlı, 1-10 hz arası ayarlı frekanslı ve kare dalga gerilimli A.A., inverterin güç devresinde transistörlerle elektronik olarak üretilmektedir. 3 fazlı kare dalgalı sinyallerin şekil 3.7' de görüldüğü gibi özellikleri taşıması gerekmektedir. Bu sinyallerde, her faza ait değişik açılarda (120 derece) iki adet (artı ve eksi alternans) sinyal bulunmaktadır. Böylece, 3 fazda 6 adet güç transistörü kullanılması gerekmektedir. 3 fazlı A.A.'ı elde etmek için güç transistörlerinin beyz uçlarına, sinyallerin ayrı ayrı uygulanmaları gerekmektedir. 3 fazlı zayıf sinyaller, mantık devresinde elde edilmektedir. Şekil 3.8'de inverter güç devresi görülmektedir.



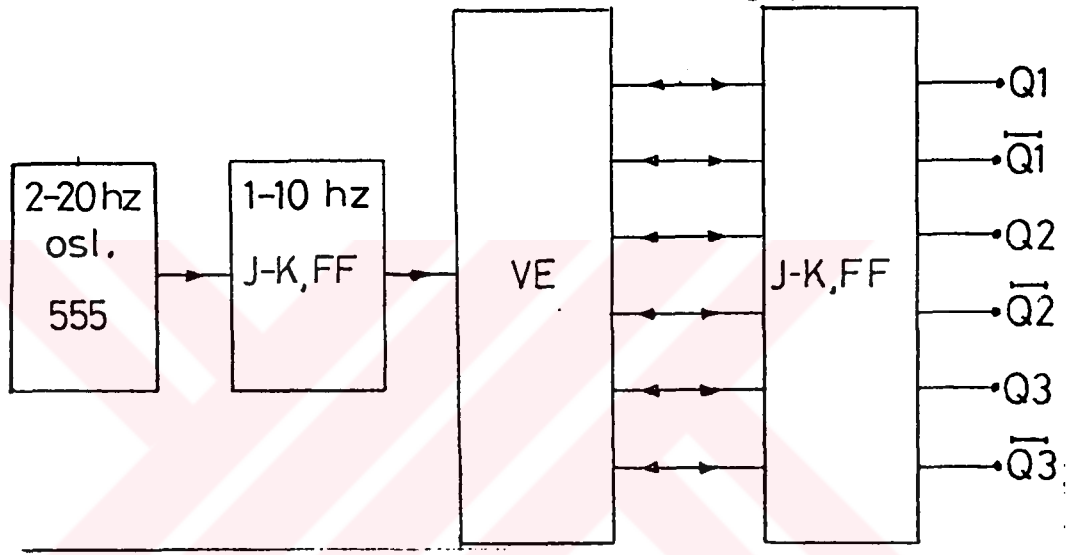
Şekil 3.7. 3 fazlı kare dalgalı sinyaller



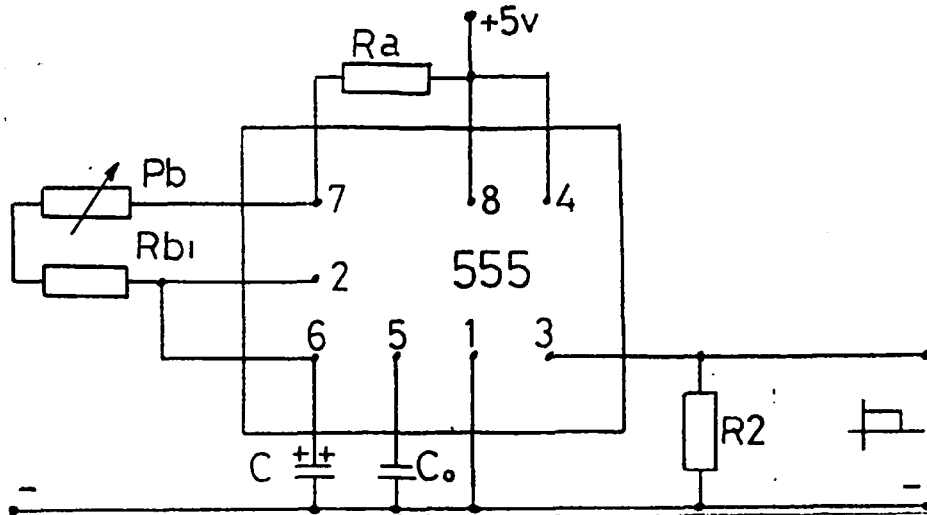
Şekil 3.8. Inverter güç devresi

3.2.3. Inverterin mantık kontrolu

Inverterin mantık kontrolunda; bir osilatörden çıkan kare dalgalı frekans, J-K, F-F ile ikiye bölünmekte ve yine VE geçitleri ve J-K, F-F'lerden oluşturulan devrede 3 adet artı (+) ve 3 adet eksi (-) sinyaller haline dönüştürülmektedir.Şekil 3.9' da inverterin mantık kontrolunun blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.9. Inverterin mantık kontrolu blok diyagramı



Şekil 3.10. Kare dalgalı frekans osilatörü

3.2.3.1. Kare dalgalı frekans osilatörü

555 nolu entegre ile yapılan bu osilatörde, frekans bir J-K, F-F ile ikiye bölündüğünden, 1-10 Hz'lik çıkış frekansı için, 2-20 Hz'de frekans üretilmektedir. Frekans, aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$f = 1/T = 1,44 / (R_a + 2.R_b).C \text{ ve } R_b = R_b + P_b \quad 3.7$$

Şekil 3.10'da kare dalgalı frekans osilatörü görülmektedir.

3.2.3.2. 3 fazlı sinyalin elde edilmesi

Şekil 3.7'de görülen sinyaller, mantık devresinde üretilmektedirler. Mantık devresi, J-K, F-F ve VE geçitlerinden oluşmaktadır. Böylece, Q1-Q2-Q3 ve $\overline{Q1}-\overline{Q2}-\overline{Q3}$ adlı üç fazlı sinyaller elde edilmektedir. Sinyallerin elde edilmesinde aşağıdaki işlemler yapılmaktadır.

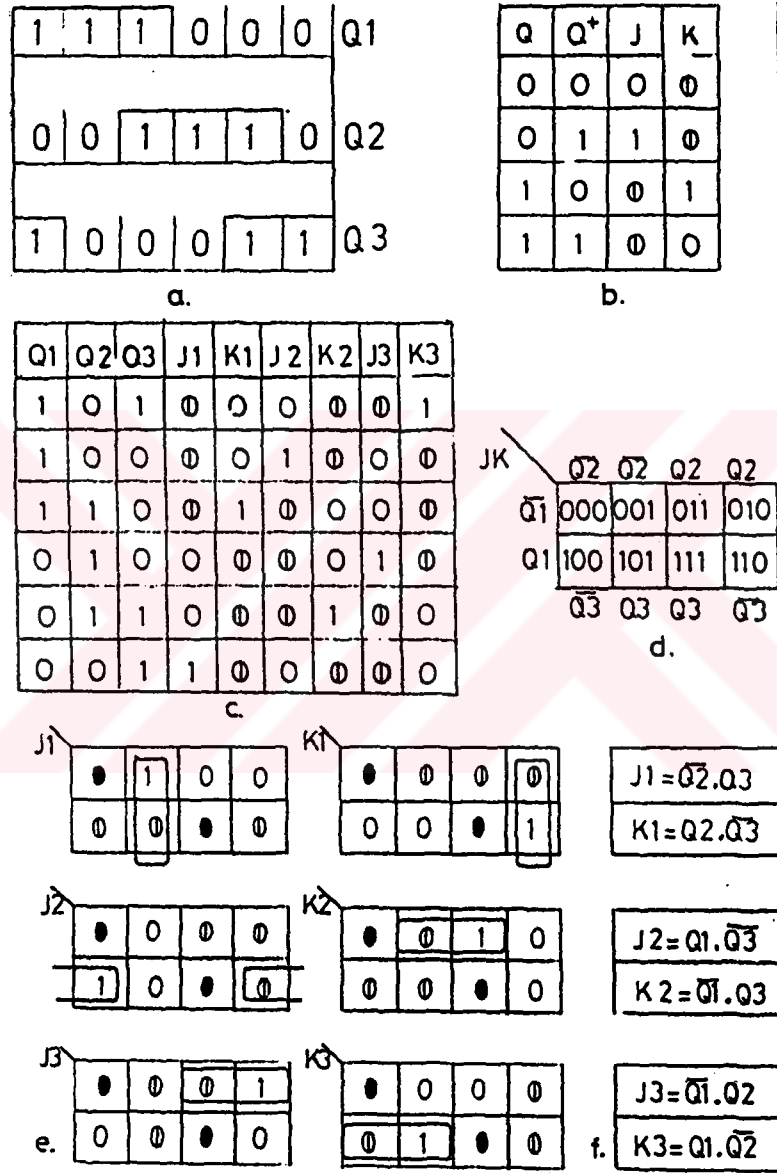
* Sinyaller bir (1) ve sıfır (0)'larla kodlanmaktadır.

* J-K, F-F doğruluk tablosundan faydalanılarak kodlamalar tablo haline getirilmektedir.

* Tablolar karno diyagramları haline getirilip, sonuç formülleri çıkarılmaktadır.

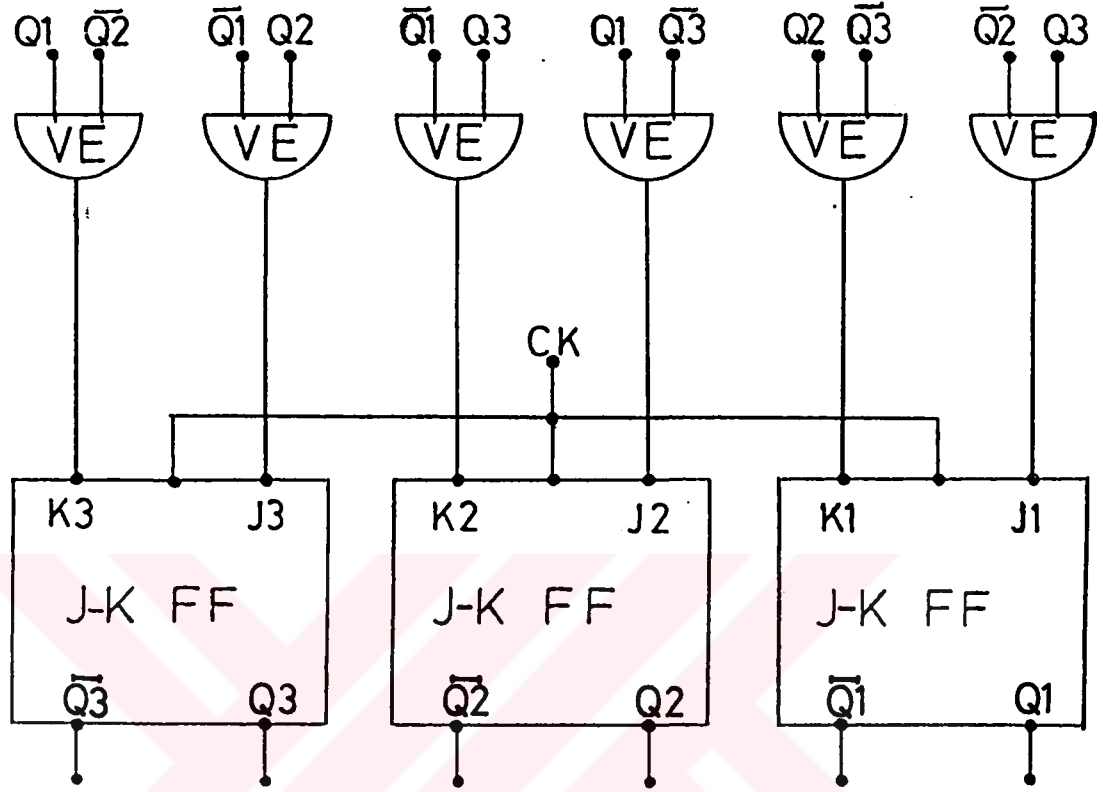
* Bu formüllerin ifade ettiği devre kurulmaktadır.

Şekil 3.11'de kodlamaların formüller haline getirilmesi ve şekil 3.12'de formüllerin ifade ettiği devre görülmektedir.

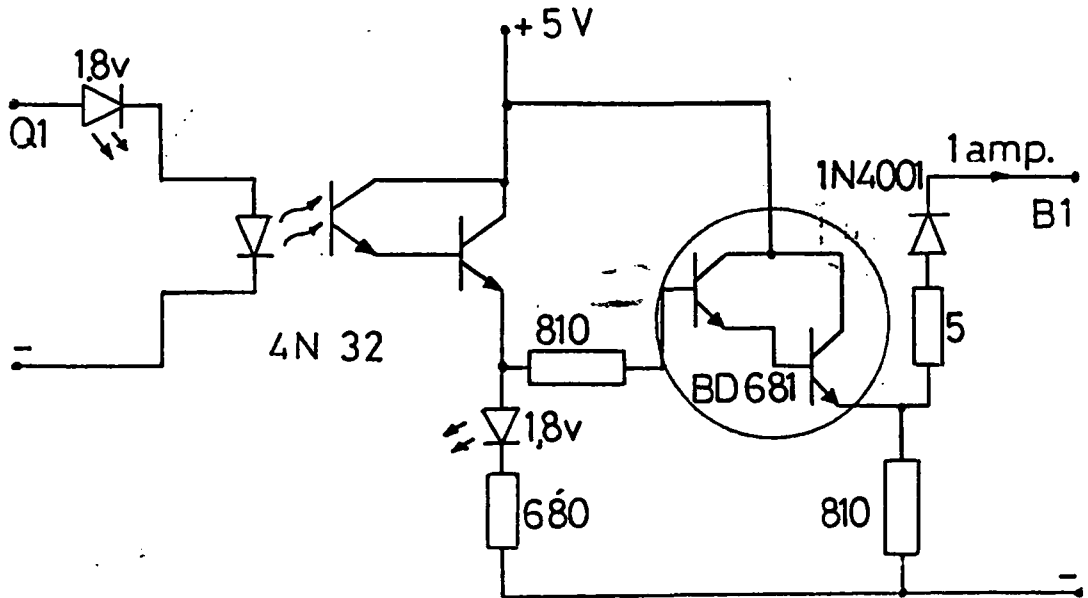


Şekil 3.11. Kodlamaların formüller haline getirilmesi

- Sinyallerin 1 ve 0'la kodlanması
- J-K, F-F doğruluk tablosu
- Kodlamaların tablo haline getirilmesi
- Karno diyagramı anahtar tablosu
- Tablonun karno diyagramları haline getirilmesi
- Karno diyagramlarından formüllerin çıkarılması



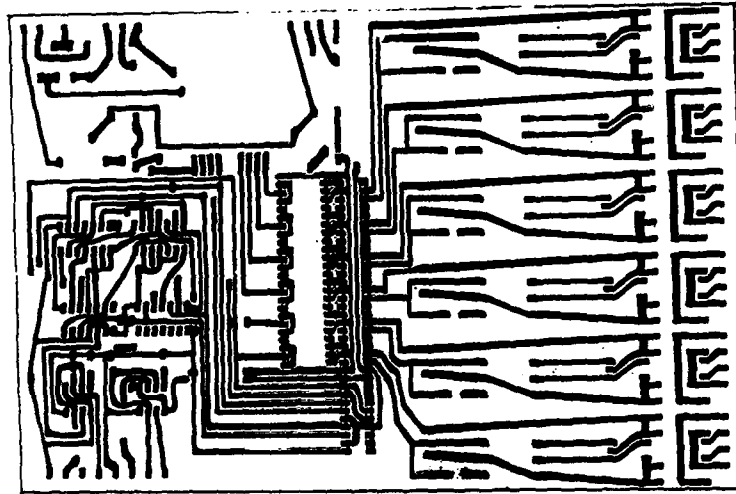
Şekil 3.12. Formüllerin ifade ettiği devre



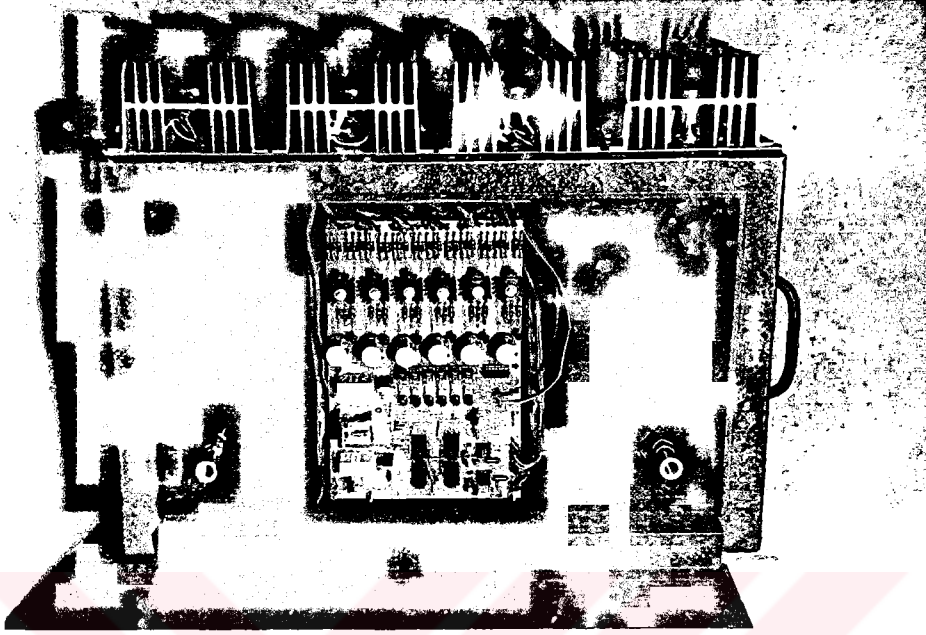
Şekil 3.13. Sinyal güçlendirme devresi

3.2.4. Sinyal güçlendirme (sürücü) devresi

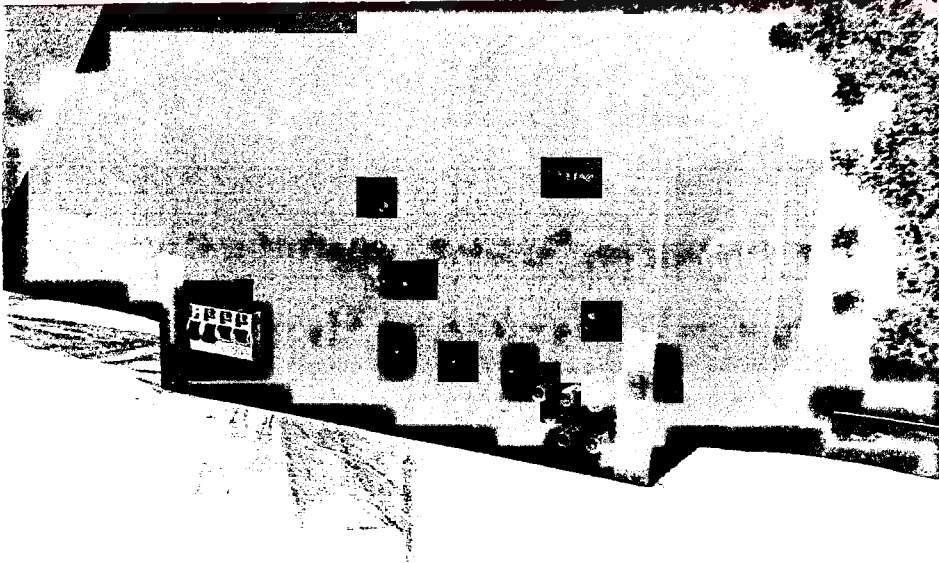
MJ11016 nolu güç transistörlerinin sürülmeleri, 1 amperlik akımla ve 5 votluk D.A. gerilimle sağlanmaktadır. Bunun için, 3 fazlı, 6 adet zayıf sinyaller, mantık devresinin emniyeti için 6 adet opto-izolatör (4N 32) katından geçirilmişlerdir. Sinyallerin güçlendirilmeleri BD 681 nolu darlington transistörlerle gerçekleştirilmektedir. Her sürücü katının beslenmesi, 5 volt'luk D.A. kaynaklarla ayrı ayrı (6 adet) sağlanmaktadır. Bu; güç transistörlerinin emiter veya kollektörlerinden kısa devre olmaması için yapılmaktadır. Şekil 3.13'de sinyal güçlendirme devresi görülmektedir. Her sürücü devrede bulunan iki adet kırmızı led diyot, zayıf ve güçlendirilmiş sinyalleri gözle izleme imkanı vermektedir. Şekil 3.14'de mantık ve sinyal güçlendirme devresinin, baskılı devresi görülmektedir. Şekil 3.15'de ise bütün inverter devrenin prototipi görülmektedir.



Şekil 3.14. Mantık ve sinyal güçlendirme baskılı devresi



a. Üst ve iç görünüş

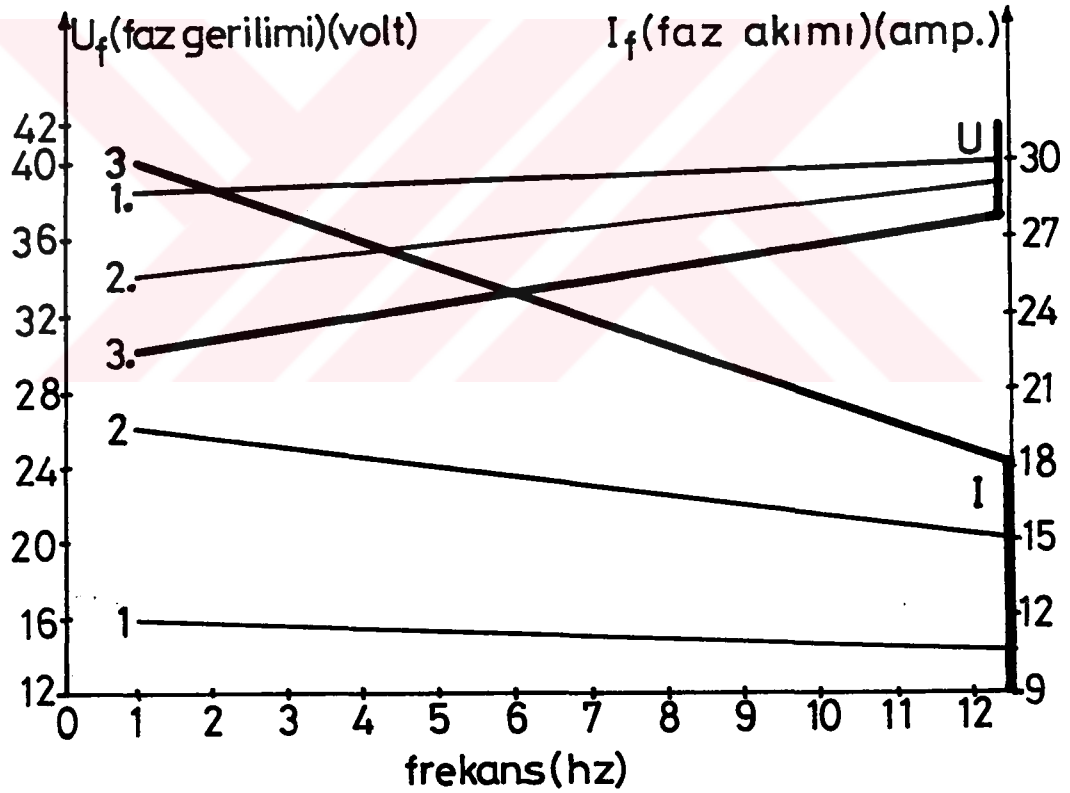


b. Ön panel görünüşü

Şekil 3.15. Inverter prototipi görünüşleri

3.3. Inverter Ve Statorun Çalıştırılması Deneyi

Inverter devre, statora bağlanarak çalıştırılmış ve ölçülen akım, gerilim ve frekans değerleriyle şekil 3.16'daki eğriler elde edilmiştir. Eğrilerde görülmekte olduğu gibi, frekans arttıkça faz gerilimi artmakta ve faz akımı küçülmektedir. Bunun sebebi, indüktif devrelerdeki reaktansın ($X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ ohm) frekansla artması ve devre akımının ($I = U/X_L$) azalması ile iç gerilim düşümlerinin azalıp, uç geriliminin artmasıdır.



1-1. Kademe
2-2. "
3-3. "

1-1. Kademe
2-2. "
3-3. " } 3Kademeli stator

Şekil 3.16. Akım, gerilim ve frekans eğrileri

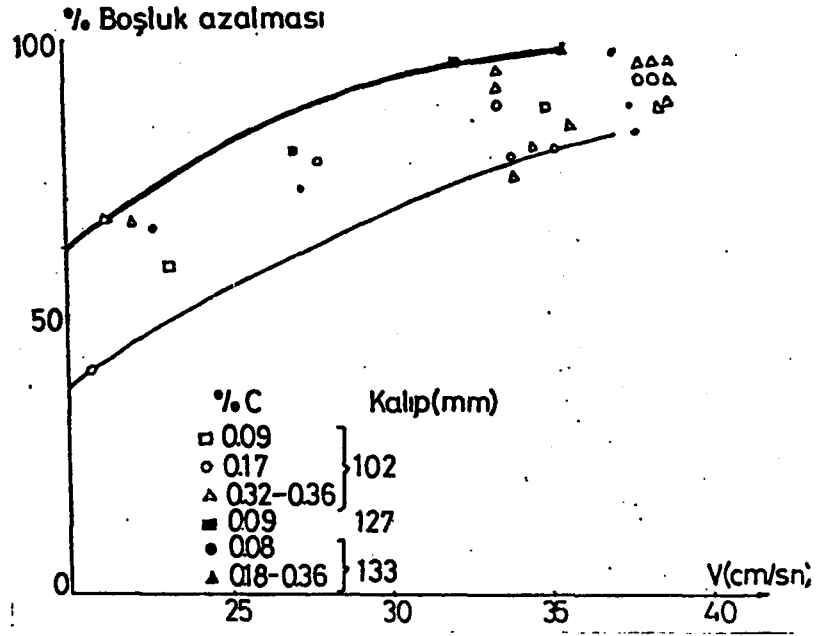
BÖLÜM 4

METALURJİK SONUÇLAR

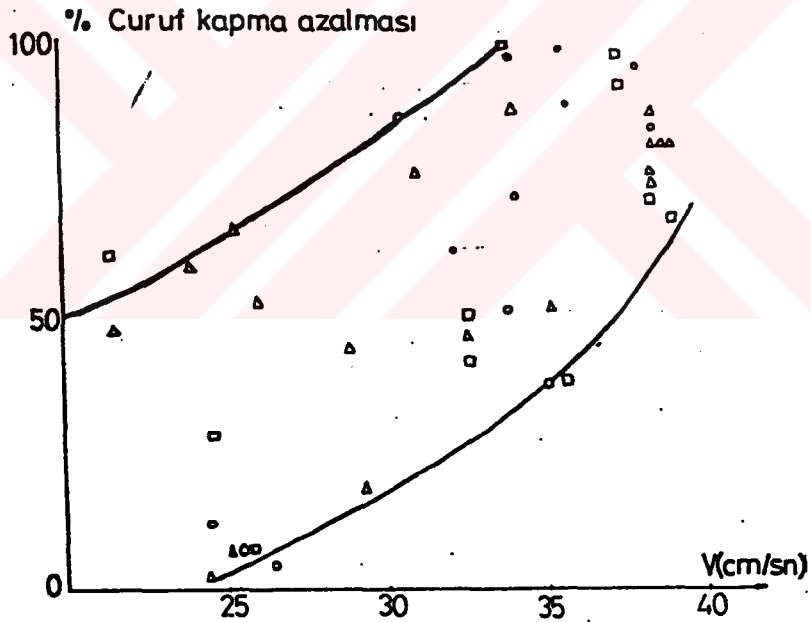
Manyetik döküm karıştırıcı ile elde edilen sonuçlar hakkında çok yazılar yayınlanmıştır. Bununla beraber karıştırmanın tesiri, metalin kompozisyonu ve pratik işleme bağlı olarak değişmektedir. Manyetik karıştırıcıda, alüminyum ve demir metallerinde, dönerek katılaştırma sağlanmıştır. En göze çarpan kalite artması;

- * Yüzey ve alt yüzey kalite artması,
- * Eş eksenli katılama yapısı,
- * Merkez hattı birikimi azalması şeklindedir.

Yüzey ve alt yüzey kalite artması, sadece menisküs bölgesinde yapılacak, tesirli bir karıştırma ile elde edilebilmektedir. Çünkü manyetik akı yoğunluğu karıştırıcı içinde taban ve tavana doğru azalmaktadır. Bunun için, karıştırıcı statorun üst kısmı, mümkün olduğu kadar menisküs bölgesine yakın veya biraz üstünde olmalıdır. Yüzeyde görülen ilk düzelme, küçük boşlukların kaybolmasıdır. Alt yüzeyde ise metal olmayan birikimler ve curuf kapma gibi olaylar da olmamaktadır. Karışma hızının boşluklardaki azalmalara etkisi şekil 4.1'de ve karışma hızının curuf kapmanın azalmasına etkisi ise şekil 4.2'de görülmektedir. 35-40 cm/sn'lik bir karışma hızı, boşluklarda ve curuf kapmada % 80-90'lık bir azalma sağlamaktadır.



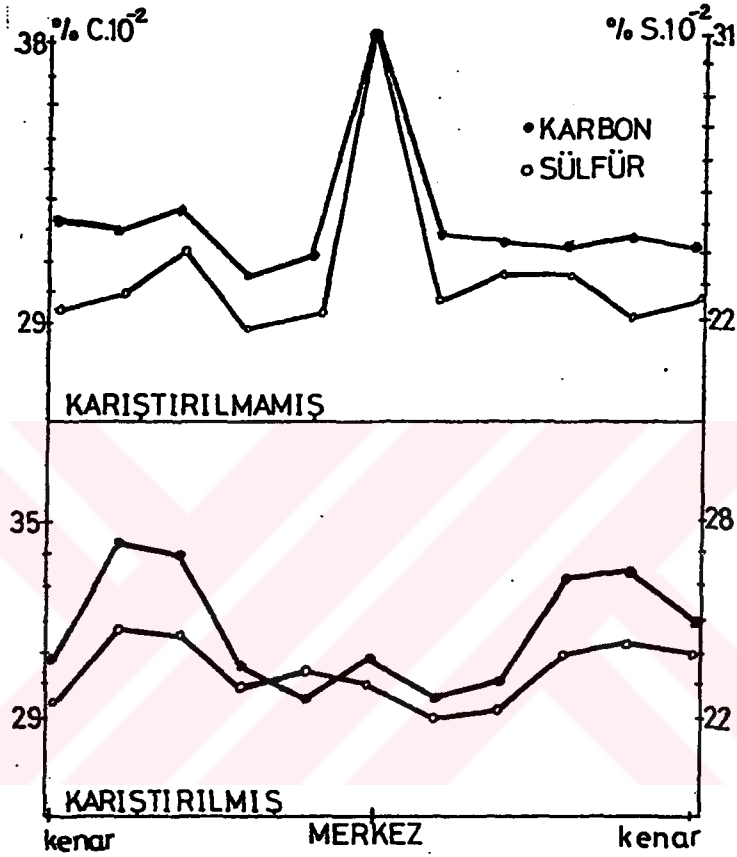
Şekil 4.1. Karışma hızının boşluk azalmasına etkisi



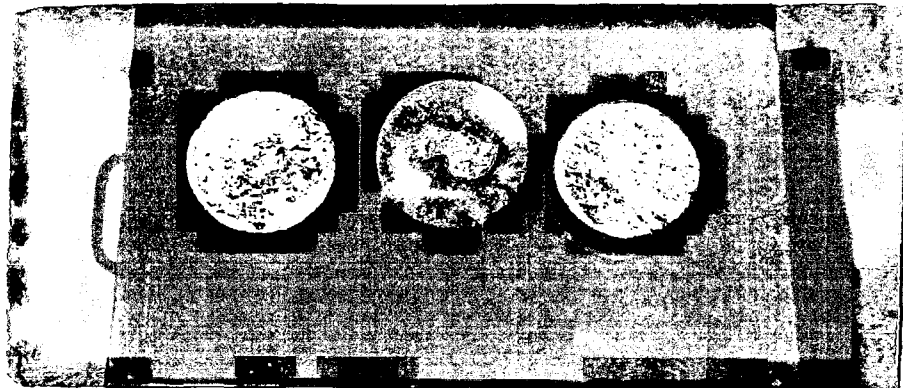
Şekil 4.2. Karışma hızının curuf kapma azalmasına etkisi

Eş eksenli katılaşma yapısı ve buna bağlı makro birikim karbon miktarı, kesit alanı ve döküm hızına bağlı olmakla beraber, karıştırıcı ile gözle görülür bir şekilde etkisi olmaktadır. Karıştırıcı, orta miktarda karbon (%0,02-0,045) bulunduran çelikler için her türlü kalite gelişmesini sağlamaktadır. Şekil 4.3'de ka-

riştirmalı ve karıştırmaksızın karbon ve sülfürün döküm merkezindeki birikimleri görölmektedir. şekil 4.4'de ise karıştırma ile katılaştırılmış alüminyum kütükler görölmektedir.



şekil 4.3. Karıştırmalı ve karıştırmaksızın karbon ve sülfürün döküm merkezindeki birikimleri



şekil 4.4. Karıştırma ile katılaştırılmış alüminyum kütükler ve metal üzerindeki karışma çizgileri

BÖLÜM 5

ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bu çalışmamız; erimiş metallerin katılaşmaları sırasında metalurjik ve fiziki yapılarında meydana gelen bozulmalar, bu bozulmaların giderilmesinde yeni bir metod olan kalıp etrafından manyetik karıştırma ve bir manyetik döküm karıştırıcı tasarımından oluşmaktadır.

Metalurji dalında bilindiği gibi, katılaşmış bir döküm metalinde; tanelerin eş eksenli katılaşmaması, küçük boşlukların kalması, curuf parçalarının karışması ve merkez hattında metal olmayan birikimler gibi metalurjik bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozulmaların her biri değişik metalurjik metodlarla giderilmeye çalışılmaktadır. Fakat, bütün bu bozulmaların hepsini birden düzeltebilecek ve yeni bir metod olan kalıp etrafından manyetik döküm karıştırma'dır. Bunun için, inverter (3 fazlı, ayarlı frekans ve gerilimli) ve kalıp etrafından karıştırma yapacak olan stator tasarımlanmıştır. Tasarım sonucunda inverter ve stator 2200 VA gücünde laboratuvar tipi prototip haline getirilmiştir. Prototiple değişik metallerin (alüminyum, demir) katılaştırılması sağlanmıştır. Katılaşan metallerin, malzeme laboratuvarında mikro ve makro yapıları incelenmiş ve normal yolla katılaşmış bir metale göre, istenilen gelişmeler sağlanmıştır. Prototip'in maliyeti iki milyon T.L.'dir. Döküm sanayiinde kullanılabilecek bir sürekli döküm sistemi yüz milyon T.L.'ye maledi-

lebilir. Türkiye'de henüz gelişmemiş olan bu döküm karıştırma sistemi, Japonya, Rusya, Avrupa ülkeleri ve Amerika da döküm endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de de bu döküm metodu'nun gelişebilmesi için, getirdiği yenilikler anlatılmalı ve derslerde işlenmelidir.

Teorik olarak bir asenkron motorun çalışma prensibine çok benzeyen bu döküm karıştırma metodunda yeni teorilere gerek yoktur. Fakat imalata yönelik bir düşünüşte, literatürün boş olduğu görülmüştür. Bunun için prototip imalatı tamamen beyin ürünü olmuştur. Sonunda istenilen performanslara yakınlıkta bir döküm karıştırıcı prototipi yapılmıştır. Inverter devredeki güç transistörleri, mantık devresinde oluşabilecek bir arıza ile bozulabilmektedir. Bunun için, transistörlere koruma devreleri eklemek ve mantık devresinin PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol) ile yapılması gerekmektedir. Gerilim kaynağının ayarı ise varyakla yapılmıştır. Bu da, varyakla yapılmayıp, güç transistörleri ile veya tiristörlerle yapılması gerekmektedir. Böylece inverter devrenin tamamen elektronik olması sağlanacaktır.

Çalışmamız daha geliştirilebilir. Inverter devredeki 30 amper -120 volt'luk darlington transistörler yerine, 200 amper-500 volt luk mosfet'ler kullanılarak sistem büyütülebilir. Ayrıca, inverter devrenin yapılmasının zorluğu ve ekonomik olmaması düşünülerek, ciddi bir çalışma ve araştırma ile hat frekansı (50 hz) kullanmak suretiyle değişik statorlar geliştirilebilir. Stator içindeki döner manyetik alanlı sarımlara, lineer manyetik alanlı sarımlar eklenerek, erimiş metal hareketi ve manyetik alan şekli helizoidal şekle dönüştürülebilir.

KAYNAKLAR

- 1 - Birat, J.P. ve Chone, J., "Electromagnetic Stirring on Billet, Bloom and Slab Continuous Casters. State of the Art in 1982 ", The 4th International Iron and Steel Congress, London, Mayıs, 1982
- 2 - Brochure CEM (Cie Electro Mechanique), Paris, No. 945
- 3 - Komatsu, M., "Et al", "Effect of Electromagnetic Stirring on Solidification Phenomena of Steels", Steelmaking Proceedings, AIME, Cilt. 66, s.143-149, 1983
- 4 - Kojima, S., "Et al", "Application of the Advanced Mold Stirring to a New Bloom Caster (Latest Technique of Kosmostir - Magnetogyr Process) ", Steelmaking Proceedings, AIME, Cilt. 66, s. 127-131, 1983
- 5 - Tekin, E., "Demirdışı Metaller ve Alaşımlarının Uygulanmalı Optik Metalografisi", SEGEM, Ankara, s.66-67, 1982
- 6 - Mulcahy, J., "Rotary Electromagnetic Stirring for Continuous Casting of Billets and Blooms", Iron and Steel Engineer, Whitby, Ont. Canada, s. 49-56, Temmuz 1984
- 7 - Tzavaras, A.A., "A Study of Segregation Phenomena in Steel Solidification Structures Grown Under Fluid Flow", Journal of Crystal Growth, 24/25, s.471-476, 1974

- 8 - Hurtuk, D.J., ve Tzavaras, A.A., " Some Effect of Electromagnetically Induced Fluid Flow on Macrosegregation in Continuously Cast Steel", Metallurgical Transactions B, 8, s. 243-251, 1977
- 9 - Szekely, j., Chang, C.W. ve Ryan, R.E., "Measurement and Prediction of the Melt Velocities in a Turbulent, Electromagnetically Driven Recirculating Low Melting Alloy System", Metallurgical Transactions B, 8, s. 333-337, 1977
- 10- Akimenko, A.D., "Et al", "Continuous Casting in Rotating Magnetic Field", Metallurgiya, Moscow, s. 127, 1971
- 11- Samarasekera, I.V., "Et al", "The Thermal Distortion of Continuous Casting Billet Molds", Metallurgical Transactions B, 13, s. 91-104, 1982
- 12- Mizukami, H., "Et al", "The Characteristics of Rotary Motor Type Electromagnetic Stirrer and the Effect of Fluid Flow on the Solidification Phenomena", Transactions ISI J, 22 B, sayı 12, s. 369, 1982



ÖZGEÇMİŞ

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Isparta'da tamamladıktan sonra, 1980 yılında Ankara Y.T.Ö.O.'na kayıt yaptırdı. 1985 yılında, aynı okuldan G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi olarak değişmiş adıyla Elektrik Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Bölümünde Yüksek Lisans çalışmalarına başladı. 1986 yılından beri G.Ü.T.E.F. Elektrik Eğitimi Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. 1989 yılından beri de YÖK kanalıyla gönderilerek, İngiltere'de aylık bir İngilizce kursundan sonra, İngiltere - Sussex Üniversitesi Elektrik Mühendisliğinde, "Lineer Motorun Hava Aralığındaki Sensörler ile Pozisyon Kontrolü", adlı konuda doktora çalışmalarına devam etmektedir.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi