

CİLT 7 SAYI 2 ARALIK 1992 ISSN 1019-1011
VOL NO DECEMBER

İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)

- Yeşilova-Tefenni (Burdur) Arası Ofiyolitleri ve Kromit Cevherleşmeeri
Between Yeşilova and Tefenni (Burdur) Ophiolites and Mineralization of Chromites
Mustafa KURNAZ, Mesut ANIL.....1
- Çevretepe (Ceyhan-Adana) Manganez Yataklarının İncelenmesi
Metallogenical Investigation on Manganese Deposits of Çevretepe (Ceyhan-Adana)
Murat ERDEMOĞLU, Servet YAMAN.....25
- Periyodik Isı Yüklerine Maruz Binalarda Konfor Şartlarının İncelenmesi
Investigation of Comfort Conditions in Building Subjected to the Effect of Periodic Heat Loads
R.Tuğrul OĞULATA, Tuncay YILMAZ, Hilmi R. BEĞAKI.....43
- Türkiye'deki Bazı Baraj Haznelerinde Sediment Çökmesi Üzerine Bir İnceleme
An Investigation of Sediment Deposition in Some Dam Reservoirs in Türkiye
M.Salih KIRKGÖZ, Riyadh ASAAD, Zeliha ÖZCAN.....53
- A Novel Pneumatic Pressure Measuring Device
PNömatik Basınç Ölçümünde Yeni Bir Cihaz
Karuppanan BALASUBRAMANIAN, Ziya Gökalp ALTUN,
Kamil GÜVEN, Tankut YALÇINÖZ.....65
- Silindirik Yapılardaki Dış Akımda Akış Kaynaklı Titreşimler İçin Korelasyon Modeli
Correlation Model for Flow-Induced Oscillations in External Flow Around Cylindrical Structures
Suat CANBAZOĞLU.....75
- Architectural Design and Transfer of Learning
Mimari Tasarım Ve Öğrenme Transferi
Faruk Yalçın UĞURLU.....81
- Konut Tasarım Sistemine Bir Model Yaklaşımı
A Model Approach to Housing Design System
Faruk Yalçın UĞURLU.....91
- Eksenel Yüklenmiş Konik Yaylarda Yay Rijitliğine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi
Investigation of Parameters Affecting the Stiffness of Conical Spring Loaded Axially
Vebil HAKTANIR.....99

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

Aziz ERTUNÇ

Çukurova Üniversitesi

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

Editör

Mesut ANIL

YAYIN KURULU

Mesut ANIL

Cengiz DÜNDAR

Fikret İŞLER

Beşir ŞAHİN

Yusuf GÜRÇINAR

YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)

Nur AKIN (İ.T.Ü.)

Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)

Fazlı ARSLAN (K.T.Ü.)

Ahmet AYHAN (S.Ü.)

Fevzi BİNGÖL (F.Ü.)

Atila BOZACI (İ.T.Ü.)

Ataman DEMİR (M.S.Ü.)

Tuncay EGE (G.Ü.)

İlhan ERHAN (M.S.Ü.)

Okay EROSKAY (İ.Ü.)

Ergun GEDİKOĞLU (İ.T.Ü.)

Cemal GÖNCÜOĞLU (O.D.T.Ü.)

Cahit HELVACI (D.E.Ü.)

M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)

Erhan KIRAL (Ç.Ü.)

Erdem KOÇ (Ç.Ü.)

Engin MERİÇ (İ.Ü.)

İ.Kutay ÖZAYDIN (Y.Ü.)

Kazım PIHTILI (F.Ü.)

M.Arslan TEKİNSOY (Ç.Ü.)

Gökhan UZGÖREN (İ.Ü.)

Servet YAMAN (Ç.Ü.)

Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)

İ.Deniz AKÇALI (Ç.Ü.)

Ergin ARIOĞLU (İ.T.Ü.)

Mustafa ARSLANER (K.T.Ü.)

Teoman AYHAN (K.T.Ü.)

Ergüzer BİNGÖL (M.T.A.)

Gürel ÇAM (G.Ü.)

Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)

Ayhan ERLER (O.D.T.Ü.)

Veysel EROĞLU (İ.T.Ü.)

Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)

Tuğrul GÖNCEL (Ç.Ü.)

M.Yılmaz GÜRLEYİK (K.T.Ü.)

Erdiç KALUÇ (İ.T.Ü.)

Erdal KEREY (F.Ü.)

Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)

Muhammet KÖKSAL (G.Ü.)

Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)

Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)

Yusuf TATAR (F.Ü.)

Selçuk TOKEL (K.T.Ü.)

İbrahim UZMAY (E.Ü.)

Tahir YAVUZ (K.T.Ü.)

Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)

YAZIŞMA ADRESİ:

Ç.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı

011330 Balcalı/ADANA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ DERGİSİ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 7 SAYI 2 ARALIK 1992 ISSN 1019-1011
VOL NO DECEMBER

İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)

- Yeşilova-Tefenni (Burdur) Arası Ofiyolitleri ve Kromit Cevherleşmeleri
Between Yeşilova and Tefenni (Burdur) Ophiolites and Mineralization of Chromites
Mustafa KURNAZ, Mesut ANIL.....1
- Çevretepe (Ceyhan-Adana) Manganez Yataklarının İncelenmesi
Metallogenical Investigation on Manganese Deposits of Çevretepe (Ceyhan-Adana)
Murat ERDEMOĞLU, Servet YAMAN.....25
- Periyodik Isı Yüklerine Maruz Binalarda Konfor Şartlarının İncelenmesi
Investigation of Comfort Conditions in Building Subjected to the Effect of Periodic Heat Loads
R.Tuğrul OĞULATA, Tuncay YILMAZ, Hilmi R. BEĞAKI.....43
- Türkiye'deki Bazı Baraj Haznelerinde Sediment Çökmesi Üzerine Bir İnceleme
An Investigation of Sediment Deposition in Some Dam Reservoirs in Türkiye
M.Salih KIRKGÖZ, Riyadh ASAAD, Zeliha ÖZCAN.....53
- A Novel Pneumatic Pressure Measuring Device
Pnömatik Basınç Ölçümünde Yeni Bir Cihaz
Karuppanan BALASUBRAMANIAN, Ziya Gökalp ALTUN,
Kamil GÜVEN, Tankut YALÇINÖZ.....65
- Silindirik Yapılardaki Dış Akımda Akış Kaynaklı Titreşimler İçin Korelasyon Modeli
Correlation Model for Flow-Induced Oscillations in External Flow Around Cylindrical Structures
Suat CANBAZOĞLU.....75
- Architectural Design and Transfer of Learning
Mimari Tasarım Ve Öğrenme Transferi
Faruk Yalçın UĞURLU.....81
- Konut Tasarım Sistemine Bir Model Yaklaşımı
A Model Approach to Housing Design System
Faruk Yalçın UĞURLU.....91
- Eksenel Yüklenmiş Konik Yaylarda Yay Rijitliğine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi
Investigation of Parameters Affecting the Stiffness of Conical Spring Loaded Axially
Vebil HAKTANIR.....99

| | |
|---|-----|
| Yalıtım Malzemelerinin Isı İletim Katsayılarının Ölçülmesi <i>Measuring Thermal Conductivity of Insulating Materials</i> Tuncay YILMAZ, Hatice M. ATMACA..... | 111 |
| Konvansiyonel Torna Tezghasının Bilgisayar ile Geri Beslemeli Kontrolü <i>A Feedback Control of Conventional Lathe by Computer</i> Ömer EMİR, Erdem KOÇ..... | 123 |
| Mekanik Radyal Yüzey Sızdırmazlık Elemanlarının Analizi: Teorik Yaklaşım <i>The Analysis of Mechanical Radial Face Seals: Theoretical Approach</i> Erdem KOÇ, Emel Ceyhun ÇULHA..... | 133 |
| The High Temperature Oxidation Behaviour of Ceramic Coated Fe-18% Cr Alloys <i>Seramik Kaplı Fe-%18 Cr Alaşımının Yüksek Sıcaklık Oksidasyon Davranışı</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Abdulkadir YAŞAR..... | 149 |
| Kalite ve ISO 9000 Standartları <i>Quality Concepts and ISO 9000 Standarts</i> O.Tuğrul GÖNCEL..... | 163 |
| Drive Frequency-In Design of Vibratory Feeders <i>Titreşimli Besleyicilerin Dizaynında Tahrik Frekansı</i> İbrahim UZMAY, Şükrü SU..... | 173 |
| An Investigation of Three Dimensional Heat Flow During Spot Welding Using Computer Simulation Techniques <i>Nokta Kaynağında Isı Akışının Bilgisayar Simülasyon Tekniğiyle</i> <i>3-Boyutta İncelenmesi</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Ercüment ÜNAL..... | 179 |
| X-Ağız Formunda ITAB'nın Bilgisayar Simülasyon Yöntemiyle Üç Boyutlu Olarak Belirlenmesi <i>Determination of HAZ in 3-D Around X Type Joints by Computer Simulation</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Onur GÜVEN..... | 189 |
| Computer Aided Design of Gears in Multi-Speed Gearboxes <i>Çok Kademeli Dişli Kutularında Dişlilerin Bilgisayar Yardımlı Tasarımı</i> İ.Hüseyin FİLİZ..... | 199 |

YEŞİLOVA-TEFENNİ (BURDUR) ARASI OFİYOLİTLERİ VE KROMİT CEVHERLEŞMELERİ*

Mustafa KURNAZ

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana / Türkiye

Mesut ANIL

Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Yeşilova-Tefenni (Burdur-Batı Toroslar) batısında yer alan inceleme alanında ofiyolitik birlik ve bu birlik üzerine uyumsuz olarak oturan Eosen yaşlı sedimanter kayalar yüzeylenmektedir. Üst Kretase'de bölgeye yerleşen Yeşilova ofiyoliti içinde çoğu düzensiz (podiform) ve genellikle küçük rezervli kromit cevherleşmeleri görülür. Masif, saçınımlı, bantlı ve seyrek olarak da nodüler tipte cevher tiplerinin görüldüğü inceleme alanındaki ocaklarda kromit tenörü %25-55 arasında seyretmektedir. Pendlandit, millerit gibi nikel sülfid mineralleriyle manyetit gibi dönüşüm minerallerinin de görüldüğü kromit cevherlerinde yoğun bir tektonizma izleri gözlenmektedir.

BETWEEN YEŞİLOVA AND TEFENNİ (BURDUR) OPHIOLITES AND MINERALIZATION OF CHROMITES

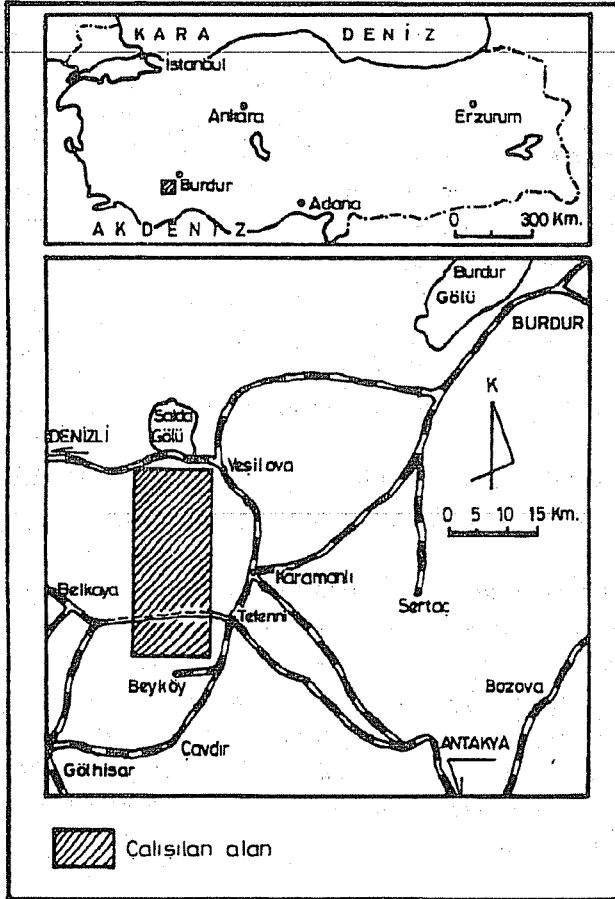
ABSTRACT : Rocks belonging to the ophiolitic formations and sedimentary rock of Eocene age laying in disconformity appear at the surface in the study region, which is located west of Yeşilova-Tefenni district at the West Taurus range of the Burdur area. Embedded within the Yeşilova Ophiolite which is situated in the region at the Upper Cretaceous, chromite ore formations are observed mainly in small quantities and in an irregular pattern. In the existing ore quarries located at the study area, the proportion of the Cr_2O_3 present in the ores ranges between 25% to 55%, where massive, disseminate, banded, and scarcely nodular ore formation types prevail. Tracks of an intensive tectonization process are overtly observed within these chromite formations, among which nickel sulfid minerals as pendlandite and millerite and transformation minerals such as magnetite also exist.

* Ç.Ü. FBE Master Tezi / Ç.Ü. INS Master Thessis

1. GİRİŞ

Batı Toros teknesi içerisinde yer alan Burdur ilinin yaklaşık 60 km güney batısında 295 km²'lik bir alanı kapsamakta olan inceleme alanı Yeşilova-Tefenni ilçelerinin batısında Salda gölünün güneyinde yer almaktadır (Şekil 1).

Burdur-Yeşilova-Tefenni ve çevresinde gerçekleştirilen ilk çalışmalar 1800'lü yıllara kadar uzanır. Sparr ve Forbes (1), Tchihatcheff (2), Tietze (3) bölgeye ait ilk jeolojik bilgileri veren araştırmacılar. 1900'lü yılların ikinci yarısından itibaren bölgede önemli çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, bunlar arasında Altunlu (4), Borchert (5.6), Flugel (7), Colin (8), Graciansky (9), Sarp (10), Yıldız ve diğerleri (11), Poisson (12), Erkman ve diğ. (13), Günay ve diğ. (14), Karaman (15), Tuncay (16) ve Ersoy (17)'un çalışmaları başlıcalarıdır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ

Bu çalışmada Yeşilova ofiyoliti içinde yer alan kayaların petrografik özellikleriyle, içinde bulundukları kromit cevherleşmelerinin jeolojik ve metalojenik özellikleri bir master tezi çerçevesinde incelenmiştir.

JEOLOJİK KONUM

Çalışma alanında allokton özellikteki Yeşilova ofiyoliti ve bu seri üzerine diskordansla oturan Eosen yaşlı Varsakyayla formasyonu ile Plio-Kuvaterner yaşlı Niyazlar formasyonu yüzeylemektedir (Şekil 2).

Mesozoyik yaşlı kireçtaşları üzerine bindirmeyle yerleşen ofiyolitik birim Sarp (10) tarafından Yeşilova ofiyoliti olarak adlandırılmıştır. Bu birlik bölgede harzburjitik ektonitler, kümülatlar, dayk karmaşığı ve volkanitlerden oluşmuştur. Yeşilova ofiyolitinin tabanındaki Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarıyla olan dokanağı inceleme alanında gözlenmemekle beraber, saha dışında bu dokanak tektonik özelliktedir. Çalışma alanında yüzeyleyen kayaların birbiriyle olan ilişkileri Şekil 3'deki kesitlerde gösterilmiştir.

Tefenni-Yeşilova arasında kuzey-güney istikametinde yer alan inceleme alanındaki Yeşilova ofiyoliti içinde en büyük oram harzburjitik tektonitler oluşturur. Bunların içinde yer yer görülen dünit, lertzolit ve verlit bandları haritalanacak büyüklükte mostra vermezler. Çoğu kez aşırı derecede serpantinleşme nedeniyle yüzey kısımlarında koyu yeşil ve kahverengili bir zırla kaplı olan bu kayalarda çıplak gözle görülebilen kırık şebekeleri bulunmaktadır.

Harzburjitletler üzerinde tektonik bir dokanakla yer alan kümülatlar ve onların görülmediği yerlerde ofiyolitik melanaj ve bunların üstünde de diskordansla oturan Varsakyayla formasyonu yer alır. Tektonitler ve kümülatlar içinde gabro, piroksen ve diyabaz damarlarıyla kalınlıkları 5-20m arasında değişen dolerit-diyabaz dayklarının tüm plütonik kütleyle kestiği gözlenmektedir. Tektonitler içinde genellikle dünitik bir zarfla çevrili kromit adese, band ve filonların yer yer ekonomik özelliktedir.

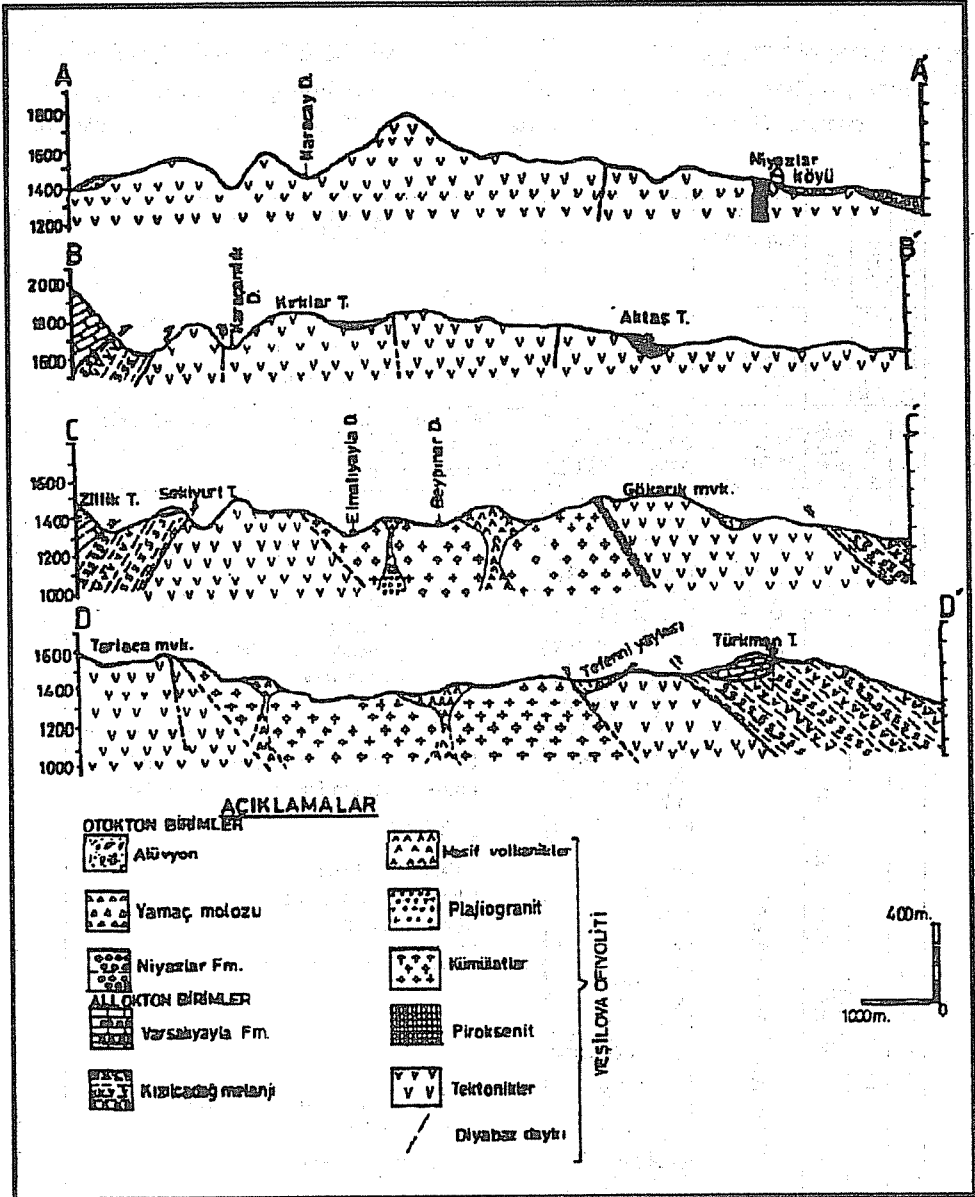
Ofiyolitik seri üzerine uyumsuz olarak gelen ve Poisson (12) tarafından Varsakyayla formasyonu olarak adlandırılan, bol fosil içerikli, tabakalı kireçtaşı ve ofiyolitik parçalar içeren çakıltaşları ile güncel formasyonlar inceleme alanının diğer birimlerini oluşturur. Bölge için genelleştirilmiş dikme kesit Şekil 4'de verilmiştir.

3. PETROGRAFI

3.1 Tektonitler

Siyahımsı, koyu yeşil ve kahverengi renkleri ve yer yer parlayan iri ortopiroksen kristalleriyle dikkat çeken harzburjitik tektonitler kümülatlara göre daha sarp ve kayalık bir topoğrafya sunarlar. Seyrek de olsa yer yer kalınlıkları 0,5-3m arasında değişen dünit/harzburjitic ardalanmasından oluşan magmatik katmanlanmalara rastlanır. Bazen kromit içeren dünit bandlarında bile küçük ölçekli kıvrımlanmalar görülür. Bu gözlemler tektonitlerin yüksek sıcaklık ve yan basınçlar etkisiyle daha mantodayken plastik

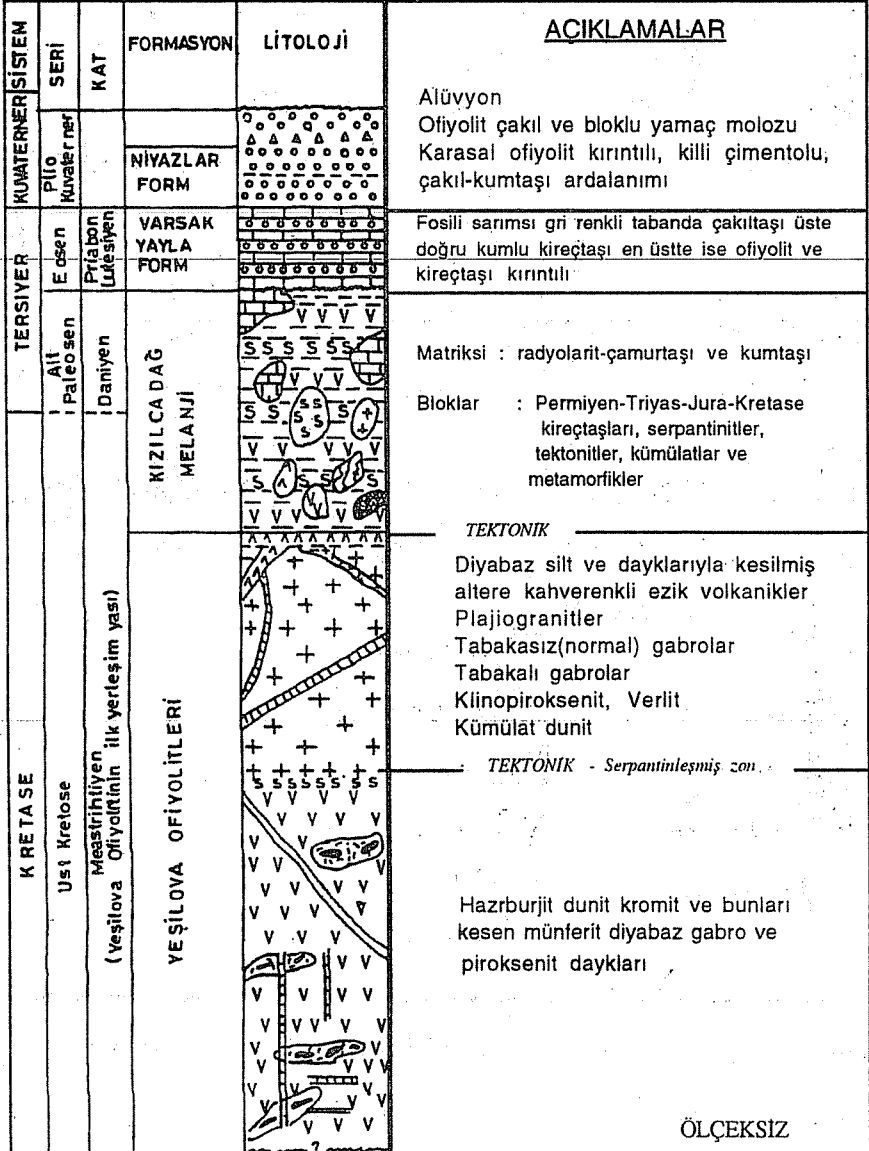
YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ



Şekil 3. Jeoloji haritasına ait A-A', B-B', C-C' ve D-D' jeolojik enine kesitleri.

deformasyon geçirdiğini kanıtlar (13). Harzburjitik tektonitler mineralojik bileşimi farklı damar kayaları tarafından kesilmiş olup, bunların çoğu piroksenit ve gabro damarcıklarıdır.

Mikroskopik incelemelerde bu kayaların başlıca olivin ve çok düşük oranlarda kromit kristallerinden oluştuğu görülür. Genellikle porfiroklastik bir doku içinde ileri derecede parçalanmaya uğramış olivin kristalleriyle, içinde yer yer klinopiroksen inklüzyonları içeren iri enstatit kristalleri gözlenmektedir (Levha 1, Şekil 1). Olivin kristallerinin



ÖLÇESİZ

Şekil 4. Yeşilova-Tefenni (Burdur) dolaylarının genelleştirilmiş dikme kesiti.

özellikle çatlak zonlarından başlayarak serpantin grubu minerallerine dönüştüğü gözlenirken enstatit kristallerinde bükülme, kıvrımlanma ve bastılaşmalar görülür. Kromit kristalleri çoğu kez yarı özşekilli ve özşekilsiz özellikte olup, bunlarda da tıpkı olivinlerde olduğu gibi parçalanma izleri görülür. Özellikle serpantinleşme sırasında ortaya çıkan demir oksitten kaynaklanan özşekilsiz opaklara da yer yer rastlanır.

Harzburjitik tektonitler içinde iç yapıya genellikle uyumlu katmanlar, bazen de tektonik dokanıklı mercekler şeklinde dünit, lertzolit ve verlit aralanmalarına rastlanır. Dunit bandları içinde seyrek de olsa saçınımlı kromit kristalleri görülür.

3.2 Kümülatlar

İnceleme alanında dünitik kümülatlar, gabroyik kümülatlar ve piroksenolitik kümülatlar ayırt edilmekle beraber bunlardan yalnızca gabroyik kümülatlar haritalanabilmiştir.

Kümülatların alttaki tektonitlerle olan dokanağı daha çok tektonik özelliktedir. Üstte ise uyumsuz olarak volkanikler ve ofiyolitik melanj yer alır. İnceleme alanının güneyinde geniş alan kaplayan kümülatlarda en alta dünit, orta kesimlerinde dünit-verlit aralanması, ultramafik piroksenolitler ve en üstte ise tabakalı ve tabakasız gabrolar görülür. Bu seri içinde de tıpkı tektonitler içinde görüldüğü gibi deformasyon izleri görülür. Ancak deformasyon şiddetinin alttan üste doğru azaldığı açıkça izlenebilmektedir.

3.2.1 Peridotitik Kümülatlar

Esas olarak masif dünit, dünitik ve piroksenolitik katmanlanmalarla aralanmalı verilten oluşan bu kayalar bölgede fazla bir kalınlığa sahip değildir.

Dünitlerin esas minerali olivin olup, kayalar içinde ayrıca %2-5 arasında saçınımlı kromit bulunmaktadır. Yarı özşekilli ve özşekilsiz olivin kristallerinde parçalanmalar ve bu kırıkların çeperlerinden başlayarak gelişen serpantin grubu mineralleri yaygındır (Levha 1, Şekil 2).

Piroksen kristalleri toplam kayalar içinde %5'in altında kalır ve genellikle ortopiroksen bileşimindedir. İri enstatit kristalleri içinde yer yer çok ince eksolüsyonlar halinde klinopiroksen kristalleri de gözlenmektedir.

Dünit içindeki kromitlerin genellikle özşekilli ve yarı özşekilli az deforme olmuş kristaller halinde olup, boyutları çoğu kez 0,2 mm'nin altındadır.

Manyetit seyrek olarak mikro taneler halinde ya da kılcal damarlar şeklinde olivin tanelerinin çeperlerinde gelişmiş olarak görülürler.

Masif dünitler üzerinde bulunan piroksenit ve şeritsel dünitlerle aralanmalı verlit katmanları içinde piroksen miktarı %40-60 kadardır. Daha çok ojit bileşimindeki bu minerallerde seyrek de olsa kloritleşmeler görülür. Ortopiroksen yüzdesi %5'i geçmez.

Olivin miktarı %35-45 arasında değişir ve daha çok özşekilsiz taneler halindedir. Kırık ve çatlakları boyunca serpantinleşmelerin görüldüğü ve muhtemelen bu dönüşümler sırasında açığa çıkan demir oksitin de özşekilsiz opakları oluşturduğu anlaşılmaktadır.

3.2.2 Piroksenolitik Kümülatlar

Gümüş yeşili renkleriyle dikkat çeken ve çoğu kez iri kristalleriyle pegmatitik bir özellik taşıyan piroksenolitik kümülatlar, inceleme alanının bir çok yerinde gözlenmelerine rağmen haritalanacak büyüklükte mostra vermezler. Yer yer dünitik bandlarla aralanmış olarak görülen piroksenolitler içinde bazen verlit bandları da görülür.

Taneli bir doku içinde öz ve yarı özşekilli boyutları 2-7 mm boyutundaki iri piroksen kristalleri kayaca pegmatitik bir özellik kazandırmıştır.

Klinopiroksen kayacın hakim minerali olup kayacın %75-95'ini oluşturur. Daha çok diallaj, ojit ve seyrek olarak da diopsid özelliğindedir (Levha 1, Şekil 3).

Ortopiroksen daima kayacın %20'sinden aşağıdaki oranlarda bulunur ve yer yer bastılaşma belirtileri göstermektedir.

Olivin oldukça az ve genellikle interkümüllüs özelliğindedir. Çoğu kez az çok serpantinize olmuş durumdadır.

Seyrek olarak küçük boyutlu opaklara da rastlanmıştır.

3.2.3 Gabroyik Kümülatlar

Kümülatların en üst seviyesini oluştururlar. İnceleme alanında oldukça yaygın olarak yüzeyleyen bu kayalar ve lökokrat özellikleriyle dikkat çekerler. Daha çok masif gabrolar yaygın olmakla beraber tabakalı gabrolara da rastlanır. Tektonitlerle olan dokanakları tektonik olup, bu kontaklarda yer yer kıvrımlanmalar görülür. Kuzeyden güneye doğru sürüklenme sonucu gelişen bu kıvrımlanmalarda kayacın şisti bir özellik kazanarak amfibole dönüştüğü gözlenmiştir.

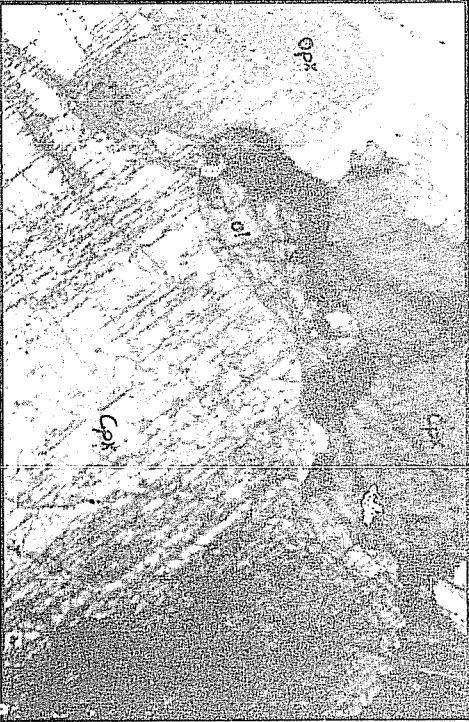
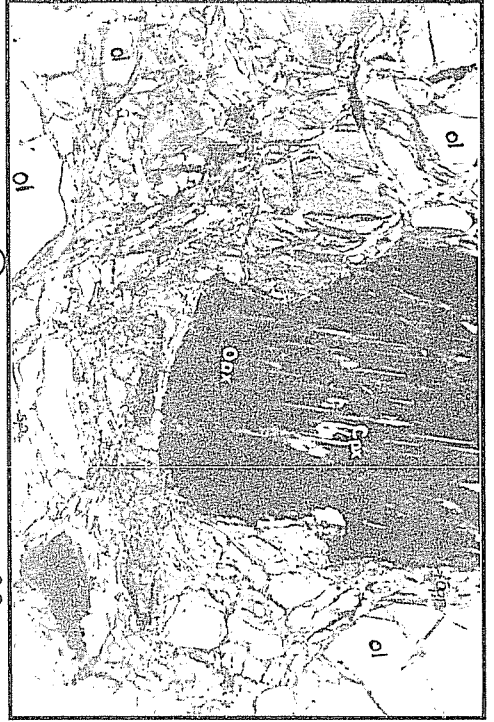
Mikroskopik incelemelerde piroksen, plajioklas ve olivin kristallerinin artıp çoğalmasıyla değişen gabro fasiyesleri ayırt edilmektedir.

Klinopiroksen kayacın %30-50'sini oluşturur (Levha 1, Şekil 4). Yer yer prizmatik çubuklar şeklinde aktinot ve tremolite dönüştüğü gözlenir. Genellikle kristaller sıkı kenetlenmiş olup, iri kristaller içinde seyrek de olsa olivin kapanımları görülür. Çoğu ojit bileşimindeki bu kristallerin zaman zaman kloritleşme, uralitleşme, amfibolleşme ve prehnitleşme gibi dönüşüm minerallerine dönüştüğü görülür.

Plajioklas kayacın %40-60'ını oluşturur. Genellikle labrador bileşimindedir. Albit ve polisitetik ikizlenmeleri gösterir. Serisitileşme, kloritleşme ve kaolenleşme gibi ikincil dönüşümlere sıkça rastlanır.

Olivin çoğu kez interkümüllüs özelliğinde olup, kayacın içindeki yüzdesi oldukça değişkendir.

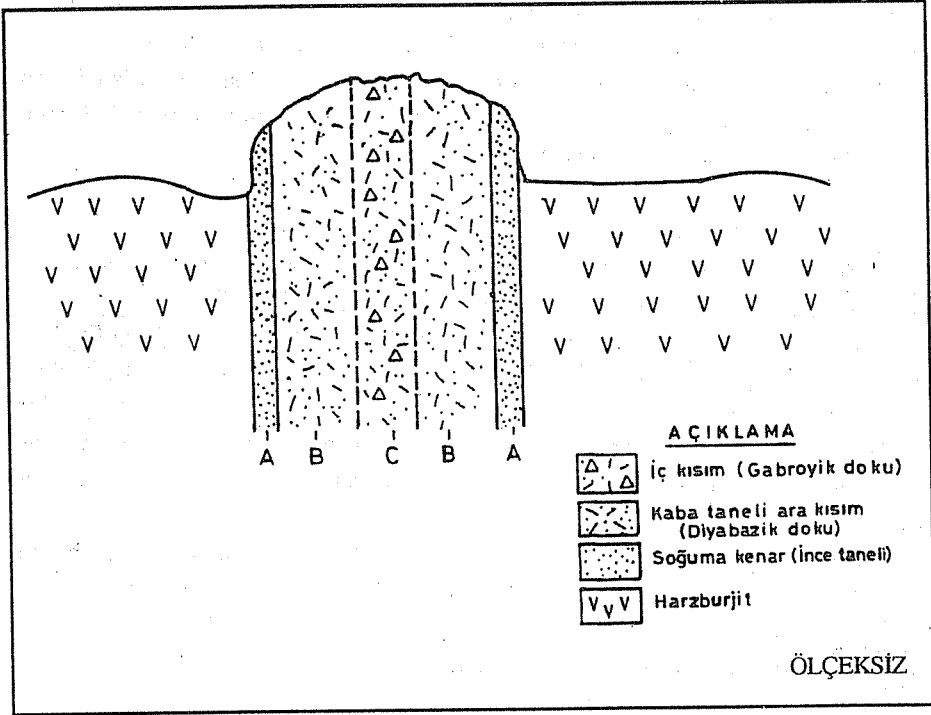
İncelenen bazı kesitlerde amfibol yüzdesinin arttığı ve kayacı hafif bir şistozite kazandırdığı görülmüştür. Kontak zonlarına ait bu örnekler içinde birincil parajenezite ait kristallerden plajioklaslar, alterasyona uğrayarak karbonatlaşma, kaolenleşme ve serisitileşme gibi ikincil oluşuklara sebep olmuşlardır (Levha 2, Şekil 1).



1. Harzburjüik tektonit : deformasyon sırasında parçalanmaya uğrayan olivin (ol), içinde yer yer klino piroksen en eksolüsyonları görülen iri enstatit (ens) ve olivinin kırıklarından itibaren gelişen serpantinleşme(sp) (Mikrofoto, P. I.)
2. Dumit : olivinlerde (ol) aşırı derecede parçalanmalar gözlenmekte ve kayaç aşırı derecede serpantinleşerek (sp) magmatik dokusunu büyük ölçüde kaybetmektedir (Mikrofoto, P. I.)
3. Piroksenolit : kayaç iri orto ve klinopiroksenlerden (opx-cpx) oluşur ve inter kümülüs özellikli olivin seyrek olarak gözlenir (ol) (Mikrofoto, P.I.)
4. Gabro : kayaç iri plajyoklas(pl) ve klinopiroksen(cpx) ve klinopiroksen (cpx) kristallerinden oluşur, kloritleşme(kl) ve serizitleşme(sr) gibi dönüşümler izlenir (Mikrofoto, P. I.)

3.2.4 Damar Kayaçları

Tektonit ve kümülatları kesen dolerit-diyabaz daykları ile gabro ve piroksenit damarları gözlenmektedir. Kalınlıkları 0,5-25m arasında değişen dolerit-diyabaz daykları içinde buldukları harzburjit ve dünitlere göre daha dayanıklı olduklarından arazide kolayca ayırt edilirler. Çeperden merkeze doğru tane boyutu büyüyen bu dayklarda genellikle simetrik bir yapı bulunur (Şekil 5).



Şekil 5. Dolerit-Diyabaz dayklarında görülen simetrik iç yapılar.

Doleritik bir doku içinde prizmatik labrador kristalleriyle, bunlar arasında çoğu amfibolleşmiş piroksenler yer alır. Epidotlaşma, albitleşme, kloritleşme ve karbonatlaşma gibi dönüşümler yaygındır (Levha 2, Şekil 2). Bu kayaçlar içinde opak mineraller de oldukça yaygındır.

Kalınlıkları 1-10 cm arasında değişik gabro ve pegmatitik iri kristalleriyle dikkat çeken piroksenit damarcıkları oldukça yaygın olup, hemen her yönde gelişmişlerdir.

3.2.5 Volkanitler

İnceleme alanında kümülatların üzerine gelen ve kahverengi-sarımtırak renkleriyle dikkat çeken bu volkanitler ofiyolitik birliğe aittir. Aşırı derecede altere olan bu kayaçlar yer yer

yastuk yapısı sunarlar. Diyabaz sil ve dayklarıyla de kesilen bu volkanitler genel olarak masif bir yapı sunmalarına rağmen, zaman zaman aşırı ayrışmalar nedeniyle tüfleşmeler gösterirler.

Mikroskopik gözlemlerde plajioklas, piroksen ve az oranda opaklardan oluşan bu kayalarda ikincil dönüşümler yaygın olarak gelişmiştir. Plajioklaslarda sosüritleşme, kloritleşme ve epidotlaşma gelişirken, piroksenlerde uralitleşme, kloritleşme ve opak minerallere dönüşümler izlenir. Volkanitleri kesen ince ve kaba taneli sillerden alınan örneklerde tipik damar dokusu izlenmekte ve bu kayalar içindeki epidotlaşma ve yer yer prehnitleşme gibi ikincil dönüşümler görülmektedir. Karaman (15) sillerle volkanitlerin kontak zonlarından alınan örneklerde prehnit/pumpelleyit-klorit zonu mineral birliği tesbit ederek zeolit fasiyesinin varlığını tesbit etmiştir.

3.2.6 Kızılcaadağ Melanjı

İnceleme alanının bir çok yerinde irili ufaklı mostralar halinde yüzeyleyen Kızılcaadağ melanjı ilk kez Poisson (12) tarafından adlandırılmıştır. Çeşitli büyüklüklere sahip yerli ve yabancı parça ve blokların genellikle makaslama tektoniğiyle ezilmiş ve içindeki ofiyolitik bloklar tamamen serpantinleşmiştir. Bu birim ofiyolitik serinin üstünde yer almakta olup, kümülat ve tektonitlerle tektonik dokanak gösterir. Diğer birimlere göre yumuşak bir topoğrafya sunan bu kayalar radyolarit, kırmızımtırak çamurtaşı, kumtaşı ve serpantinleşmiş ofiyolitik ve polijenik bloklardan oluşmuştur. Bloklar içinde değişik yaş ve litolojideki kireçtaşı, pillow lav parçaları ve ofiyolitik malzemeler bulunur.

Kireçtaşı blokları tektonik hareketler sebebiyle bol kırıklı ve çatlaklı olup, bazen rekristalize olanlarına da rastlanır. Melanjlar içinde özellikle radyolaritler içinde kırınımın izlenmektedir. Çok yaygın olmamakla beraber melanjlar içinde mermer, amfibolit ve kuvarsit gibi metamorfik kayalara rastlanır.

3.2.7 Varsakyayla Formasyonu

İlk defa Poisson (12) tarafından adlandırılan bu formasyon çalışma alanında Aktaştepe ve Seyrekler Tepe kuzeyindeki tepelerde gözlenmektedir. Tektonitlerin üzerine diskordansla oturan bu formasyon tabakalı bir yapı sunmakta ve bol fosilli seviyeler sunmaktadır (15).

Nummulitli kireçtaşı, ince-kaba taneli biokalkarenit ve üst seviyelere doğru ince-kaba çakıllı seviyeler gözlenmekte olup, gri-siyah renkli kireçtaşı, ofiyolitler ve meteofiyolitik parçalar bu birimin esas malzemelerini oluşturur. Ofiyolitik birlik üzerine uyumsuz Varsakyayla formasyonu Eosen sonrası hareketlerle ofiyolitlerin sırtında taşınarak bu günkü yerini almıştır (12).

3.2.8 Niyazlar Formasyonu (Plio-Kuvaterner)

Çalışma alanında yalnızca 4 km²lik bir alanda yüzeyleyen ve yumuşak bir topoğrafya

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ

sunan bu formasyon sarı-pembe renkli çakıtaşı, kumtaşı ve kilitaşı araldanmasından oluşur ve ofiyolitik birlik üzerine uyumsuz olarak gelirler. İçinde bol miktarda ofiyolitik malzeme bulunan bu formasyon gevşek ve yer yer kumlu-killi bir matriksle sıkı bir şekilde tutturulmuştur. Üst seviyelere doğru ise gabro ve diyabaz çakıl ve bolklariyle yamaç molozlarından oluşmuş birimler izlenir.

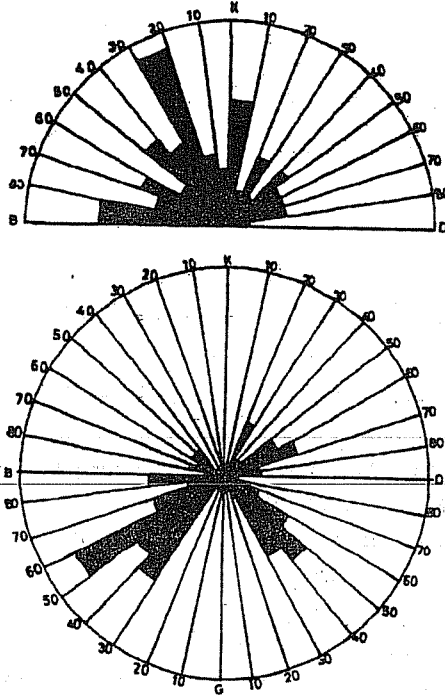
4. TEKTONİK

İnceleme alanı Alpin Orojenez kuşağı içinde yer almaktadır. Bindirme yaşı Üst Kretase olan ofiyolitler bölgeye Eosen sonrası tektonik hareketlerle taşınmışlardır. Bugünkü yerlerini aldıktan sonra bölgede gelişen D-B yönlü gerilme kuvvetlerinin etkisiyle K-G doğrultulu normal faylar gelişmiştir. Bu tür faylar fazla görülmemekle beraber Tınaz Tepe'de başlayıp K-G uzanımlı 4-5 km mesafede izlenebilmektedir. Kızılarsivrisi Tepe'de görülen 2 km'lik normal faylar ve yine aynı kuvvetlerin etkisiyle D-B uzanımlı doğrultu atımlı fay mekanizmasının geliştiği izlenmiştir. Bunların yanı sıra tektonitlerde küçük ölçekte faylanmalar izlenmekte, özellikle yarma ve galerilerde yoğun olarak bulunmaktadır. Yeşilova ofiyolitinde görülen bu faylanmalar karasal nitelikli Plio-Kuvaterner çakıllarından oluşan örtüyü etkilememiştir. İnceleme alanında bulunan allokton nitelikli kireçtaşlarında da düşey ve doğrultu atımlı faylar izlenebilmektedir.

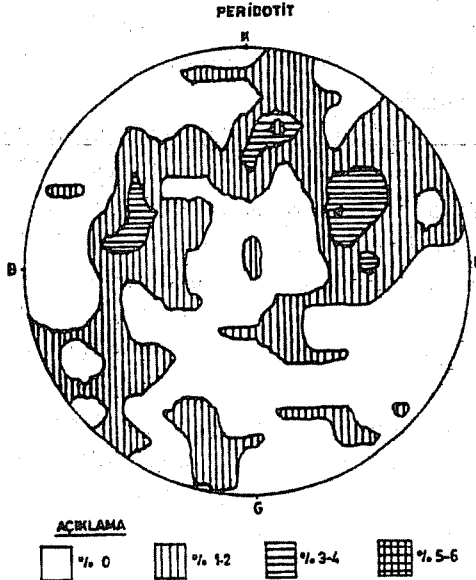
İnceleme alanında yüzeyleyen kayaçlar genellikle çok çatlaklı, ezilmiş, kırılğan yer yer de bireşik özellik gösterirler. Krom ocaklarında ve yarmalarda görülen fay zonlarında ileri derecede serpantinleşme ve hatta yer yer talklaşmalar mevcuttur. Ocak ve yarmalarda gözlenen fay zonlarında parlak ve kaygan kayma yüzeyleri görülebilmektedir. Dolerit - diyabaz daykları normal gabrolarda görülen rodenjitleşmeler de bölgenin yoğun bir tektonizma etkisinde kaldığını gösterir.

Peridotitlerde görülen kırık ve çatlak sistemlerinin doğrultu ve eğim değerleri ölçülerek gül diyagramları yapılmıştır. Toplam 80 adet ölçüm sonucunda K20-30B yönünde tansiyon çatlakları K10D yönünde ve K50D yönünde makaslama çatlakları gelişmiştir. K30B yönünde bir sıkışma tektoniğinin etkisi altında kalmıştır (Şekil 6-7). Aynı ölçümler gabroyik kümülatlar üzerinde yapılmış kırık ve çatlaklardan 32 adet ölçüm alınarak K20-40B yönünde tansiyon çatlaklarının geliştiği ve yaklaşık K10D-K70B yönünde makaslama çatlakları gelişmiştir. K30B yönünde ise bir sıkışma tektoniği geçirmişlerdir (Şekil 8-9).

Sonuç olarak bölgedeki ofiyolitik birlik içindeki kayaçların üzerinde yapılan makroskopik ve mikroskopik incelemeler, kırık ve çatlaklardan alınan ölçümler ve bölgenin global tektonik verileri Yeşilova ofiyolitinin bölgeye taşınmadan önce ve taşındıktan sonra farklı yönlerden gelen kuvvetlerin etkisi altında kaldığı söylenebilir.

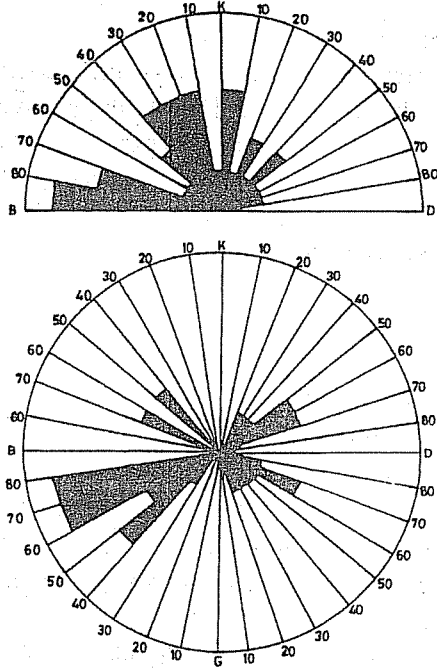


Şekil 6. Peridotitlerdeki kırık ve çatlak sistemlerinin doğrultu ve eğimlerine ait gül diyagramı (80 ölçü).

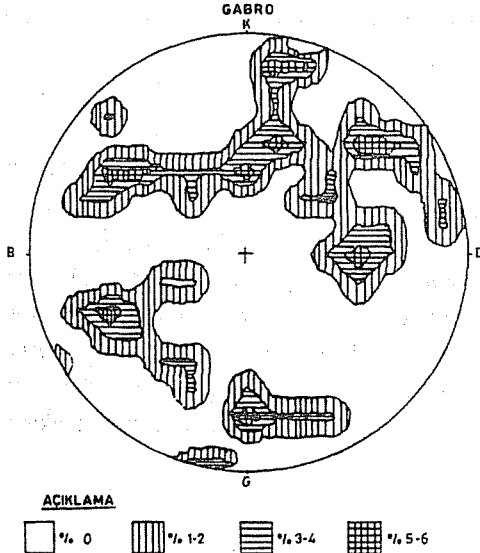


Şekil 7. Peridotitlerdeki kırık ve çatlak sistemlerinin doğrultu ve eğimlerine ait kontur diyagramı (80 ölçü).

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ



Şekil 8. Gabrolardaki kırık ve çatlak sistemlerinin doğrultu ve eğim gül diyagramları (32 ölçü).



Şekil 9. Gabrolardaki kırık ve çatlak sistemlerinin doğrultu ve eğim kontur diyagramı (32 ölçü).

5. CEVHERLEŞMELER

Yeşilova-Tefenni (Burdur) arasında görülen kromit cevherleşmeleri Türkiye genelinde önemli bir potansiyele sahip Muğla-Antalya Denizli-Burdur yöresi kromit kuşağı içinde yer almaktadır. İnceleme alanında bugüne kadar işletilegelmiş ve halen işletilen 60 kadar krom mostra ve ocağı bulunmaktadır. Özellikle günümüzde Türkiye kromitine olan talebin azalması nedeniyle yalnızca Niyazlar Büyük ve Küçük Balkır Ocakları faaliyet göstermekte, diğer tüm ocaklar kapatılmış durumdadır.

5.1 Krom Ocakları ve Genel Özellikleri

5.1.1 Niyazlar Büyükbalkır Ocağı

Niyazlar köyünün güneyinde-Aksankürü Tepe'de yer alan ocak önceleri galeri metoduyla işletilmeğe başlamış, daha sonra açık işletme yöntemiyle işletilmiştir. Ocak ve çevresi genellikle aşırı derecede serpantinleşmiş ve ezilmiş dünitlerden oluşmuştur. Yüzeydeki mostranın kaybolması sonucu 1644 m kotundan itibaren 60° lik bir eğimle inilerek cevher yakalanmıştır. 1418 m kotuna kadar inildikten sonra yatay galerilerle cevher çıkarılmış ve aramalar sürdürülmüştür (Şekil 10).

Dünitik bir zarfla çevrili adese, cep ve damar şeklindeki yataklanmalar gösteren bu cevherleşmelerde masif cevher koyu siyah renkli ve genellikle ince kristaller içerir. bazen tektonize zonlarında aşırı serpantinleşme sonunda toz haline gelmiş cevherlere de rastlanır. Saçınımlı kromiti ocağın hemen hemen her seviyesinde görmek mümkündür. Bunlar düşük tenörlü olması sebebiyle galerilerde ramble malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Büyükbalkır ocağında cevherleşmeler büyük boyutlu olmamakla birlikte, yine de faylarla kırılmış orta büyüklükte ve mercek şeklinde bir cevherleşme izlenmektedir. Kırıklar içine dolmuş birbirine az çok paralellik gösteren cevher damarlarına da rastlanır (Levha 2, Şekil 3). Genel doğrulusu K-G olan fayların yanısıra, bunları farklı doğrultuda kesen ikincil faylara da sıkça rastlanır. Faylanmalar boyunca dünitik kayaçların yoğun bir şekilde serpantinleştiği ve milonitik bir yapı kazandığı görülür. Kırıklar boyunca silisleşme, karbonatlaşma ve manyezitleşme gibi ikincil dönüşümler izlenebilmektedir.

Galeriler ve kuyuda yapılan gözlemler sonunda bu zondaki cevherleşmelerin her seviyede düzensiz dağılımlı mercek, cep ve damarlarla saçınımlı keseler halinde yataklandığı söylenebilir. Bu zonda bugüne kadar ne kadar tonluk bir cevherin çıkarıldığına dair kesin belgeler tutulmamış olmasına rağmen, maksimum 50.000 tonluk bir cevherleşmenin varlığı anlaşılmaktadır.

5.1.2 Niyazlar Küçükbalkır Ocağı

Bu cevher zonu Büyükbalkır Ocağının güneyinde yer almakta olup, benzer özellikler göstermektedir. Galeri yöntemiyle 1950'li yıllarda işletmeye açılan ocak halen

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ

şletilebilirliğini korumaktadır. Ocaktaki işletmeye 1456 m. deki kottan bir kuyu ile nilmekte ve ocak içinden kazılan cevher bir asansörle dışarıya nakledilmektedir. Üç katta üretim yapılan bu cevher zonunda daha çok fay zonlarında cevher takibi yapılmaktadır. Tektonizma nedeniyle fazlaca kırılğan bir durumdaki bu zonda ağaç tahkimat kullanılmakta ve kısmi ramble uygulanmaktadır.

Küçükbalık ocağının yanal devamlılığını takip etmek amacıyla 200 m kuzey doğusunda karotlu sondajlarla cevher aranmış ve 38-45 m. arasında kromit cevheri kesilmiştir.

5.1.3 Kocayanık Ocakları

Kocayanık ocakları Gedikağılı Tepe'nin batı yamacında olup, Yeşilova'ya olan uzaklığı yaklaşık 15 km'dir. Bu zonda harzburjitik tektonitlerin bloklar halinde parçalandığı ve ileri derecede serpantinleştiği görülür. Burada ayrıca sıkça görülen piroksenit damarcıkları ve dolerit-diyabaz daykları dikkat çeker. Toplam beş ayrı yerde arama ve işletme faaliyetleri sürmüş 1986-1990 yılları arasında bir miktar krom cevheri çıkarılmıştır. Ancak özellikle 1989 yılından sonra bozulan krom piyasası ocakların kapanmasına neden olmuştur.

5.1.4 Yavşanlı Ocağı

Yavşanlı kromit ocakları Yeşilova'dan yaklaşık 20 km uzaktadır. İlk kez 1986 yılında bir adet galeri ve bir kuyu açılarak üretim yapılmıştır. Cevherleşme daha çok düzensiz mercerler ve kalınlıkları 0,10-1 m arasında değişen damarlar ya da fay dolguları şeklindedir.

5.1.5 Diğer Ocaklar

İnceleme alanında Topdüşen, Niyazlar, Gökarak, Camızdamı, Delmeoluk, Harımlı, Kızıyalım, Karamıklı, Elmalıyaylı gibi bir çok ocak daha bilinmektedir. Bu krom ocaklarının çoğunda bir süre arama ve işletme faaliyetleri sürdürüldükten sonra çeşitli nedenlerle kapatılmıştır. Bu ocakların tamamında da benzer özellikler gösterir ve mercer, damar ve fay dolgusu şeklinde düzensiz bir yataklanma görülür.

5.2 Mikroskopik Gözlemler

Bölgedeki bir çok krom ocağından alınan petrografik ve cevher örneklerinden ince ve parlak kesitleri yapılarak polarizan ve maden mikroskobunda incelenmiştir. İncelenen tüm kesitlerde podiform tipte bir cevherleşmenin söz konusu olduğu anlaşılmıştır. Başlıca 5 tip cevherleşme ayırt edilmiştir. Bunlar, kompakt veya masif, saçınımlı (disemine), nodüler bandlı ve karışık cevherdir.

Kompakt veya masif cevher tipine hemen her ocakta rastlanır. Bu cevherin en önemli özelliği kromit tanelerinin birbiriyle kenetlenmesi ve tabakalanma yönünde kromit kristallerinde uzamaların görülmesidir. Gang minerali olarak tamamen serpantinleşmiş olivin ve büyük ölçüde bastıtılmış piroksen görülür.

Saçınımlı kromitler kompakt kromitlere göre daha küçük boyutlu kristallerden oluşur ve

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ

serpantinleşmiş dünitik gang içinde birer ada konumundadır. Kompakt kromitlere göre daha az deforme olan ve çoğu yarı özşekilli kristaller içeren bu tip cevherlerde bazen bandlanmalar da görülür.

Sıkça olmamakla beraber nodüller kromite de rastlanır. 1,5x2,5 cm boyutundaki elipsoid biçimindeki nodüllerin büyük çoğunluğu serpantinleşmiş olivinden oluşan ana kayaç içinde az çok düzenli bir dağılım göstermesi ile özellik taşır. İri nodüllerin arasında küçük boyutlu saçınımlı kromit kristalleri de bulunmaktadır.

Bandlı ve karışık cevher ise kromitçe zengin seviyelerle olivinin hakim olduğu steril bandların ardalanmasından oluşur.

Maden mikroskobunda yapılan incelemelerde ise kromit kristallerinin iç yapıları ve deformasyon izleri görülmektedir. Masif kromitlerde kristallerin birbiriyle olan dokanakları kolayca ayırt edilemezken, biri tabakalanma yönünde gelişen ve diğerleri bu ana kırık yönüne dik veya oblik doğrultuda gelişen iki kırık şebekesi görülür. Kırıklar boyunca yer yer manyetitleşmelerin görüldüğü bu kristallerde yer kromit kristalleri içinde de olivin kapanımları görülmektedir.

Saçınımlı kromitler genellikle 0,2 mm'nin altında olup, daha çok ofiyolitik masifin yerleşmesinden sonra gelişen kırıklara ait izler gösterirler. Gerek kristallerin içindeki silikat kapanımlarına bağlı olarak ve gerekse serpantinleşmiş olivin gangi içinde küçük boyutlu (50 μ 'dan küçük) nikel sülfür mineralleri görülür (Levha 2, Şekil 4).

5.3 Kimyasal İncelemeler

İnceleme alanında bulunan çeşitli krom ocaklarından alınan cevher örneklerinin kimyasal analizleri yapılarak sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'deki sonuçlardan da açıkça görüldüğü gibi bir kaç örnek dışındaki tüm cevher örneklerinin hiçbir zenginleştirme işlemi yapılmadan takoz cevher olarak değerlendirilebilecek özelliktedir. Ancak bazı saçınımlı ve bandlı kromit içeren bazı ocaklardan çıkarılan cevherleri ve zenginleştirme işlemlerinden sonra değerlendirilebilmektedir. Bölgedeki Küçükbalkır, Kurtoğlu, Kamberali, Sümbül ve Delmeoluk ocaklarında Cr_2O_3 , içerikleri % 30'un altındaki rakamlarda seyrettiği için bu ocaklar krom piyasasının yükseldiği zamanlarda işletmeler yapılabilir. Analizleri yapılan cevher direklerinin çoğun Cr/Fe rasyo değeri 3 veya 3'e yakın değerlerde olması refrakter özelliği işaret etmektedir.

5.4 Kromit Cevherleşmelerinin Kökeni

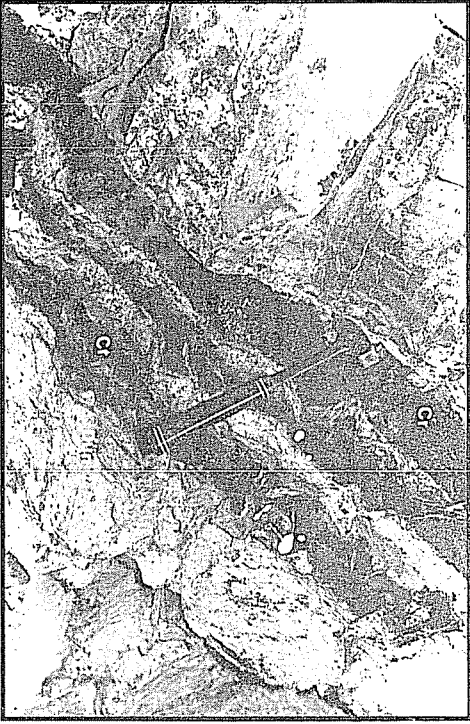
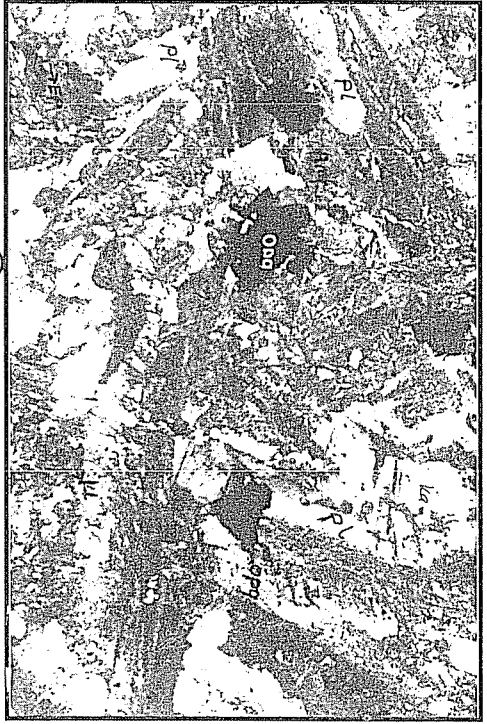
Yeşilova-Tefenni dolaylarında görülen kromit cevherleşmeleri Türkiye'nin bir çok yerinde görülen ofiyolitik kuşaklara bağlı kromit cevherlerinin gösterdiği genel özellikleri gösterir. Yataklanmalar tipik bir podiform (Alpin) yataklanma özelliği gösterirler ve genellikle düzensiz dağılımlara sahiptirler. Gerek yatakların oluşumu ve gerekse bölgeye yerleşmeleri sırasında tektonik hareketlerinden büyük ölçüde etkilenmişler ve kristal

ölçeğinde bile deformasyonlar geçirmişlerdir. Kromit kristallerinde önce parçalanmalar gelişmiş, daha sonraki tektonizmalar sırasında ve kristaller kenetlenmiş ve tabakalanma yönünde uzamalar gelişmiştir.

Ocaklarda zaman zaman nodüler kromitin görülmesi de, bölgedeki cevherleşmenin podiform tipinde bir yataklanma olduğunu kanıtlar. Borchert (18), Dickey (19) ve Juteau (20-21)' nun klasik kromit teorileri bölge için geçerli olup, Toros ofiyolit kuşağı olarak bilinen Fethiye-Antalya-Burdur, Pozantı-karsantı, Mersin, Kayseri-Pınarbaşı

Tablo 1. Çalışma alanındaki ocaklara ait cevherlerin kimyasal analiz sonuçları.

| Ocak Adı | Cr ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SiO ₂ (%) | Toplam | Cr/Fe |
|------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|-------|
| B.Balkır 1 | 32.37 | 11.30 | 5.50 | 0.70 | 27.20 | 14.90 | 91.97 | 2.86 |
| B.Balkır 2 | 41.10 | 12.13 | 6.00 | 1.00 | 23.70 | 10.80 | 94.90 | 3.34 |
| K.Balkır 1 | 27.93 | 9.20 | 5.00 | 1.00 | 29.50 | 17.20 | 89.83 | 3.03 |
| K.Balkır 2 | 52.47 | 14.70 | 8.70 | 1.00 | 18.20 | 4.40 | 99.47 | 3.56 |
| Kocayanık | 50.02 | 14.80 | 16.00 | 1.00 | 15.50 | 2.20 | 99.52 | 3.37 |
| Kocayanık | 38.47 | 13.00 | 12.80 | 1.10 | 21.80 | 9.30 | 99.38 | 2.95 |
| Yavşanlı | 44.33 | 13.20 | 11.90 | 1.30 | 18.50 | 8.70 | 97.93 | 3.35 |
| Yavşanlı | 31.33 | 13.00 | 21.00 | 0.60 | 21.20 | 8.90 | 96.03 | 2.41 |
| Sukıyısı | 39.30 | 18.70 | 14.90 | 0.80 | 15.90 | 10.20 | 99.80 | 2.10 |
| Bezirşan | 55.19 | 16.52 | 10.62 | 1.00 | 14.42 | 2.20 | 99.95 | 3.34 |
| Kurtoğlu | 8.45 | 8.40 | 1.80 | 0.70 | 35.00 | 33.30 | 87.65 | 1.00 |
| Kamberali | 27.75 | 12.90 | 12.10 | 1.00 | 26.40 | 6.50 | 84.65 | 1.99 |
| Kocamaden | 45.00 | 14.50 | 18.30 | 0.90 | 16.90 | 4.30 | 99.90 | 3.10 |
| Topdüşen | 48.00 | 15.00 | 9.80 | 0.70 | 17.50 | 6.90 | 97.90 | 3.20 |
| Sümbül | 22.68 | 10.80 | 5.10 | 0.70 | 30.30 | 19.10 | 88.68 | 2.10 |
| Halil | 43.38 | 15.60 | 15.40 | 0.70 | 17.20 | 7.10 | 99.38 | 2.78 |
| Kurtoğlu | 51.62 | 17.60 | 10.60 | 0.70 | 15.30 | 4.10 | 99.92 | 2.93 |
| Gökank | 40.03 | 16.26 | 17.49 | 0.90 | 17.72 | 6.90 | 99.30 | 2.46 |
| Camızdamı | 54.40 | 14.54 | 10.22 | 0.90 | 16.19 | 3.65 | 99.90 | 3.74 |
| Delmeoluk | 25.00 | 11.53 | 9.73 | 1.05 | 25.98 | 20.22 | 93.51 | 2.25 |



1. Amfibolitik gabro : piroksenlerde görülen amfibolitleşme sonucu kayaç hafif bir şistozite kazanmıştır. Plajjoklaslarda da seriştleşme ve karbonatlaşma gibi ikincil olaylar gelişmiştir.(Amf: amfibol, Sr: serizit, Ka: karbonat) (Mikrofoto, P.I.).
2. Dolerit-diyabaz daykır: kayacndoleritik dokusu belirgin olup, plajjoklaslarda(Pl) yen yer ayrışım olayları başlamıştır. Epidotlaşma(Ep), Amfibolitleşme (Amf) ve Kloritleşme (Kl) gibi olaylar da gelişmiştir. Ayrıca opak (opq) minerallere de rastlanır (Mikrofoto, P.I.).
3. Serpantinleşmiş dünit içindeki paralel kromit damarları (Cr: kromit bandı, Dün: dünit: Niyazlar Küçükbalıkr Krom Ocağı).
4. Kromit kristalleri içinde olivin kapamalarına bağlı olarak görülen pendlandit (pd) minerali. Yarı özşekli saçınmlı kromitin yarısi granulyon geçirmiş olup, çepelerde man-yetitleşmeler başlamıştır(Mikrofoto, Y.I.).

YEŞİLOVA OFİYOLİTLERİ VE KROMİTLERİ

bölgelerindeki kromitler üzerinde gerçekleştirilen ayrıntılı çalışmalar (22-25)'da çıkarılan sonuçlara benzer özellikler görülmektedir. Ancak bir master tezi çerçevesinde ele alınan bu bölgedeki kromitlerde mikroprop çalışmaları yapılamamış ve nodüllerin iç yapıları incelenememiştir. İkincil minerallerden pendlandit ve manyetitın sıkça görüldüğü bölge kromitlerinde kökensel yorumlara ulaşılabilecek daha ayrıntılı çalışmalar gerekir. Yine de gerek cevher tipleri ve gerekse yataklanma boyutları Yeşilova kromitlerinin ofiyolitik kuşaklar içinde görülen podiform tipdeki yatakların tüm özelliklerini gösterdiği söylenebilir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ç.Ü. Araştırma Fonu'nca FBE-90-23 nolu proje çerçevesinde desteklenmiştir. Yazarlar kendilerine destek veren Araştırma Fonu yetkililerine teşekkür etmeyi görev bilirler. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında barınma, araç-gereç imkanı tanıyan AKPAŞ Madencilik A.Ş.'ne ve Maden Yük. Mühendisi Mustafa Eşme'ye teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

1. Spratt, A.B., Forbes, E., *Travels in Lycian Milas and Cibiyatis*, Londra, 1847.
2. Tchihatcheff, D., *Asie Mineure*, Paris, 1869.
3. Tietze, J., *Beitrag zur Geologie von Lycien*. J.H.K.K. Geol. RA. wien, 35, s.283-384, 1885.
4. Altınlı, E., *Antalya Bölgesinin Stratigrafik Etüdü*. I.Ü.F.F. Mecmuas, Serie: B-C, IX, 3, s.227-238, 1944.
5. Borchert, H., *Die Chromitvorkommen in der Umgebung von Yeşilova-Burdur*. M.T.A. Yayın No:105, pp.92-108, 1960.
6. Borchert, H., *Das Ophiolitgebiet von Yeşilova (Burdur) und Chromerzlagersaetten (Yeşilova Ofiyolitleri ve Krom Yatakları)*, M.T.A. Yay.No:345, Ankara, 1962.
7. Flugel, H., *Bericht über Geologische Kartierungsarbeiten in Bereiche der Kartenblaetter Isparta und Elmalı*, M.T.A. Derleme No:2372, Ankara, 1961.
8. Colin, J.H., *Fethiye-Kaş-Antalya-Finike (Güneybatı Türkiye) Bölgesinde Yapılan Jeolojik Etüdü*. M.T.A.Derg., 59, s.19-59, 1962.
9. Graciansky, P.J., *Recherches Géologiques dans le Taurus Lycien*. Thèse Univ.Paris Sud.Orsay, 731 p., 1972.
10. Sarp, H., *Etude Géologique et Pétrographique du Cortège Ophiolitique de la Région Sinuée au Nord-Ouest Yeşilova (Burdur-Turquie)*, Thèse, Univ. Geneve, No:1731, 804 p., 1976.
11. Yıldız, Balcı ve Sarıkaya, *Burdur (Yeşilova-Tefenni) ve Denizli (Acıpayam) Peridotit Masifindeki Krom Prospeksiyo (Rapor)*, M.T.A., 1976.
12. Poisson, *Recherche Géologique dans les Taurides Occidentales (Turquie)*. Thèse

Univ. Paris Sud Orsay, 795 p., 1977.

13. Erkman,B., Meşhur,M., Gül,M.A., Öziaş,Y., Akpınar,M., Türkiye Altıncı Petrol Kongresi, s.23-31, 1982.

14. Günay,Y., Bölükbaşı,A.S., Yoldemir,O., Türkiye Altıncı Petrol Kongresi, Tebliğler Kitabı, s.91-101, 1982.

15. Karaman,T., Yeşilova-Tefenni (Burdur) Batısında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrografik İncelemesi. S.Ü. Yük.Lisans Tezi, 84 s., 1987.

16. Tuncay,A., Yeşilova Batısında Kalan Alanın Jeolojisi ve Krom Olanakları, A.Ü. Yük.Lis.Tezi, 76 s., 1989.

17. Borchert,H., Principles of the Genesis and Enrichement of Chromite ore Deposits. Paris Org. Econ. Coop. Develop., pp.175-202, 1964.

18. Dickey,J.S.Jr., A Hypothesis of Origine for Podiform Chromite Deposits. Geochem. Cosmochim. Acta, 39: pp. 1061-1074.

19. Juteau,Th., Les Ophiolites des Nappes, d'Antalya (Taurides Occidentales Turquie): Pétrologie d'un Fragment de l'ancienne Croûte Océanique Téthysienne. Sci. Terre, Mém., 32, 692 p., 1975.

20. Juteau,Th., Ophiolites des Taurides; Essai sur Leur Histore Océanique. Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys., 21, pp. 191-214.

21. Anıl,M., Pozantı-Karsantı Ofiyolit Karmaşığı İçinde Seyrek Görülen Tabakalı (Stratiform) Krom Cevherleşmeleri: Tekneli ve Sarıçobandere Ocakları. S.Univ.Müh.Derg.2, 42-57, 1987.

22. Anıl,M., Billor,Z. ve Özüş,S., Gerdibi Grubu (Pozantı-Karsantı-Adana) Kromit Yataklarının Jeolojisi Ve Metalojenisi. Doğa Bilim Derg., Müh. ve Çevre, 11, 2: 175-223, 1987.

23. Anıl,M., Pozantı-Karsantı, Mersin ve Kızıldağ (Hatay) Ofiyolitindeki Bazı Kromit Yataklarının Morfolojik, Yapısal ve Jenetik Özellikleri ile Akdeniz Bölgesindeki Benzer Kromit Yataklarıyla Karşılaştırılması. Doğa Bilim Derg., Müh. ve Çevre, 14, 645-675, 1990.

24. Anıl,M., Le Complexe Ophiolitique Chromifere Du Massif de Pozantı-Karsantı (Adana-Turquie) Ofiolit, 15(2), pp. 209-229, 1990.

25. Anıl,M., Pozantı-Karsantı, Mersin ve Kızıldağ(Hatay) Ofiyolitleri İçinde Görülen Kromitlerdeki Dönüşüm ve Bazı Platin Grubu Mineralleri [SDÜ Isparta Müh. Fak. Derg., VII. Müh. Haf. Bildirileri (baskıda)], 1992.

ÇEVRETEPE (CEYHAN-ADANA) MANGANEZ YATAKLARININ METALOJENİK İNCELENMESİ

Murat ERDEMOĞLU ve Servet YAMAN

*İnönü Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya / Türkiye
Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

ÖZ : *Bu çalışma Akdeniz Bölgesi Ceyhan (Adana) güneyinde Alt Miyosen yaşlı ve yay-gerisi havza kökenli olistostromik İsalı Formasyonu içerisindeki Çevretepe manganez oluşumlarını (zuhurlarını) incelemektedir.*

Bağımsız zonlar halinde spilitik kayalar içerisinde bulunan cevherin parajenezi örneklerin X-ışınları kırınım verileri değerlendirilerek saptanmıştır. Ana cevher mineralleri, hematit, manyetit gibi demir oksitler; bixbyit, jakopsit, hausmanit, partridgeit, manganit, krednerit ve franklinit gibi manganezin ara oksitleri ve pirolusit gibi yüksek oksidi tarafından oluşturulmaktadır.

Ortalama Fe/Mn oranının 1.86 olduğu cevherde, ortalama Si/Al oranı 33.07; Co/Zn oranı 3.72 dir. Cu miktarı saptanan diğer iz metallardan yüksektir.

Bu veriler ışığında Çevretepe manganez yatakları için volkanojenik bir yataklanma modeli irdelenmiştir. Bu modele göre Çevretepe manganez yatakları halmirolitik tip yataklar olarak sınıflandırılmıştır.

METALLOGENICAL INVESTIGATION ON MANGANESE DEPOSITS OF ÇEVRETEPE (CEYHAN-ADANA)

ABSTRACT : *This study investigates the metallogeny of Çevretepe manganese deposits within the olisthostromic İsalı Formation with Lower Miocene (Aquitaniien) age and back-arc basin origin, at the south of Ceyhan (Adana), in the Mediterranean Region.*

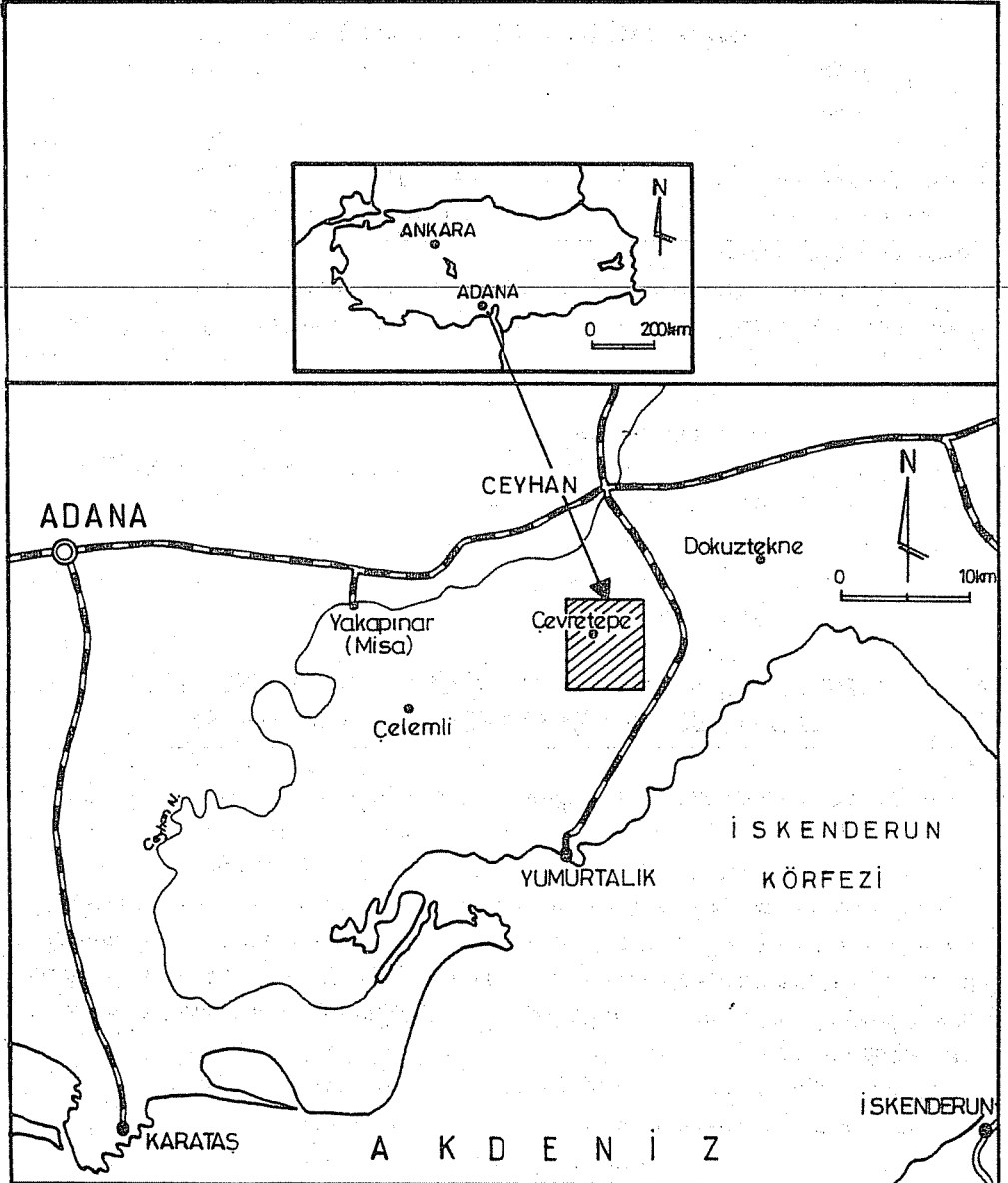
Paragenesis of ore found as independent zones in spilitic rocks was determined by the evaluation of data X-ray diffraction. Main ore minerals are made up of iron oxides, such as hematite and magnetite; intermediate oxides of manganese, such as bixbyite, jacopsite, hausmannite, partridgeite, manganite, krednerite and franklinite, and sesquioxide of that such as pyrolusite.

Average Fe/Mn ratio of ore is 1.86 while average Si/Al ratio is 33.07 and Co/Zn ratio is 3.72. Cu content is higher than the othar trace metals determined.

In the light of these data a volcanogenic depositional model is studied for the Çevretepe manganese deposits. According to this model Çevretepe manganese deposits are classified as a halmirolitic type deposits.

1. GİRİŞ

Çevretepe manganez yataklarının bulunduğu alan Akdeniz Bölgesi doğusunda Adana ili Ceyhan ilçesinin 15 km güneyinde Çevretepe ile Narlık köyleri arasında yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Manganez zuhurları Miyosen sonundaki bindirmeyle Misis Karmaşığı istifi üstünde yerleşmiş büyük kireçtaşı olistolitleriyle karakterize ve Akitaniyen yaşlı volkanojenik İsalı Formasyonu içerisinde kuzeydoğuda Dokuztekne Köyünden güneybatıda Çelemlı Köyüne kadar uzun bir hat boyunca yüzlerce mostra vererek ortaya çıkarlar. Bölgedeki manganez yatakları Çukurova Baseni'nde işletilen ilk ve tek metalik maden sahası olmakla birlikte parajenezıyla de nadir bulunur türden bir cevhere sahiptir.

Bölgede yapılan ve yayınlanan çalışmaların çoğunluğu jeolojiye yöneliktir. Schmidt (1), Bilgin ve Ercan (2), Yaman ve Yazıcı (3), Gökçen ve diğ. (4-8), Kelling ve diğ. (9), Gökçen, N. ve diğ. (10), Floyd ve diğ. (11) özellikle Miyosen Misis Karmaşığı'nın sedimantolojik, stratigrafik, jeokimyasal ve paleobiyolojik niteliklerini incelemişlerdir.

Bunlar dışında ve yakın zamanda sadece Atasever ve Bahçeci (12) Ceyhan güneyindeki manganez yataklarının jeolojisini ve rezervini incelemişlerdir; bunların spilit ve aglomera içerisinde volkanosedimanter olarak meydana geldiklerini açıklamışlardır. Ayrıca, makroskopik olarak incelendiği anlaşılan cevherin pirolusit, psilomelan, limonit ile az miktarda hematitten oluştuğu ileri sürülmüştür.

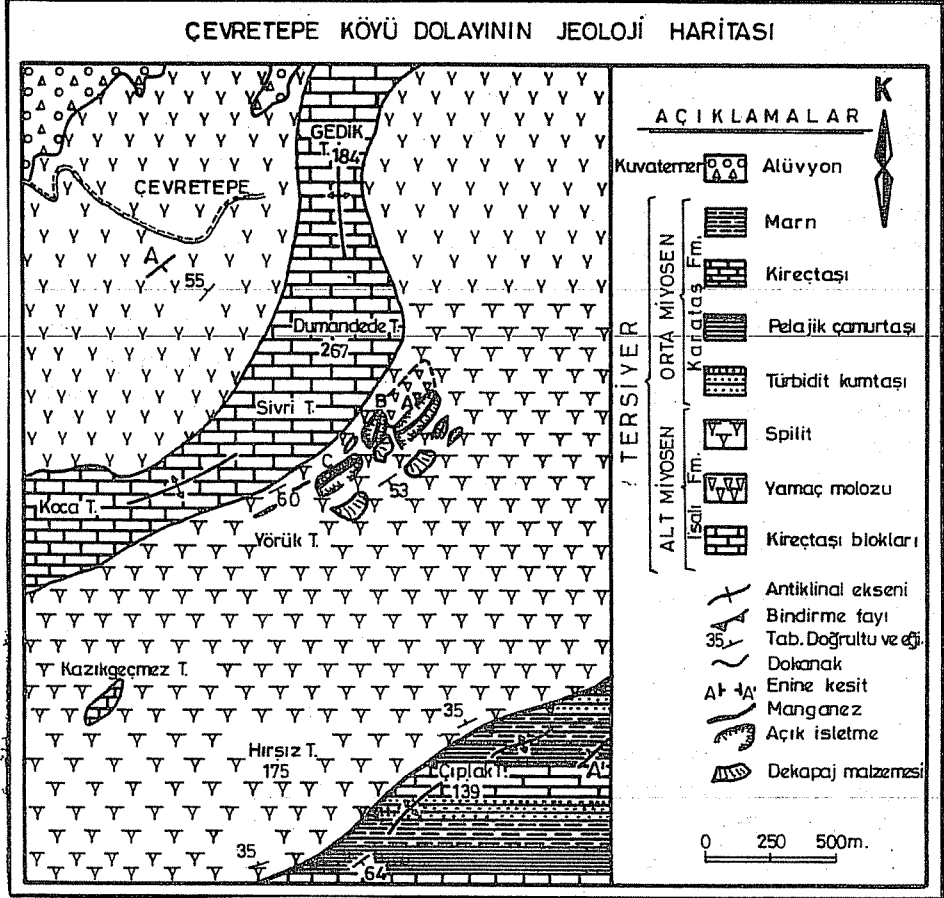
Bu çalışmada Çevretepe Köyü güneyinde birbirinden bağımsız onlarca mostra vererek ortaya çıkan manganez zuhurlarının metalojenisi üzerinde durulacaktır. Aynı amaçla anılan yatakların jeolojik konumlarını belirlemek için yörede 1/10.000 ölçekli jeolojik harita alımı ile seçilmiş örnekler üzerinde makro ve mikro parajenez çalışmaları yapılmıştır.

Birçok araştırmacı tarafından (13-25) özellikle manganezin 2+ ve/veya 3+ değerlikte bulunduğu minerallerin ve Fe, Mn, Si, Cu, Co, Ni gibi elementlerin cevherleşmenin koşullarını yansıtan bir belirteç olarak kullanılabilceği belirtilmektedir. Buradan hareketle cevherleşmenin kökeni, parajenetik ve jeokimyasal yaklaşımlarla çözülmeye çalışılmıştır.

İncelemeler sırasında mineralojik çözümleme için üç adet örneğin kırınım verileri tam otomatik X-ışınları difraktometresinde CuKAlfa ışınmasıyla "Rigaku Geigerflex D-Max/B System" ana bilgisayar programı kullanılarak İnönü Üniversitesi'nde elde edilmiştir. Anılan üniversitede kral suyuyla çözeltiye alınmış cevher örneklerinin kimyasal çözümlemesi için Pu.9100X Philips model döteryum düzeltmeli atomik absorpsiyon spektrometresi ve sonuçların doğrudan değerlendirildiği Philips marka bilgisayar kullanılmıştır. Al dışında tayin edilecek elementler için asetilen/hava; Al için N₂O/asetilen karışımı yakıt ile çalışılmıştır. Fe, Mn, co, Ni için dörtlü oyuk katot lambası kullanılmıştır.

2. GENEL JEOLJİ

Manganez zuhurlarını içerisinde bulunduran saha, Alt Miyosen (Akitaniyen) yaşlı olistostromik İsalı Formasyonu'nun tipik jeolojik niteliklerine sahiptir. İnceleme alanı litolojisini başlıca volkanosedimanter birim ve kireçtaşı olistolitleri oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çevretepe manganez sahasının genel jeoloji haritası.

2.1 Volkanosedimanter Birim

Floyd ve diğ. (11) tarafından Narlık Serisi bazaltları olarak adlandırılan birimde dört tip volkanojenik kayaç grubu gözlenmektedir: a) yastık breşler, b) hiyaloklastit içeren tabakalı yastık lavlar, c) tüf ve ince volkanojenik yıkıntı akıntıları ve d) biraz masif ve yastık megaklastit içeren çok geniş alanlara yayılmış kaotik, taşınmış hiyaloklastitler. Birimde matris hiyaloklastitle oluşturulmaktadır. Bu nitelikleriyle sahada hakim kayaç spilittir. Spilit kimi yerde Na-Plajiyoklas çubuklarından oluşma mikrolitik dokuda, kimi yerde de kalsit, kuvars ve klorit minerallerince doldurulmuş bolca gaz boşluklarına sahip olarak gözlenmektedir. İsali Formasyonu'nun bütün bazaltik kayaçlarında olduğu gibi

ÇEVRETEPE MANGANEZ YATAKLARININ İNCELENMESİ

Narlık Serisi bazaltları da düşük dereceli (Zeolit Fasiyesi) metamorfizmaya maruz kalmıştır.

Volkanosedimanter birim içerisinde ayrıca arakatıklı olarak çeşitli seviyelerde kireçtaşı mercek ya da damarları ile volkanojenik kumtaşı da bulunmaktadır.

Jeokimyasal yorumlama parametrelerine göre Narlık Serisi bazaltları özgün biçimde bir yay gerisi havzada gelişmişler ve bu sıfatla Tetis ofiyolitlerinin Kretase grubu "supra-subduction" kuşağının temsilcileridir (11).

2.2 Kireçtaşı Olistolitleri

İnceleme alanının başlıca ikincil litolojisini oluşturan rekrystalize kireçtaşı olistolitleri sahada yüksek rölyefleri oluşturmakta ve rahatlıkla haritalanabilmektedir. Bunlar İsalı Formasyonu yerleşimi sırasında yerçekimi kaymalarıyla yakın Toros Platformu'ndan birim içerisine hızla düşmüş bloklardır (1).

2.3 Yapısal Konum

Afrika-Arap Levhaları hareketinin Eosen-Erken Miyosen'de İç Toros Okyanusu'nun kapanması döneminden sonra kuzeye yönelmesiyle bölge KB-GD yönlü kompresif kuvvetlerin etkisinde kalmıştır. Yırtılma fayları KB-GD; eğim atımlı faylar ise KD-GB yönünde gelişmiştir.

Yine anılan etkiyle Akitaniyen yaşlı tektonosedimanter birim İsalı Formasyonu Dokuztekné-Sarkeçili-Kurtkulağı-Çevretepe Köyleri ve Doruk Kasabasının doğusundan geçen bir hat boyunca Miyosen Karataş Formasyonuna bindirmiştir.

3. ÇEVRETEPE MANGANEZ ZUHURLARI

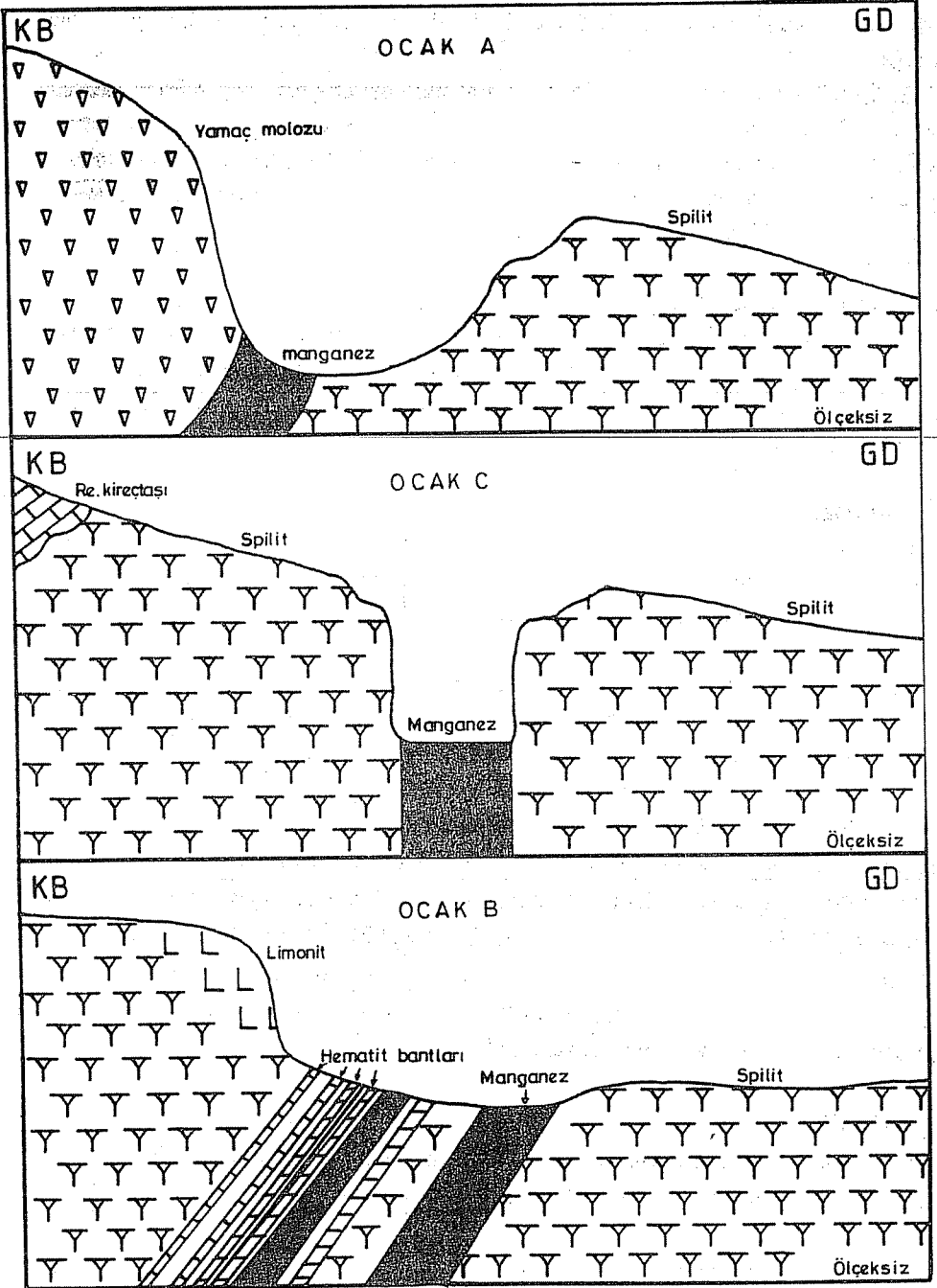
Sahada cevher zonlarının genel doğrultusu KD-GB dir. Eğimleri ise 40-90° ile KB dir. İlk çöktüğü yerden taşınarak üzeri yamaç molozuyla örtülmüş bir tanesi hariç diğer büyük yataklar ve işletmeye alınmamış mostralar spilit içerisindedir. Cevherli zonların kalınlığı yaklaşık 0.5-3 m olmakla birlikte uzunlukları en fazla 200 m olmaktadır. Ayrıca değişebilen bir derinlik sergilemektedirler (Şekil 3). Cevherde hakim renk siyah, toprağimsi siyah ve yer yer koyu kahverengidir.

4. KÖKEN

Cevherin kökenini saptamak ve yataklanmasını açıklığa kavuşturmak için jeolojik, parajenetik ve jeokimyasal yaklaşımlarda bulunulmuştur.

4.1 Jeolojik Yaklaşım

Çevretepe manganez yatakları, içerisinde buldukları spilitlerin ara seviyeleriyle uyumlu yataklanma göstermektedir. Ayrıca cevher zonları ile yankayaç arayüzeyi oldukça



Şekil 3. Çevretepe manganez yataklarından tipik üç tanesinin çevre kayalar içerisindeki yeri ve durumu.

kesin sınırla ayrılmaktadır. Cevher daha çok tabakalı bir yapı göstermektedir. Bu veriler, yataklanmanın spilitlerden sonra meydana geldiğini; bu nitelikleriyle sedimanter tipte bir yatak olduğunu desteklemektedir. Bununla birlikte hiyaloklastit içeren bazaltik kayalarla birlikte bulunuş sayesinde "volkano-sedimanter" tipte oluşum düşüncesi ağırlık kazanmaktadır. Ancak Bonatti (17)'in açıkladığı deniz tabanı yayılması merkezleri ve yakın çevrede oluşan hidrotermal yataklardan farklı olarak deniz suyundan doğrudan çökelinin sözkonusu olduğu düşüncesindeyiz.

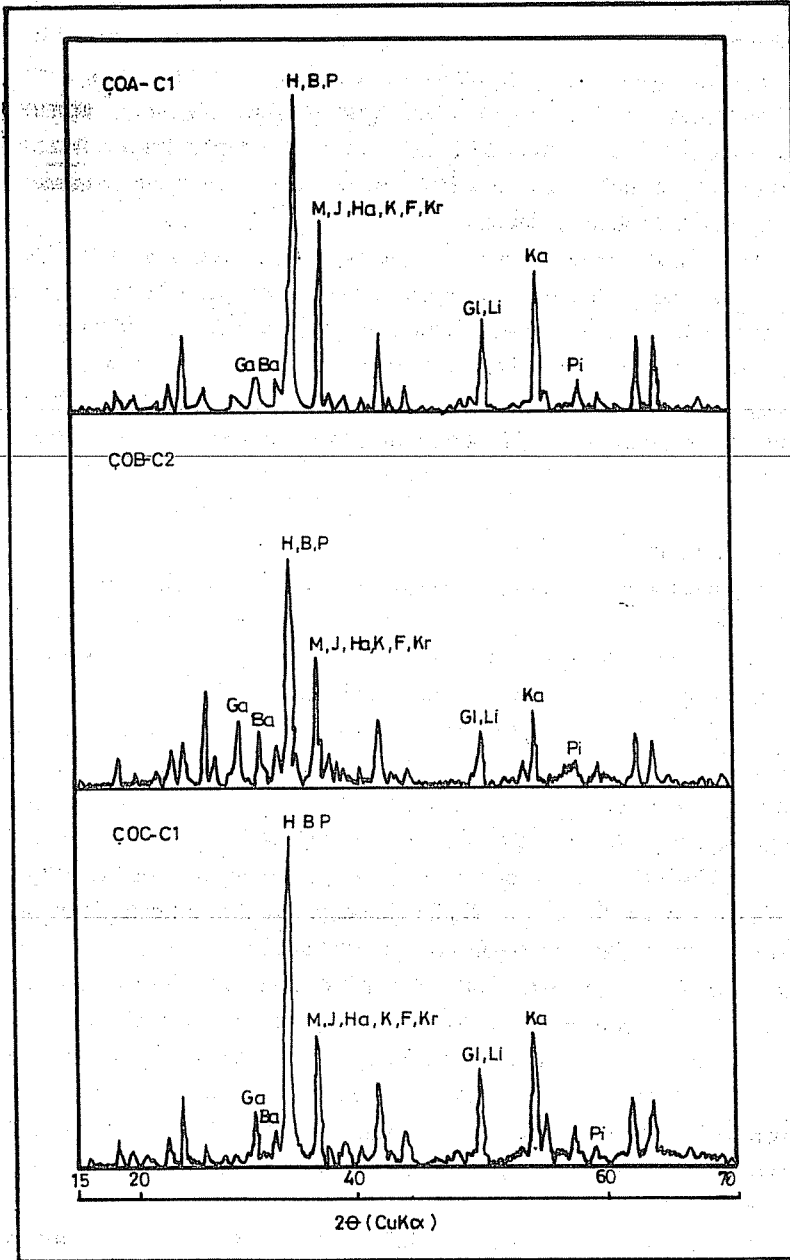
Çünkü, her ne kadar bölgede bir deniz tabanı yayılması dönemi olmuşsa da bu, Üst Kretase öncesi dönemde gerçekleşmiştir. Çevretepe manganez yataklarının içinde bulunduğu İsalı Formasyonu'nun yaşı ise Alt Miyosen (Akitaniyen) olarak açıklanmıştır. Tetis ofiyolitlerinin deniz tabanına yerleşiminden sonra ortaya çıkan "supra-subduction" ile ilgili olarak gelişen yay gerisi havzadaki volkanik etkinlik, özellikle hiyaloklastit püskürümleri Toth (20)'in de ileri sürdüğü gibi manganezin başlıca kaynağı olarak görünmektedir.

4.2 Parajenetik Yaklaşım

Difraktogram verilerinin (Şekil 4) çözümlemesi sonunda cevherin oldukça zengin bir mineralojiye sahip olduğu saptanmıştır. En yaygın cevher minerali hematittir (Fe_2O_3). Ayrıca manyetit (Fe_3O_4), kuprospinel (CuFe_2O_4) de bulunmaktadır. Biksbiyit ($\text{Mn}^{3+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3$), partritgeit (Mn_2O_3), hausmanit ($\text{Mn}^{2+}(\text{Mn}^{3+}\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$), manganit (MnOOH), jakopsit ($\text{Mn}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$), krednerit (CuMn_2O_4), daha az belirgin olarak franklinit ($(\text{ZnMnFe})(\text{Fe}^{3+}\text{Mn}^{3+})_7\text{O}_4$) ve pirolusit ($\beta\text{-MnO}_2$) ana manganez mineralleri olarak saptanmıştır. Bu arada demir ve manganez minerallerinde Fe ve Mn değişik oranlarda yer değiştirmiş görünmektedir. Bu olgu, örneğin ($\text{Fe}_{0.67}\text{Mn}_{0.33}$)OOH, ($\text{Mn}_{0.983}\text{Fe}_{0.017}$) $_2\text{O}_3$ ve CuFeMnO_4 minerallerinin tüm örneklerde saptanmasıyla ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca Cu, Co, Pb, Sr, Ti, Zn, Ni gibi elementler de tüm örneklerde demir ve/veya manganezin yerinin alındığı minerallerde ortaya çıkmışlardır.

Mn ve Fe nin başlıca 2+ ve 3+ değerlikte olduğu bu minerallerden daha az miktarda pirit (FeS_2), trevorit (NiFe_2O_4), galenit (PbS), Co Mn spinel, magnesiferit ($(\text{MgFe})\text{Fe}_2\text{O}_4$), lityoforit ($(\text{Al,Li})\text{Mn}_2(\text{OH})_2$) ve szomolnokit ($\text{FeSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$) saptanmıştır. Gang minerali olarak başlıca glavkokroyit (cevher minerali bravnitII bileşimine benzeyen CaMnSiO_4), diopsit ($\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$), kalsit (CaCO_3), bassanit (CaSO_4), minnessotait ($(\text{Fe,Mg})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), moissanit (SiC), periklas (MgO), brusit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) ve galenit ($\text{Na}_{15}(\text{SO}_4)_5\text{F}_4\text{Cl}$) tesbit edilmiştir.

Çevretepe manganez yatakları parajenezi, görüldüğü gibi süperjen koşullar altında oluşan psilomelan dışında manganezin başlıca 2+ ve/veya 3+ değerlikte olduğu, bravnit ve bravnitII yokluğunda, hausmanit, biksbiyit, jakopsit, manganit ve partritgeit gibi yüksek sıcaklık-düşük oksitleri ile demirin hematit ve manyetit gibi oksitlerinden meydana gelmektedir.



Şekil 4. Çevretepe manganez yataklarına ait sırasıyla A, B ve C ocağından alınmış birer örneğin X-ışınları kırınım verileri. Ga: galenit, Ba: bassanit, H: hemetit, B: biksbiyit, P: partritgeit, M: manganit, J: jakopsit, Ha: hausmanit, K: kuprospinel, F: franklinit, Kr: krednerit, Gl: glavkokroyit, Li: lityoforit, Ka: kalsit, Pi: pirolusit.

Yüksek sıcaklıkta metamorfizma geçirmedeği önyargısıyla çalışılan Çevretepe manganez yatakları gibi sedimanter manganez yataklarında oldukça ender görülen bu parajenez, özellikle Mn_2O_3 - Mn_3O_4 - Fe_2O_3 - Fe_3O_4 ilişkisi pek çok yazar tarafından tartışılmaktadır (Örneğin: Muan (26) Hahn ve Muan (27), Roy (15) Miyano ve Beukes,(23)

Bu çalışmalardan hareketle değişen miktarlarda demir içeren manganez oksitlerin faz dengesi Roy (15)'in sunduğu şekilde aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

1) Manganezin pirolusit, nsutit, birnesit, kriptomelan gibi yüksek oksitleri 500° - 700° C de biksbiyite dönüşür. Ortorombik pirolusit olan Ramsdellit 310° C de veya 500° C de pirolusite daha sonra biksbiyite dönüşür. Pirokroyit ısıtmayla 32° C biksbiyiti atlayarak doğrudan hausmanite dönüşür.

2) Yukarıdaki süreçlerde meydana gelmiş biksbiyit demir içeriğine bağlı olarak açık havada 877° - 932° C de hausmanite dönüşür. Demir içeriğinin artmasıyla biksbiyit ya meta-stabil Vrendenburgite ya da jakopsite dönüşür.

3) Böylelikle Fe_3O_4 , Mn_3O_4 sisteminde dört kurucu mineral fazı (manyetit, jakopsit, vrendenburgit, hausmanit) toplu bileşimin doğasını ve sıcaklık aralıklarını yansıtan değişik ilişkiler sergileyebilir. Jakopsitin oluşumu toplu bileşimdeki yeterli demire ve katı çözeltilinin oluşması için gerekli sıcaklığa bağlıdır.

Roy (28) jakopsit oluşumunun, toplu bileşimdeki demir içeriğine, sıcaklığa ve oksijen kısmi basıncına bağlı olduğunu, bu mineralin, düşük dereceli metamorfizma geçirmiş yataklardan ve hatta metamorfizma geçirmemiş koloidal cevherlerden rapor edildiğini ifade etmiştir. Artan sıcaklıkta manganez minerallerinin faz değişimi Çizelge 1 de verilmektedir.

Biksbiyit ile yüksek sıcaklık ortamlarının diğer tipik minerali bravnit öncekinin yapısında Fe_2O_3 , sonrakinin yapısında SiO_2 olmasıyla birlikte her ikisi de Alfa- Mn_2O_3 olarak kabul edilmiş; her iki mineralin de artan sıcaklıkta manganezce zengin sedimanlarda bol miktarda bulunduğu açıklanmıştır [Muan (26), Roy (15)]. Roy (15)'e göre bravnit veya biksbiyitin tercihli oluşumları ya da başka bir deyişle Alfa- Mn_2O_3 yapısında demir veya silikatın göreceli katılığı fizikokimyasal bir temel üzerine henüz yeterince oturtulamamıştır. Ancak Muan (26), bravnit ve biksbiyitin Alfa- Mn_2O_3 yapısına girmelerinin sebebini oksijen kısmi basıncını ima ederek açıklamıştır.

Miyano ve Beukes (23) Güney Afrika Kalahari manganez yataklarının fizikokimyasal oluşum ortamını tartışırken metamorfizma geçirmiş yataklarda Ca-Mn-Fe-Si-O sistemini çalışmış; bu yataklardaki muhtemel parajenez ve hidrotermel faz tepkimelerine oldukça iyi bir yaklaşım yapmışlardır. Düşük dereceli metamorfizma ya da diyajenez geçirmiş düşük tenörlü manganez yataklarında ve bravnit yokluğunda,

hausmanit-jakopsit

jakopsit-hematit

hausmanit-jakopsit-hematit

ÇEVRETEPE MANGANEZ YATAKLARININ İNCELENMESİ

mineral birliğinin; yine bravnit yokluğunda yüksek sıcaklıkta metamorfizmaya uğramış yüksek tenörlü manganez yataklarında,

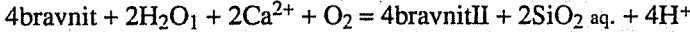
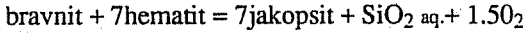
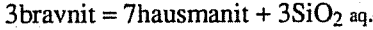
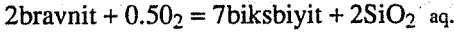
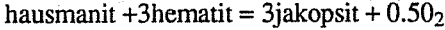
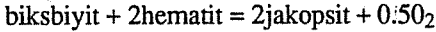
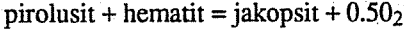
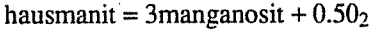
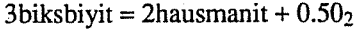
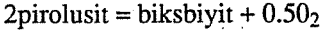
biksbiyit-hausmanit

hausmanit-hematit

biksbiyit-hausmanit-hematit

mineral birliğinin söz konusu olabileceğini açıklamışlardır.

Aynı yazarlar, Ca-Mn-Fe-Si-O sisteminde düşük tenörlü minerallerin hidrotermal çözeltilerle olan tepkimelerini teorik olarak sunmuşlardır. Buna göre muhtemel tepkimeler aşağıdaki gibi olabilir:



DeVilliers (22), özet olarak çeşitli minerallerin oluşum koşullarını aşağıdaki gibi sunmuştur: hausmanit ve jakopsit gibi ara oksitler yüksek sıcaklıklarda metamorfizmayla, oldukça geniş bir sıcaklık aralığında hipojen çözeltilerle ve yeraltı suyu oksidasyon potansiyeli düşük ortamlarda süperjen etkiyle de oluşabilirler. Biksbiyit, yüksek sıcaklıklarda metamorfik etkiyle ve hidrotermal ile pnömatolitik ajanlarca oluşturulurlar. Partritgeit (demir oranı düşük biksbiyit de dahil) henüz metamorfik ya da yüzeysel ayrışım ürünü olarak tesbit edilmemiş, ancak hipojen çözeltiler tarafından oluşturulduğu kabul edilmiştir. Bravnit, metamorfik, hidrotermal ya da süperjen süreçlerle oluşturulabilir ancak bravnitII sadece hipojen çözeltilere bağlı olarak oluşur. Pirolusit, kriptomelan, psilomelan, hollandit, todorokit, lityoforit ve nsutit gibi manganez peroksitler oksidasyon potansiyelinin yüksek olduğu ortamlarda metamorfik, hidrotermal ya da süperjen süreçlerle oluşabilmektedir.

Bu açıklamalardan sonra ulaşılan noktada Çevretepe manganez yataklarının deniz

suyundan çökelimden sonra muhtemelen devam eden volkanizmanın açığa çıkardığı sıcaklığın etkisiyle ya da yeni sokulumlar sayesinde metamorfizma geçirdiği fikri ortaya çıkmaktadır. Ancak Floyd ve diğ. (11)'nin açıkladığı düşük dereceli (Zeolit Fasiyesi) metamorfizma bu minerallerin oluşumunda tek başına yeterli olamaz görünmektedir. Böylece yüksek sıcaklık metamorfizmasıyla oluşum fikri yerine, tamamıyla olmasa bile, ortamın Eh-pH'ındaki ani değişimler gibi fizikokimyasal koşulların manganezin ara ve düşük oksitlerinin oluşumunda başlıca rol oynadığı fikrine terk etmektedir.

Bricker (29)'in geliştirdiği faz diyagramlarında manganez her nasılsa demirden bağımsız olarak tartılmış olsa bile yükselen Eh-azalan pH'la birlikte dereceli olarak pirokroyit ($Mn(OH)_2$), hausmanit (Mn_3O_4) ve manganitin ($MnOOH$) oluşmasıyla destek bulan sedimantasyon sırasında fizikokimyasal denetim fikri hiyaloklastit-deniz suyu tepkimesi sonunda Çevretepe cevher ve yankayaçlarında sıklıkla gözlenebilen Fe-smektit, Fe-hidroksit ve MnO_2 ile zeolitin ortaya çıkmasıyla ikinci desteğini bulmaktadır.

4.3 Jeokimyasal Yaklaşım

Çevretepe manganez yataklarının sahip oldukları geometri bakımından sedimanter tipte olduğu daha önce açıklanmıştı. Bununla birlikte sedimantasyonda manganezin ve diğer elementlerin muhtemel üç kaynağı olabilir. Hidrotermal, hidrojenetik ve halmirolitik. Bunlardan ilkinde magmatik, ikincisinde karasal ve sonuncusunda volkanik kaynaklı malzeme söz konusu olmakla birlikte her üçünde de deniz suyunda hızlı ya da yavaş çökelim egemendir.

Yataklardaki manganezin kaynağının araştırılmasında, dolayısıyla yatak tipinin saptanmasında temel teşkil edecek kimyasal veriler ve parametreler farklı yazarlar tarafından farklı biçimlerde kullanılmaktadır (Örneğin: Bonatti (17); Bonatti ve diğ. (18); Toth (20); Crear ve diğ.(19) Wonder ve diğ.(25); Oygür (30). Buradan hareketle kimyasal çözümlenmelerde elde edilmiş kimyasal veriler ve parametreler Çizelge 2'de verilmektedir.

Büyük ölçüde Toth (20)'in açıklamalarına dayanarak Çevretepe manganez yataklarının sahip olduğu kimya aşığıdaki yolla yorumlanmıştır:

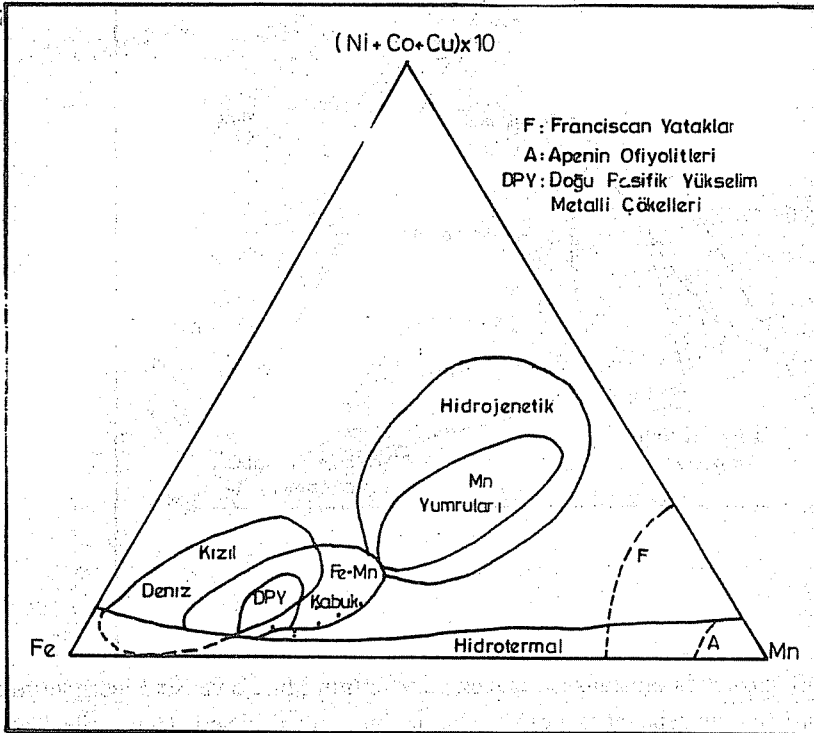
Fe, Mn, (Co+Cu+Ni)x10 üçlü diyagramı (Şekil 5) başta hidrotermal ve hidrojenetik yatakları betimlemekte ve Toth (1980) tarafından ferromanganez kabuklar olarak adlandırılmış halmirolitik yatakların kimyasını genelleleyen bir üçüncü alanı da göstermektedir. Bu alan üçlü diyagramın Fe ucuyla yumru alanı arasında kalmakta ve yumrulara kıyasla ferromanganez kabuklardaki demir zenginleşmesini - iz metal fakirleşmesini apaçık şekilde göstermektedir. Ayrıca, ferromanganez kabuklar için ortalama Fe/Mn oranının yumrulardaki 1.1 oranına kıyasla 2.2 olması da bu kabuklardaki demir zenginleşmesini desteklemektedir.

Çevretepe manganez yatakları ortalama 1.8 Fe/Mn oranıyla yumrulardan yüksek demir

Çizelge 2. Jeokimyasal yorumlamada kullanılan veriler ve parametreler.

| % | Mn | Fe | SiO | Al | Ni | Co | Cu | Zn |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|
| Örnek | | | | | | | | |
| ÇOA-C1 | 13.77 | 31.68 | 11.83 | 0.150 | 0.0726 | 0.0945 | 0.1320 | 0.02 |
| ÇOA-C3 | 14.84 | 27.27 | 15.94 | 0.191 | 0.0578 | 0.1026 | 0.1135 | 0.02 |
| ÇOB-C2 | 13.76 | 20.98 | 19.27 | 0.316 | 0.0393 | 0.0954 | 0.1578 | 0.03 |
| ÇOC-C1 | 15.95 | 32.02 | 13.02 | 0.138 | 0.0684 | 0.1055 | 0.1195 | 0.03 |
| ÇOD-C1 | 15.71 | 25.45 | 14.56 | 0.121 | 0.0852 | 0.1033 | 0.1546 | 0.05 |
| Ortalama | 14.81 | 27.48 | 14.92 | 0.180 | 0.0647 | 0.1003 | 0.1355 | 0.03 |

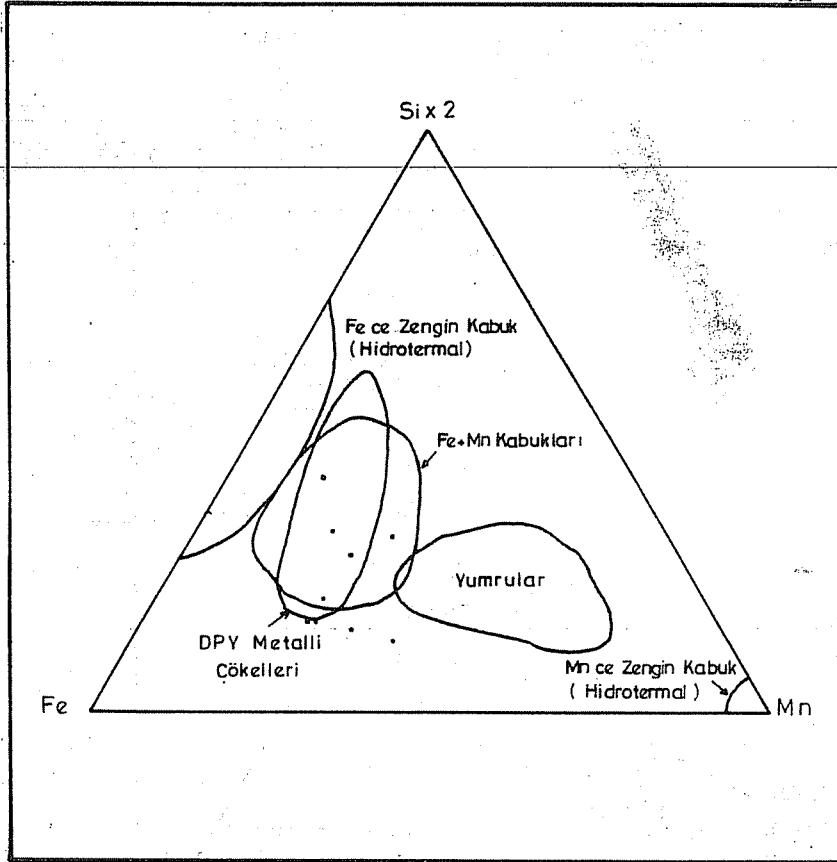
| Parametre | Fe/Mn | Si/Al | (Co+Cu+Ni), ppm | (Co+Cu+Ni)x10 | Si ² | Co/Zn |
|-----------|-------|-------|-----------------|---------------|-----------------|-------|
| Örnek | | | | | | |
| ÇOA-C1 | 2.3 | 37.00 | 2991 | 2.991 | 11.1 | 4.73 |
| ÇOA-C3 | 1.84 | 39.01 | 2924 | 2.924 | 14.9 | 5.13 |
| ÇOB-C2 | 1.52 | 28.51 | 2925 | 2.925 | 18.02 | 3.18 |
| ÇOC-C1 | 2.01 | 43.55 | 2934 | 2.934 | 12.02 | 3.52 |
| ÇOD-C1 | 1.62 | 56.28 | 3431 | 3.431 | 13.62 | 2.07 |
| Ortalama | 1.86 | 33.07 | 3041 | 3.041 | 13.93 | 3.73 |



Şekil 5. Deniz tabanında oluşmuş manganez yataklarında Mn, Fe ve (Cu+Co+Ni)x10 oranlarını gösteren üçlü diyagram ve Çevretepe manganez yataklarının bu alanlar arasındaki yeri. Franciscan yataklarına ait veriler Crear ve diğ., (21)'den; Ferromanganez yataklarına (Fe-Mn Kabuk) ve yumrulara ait veriler Toth (20)'den; Hidrotermal, Kızıldeniz, hidrojenetik ve Apenin Ofiyolitlerine ait veriler Bonatti ve diğ. (18)'den alınmıştır.

içeriğine sahiptir. Ayrıca iz metal içeriği de hidrotermal yataklardan zengin fakat hidrojenetik ve yumru yataklarından fakirdir. Üçlü diyagramda yataklardan alınan örnekler ferromanganez kabuk alanında toplanmışlardır.

Şekil 6'da manganez yatakları için Fe-Mn-Six2 içeriği karşılaştırması yapılmaktadır. Bu üçlü diyagramda, daha öncekinde de olduğu gibi, ferromanganez kabuklar ile DPY metali çökellerinin bileşiminde önemli bir benzerlik görünmektedir. Bu görünüm iki tip yatakta da silisyumun ortak bir kaynağı olduğu fikrini vermektedir (20).



Şekil 6. Deniz tabanında oluşmuş manganez yataklarının Mn, Fe ve Six2 içeriklerinin karşılaştırılması ve Çevretepe manganez yataklarının bu alanlardaki yeri. Tüm veriler Toth (20)'den alınmıştır.

Çevretepe manganez yataklarından alınmış örneklerin üçlü diyagramdaki yeri, her ne kadar bölgede daha önce okyanus tabanı yayılması olmasından dolayı metali sediman fikri ortaya çıksa da, ferromanganez kabul alanında yoğunlaşmaktadır.

Aynı yazara göre silisyumun kökeni yataklardaki Si-Al derişimlerinin karşılaştırılmasıyla da bulunabilmektedir. Manganez yataklarında silisyum genelde detritik yapıdadır. Denizel sedimanlarda ortalama Si/Al oranı 3 tür. Bu oran manganez yumrularında da yaklaşık 3 olarak kabul edilmektedir. Ortalama 5.1 Si/Al oranıyla ferromanganez kabuklar ve olağanüstü yüksek 600-900 Si/Al oranıyla demirce zengin hidrotermal yataklar göstermektedir ki bu yataklarda silisyum için ek bir kaynak bulunmaktadır.

Ortalama 33.7 Si/Al oranına sahip Çevretepe manganez yataklarında da silisyumun, başlıca sorumlusu muhtemelen halmirolisis olan, ek bir kaynağı vardır.

Adı geçen yazar farklı tipteki yataklar için Co ve Zn'nun göreceli derişimlerinde anlamlı varyasyonlar saptamıştır. Hidrotermal yatakların Co/Zn oranı ortalama 0.15 ile çok düşük iken ferromanganez kabukların ve yumrularınki ortalama 2.5 dir. Çevretepe manganez yataklarında ise bu oran ortalama 3.72 olarak tespit edilmiştir.

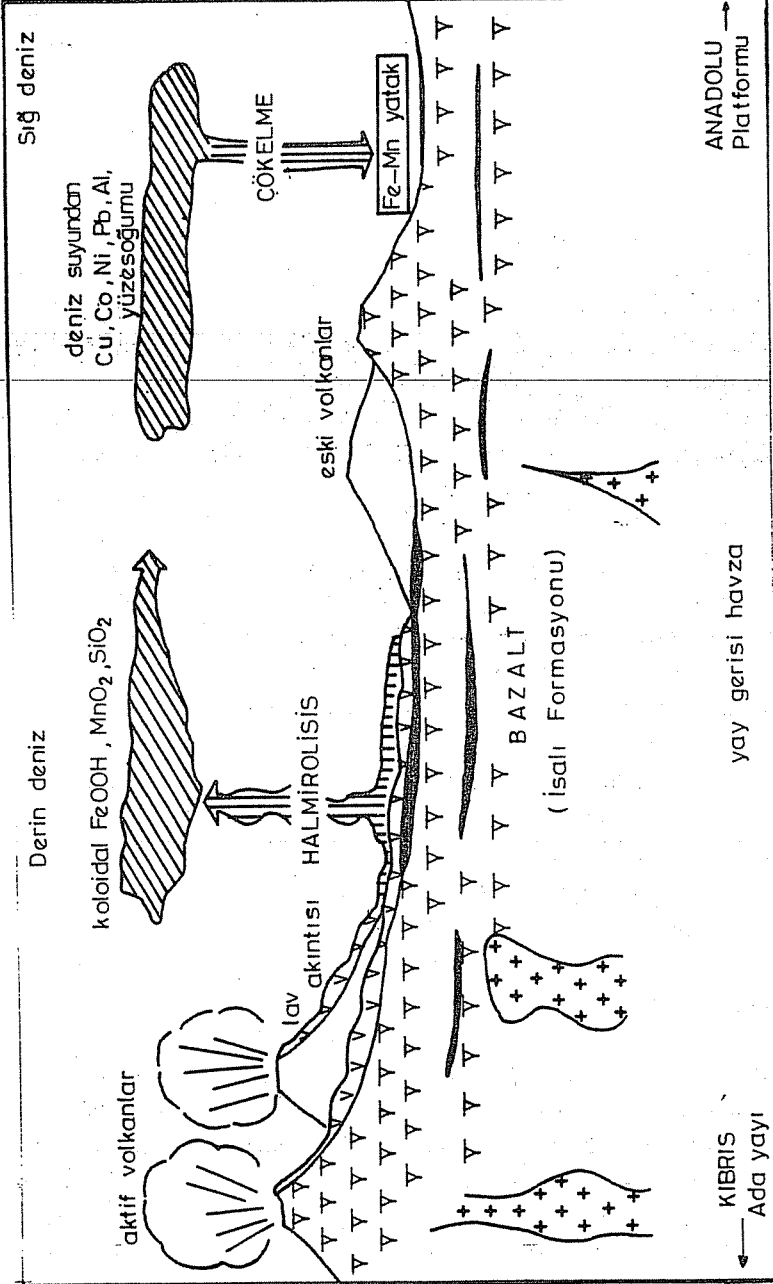
Bu yorumlamalardan sonra Çevretepe manganez yataklarının hiyaloklastit-deniz suyu tepkimeleriyle oluşmuş halmirolitik yataklar olduğu fikri kesinlik kazanmaktadır.

5. SONUÇLAR

Sahip oldukları jeoloji, parajenez ve jeokimyasal nitelikleriyle Çevretepe manganez yataklarının kökeni ve depolanmasının açıklandığı paleocoğrafik evrim içerisinde volkanojenik bir yataklanma modeli irdelenmiştir (31) (Şekil 7). Bu modele göre:

Arap-Afrika levhalarının Üst Kretase öncesi dönemde güneye doğru kaymasıyla Tetis ofiyolitlerinin çıkışına elverişli bir gerilme kuşağı meydana gelmiştir. Geç Oligosen-Erken Miyosen döneminde başlıca Afrika ve Arap levhalarının bu defa kuzeye hareketinden kaynaklanan dalma/batma ve bunun sonucunda da ada yayı gelişimi söz konusu olmuştur. Dalma/batma karakterinin "supra" olmasıyla yay gerisi havzada ve derin deniz koşullarında volkanik etkinlikler sonucunda olistostromik İsalı Formasyonu oluşmaya başlamıştır. Formasyonun havzaya yerleşimiyle eş zamanlı olarak toleyitik bazaltlarla veya deniz tabanına püsküren sıcak hiyaloklastitlerle soğuk deniz suyu arasında gerçekleşen tepkimeler (halmirolisis) başlıca manganez ve demir oksit ya da hidroksitleri ile SiO₂ nin açığa çıkmasına yol açmıştır. Deniz suyunda asılı gruplar oluşturan oksit ya da hidroksitler koloidal olarak deniz suyunda uzak mesafelere taşınmış; birbirleriyle karışmış ve eş bileşimli olmuşlardır. Sığ kesimlere ulaşan koloit bulutları başlıca oksijen bulunabilirliğine bağlı olarak ve bu arada deniz suyundan Cu, Co, Ni, Al, Sr, Ca, Pb, Zn gibi katyonları da yüze soğurarak çökelmişler ve yine çözünmüş oldukları spilitler üzerinde yatak oluşturmuşlardır. Parajenezdeki minerallerin faz dengelerine bakılarak çökelinin pH=8 civarında ve orta oksitlenme potansiyeli koşullarında gerçekleştiği kabul edilmiştir. Yer yer tabakalanma gösteren spilitler lav akıntılarının yataklarda az miktarda metamorfizmaya yol açabileceği de mümkün görünmektedir.

Orta-Üst Miyosen'de Karataş ve Kızıldere Formasyonları oluşumundan sonra



Şekil 7. Çevretepe manganez yataklarının oluşumu için irdelenen yataklanma modeli.

Pliyosen'de devam etmiş K-G yönlü bindirmeler İsalı Formasyonu'nun bölge istifi üzerinde yer almasına; Dokuztekne Köyü'nden Çelemlı Köyü'ne kadar uzun bir hat boyunca manganez yataklarının yüzlerce mostra vererek gün ışığına çıkmasına yol açmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Schmidt,G.C., VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklatürü, TPAO Yayını, 6, 49-65, 1961.
2. Bilgin,A.Z., Ercan,T., Ceyhan - Osmaniye Yöresindeki Kuvaterner Bazaltların Petrolojisi, TJK Bülteni, 24, 21-30, 1981.
3. Yaman,S., Yazıcı,H., Gölovası (Yumurtalık) Killerinin Çimento Hammaddesi Olarak İncelenmesi, I. Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, 355-363, Adana, 1984.
4. Gökçen,S.L., Kelling,G., Floyd,P.A., Gökçen,N., Adana Baseni Misis Karmaşığı Karataş Formasyonu Türbidit Kumtaşlarının Kil Mineralojisi, II.Ulusal Kil Sempozyumu Bildirileri, 93-103, Ankara, 1985.
5. Gökçen,S.L., Kelling,G., Gökçen,N., Floyd,P.A., Çukurova Baseni Misis Karmaşığının Tektonik ve Stratigrafik Evrimi. Yerbilimleri, 14, 231-243, 1987.
6. Gökçen,S.L., Kelling,G., Gökçen,N., Floyd,P.A., Sedimentology of a Late Cenozoic Collisional Sequence: The Misis Complex, Adana, Southern Turkey. Sed. Geol., 59, 205-235, 1988.
7. Gökçen,S.L., Kelling,G., Gökçen,N., Floyd,P.A., Genç Senozoyik Yaşlı Çarpışan Plaka Sınırlarındaki İstiflerin Sedimanter Jeolojik Evrimine Bir Örnek: Misis Karmaşığı, Çukurova Baseni, Adana. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, 101-111, Adana, 1991a.
8. Gökçen,S.L., Kelling,G., Uluğ,A., Gökçen,N., Özel,E., Alanya-Mersin Arası Denizel Bölgedeki Genç Tektonik Yapılar. Jeofizik, 5, 3-12, 1991b.
9. Kelling,G., Gökçen,S.L., Floyd,P.A., Gökçen,N., Neogene Tectonics and Plate Convergence in the Eastern Mediterranean: New Data from Southern Turkey. Geol., 15, 425-429, 1987.
10. Gökçen,N., Gökçen,S.L., Kelling,G., Floyd,P.A., Microfaunal Biostratigraphy of Cenozoik Sequences from Misis-Andırın Area. News. Stra., 24, 111-135, 1991.
11. Floyd,P.A., Kelling,G., Gökçen,S.L., Gökçen,N., Geochemistry and Tectonic Environment of Basaltic Rocks from the Misis Ophiolitic Melange, South Turkey. Chem. Geol., 89, 263-280, 1991.
12. Atasever,İ., Bahçeci,A., Adana - Ceyhan - Yumurtalık Arası Demirli Manganez Zuhurları Prospeksiyonu ve Dokuztekne - Hamdilli - Sarıkeçili - Nacarli Manganez Cevherleşmeleri Jeoloji ve Rezerv Raporu, MTA Raporu, No:46 (Yayımlanmamış), Adana, 1981.
13. Hewett,D.F., Fleischer,M., Deposits of the Manganese Oxides. Econ. Geol., 55, 1-55, 1960.
14. Larson,L.T., Geology and Mineralogy of Certain Manganese Oxide Deposits. Econ. Geol., 59, 54-78, 1964.

15. Roy, S., *Mineralogy of the Different Genetic Types of Manganese Deposits*. *Econ. Geol.*, 63, 760-786, 1968.
16. Ferguson, J., Lambert, J.B., *Volcanic Exhalations and Metal Enrichments at Matubi Harbor, New Britain, T.P.N.G.*, *Econ. Geol.*, 67, 25-37, 1972.
17. Bonatti, E., *Metallogenesis at Oceanic Spreading Centers, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, c.3, (F.A. Donarth Editör), 401-432, 1975.*
18. Bonatti, E., Zerbi, M., Kay, R., Rydell, H., *Metalliferous Deposits from the Apenine Ophiolites: Mesozoic Equivalents of Modern Deposits from Oceanic Spreading Centers*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 83-94, 1976.
19. Lonsdale, P., Burns, V.M., Fisk, M., *Nodules of Hydrothermal Birnessite in the Caldera of a Young Seamount*. *J. Geol.*, 88, 611-618, 1980.
20. Toth, J.R., *Deposition of Submarine Crusts Rich in Manganese and Iron*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 91, 44-54, 1980.
21. Crerar, D.A., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L., Feigson, M.D., *Manganiferrous Cherts of the Fransiscan Assemblage: I. General Geology, Ancient and Modern Analogues, and Implications for Hydrothermal Convection at Oceanic Spreading Centers*. *Econ. Geol.*, 77, 519-540, 1982.
22. DeVilliers, J.E., *The Manganese Deposits of Griqualand West, South Africa: Some Mineralogic Aspects*. *Econ. Geol.*, 78, 1108-1118.
23. Miyano, T., Beukes, N.J., *Physicochemical Environment for the Formation of Quartz-Free Manganese Oxide Ores from the Early Proterozoic Hotazel Formation, Kalahari Manganese Field, South Africa*. *Econ. Geol.*, 82, 706-718, 1987.
24. Campbell, A.C., Gieskes, J.M., Lupton, J.E., Lonsdale, P.F., *Manganese Geochemistry in the Guaymas Basin Gulf of California*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 345-357, 1988.
25. Wonder, J.D., Spry, P.G., Windom, K.E., *Geochemistry and Origin of Manganese - Rich Rocks Related to Iron - Formation and Sulphide Deposits, Western Georgia*. *Econ. Geol.*, 83, 1070-1081, 1988.
26. Muan, A., *Stability Relations Among Some Manganese Minerals*. *Am. Mineralogist*, 44, 946-960, 1959.
27. Hahn, W.C., Muan, A., *Studies in the System Mn-O: The Mn₂O₃-Mn₃O₄ and Mn₃O₄-MnO Equilibria*. *Am. J. Sci.*, 258, 66-78, 1960.
28. Roy, S., *Genetic Studies on the Precambrian Manganese Formations of India with Particular Reference to the Effects of Metamorphisms, Unesco, Genesis of Precambrian Iron and Manganese Deposits, Proc. Kiev Symp., (Earth Sciences, 9), 229-242, 1973.*
29. Bricker, O., *Some Stability Relations in the System Mn-O₂-H₂O at 25°C and One Atmosphere Total Pressure*. *Am. Mineralogist*, 509, 1296-1354, 1965.
30. Oygür, V., *Çayırılı (Haymana-Ankara) Manganez Yatağının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni Üzerine Görüşler, MTA Dergisi*, 110, 29-43, 1990.
31. Erdemoğlu, M. *Çevretepe (Adana-Ceyhan) Manganez Yataklarının Metalojenik İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 125 s., Adana, 1992.

PERİYODİK ISI YÜKLERİNE MARUZ BİNALARDA KONFOR ŞARTLARININ İNCELENMESİ

R.Tuğrul OĞULATA, Tuncay YILMAZ ve Hilmi R. BEĞAKI
Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Yapılarda dış iklim şartlarının etkisi ile çeşitli ısı kazançları meydana gelmektedir. Bu ısı kazançları dikkate alınarak Fourier serileri yardımı ile iç ortama olan ısı kazancının gün boyunca değişimi örnek bir mahalde incelenmiştir.

Ayrıca ortamda soğutma kaynağının bulunması veya bulunmaması durumlarında iç ortam sıcaklığının zamana göre değişimi hesaplanmıştır.

Bu amaçla dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınımı Fourier serisine dönüştürülerek analitik-nümerik bir çözüm elde edilmiştir.

INVESTIGATION OF COMFORT CONDITIONS IN BUILDINGS SUBJECTED TO THE EFFECT OF PERIODIC HEAT LOADS

ABSTRACT : In buildings, heat gains occur by the effect of the outside climate conditions. The variation of the total heat gain of the indoor is determined with the aid of Fourier series by considering these heat gains for a pattern indoor place.

Beside, the variation of the inside temperature is computed in the case of existing a cooling source in the indoor place or not.

The semi analytical and semi numerical solution is obtained by transforming outside temperature and solar radiation to the Fourier series.

1. GİRİŞ

Bir yapıda konveksiyon, ışıınım ve infiltrasyon yolu ile çeşitli ısı kazançları meydana gelmekte ve bunlar da istenen iç iklimsel konforu doğrudan etkilemektedir. Arzu edilen konforun sağlanması yaz şartlarında zamana göre değişen ısı kazançlarına karşı çalışacak bir soğutma cihazıyla olacaktır.

Bu nedenle seçilen cihazın kapasitesi ile birlikte iç ortam sıcaklığı da değişecektir ve bu değişimin de konfor şartları içinde kalması gerekir. Bunun için yapının ısı dengesi düşünülürse, seçilen cihazın yüküyle beraber, zamanla değişen iç duvar, döşeme, tavan ve eşyaların ısı miktarlarının da hesaplanması gerekir.

Yapılan bu çalışmada, analitik-nümerik bir çözüm elde edebilmek için, periyodik olarak zamanla değişen dış ortam sıcaklığı ile güneş ışıınınmını Fourier serilerine dönüştürülmüştür.

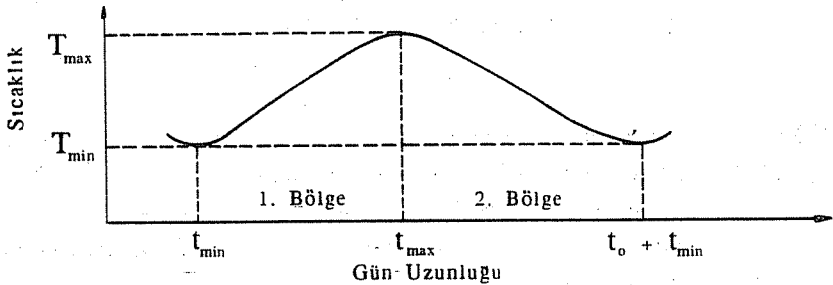
Çözüm yapılırken bir boyutlu genel enerji denklemi, sınır şartları ve Fourier serileri ile beraber düşünülmüş ve daha sonra yapının dinamik incelenmesi yapılmıştır.

Adana ilinde en sıcak gün olan 23 Temmuz gününde örnek bir mahal ele alınarak, çeşitli duvar yönü, duvar malzemesi ve duvar kalınlıklarında ve iç ortam sıcaklığının sabit olması durumunda ısı kazancının gün boyunca değişimi araştırılmıştır.

Ayrıca aynı mahal ele alınarak sanki-stasyonere değişim gösterdiği kabul edilen iç ortam sıcaklığının zamanla değişimi incelenmiştir.

2. DIŞ ORTAM SICAKLIĞI İLE GÜNEŞ İŞİNİMİNİN ZAMANLA DEĞİŞİMİ

Dış ortam sıcaklığının zamanla değişimi şekil 1 de gösterildiği gibi iki bölgede incelenebilir. 1. bölge minimum sıcaklıktan (T_{min}) maksimum sıcaklığa, 2. bölge ise maksimum sıcaklıktan (T_{max}) minimum sıcaklığa kadar olan bölgedir. t_{max} ve t_{min} maksimum ve minimum sıcaklık oluş saatleridir.



Şekil 1. Dış ortam sıcaklığının gün boyunca değişimi.

Dış ortam sıcaklığının birinci (T_1) ve ikinci bölgede (T_2) değişimi şu eşitliklerle verilebilir (1).

$$T_1 = T_1^* \Delta T + T_{\min} \quad (1)$$

$$T_2 = T_{\max} - T_2^* \Delta T \quad (2)$$

Eş. (1) ve (2) de T_1^* ve T_2^* boyutsuz sıcaklıklar ve ΔT maksimum minimum sıcaklık farkıdır, (1)'de detaylı olarak açıklanmıştır.

Güneş ışınımının gün boyunca değişimi eş. (3) ile hesaplanabilir (2)

$$\dot{q}_t = [R_d - \rho_y \frac{(1 - \cos \alpha)}{2}] I_{ts} + (R_y - R_d) I_{ys} \quad (3)$$

Bu eşitlikte, I_{ts} ve I_{ys} anlık toplam ve yaygın ışınımlar, R_d ve R_y direk ve yaygın ışınım dönüşüm katsayıları, ρ_y çevrenin yansıtma oranı ve α ise yüzeyin eğim açısıdır.

Böylece dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınımı Fourier serisi olarak yazılabilir (3). Eş. (1) ve (2)'den yararlanılarak eş.(4)'deki Fourier serisinin a_{do} , a_{di} , b_{di} katsayıları, eş. (3)'den yararlanılarak da eş.(5)'deki Fourier serisinin a_{to} , a_{ti} ve b_{ti} katsayıları bulunur.

$$T_d = a_{do} + \sum_{i=1}^{\infty} a_{di} \cos(wit) + b_{di} \sin(wit) \quad (4)$$

$$\dot{q}_t = a_{to} + \sum_{i=1}^{\infty} a_{ti} \cos(wit) + b_{ti} \sin(wit) \quad (5)$$

3. BİNA DİNAMİK ISIL ANALİZİ

Zamanla değişen ısı kazancının ve iç ortam sıcaklığının hesaplanması için bunların değişimi ile beraber iç duvar, döşeme, tavan ve eşyaların ısı depolama kapasiteleri ve soğutma kaynağının ısı yükünü de içeren bir eşitliğe ihtiyaç vardır. Bu çalışmada eşya ve iç duvar ile iç ortam arasındaki ısı transfer katsayıları ile eşyaların ısı iletim katsayıları sorsuz kabul edilmiştir.

Bütün bunlar dikkate alınarak binanın ısı dengesi şu şekilde verilebilir (4).

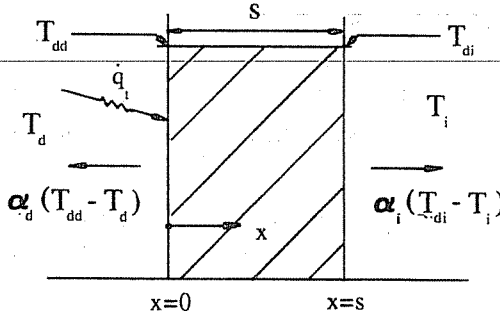
$$(m_h c_{p,h} + w_{id} + w_e) \frac{dT_i}{dt} = Q_{kaz} + Q_{inf} - Q_{kk} \quad (6)$$

Bu eşitlikte m_h ve $c_{p,h}$ iç ortam havasının kütlesi ve özgül ısısı, w_{id} ve w_e iç duvar ve eşyaların ısı depolama kapasiteleri, Q_{kaz} ve Q_{inf} duvarlardan ve infiltrasyonla olan ısı kazancıdır. Q_{kk} ise soğutma kaynağının ısı yüküdür. T_i zamanla değişen iç ortam sıcaklığı olup Fourier serisi olarak belirtilebilir.

$$T_i = a_{i0} + \sum_{i=1}^{\infty} a_{ii} \cos(wit) + b_{ii} \sin(wit) \quad (7)$$

4. METOD VE ANALİTİK-NÜMERİK ÇÖZÜM

Binanın ısı kazancı ve daha sonra iç ortam sıcaklığının hesabı için yapının matematiksel modelinin incelenmesi gerekir. Şekil 2'de yapı elemanına etki eden ısı kazançları ile sıcaklıklar gösterilmiştir. Çözüm için tek boyutlu enerji denklemini sınır şartları ile çözülmelidir.



Şekil 2. Yapı elemanına etki eden ısı kazançları.

Tek boyutlu enerji denklemini ve sınır şartları şu şekilde verilebilir (5).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (8)$$

$$-\lambda_d \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = \alpha_d (T_e - T_{dd}) \quad (9)$$

$$-\lambda_d \frac{dT}{dx} \Big|_{x=s} = \alpha_i (T_{di} - T_i) \quad (10)$$

Eş. (8), (9) ve (10)'da T duvar sıcaklığı, a ısı yayılım katsayısı, λ_d duvarın ısı iletim katsayısı, x duvar kalınlığı yönündeki eksen, T_{dd} ve T_{di} duvar dış yüzey ve duvar iç yüzey sıcaklığı, α_d ve α_i dış ve iç ısı iletim katsayısı, T_e ise dış ortam sıcaklığı ile güneş ışınımının etkilerini içeren eşdeğer sıcaklıktır ve

$$T_e = T_d + \frac{\epsilon \dot{q}_t}{\alpha_d} \quad (11)$$

eşitliğiyle verilebilir. Burada ϵ duvarın güneş ışınımını geçirme katsayısıdır.

Eş. (8), (9) ve (10)'un çözümlenmesiyle duvar iç yüzey sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki fark

$$\Delta T_{di,i} = T_{di} - T_i = \frac{1}{\alpha_i} [k (a_{eo} - T_i) + \sum_{i=1}^{\infty} V_i c_{ei} \cos(\omega t - \Omega_i)] \quad (12)$$

şeklinde bulunur (6, 7). Bu eşitlikte a_{eo} , V_i ve c_{ei} Fourier katsayıları, k ise toplam ısı transfer katsayısıdır ve şu şekilde bulunur :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (13)$$

Duvarlardan olan ısı kazancı ise

$$Q_{kaz} = \alpha_i (T_{di} - T_i) \quad (14)$$

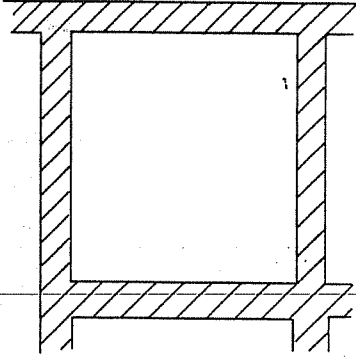
eşitliğiyle hesaplanabilir.

Eş. (12) ve (14)'den iç ortam sıcaklığının sabit olması durumunda ısı kazancının zamanla değişimi bulunabilir. Bu eşitliklere eş. (6) ve (7) nin ilave edilmesi ile sanki-stasyonel kabul edilen iç ortam sıcaklığının zamanla değişimi ortamda sürekli olarak çalışan bir soğutma kaynağının bulunması durumunda bulunabilir.

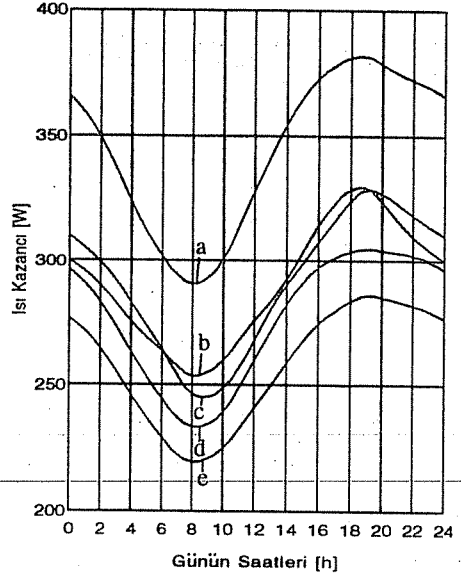
5. UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bu çalışmada ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığının değişimi yukarıda belirtilen koşullar altında ve Şekil.3'de görülen örnek mahalde incelenmiştir. Örnek yapının dört duvarının da 9 m^2 olduğu, iç ve dış ısı transfer katsayılarının normal durumlarında bulunduğu ($\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_d = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$), çevrenin yansıtma katsayısının $\rho_y = 0,6$ olduğu kabul edilmiştir. Yapının saydam elemanı bulunmadığı ve infiltrasyonla ısı kazancı olmadığı, ayrıca yapı içinde bir ton tahta eşya bulunduğu düşünülerek Adana ilinde ısı kazancı hesapları için en olumsuz gün olan 23 Temmuz'da hesaplar yapılmıştır.

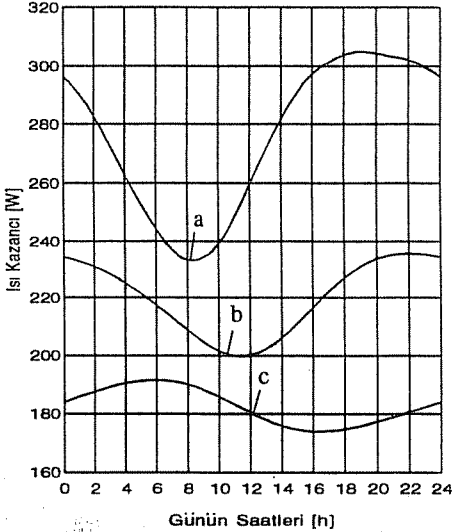
Şekil 4, 5 ve 6'daki grafiklerde sırasıyla farklı duvar yönü, kalınlığı ve malzemesi için ısı kazancının değişimi iç ortam sıcaklığının $28 \text{ }^\circ\text{C}$ de sabit olması durumunda, Şekil 7, 8 ve 9'da ise iç ortam sıcaklığının değişimi, ortamda bir soğutma kaynağının olmaması durumunda verilmiştir. Şekil.10'da ise ortamda sürekli olarak çalışan bir soğutma kaynağının bulunması durumunda iç ortam sıcaklığının değişimi verilmiştir.



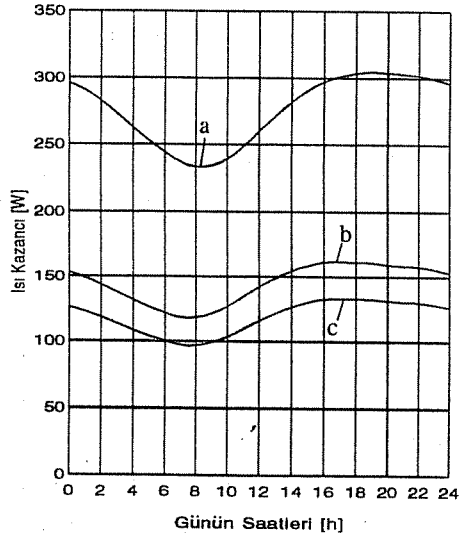
Şekil 3. Tek dış duvarı bulunan örnek yapı.



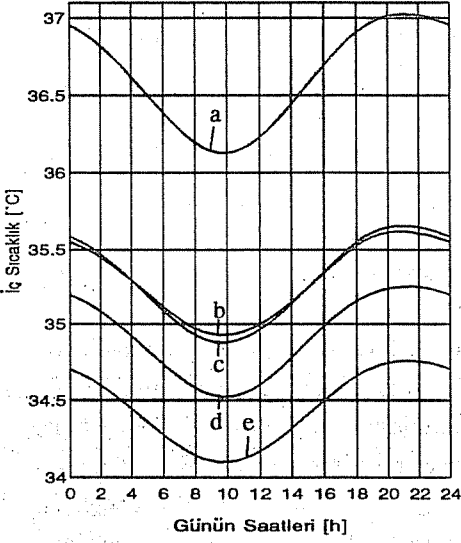
Şekil 4. Isı kazancının farklı dış duvar yönüne bağlı olarak değişimi (a: Çatı, b: Doğu, c: Batı, d: Güney, e: Kuzey).



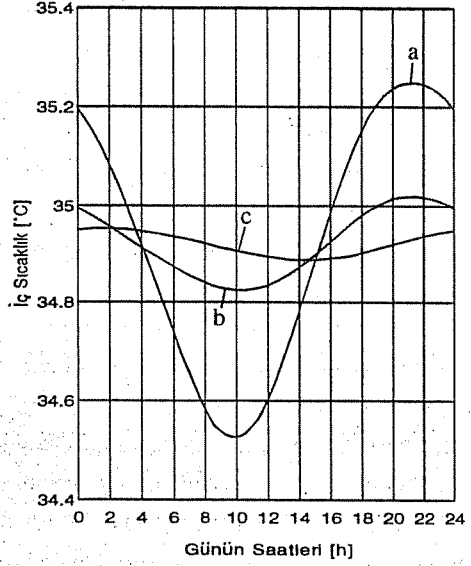
Şekil 5. Isı kazancının farklı duvar kalınlığına bağlı olarak değişimi (a: 10 cm, b: 20 cm, c: 30 cm).



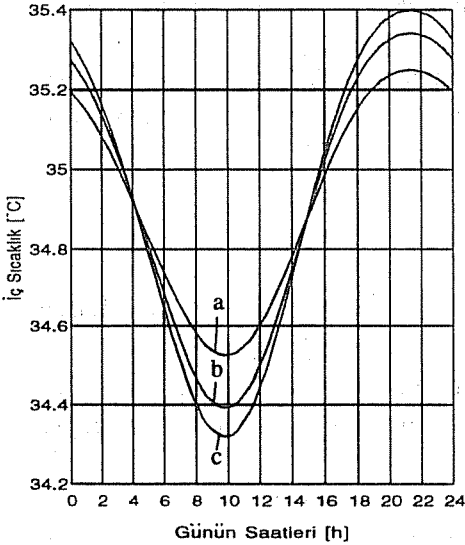
Şekil 6. Isı kazancının farklı duvar malzemesine bağlı olarak değişimi (a: Beton, b: Boşluklu tuğla, c: Boşluklu briket).



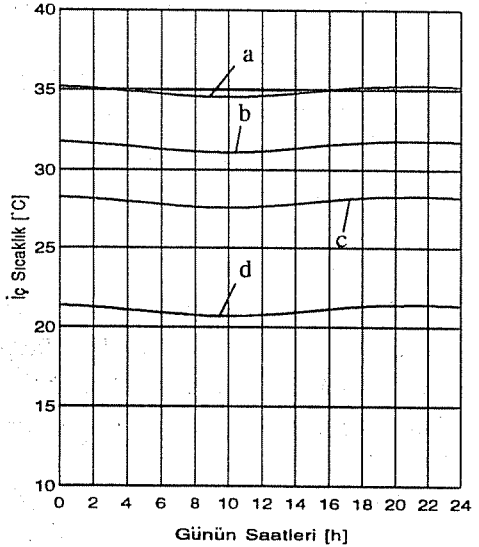
Şekil 7. İç ortam sıcaklığının farklı dış duvar yönüne bağlı olarak değişimi (a: Çatı, b: Doğu, c: Batı, d: Güney, e: Kuzey).



Şekil 8. İç ortam sıcaklığının farklı duvar kalınlığına bağlı olarak değişimi (a: 10 cm, b: 20 cm, c: 30 cm).



Şekil 9. İç ortam sıcaklığının farklı duvar malzemesine bağlı olarak değişimi (a: Beton, b: Boşluklu briket, c: Boşluklu tuğla).



Şekil 10. İç ortam sıcaklığının, güney duvarın dış duvar olması halinde soğutma kaynağı yüküyle değişimi (a: 0, b: $Q_{kaz}/2$, c: Q_{kaz} , d: $2 * Q_{kaz}$).

6. SONUÇ

Herhangi bir yapıda ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi oldukça karmaşık olan nümerik yöntemlerle hesaplanmaktadır. Bu çalışmada önerilen yöntemle, ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığı analitik-nümerik olarak tesbit edilmiştir.

Güneş ışınımının farklı duvarlarda farklı değerler almalarından dolayı ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığı farklı duvarlarda aynı saatlerde farklı değerler almaktadır. Dış duvarın tavan olması durumunda, en yüksek değerler elde edilmektedir ki, bu da beklenen sonuçtur. Kuzey duvarının dış duvar olması durumunda ise konfor şartları için en uygun ısı kazancı ve iç ortam sıcaklığı değişimleri görülmektedir.

Duvar kalınlığının artmasıyla ısı direnç ile iç ve dış duvar ısı depolama kapasiteleri de artacağı için 30 cm kalınlığındaki duvarda en düşük ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığı değerleri görülmüştür. Ayrıca duvar kalınlığının artmasıyla minimum ve maksimum ısı kazancı ile iç ortam sıcaklığı oluş saatlerinde gecikmeler meydana gelmektedir.

Isıl direncin ısı iletim katsayısı ile ters orantılı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple en yüksek ısı kazancı, ısı iletim katsayısı en yüksek olan beton duvarda meydana gelmektedir.

Ayrıca en yüksek ısı depolama kapasitesine sahip olan malzeme ısı iletim katsayısına bağlı olarak daha çok ısıyı daha çabuk depolayıp verebileceği için, betona göre daha düşük ısı iletim katsayısına sahip boşluklu tuğla ve boşluklu brikete göre boşluklu tuğla, erken saatlerde en düşük, geç saatlerde ise en yüksek iç ortam sıcaklığına neden olmaktadır.

Ortamda sürekli olarak çalışan bir soğutma kaynağının bulunması ve soğutma kaynağı yükünün 28°C deki sabit iç ortam sıcaklığına göre hesaplanan ısı kazancının, ortalama değerine eşit olması durumunda, iç ortam sıcaklığı 28°C de sanki-stasyonier bir değişim göstermektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Oğulata, R.T., Yılmaz, T., Çevre Sıcaklığının Zamansal Değişiminin Eşitliklerle Hesaplanması, Ç.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi, 4/1, 85-95, 1989.
2. Tanes, M.Y., Onur, H.S., Konuk, G., Bir Yerdeki Sıcaklık ve Güneş Işınımının Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 5/2, 1982, 21-25.
3. Oğulata, R.T., Beğaki, H.R., Yılmaz, T., Dış Ortam Sıcaklığı ile Güneş Işınımının Fourier Serisine Dönüştürülmesi ve Bunların Bina Dinamik Isıl Analizinde Kullanımı, İkinci Ulusal İklimlendirme Kongresi Bildiri Kitabı, 79-93, 1992.
4. Oğulata, R.T., Yapılarda Isı Kayıp ve Kazançlarının Araştırılması ve Yeni Bir Isı

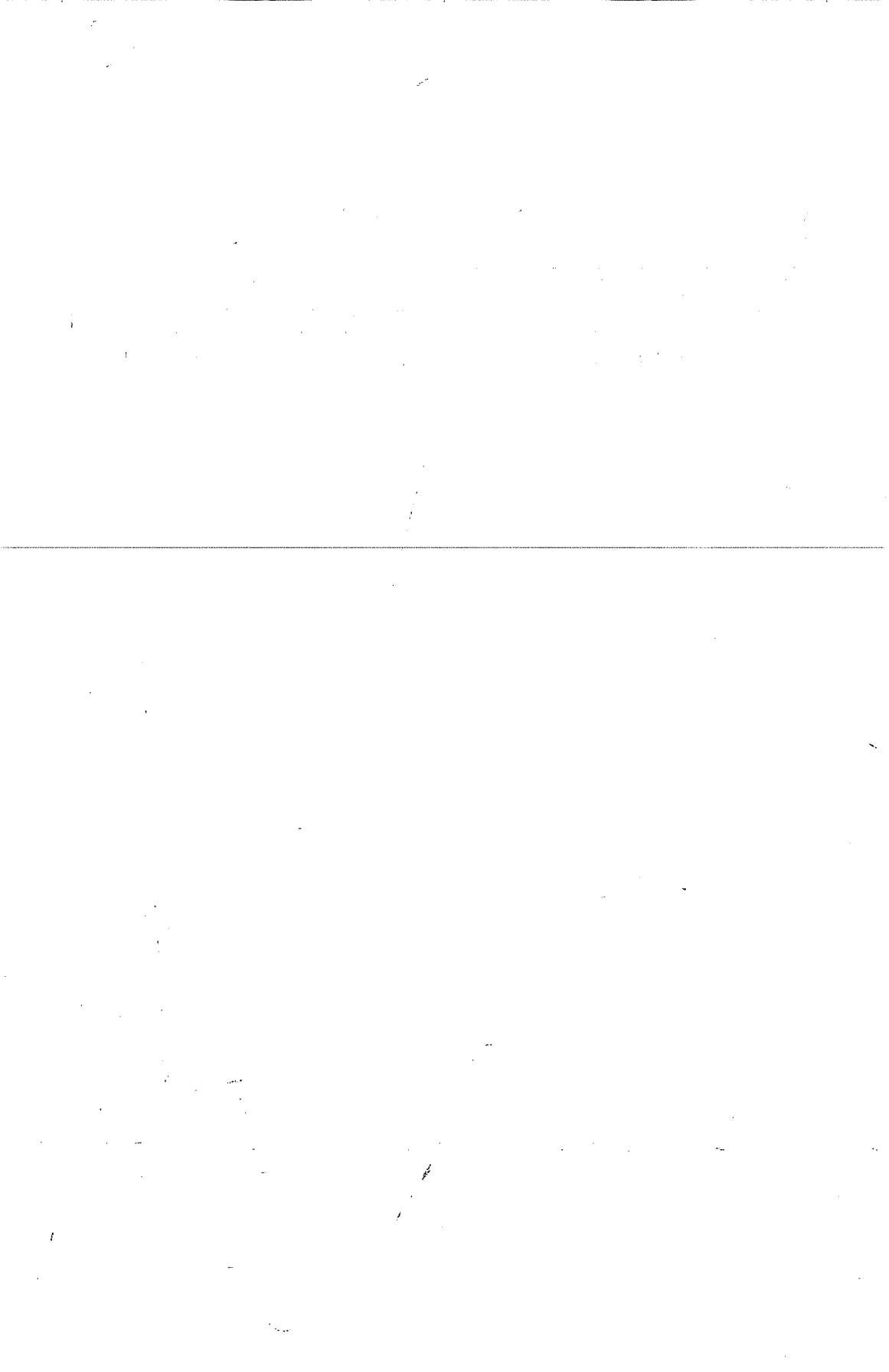
PERİYODİK ISI YÜKLERİNE MARUZ BİNALAR

Kazancı Hesaplama Yönteminin Geliştirilmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1990.

5. Yılmaz,T., Isı İletiminde Teori ve Uygulama, Ç.Ü.Mak.Müh.Böl., 1991.

6. Threlkeld,J.L., Thermal Enviromental Engineering Second Edition, 1970.

7. Beğaki,H.R., Binaların Periyodik Isı Yükleriyle Isıtılmasının Konfor Şartlarına Etkisi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1992.



TÜRKİYE'DEKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE SEDİMENT ÇÖKELMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

M.Salih KIRKGÖZ, Riyadh ASAAD ve Zeliha ÖZCAN
Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET: Akarsular ile taşınan katı maddelerin büyük bir kısmı baraj haznelerinde çöklerler. Çökelen maddelerin barajın servis ömrü içinde fonksiyonlarını etkilemeden birikmesini sağlamak amacı ile hazne içinde özel bir "Ölü hacim" ayrılır. Bu hacmin iyi tahmin edilebilmesi için hazneye taşınan ve hazne içinde tutulan sediment miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki bazı baraj haznelerinde sediment çökmesi nedeni ile oluşan depolama kapasitesindeki ve hazne sediment tutma yüzdesindeki zamana bağlı değişimler incelenmiştir. Ele alınan haznelerdeki sediment birikiminin beklenenin üzerinde ve daha hızlı olduğu tesbit edilmiştir.

AN INVESTIGATION OF SEDIMENT DEPOSITION IN SOME DAM RESERVOIRS IN TURKEY

ABSTRACT : The greater part of the sediment which is transported by the rivers is deposited in the dam reservoirs. It is necessary to allocate certain amount of space called "dead storage" for the accumulation of the deposited material without affecting the functions of the reservoir during the useful lifetime of the dam. In order to correctly determine the dead storage, the amount of sediment transported into and retained in the reservoir must be known. In this study, the time variations of the reservoir capacity and trap efficiency of some reservoirs in Turkey are investigated. It is found that for the dams under investigation, the sediment accumulation is higher and faster than that normally expected.

1. GİRİŞ

Tabaka erozyonu ile akarsulara ulaşan ve akarsuda yatak erozyonu sonucu yerlerinden sökülen katı maddeler (sediment) kısmen askıda kısmen de tabanda sürüntü şeklinde akarsu boyunca taşınırlar. Taşınan katı maddeler akarsuyun kinetik enerjisinin azaldığı yerlerde suyun sürüklenme kuvvetinin ve türbülans etkisinin azalması sonucu çökelme eğilimi gösterirler. Akarsular üzerinde inşa edilen barajların biriktirme haznelere taşınan katı maddelerin çökmesi için uygun durgun-su kütlelerini oluştururlar. Şekil 1'de görüldüğü gibi, baraj haznesine ulaşan katı maddelerden iri askı maddeleri ile sürüntü maddelerinin büyük kısmı hemen haznenin başında "delta" şeklinde çöklerler. İnce kum, silt ve kil gibi küçük çaplı askı ve sürüntü maddeleri büyüklükleri ile ters orantılı olarak hazne tabanı boyunca bir süre daha ilerleyerek baraj gövdesi arkasında ince taneli çökeltileri oluştururlar. Bir kısım çok ince taneli malzeme ise tüm hazne boyunca yoğunluk akımı şeklinde uzun süre askıda kalırlar. Hazne içinde askıda kalabilen katı maddelerin bir kısmı türbin, dip savak ve dolu savak gibi boşaltım yollarından baraj mansabına atılırlar. Sonuç olarak akarsu tarafından baraj haznesine getirilen sedimentin büyük bölümü hazne içinde tutulmuş olur. Haznede tutulan sediment miktarının hazneye giren sedimente oranı "Hazne sediment tutma yüzdesi" veya kısaca "Tutma yüzdesi" olarak tanımlanır. Tutma yüzdesi, haznenin depolama kapasitesi ile doğru akarsu debisi ile ters orantılıdır.

Baraj haznelerinde tutulan katı maddeler haznede hacim azalmasına neden olduğundan barajların faydalı ömrünü azaltıcı yönde etkiler. Bir baraj haznesinde servis ömrü içinde birikmesi muhtemel sediment miktarının tahmini baraj tasarımının önemli konularındandır. Bu çalışmada, Türkiye'deki işletmede olan bazı baraj haznelerinde sediment çöktürülmesinden doğan kapasite değişimleri ile tutma yüzdesinin zamanla değişimi incelenmektedir.

2. SEDİMENT ÖLÇÜMLERİ

Türkiye akarsularındaki debi ölçümleri Elektrik İşleri Etüd İdaresi ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüklerince kurulmuş olan ölçüm istasyonlarında yapılmakta ve bulgular akım yıllıkları halinde düzenli olarak yayınlanmaktadır. EİE İdaresi tarafından işletilen bazı istasyonlarda akarsularda taşınan sediment miktarlarının da düzenli ölçümü yapılmaktadır (EİE, 1987). Diğer taraftan, sediment birikimi nedeni ile baraj haznelerindeki kapasite değişimlerini takibetmek amacı ile DSİ Genel Müdürlüğüne belirli aralıklarla yükseklik-hacim ilişkilerini gösteren ölçümler yapılmaktadır. Bu çalışmada, akarsu akımı ve sediment taşınım ve birikimi ile ilgili kullanılan veriler yukarıda belirtilen EİE İdaresi ve DSİ yayınları ile özel kayıtlarından elde edilmiştir.

3. BULGULAR

DSİ tarafından tutulan kayıtlarda bazı hazne hacımlarının zamanla değişmediği hatta büyüdüğü görülmüştür. Böyle bir durum baraj haznesinden çıkan katı maddenin girenden daha fazla olduğu anlamına gelmektedir ki pratik anlamda bu mümkün olamayacağından bu tür haznelere değerlendirme dışı tutulmuştur. Ayrıca, hazneye giren toplam sedimentin tesbitinde ölçülen askı maddesine ilave olarak sürüntü maddesi miktarının tahminindeki güçlükler ve ölçüm istasyonunun hazneye olan uzaklığı gibi sebepler mevcut bulguların hassasiyetini bir ölçüde etkilemektedir. Verilerin analizi hidrolojik bölge özelliklerinden bağımsız olarak yapılmıştır.

Haznedeki Çökeltinin Yükseklikle Değişimi

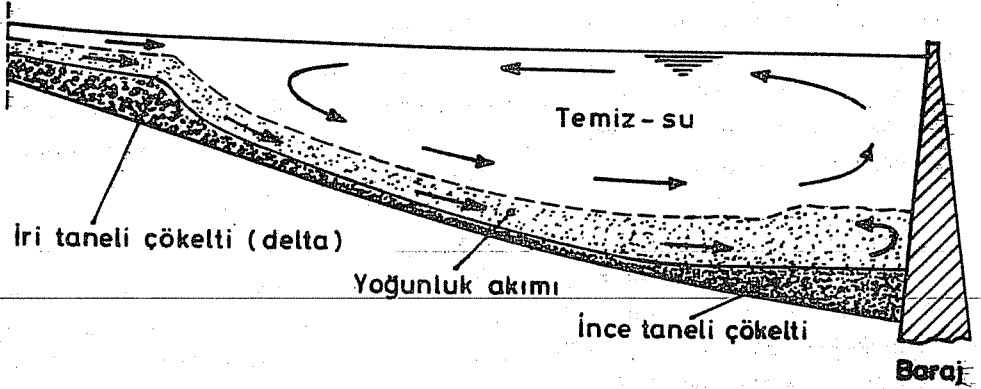
Baraj haznesinde sediment birikimi sonucu belli bir seviyeye karşı gelen hazne hacmi zamanla azalmaktadır. Seyhan baraj haznesi için çeşitli yıllarda ölçülmüş yükseklik-depolama hacmi ilişkisi Tablo 1 ve Şekil 2'de örnek olarak verilmiştir. Diğer barajlara ait yükseklik-depolama hacmi eğrileri Asaad (1990) da verilmiştir. Ölçümlere göre, barajın işletmeye açıldığı 1956 yılı ile son ölçüm yılı olan 1986 arasında yani 30 yıllık bir sürede hazne depolama kapasitesinin %30 luk kısmı sediment çökmesi ile dolmuştur. Şekil 2'de, Seyhan Barajı haznesindeki sediment birikiminin yıllar içinde gittikçe yavaşladığı görülmektedir. Bu durum hazneye giren sedimentin zamanla gittikçe azalan oranlarda tutulduğunu açık olarak göstermektedir.

Şekil 3'de çeşitli barajlar için talveg ile normal su seviyesi arasındaki sediment çökelti hacminin yüksekliğe göre dağılımı verilmiştir. Şekilde, z talvegden yükseklik, H hazne normal yüksekliği, V_{sz} ve V sıra ile z ve H seviyelerindeki çökelti hacımlarını göstermektedir. Şekil 3'deki data noktaları örneği Şekil 2'de görülen ilk ve son ölçüm yıllarına karşı gelen yükseklik-depolama hacmi eğrilerinden elde edilmiştir. Şekil 3'de yer alan ve Kapasite/Giren-yıllık-akım (K_o/G) oranının 0,24 ile 0,60 arasında değiştiği Seyhan, Kemer, Çaygören ve Altınapa barajlarında sediment çökeltisinin yükseklikle değişimi birbirine oldukça yakın seyretmektedir. Şekildeki dataya göre $K_o/G = 0,24-0,60$ aralığındaki baraj hazneleri için çökeltinin yüksekliğe göre dağılımını ifade etmek üzere aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$\frac{V_{sz}}{V_s} = \left[\frac{z}{H} \right]^{2.2} \quad (1)$$

Hazne Hacminin Zamanla Değişimi

Bu çalışmada incelenen barajların listesi Tablo 2'de verilmiştir. Tablodaki barajların K_o/G oranı 0,23 ile 2,41 arasında değişmektedir. Hirfanlı ve Sille barajlarının dışında çoğunluk itibarıyla bu oran 0,23 ile 0,64 arasında kalmaktadır. Tablonun 5. ve 6. kolonlarında her bir baraj için ilk sırada verilen rakamlar barajın işletmeye açılış

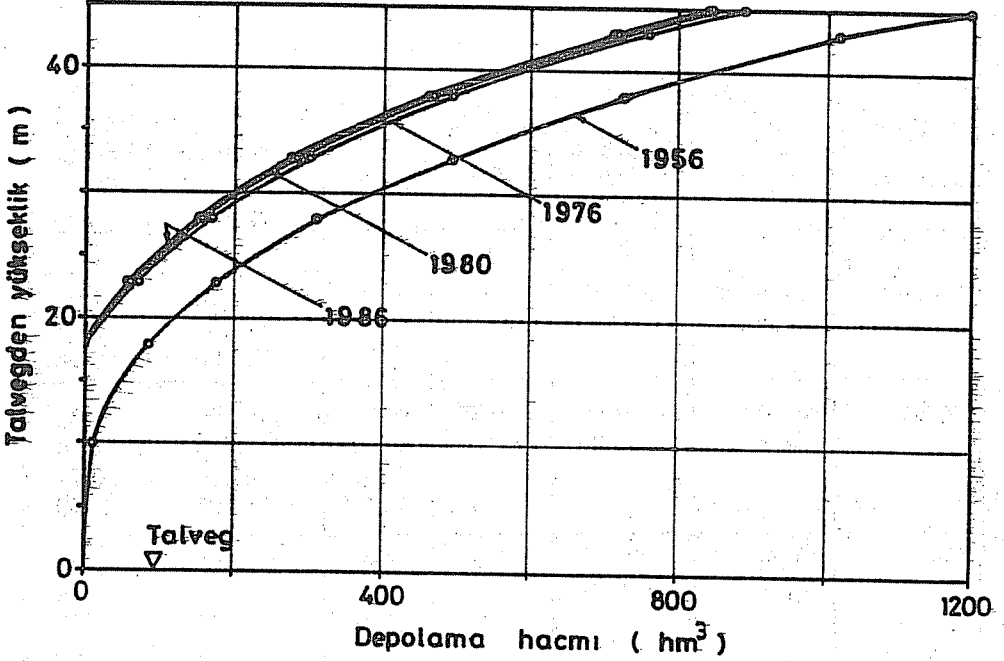


Şekil 1 Baraj haznesinde sediment hareketi ve birikimi

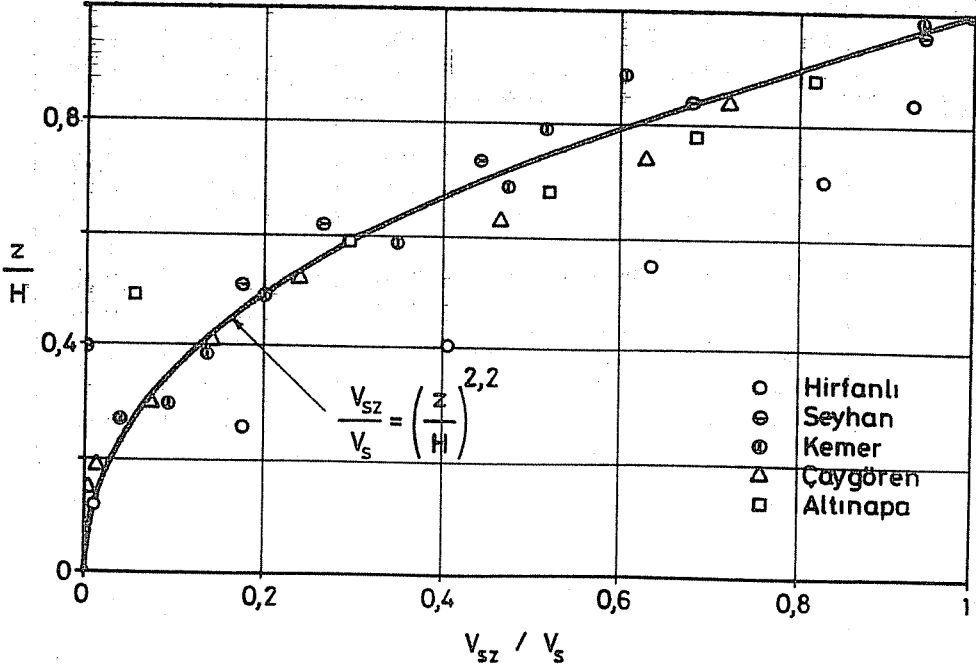
Tablo 1. Seyhan baraj haznesinde yükseklik-depolama hacmi ölçümleri.

| Kot (m) | Talvegden yükseklik (m) | Yıllara göre depolama hacmi (hm ³) | | | |
|---------|-------------------------|--|--------|--------|--------|
| | | 1956 | 1976 | 1980 | 1986 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 10 | 18,00 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 18 | 90,00 | 0 | 0 | 0 |
| 45 | 23 | 180,00 | 71,70 | 63,84 | 63,68 |
| 50 | 28 | 315,00 | 171,50 | 160,40 | 159,40 |
| 55 | 33 | 500,00 | 305,21 | 286,98 | 285,05 |
| 60 | 38 | 730,00 | 497,04 | 468,06 | 465,90 |
| 65 | 43 | 1020,00 | 763,21 | 724,07 | 720,12 |
| 67 | 45 | 1200,00 | 890,66 | 849,50 | 845,05 |

TÜRKİYE'DEKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE SEDİMENT ÇÖKELMESİ



Şekil 2 Seyhan Barajı haznesinde yükseklik - depolama hacmi eğrileri



Şekil 3 Sediment çökelti hacminin yüksekliğe göre dağılımı

Tablo 2. İncelenen barajlarda kapasite ölçümleri.

| Baraj Adı | Baraj Yeri | Normal su ve Talveg kotları | $\frac{K_0}{G}$ | Depolama kapasitesi | | Kapasite oranı K/K_0 |
|------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | | | Ölçüm yılı | K_0, K (hm ³) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Hirfanlı | Kızılırmak Kırşehir | 851,00 782,00 | 2,41 | 1959 | 5980,00 | 1,00 |
| | | | | 1969 | 5830,00 | 0,97 |
| | | | | 1977 | 5730,00 | 0,96 |
| Seyhan | Seyhan Adana | 67,00 22,00 | 0,24 | 1956 | 1200,00 | 1,00 |
| | | | | 1976 | 890,00 | 0,74 |
| | | | | 1980 | 849,00 | 0,71 |
| | | | | 1986 | 845,05 | 0,70 |
| Kemer | Akçay Aydın | 291,50 190,00 | 0,60 | 1958 | 544,00 | 1,00 |
| | | | | 1974 | 458,70 | 0,84 |
| | | | | 1979 | 437,23 | 0,80 |
| Kartalkaya | Aksu K.Maraş | 715,70 666,00 | 0,64 | 1972 | 195,00 | 1,00 |
| | | | | 1980 | 159,34 | 0,82 |
| | | | | 1985 | 158,65 | 0,81 |
| Çaygören | Simav Balıkesir | 267,25 221,00 | 0,53 | 1971 | 162,00 | 1,00 |
| | | | | 1978 | 130,67 | 0,81 |
| | | | | 1983 | 125,72 | 0,78 |
| Çubuk 2 | Çubuk Ankara | 1113,00 1056,00 | 0,49 | 1964 | 24,60 | 1,00 |
| | | | | 1978 | 23,76 | 0,97 |
| | | | | 1983 | 22,45 | 0,91 |
| Altınapa | Dolav Konya | 1246,50 1226,00 | 0,36 | 1967 | 15,00 | 1,00 |
| | | | | 1974 | 13,12 | 0,88 |
| | | | | 1979 | 11,16 | 0,74 |
| Çubuk 1 | Çubuk Ankara | 906,61 883,61 | 0,23 | 1936 | 12,50 | 1,00 |
| | | | | 1973 | 4,73 | 0,38 |
| | | | | 1983 | 4,52 | 0,36 |
| Bayındır | Bayındır Ankara | 985,00 960,00 | 0,28 | 1965 | 6,97 | 1,00 |
| | | | | 1970 | 5,93 | 0,86 |
| | | | | 1980 | 5,50 | 0,79 |
| Sille | Sille Konya | 1267,00 1231,00 | 1,75 | 1960 | 3,10 | 1,00 |
| | | | | 1974 | 2,43 | 0,78 |
| | | | | 1978 | 2,20 | 0,71 |

yılımı ve o tarihteki depolama hacmini (kapasitesini) göstermektedir. 7. kolon değişik yıllarda ölçülen hazne kapasitelerinin (K) ilk kapasiteye (K₀) oranlarını vermektedir. Tablonun 7. kolonundaki değerler Şekil 4'de zamana karşı noktalanmış olarak görülmektedir. En uzun süreli hazne hacmi ölçümü 47 yıl ile Çubuk 1 barajında olup bu sürede barajın haznesi sediment çökmesi nedeni ile ilk kapasitesinin %64'ünü kaybetmiş durumdadır. Şekildeki data noktaları oldukça geniş bir dağılım göstermesine karşın incelenen barajların depolama kapasitesinde zamanla hızlı bir düşüş gözlenmektedir. Burada havza özellikleri, hazne biçimi ve baraj boşaltım yapısının türü gibi haznede sediment tutulmasını etkileyen faktörler gözönüne alınmadan depolama kapasitesindeki değişim üzerinde genel eğilim belirlenmesine çalışılmıştır. Şekil 4'deki data dağılımına göre hazne kapasitesindeki zamana bağlı azalma eğilimi hızlı ve yavaş sediment birikimini temsil eden ve yaklaşık olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilen alt ve üst sınırlar arasında kalmaktadır.

Alt sınır:

$$\frac{K}{K_0} = 1,0 - 0,7 \tanh(0,35t) \quad (2)$$

Üst sınır:

$$\frac{K}{K_0} = 0,3 + 0,7 e^{-0,00002t^3} \quad (3)$$

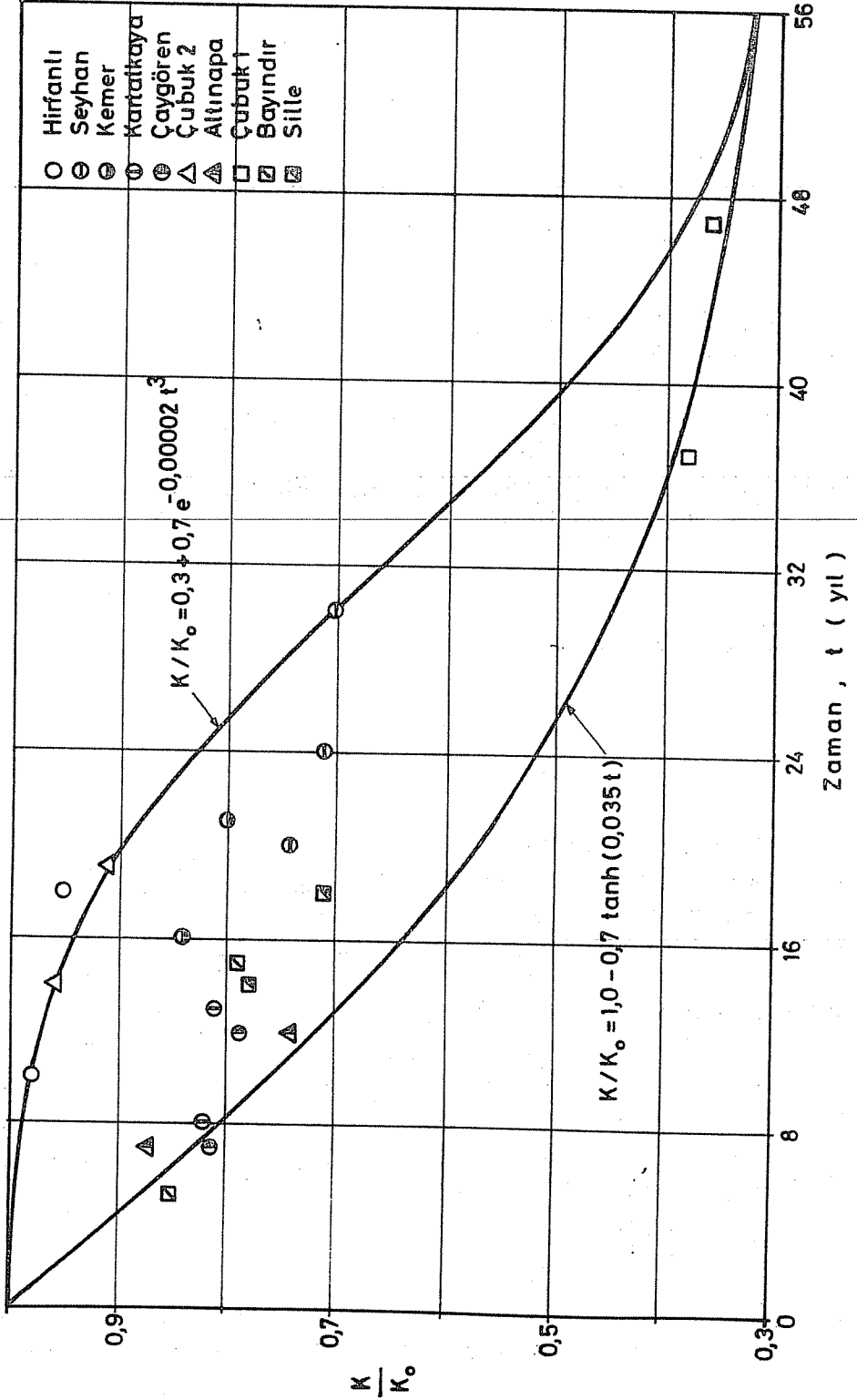
(2) ve (3) ifadelerinde t yıl olarak zamanı göstermektedir. Şekil 4'de görüldüğü gibi hazne hacmi ölçümleri henüz kısa süreli ölçümler olup hiçbiri tasarımında öngörülen servis ömürlerine ulaşmamışlardır. Bununla beraber ölçüm yapılan haznelerdeki sediment birikiminin tahmin edilenin çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Hazne Sediment Tutma Yüzdesi

Baraj haznesine belli bir zaman aralığında giren sedimentin haznede tutulan nisbetine "Hazne sediment tutma yüzdesi" denilmektedir. Amerika Birleşik Devletlerindeki bazı baraj haznelerinde yapılan sediment ölçümlerinde tutma yüzdesinin ortalama değeri Şekil 5'deki eğri ile verilmiştir (Brune, 1953). Bu eğri yaklaşık olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$E = \frac{K_0/G}{0,012 + 1,02 K_0/G} \quad (4)$$

Şekil 5 ve (4) ifadesi haznenin işletmeye açılışını müteakip kısa dönemdeki sediment tutma yüzdesini K₀/G oranına bağlı olarak vermekte, E nin zamanla nasıl değiştiği



Şekil 4 Baraj hazne hacminin zamanla değişimi

TÜRKİYE'DEKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE SEDİMENT ÇÖKELMESİ

hakkında fikir vermemektedir. Bu çalışmada K_0/G oranı 0,23 ile 2,41 arasında değişen dört baraj için hazneye giren yıllık sediment miktarı hesaplanmış, ölçüm aralıkları itibarıyla ortalama tutma yüzdeleri Tablo 3 ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü gibi hazne kapasitesindeki düşmeye paralel, tutma yüzdesi zamanla hızlı bir şekilde azalmaktadır. Şekil 6'ya göre, incelenen barajlar için tutma yüzdesinin zamanla değişimi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$E = 0,10 + 0,88 e^{-0,00004t^3} \quad (5)$$

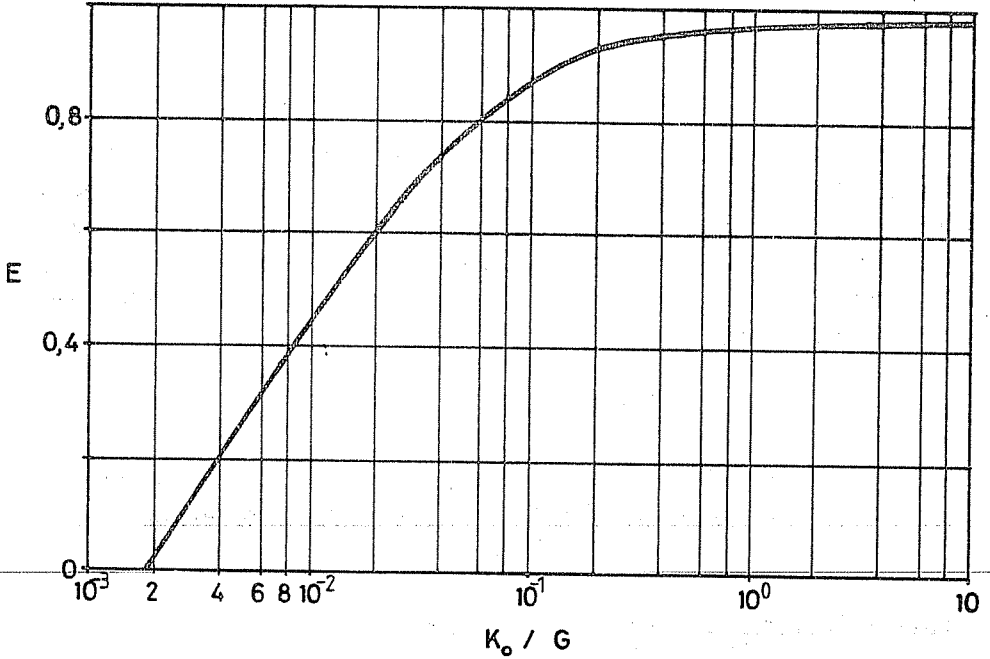
Şekil 6'da tanımlanan (5) ifadesine göre ölçüm yapılan baraj haznelerinde tutma yüzdesinin 50 yıl gibi bir sürede 0,10 mertebesine düştüğü görülmektedir.

Tablo 3. Bazı baraj haznelerinde tutma yüzdesi.

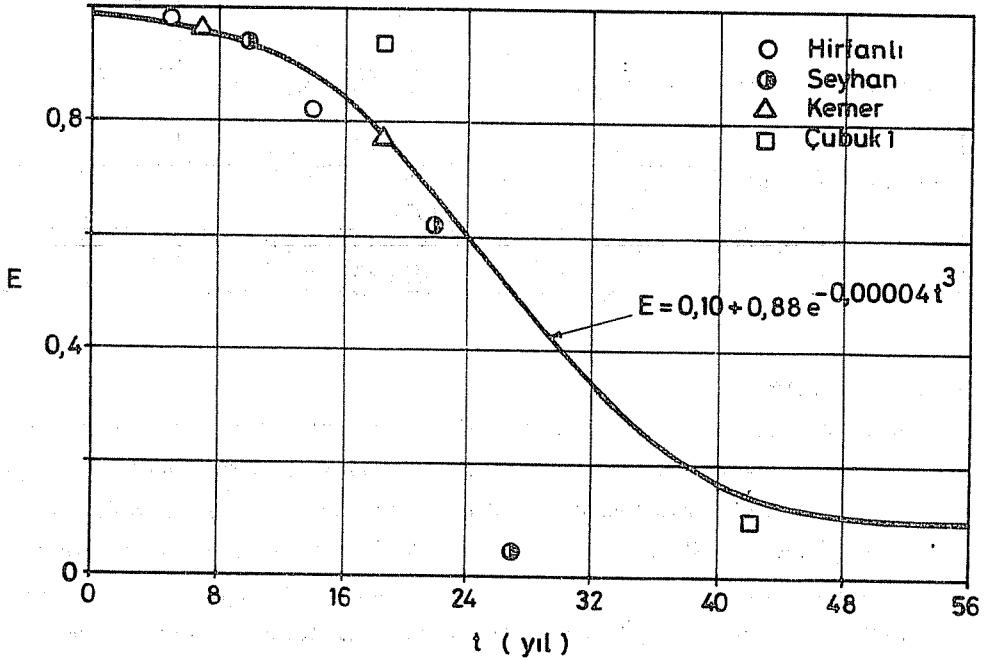
| Baraj Adı | $\frac{K_0}{G}$ | Yıllık sediment (hm ³ /yıl) | Yıllık hazne çökeltisi (hm ³ /yıl) | Tutma yüzdesi (%) |
|-----------|-----------------|--|--|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hırfanlı | 2,41 | 15,31 | 1959-69 : 15,00 1969-77 : 12,50 | 98 82 |
| Seyhan | 0,24 | 16,49 | 1956-76 : 15,50 1976-80 : 10,25 1980-86 : 0,66 | 94 62 4 |
| Kemer | 0,60 | 5,55 | 1958-74 : 5,33 1974-79 : 4,29 | 96 77 |
| Çubuk 1 | 0,23 | 0,22 | 1936-73 : 0,21 1973-83 : 0,02 | 94 10 |

4. SONUÇLAR

Akarsu ve hazne sediment ölçümlerine dayanarak Türkiye'deki bazı baraj haznelerinde sediment çökmesi üzerine bazı bulgular sunulmuştur. Değerlendirmeye alınan haznelerde sediment çökmesi nedeni ile hızlı bir kapasite kaybı mevcuttur. Gözlenen eğilime göre 50 yıllık bir işletme süresinde birçok baraj haznesi kapasitesinin en az %50'sini kaybedebileceği, hızlı kapasite kaybına bağlı olarak sediment tutma yüzdesinin de bu süre içinde %10'a kadar düşebileceği tesbit edilmiştir. Bulgular, Türkiye'deki baraj haznelerine normalin oldukça üzerinde bir debi ile sediment taşınımının söz konusu olduğunu göstermektedir.



Şekil 5 Brune tarafından verilen ortalama sediment tutma yüzdesi eğrisi



Şekil 6 Hazne sediment tutma yüzdesinin zamanla değişimi

5. KAYNAKLAR

1. Asaad,R., "Türkiye'deki Bazı Baraj Haznelerinde Katı Madde Çökmesinin İncelenmesi", Y.Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1990.
2. Brune,G.M., "Trap Efficiency of Reservoirs", Transactions of the American Geophysical Union", 34/3, 407-418, 1953.
3. EİE, "Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları", Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1987.

A NOVEL PNEUMATIC PRESSURE MEASURING DEVICE

Karuppanan BALASUBRAMANIAN, Ziya Gökalp ALTUN,
Kamil GÜVEN and Tankut YALÇINÖZ

Çukurova University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Adana / Türkiye

ABSTRACT : *A new and sensitive pneumatic pressure measuring device is proposed. The sensor consists of a diaphragm and a string fixed inside a hollow cylinder attached to a pneumatic medium. While one side of the diaphragm is exposed to pneumatic pressure, the string is stretched on the other side. With the use of a microprocessor, the string is periodically excited through an electromagnet and the vibrating frequency is measured from the signal obtained at an optocoupler. The frequency is calibrated to indicate pressure.*

PNÖMATİK BASINÇ ÖLÇÜMÜNDE YENİ BİR CİHAZ

ÖZET : *Bu çalışmada, yeni ve duyarlı bir basınç ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sensör, boş bir silindir içindeki pnömatik ortama yerleştirilmiş bir tel ile bir diyaframdan oluşmaktadır. Diyaframın bir tarafı pnömatik basınca maruz kaldığında, telin gerilme miktarı değişmektedir. Sistemde kullanılan mikroişlemcinin kontrol ettiği elektromagnet ile tel, periyodik olarak uyarılmaktadır ve telin titreme frekansı, bir optik sensör ile ölçülen sinyali kullanarak bulunmaktadır. Bu frekans değerlerine karşılık gelen basınç miktarları bir kalibrasyon işleminden sonra hesaplanıp, sonuç, mikroişlemci tarafından sürülen çıkış katında görüntülenmektedir.*

1. INTRODUCTION

Pneumatic pressure measurement is an important application in process industries. Several pneumatic pressure transducers have been reported in the past and some are popularly used in industries (1-3). Each transducer has its own characteristics and operating ranges. Modern process control instruments employ microprocessors for their improved flexibility and application ranges (4-5). Now, a microprocessor based new pressure measuring device is proposed. This has improved sensitivity over other conventional pressure sensors.

2. PRESSURE SENSING TECHNIQUE

Fig.1 shows the constructional details of the proposed pressure transducer. A hollow cylinder has a closed end at one side and an open end on the other side. The open end side is coupled to the pneumatic medium whose pressure is needed to be sensed. A metal diaphragm is fixed inside the cylinder as shown. A stainless metal string is stretched between the diaphragm and the closed end of the cylinder at their centers. A soft iron magnet is used to induce vibrations in the string.

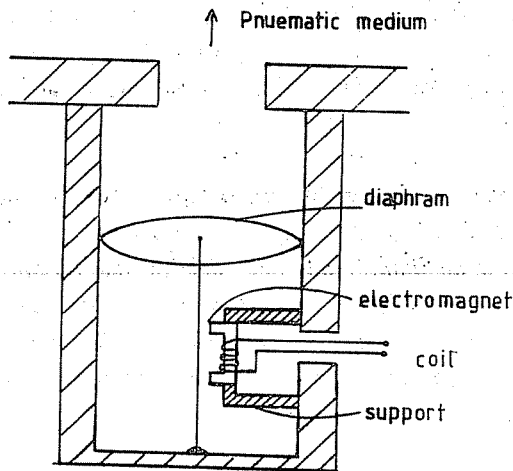


Fig.1. Construction of the pressure transducer.

When a current pulse is driven into the coil, the magnet attracts the wire and sets into vibrations. Orthogonal to the direction of vibration, is fixed an optocoupler arrangement (not shown in the figure) so as to produce an electrical signal from the optical modulations produced by the vibrating string. The frequency of vibration is proportional to the pneumatic pressure facing the diaphragm. This frequency is

measured to indicate pressure.

3. THEORY OF OPERATION

Consider a string of length L fixed at points $x=0$, and $x=L$. Fig.2 shows the force diagram for short segment Δx of the string in vibration. The net force acting on it is given by

$$F_y = T (\sin\theta + \Delta\theta) - T\sin\theta \quad (1)$$

$$F_x = T (\cos\theta + \Delta\theta) - T\cos\theta \quad (2)$$

Where $\theta, \theta+\Delta\theta$ are the directions of tangents to the string at the ends of the segments at x and $x+\Delta x$ respectively. T is the tension acting on the string. As the transverse displacement y is small, θ and $\theta+\Delta\theta$ are small angles.

Thus (1) and (2) become

$$F_y = T \Delta\theta \quad (3)$$

$$F_x = 0 \quad (4)$$

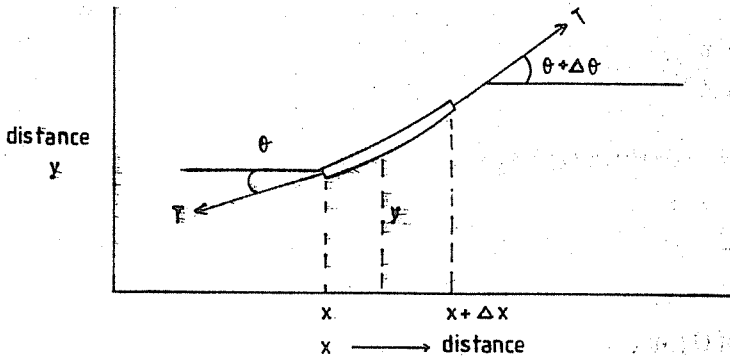


Fig.2. Force diagram for short segment of string in transverse vibration.

The equations for transverse motion of the segment is given by

$$T\Delta\theta = (\mu\Delta x) a_y \quad (5)$$

Where θ embodies the variation of y with x for a given time t and a_y embodies the variation of y with t for a given value of x . By using partial derivatives and using some

trigonometrics, equation (5) can be shown as

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (6)$$

As the term $[\frac{T}{\mu}]$ has the dimensions of the square of speed v , we can write

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (7)$$

The solution of the above partial differential equation is of the form

$$y(x,t) = p(x) \cos wt \quad (8)$$

This gives us

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -w^2 p(x) \cos wt \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \cos wt \quad (10)$$

Substituting (9) and (10) in (7) we get

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = -\frac{w^2}{v^2} p \quad (11)$$

The solution of (11) is

$$p(x) = A \sin \left[\frac{w x}{v} \right] \quad (12)$$

Applying the boundary condition for zero displacement at $x=L$, we get

$$A \sin \left[\frac{w L}{v} \right] = 0 \quad (13)$$

Therefore,

$$\frac{w L}{v} = n \pi \quad (14)$$

As $w = 2 \pi f$, the frequency of vibration f is given by

$$f = \frac{nv}{2L} \quad (15)$$

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (16)$$

For fundamental mode of vibration, n equals to 1. This results

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (17)$$

where T is expressed in Newton, $\mu = \frac{m}{L}$, m : mass in kg and L : Length in meter. The pressure acting on the diaphragm is expressed in Pascal.

Pascal $P = \text{Newton}/\text{m}^2$

If S is the area of the diaphragm

$T = P S$, where P is in Pascal

Therefore

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{PS}{\mu}} \quad (18)$$

4. SYSTEM IMPLEMENTATION

Fig.3 shows the simplified block diagram of the proposed microprocessor based pressure measuring device. The microprocessor 8085 is supported by a 4K EPROM (2732) and a peripheral interface device (8155). The timer of the 8155 is programmed to provide a pulse train of 25 Hz frequency. After dividing its frequency by ten, a 2.5 Hz pulse train is obtained. This 2.5 Hz pulse train is fed to a cascaded three stage monostable multivibrators to produce various timing signals needed for pressure measurement. MSMV1 produces a pulse train with 100 ms ON period. This signal energizes the electromagnet through a transistor driver circuit, which in turn sets the string into vibrations. In order to count the vibrating frequency, the signal picked up by the optocoupler is amplified, zero-cross detected and fed to the port line PB_0 of the 8155. The monostable multivibrator MSMV2 provides 100 ms gating pulse to PB_1 , at each time of initiating the oscillations. The microprocessor checks the status of these lines to count the oscillating frequency. MSMV3 provides 10 μs interrupting pulse to RST 7.5

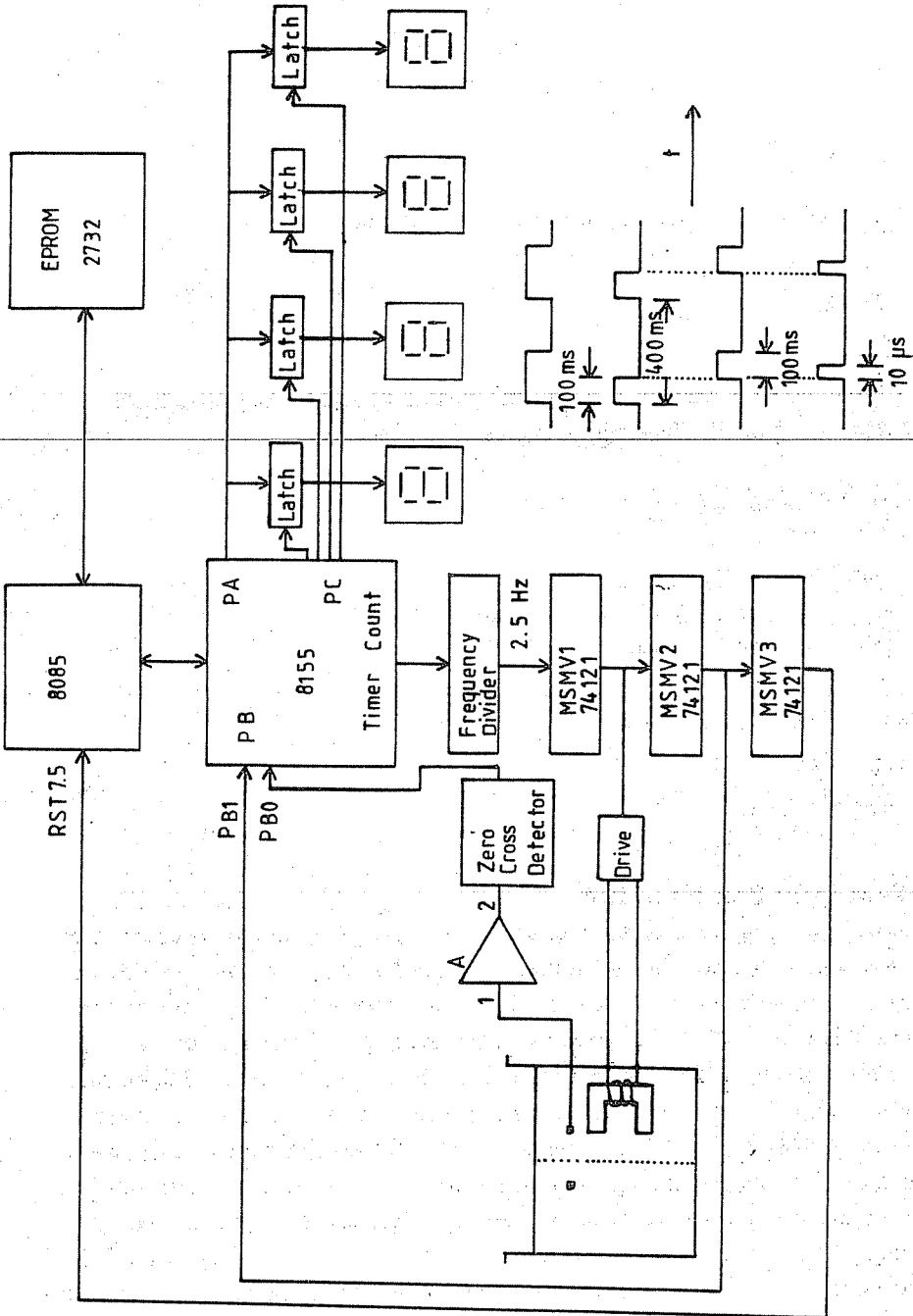


Fig. 3. Microprocessor implementation for pressure measurement.

A NOVEL PNEUMATIC PRESSURE MEASURING DEVICE

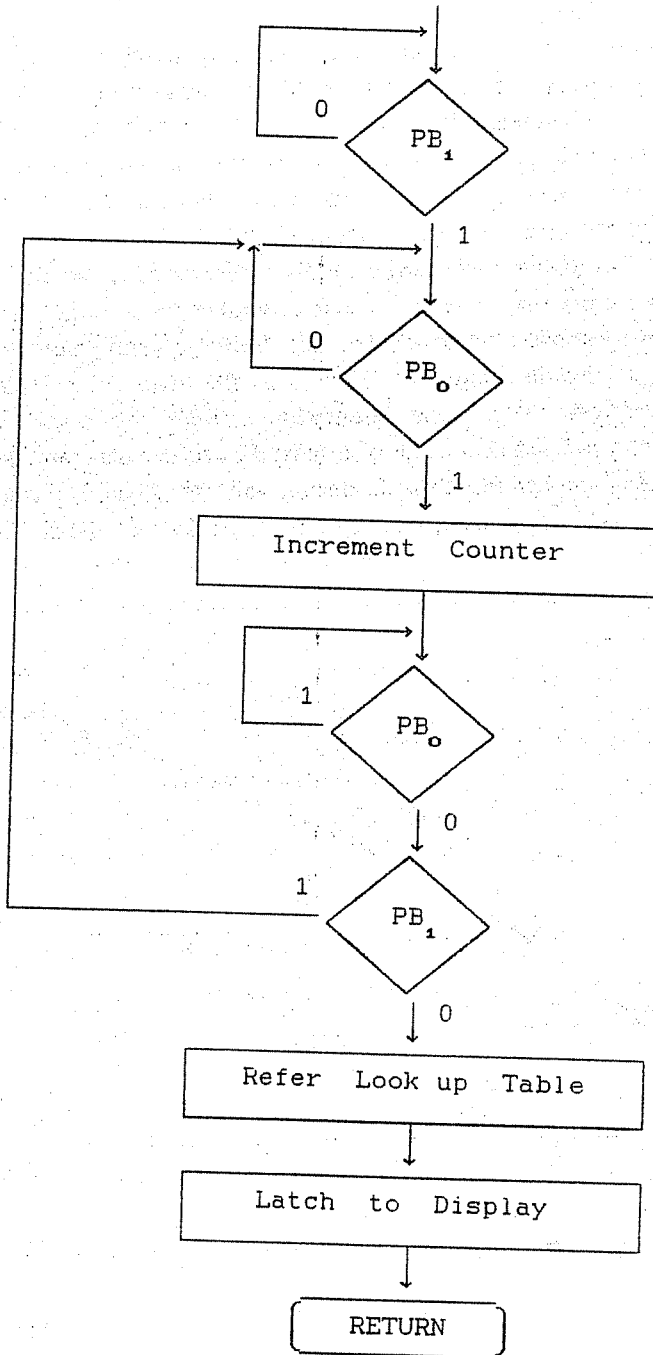


Fig.4. RST 7.5 interrupt service subroutine.

line of the microprocessor.

A register (C) is organized as the counter for counting the cycles of the signals of the vibrating string. This counter is reset to zero in the main program. In the RST 7.5 interrupt service subroutine (Fig. 4) the status of PB_0 and PB_1 are monitored. At each time when PB_0 changes from 0 to 1, the counter is incremented and this operation is repeated for 100 ms period as determined by the 1 state of PB_1 . At the end of counting, a frequency-pressure look up table stored in EPROM is referred to obtain the pressure data. The look up table carries the 7-segment decoded data for four BCD digits representing the measured pressure. The four bytes of decoded data are stored in successive memory locations corresponding to one frequency count made. These data are retrieved by placing the frequency counter as the lower 12 bit address and incrementing successively the most significant address nibble. The data thus retrieved is latched for display in 7-segment LCDs by driving the decoded data through port PA and the latching signal through PC. Thus the display value is updated by every 1.6 sec period. The look up table is generated for specific dimensions of the diaphragm and

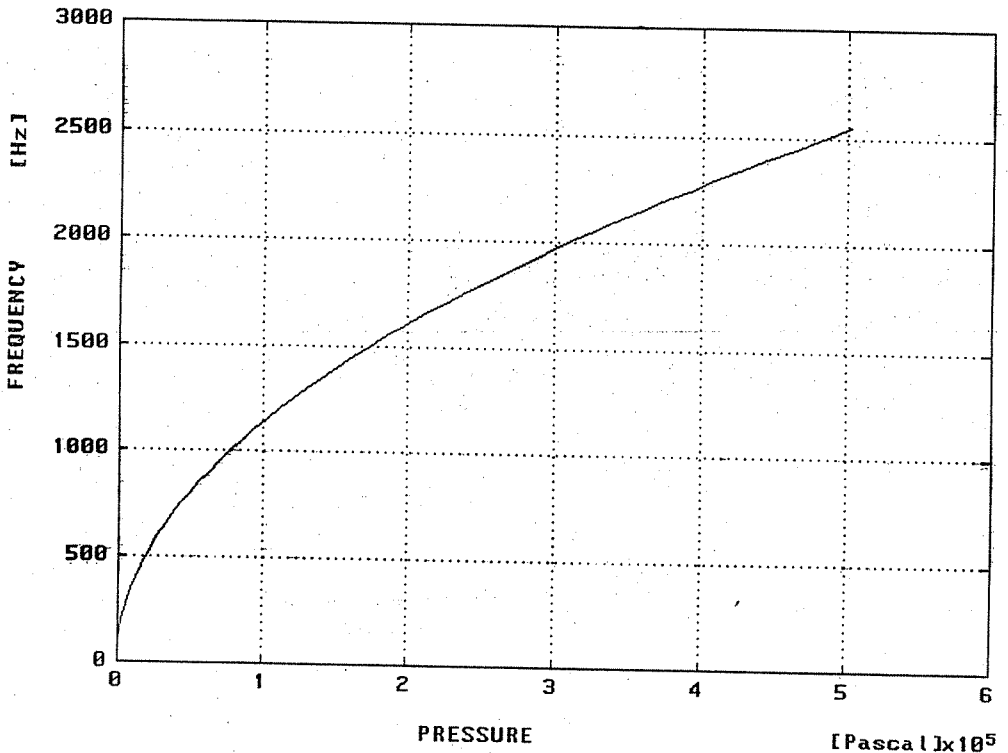


Fig.5. Pressure vs frequency.

string usable for measurement of pressure in a specified range. For diaphragm diameter of 5 cm and string length of 10 cm, the dependence of frequency on pressure, as per equation (18), is shown in Fig. 5. Look up table is generated for this frequency-pressure range. Brass diaphragm and tungsten wire are recommended as the transducing elements.

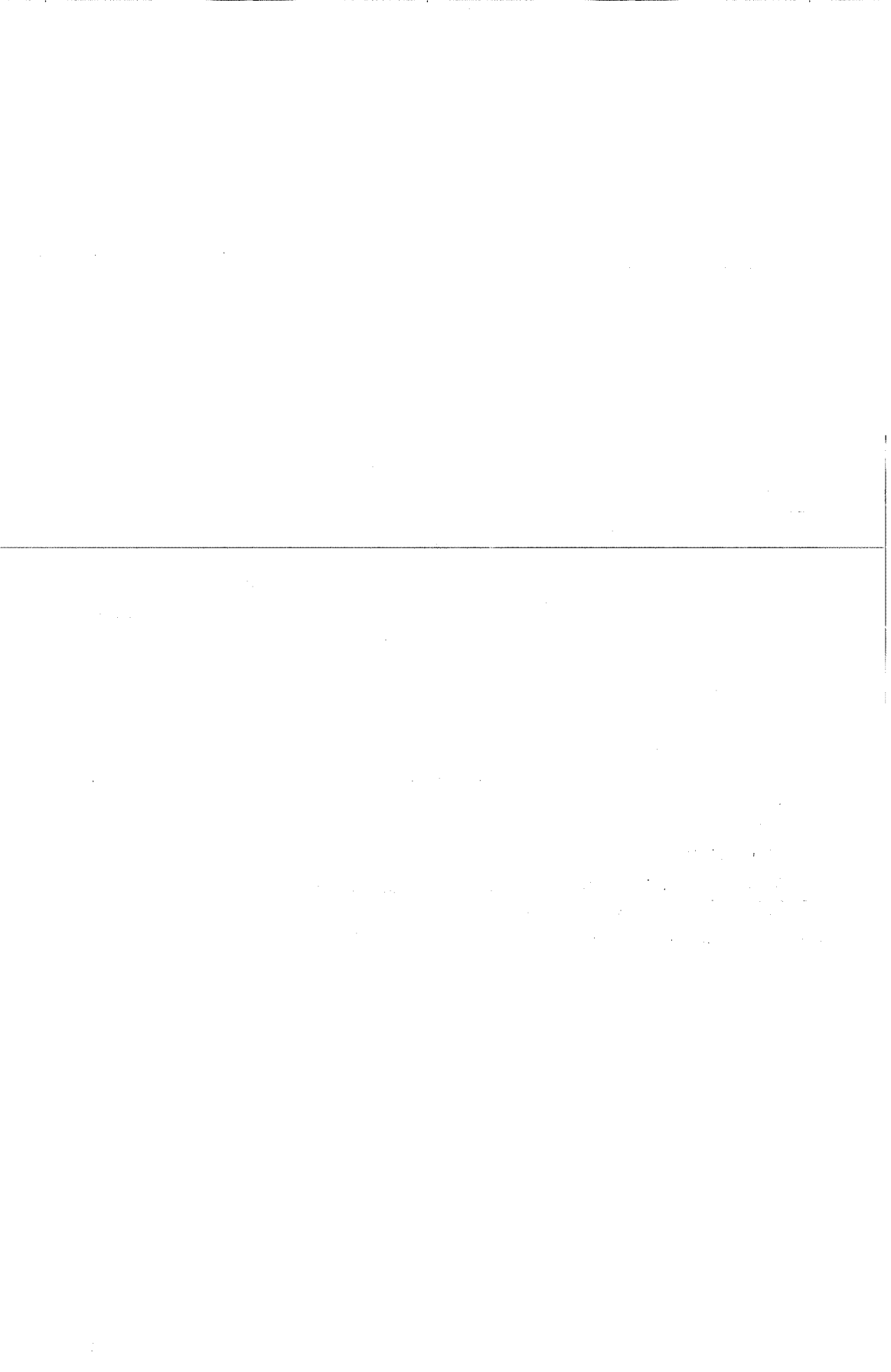
5. CONCLUSION

As the frequency of vibration is more sensitive to changes in the pressure extended on the diaphragm, the proposed pressure measuring device has more sensitivity compared to other conventional devices.

The unit could display the dynamic variation in pressure occurring at a frequency less than 1 Hz. In order to increase the life of the vibrating string, its fatigue resistance characteristics has to be improved. This requires the reinforcement of some foreign metals into tungsten such that the resultant alloy has more fatigue resistance property. The authors are working out for finding out such material.

6. REFERENCES

1. Rangan, C.S., Sarma, G.R., and Mani, V.S.V., *Instrumentation Devices and Systems*, Tata Mc Graw Hill Pub. Co. Ltd., New Delhi, 1983.
2. Patranabis, D., *Principles of Industrial Instrumentation*, Tata Mc Graw Hill Pub. Co. Ltd., New Delhi, 1982.
3. Considine, D.M., *Process Instruments and Controls Hand book*, Mc Graw Hill, New York, 1985.
4. Bradley, D.A. et al, *Mechatronics*, Chapman and Hall, Cambridge, 1991.
5. Balasubramanian, K., "A Microprocessor based Process Control System", *Journal of Instr. Soc. of India*, Vol 17, No. 2, pp 151-155, 1987.



SİLİNDİRİK YAPILARDAKİ DIŞ AKIMDA AKIŞ KAYNAKLI TİTREŞİMLER İÇİN KORELASYON MODELİ

Suat CANBAZOĞLU

Erciyes Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Kayseri / Türkiye

ÖZET : *Bir silindir etrafındaki akımda sınır tabaka ayrılmasıyla oluşan vortekslerin kopma frekansı silindirik yapının doğal mekanik frekansına veya tam katlarına eşit olduğunda, silindirik yapı rezonansa geçmektedir. Bu olay akış (vorteks) - mekanik yapı akuplajı olarak adlandırılır.*

Bu çalışmada silindirik yapılardan kopan vortekslerin neden olduğu titreşimler için yaklaşık - periyodik titreşim teorisi kullanılarak geliştirilmiş olan yarı ampirik bir modelin tanıtımı yapılacaktır. Korelasyon modeli olarak bilinen bu modelin özellikle küçük genlikli titreşimler için iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir.

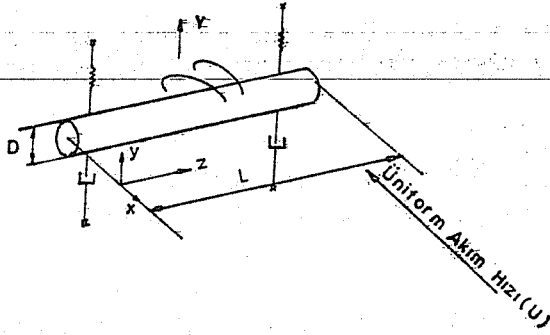
CORRELATION MODEL FOR FLOW-INDUCED OSCILLATIONS IN EXTERNAL FLOW AROUND CYLINDRICAL STRUCTURES

ABSTRACT : *A cylindrical structure will oscillate in resonance when shedding frequency of vortices generated due to boundary layer separation locks on natural frequency of structure. This phenomenon is called being flow (vortex) - acoustics coupling.*

In peresent study, a semi empirical model derived by using almost-periodic oscillations theory will be explained. It is known this model called by being correlation model has given good results especially for oscillation with small amplitude.

1. GİRİŞ

Korelasyon modeli iki önemli kabule dayanarak geliştirilen ve Reynolds sayısının 200-200000 gibi geniş aralığında özellikle silindirik yapıların küçük genlikli titreşimleri için geliştirilen bir modeldir. Rezonans halinde silindire etkiyen kaldırma kuvvetinin genliği, silindirin titreşim genliğinin bir fonksiyonu olarak alınır. Ayrıca rezonans halinde vortekslerce silindire etkiyen kaldırma kuvvetinin, silindir eksenı boyunca temsili bir korelasyon uzunluğu ile temsil edilebileceği kabul edilir. Model parametreleri tespit edilirken korelasyon uzunluğu ve kaldırma kuvveti için alınan deneysel bilgilerden yararlanılır.



Şekil 1. Üniform akım içindeki rijit silindir ($\psi=1$) ve koordinat sistemi.

Silindirik yapının vortekslerin neden olduğu akıma dik yöndeki titreşim denklemi,

$$\ddot{y} + 2\xi\omega_y\dot{y} + \omega_y^2 y = \frac{\int_0^L F(z,t)\psi(z)dz}{\int_0^L m(z)\psi^2(z)dz} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir (1). Burada ξ sönüm faktörünü, ω_y silindirin doğal açısız frekansını, $m(z)$ silindirle birlikte hareket eden ilave akışkan kütesini de ihtiva eden silindirin birim uzunluğunun kütesini, $\psi(z)$ titreşimin mod şeklini ve $F(z,t)$ ise vortekslerin etkisini gösteren ve hem zamana hem de konuma bağlı olan dinamik akışkan kaldırma kuvvetini göstermektedir. Bu kuvvet,

$$F(z,t) = \frac{1}{2} \rho U^2 D C_L(z) \cos\omega_y t \quad (2)$$

şeklinde harmonik bir ifade ile modellenmiştir. Burada ρ akışkanın yoğunluğunu, $C_L(z)$ kaldırma kuvveti katsayısını ve ω_y ise vortekslerin baskın kopma frekansını

göstermektedir.

(1) denklemini çözülerek silindirin zamana göre yer değiştirmesi,

$$y(t) \text{ Re} = \left\{ \frac{\rho U^2 D C_{LE}}{2 Z(\omega_v)} \frac{\int_0^L \psi(z) dz}{\int_0^L \psi^2(z) dz} e^{-i \omega_v t} \right\} \quad (3)$$

şeklinde elde edilir. Burada $Z(\omega_v)$,

$$Z(\omega_v) = (\omega_v^2 - \omega_y^2 - 2i \omega_v \omega_y \xi) M \quad (4)$$

ifadesiyle verilen empedanstır. M birim uzunluk başına eşdeğer üniform kütle olup,

$$M = \frac{\int_0^L m(z) \psi^2(z) dz}{\int_0^L \psi^2(z) dz} \quad (5)$$

şeklinde tanımlanır. C_{LE} ise eşdeğer üniform kaldırma kuvveti katsayısıdır ve (6) denklemini ile tanımlanır.

$$C_{LE} = \frac{\int_0^L C_L(z) \psi(z) dz}{\int_0^L \psi(z) dz} \quad (6)$$

Rezonans halinde silindirin doğal frekansı yaklaşık olarak vorteks kopma frekansına eşit olacağından, rezonans durumunda silindirin yer değiştirmesi için boyutsuz titreşim genliği,

$$\frac{A_y}{D} = \frac{\Pi}{(2\Pi S)^2} \frac{C_{LE}}{\sigma_r} \frac{\int_0^L \psi(z) dz}{\int_0^L \psi^2(z) dz} \quad (7)$$

şeklinde elde edilir. Burada A_y silindirin rezonans halindeki yer değiştirme genliğini, S akımın Strouhal sayısını ($=\omega_y D / 2\Pi U$), σ_r indirgenmiş sönümü ($=2M(2\Pi\xi)/(\rho D^2)$) göstermektedir. ρ silindirin yoğunluğudur. Silindirik yapı için Strouhal sayısı S , Reynolds sayısının geniş bir aralığı için yaklaşık olarak sabit olup, ($S=0.20$) alınabilmektedir (2).

Vorteks kuvvetlerinin çapral spektral yoğunluğu olan $s_F(z_1, z, \omega)$, pozitif frekans alanı üzerinde integralle hesaplanır. Bu integral silindirin birim uzunluğuna etkiyen kaldırma kuvvetinin zamana göre alınan karesel ortalamasını verir.

$$\int_0^L s_F(z, z, \omega) d\omega = \overline{[F(z)]^2} \quad (8)$$

Vorteks kopması sonucu oluşan rezonansın belirli bir modda olduğu kabul edilirse (7) denkleminin analoğu olarak,

$$\bar{y}^2 = \int_0^\infty \frac{\int_0^L \int_0^L s_F(z_1, z, \omega) \psi(z_1) \psi(z_2) dz_1 dz_2}{|Z(\omega)|^2 \int_0^L \psi^2(z) dz} d\omega \quad (9)$$

ifadesi yazılabilir. Burada \bar{y}^2 silindirin titreşim cevabının karesel ortalamasını ve $Z(\omega)$ ise $\omega_y = \omega$ için (4) denklemi ile verilen empedansı göstermektedir.

Vortekslerin frekans bandı, silindirin cevap bandı ile genişlik olarak kıyaslanabilir mertebede ise (9) denklemi,

$$\bar{y}^2 = K_1^2 \frac{\int_0^L \int_0^L R(z_1, z_2) \psi(z_1) \psi(z_2) \psi(z_2) dz_1 dz_2}{|Z(\omega_y, 2)|^2 [\int_0^L \psi^2 dz]^2} d\omega \quad (10)$$

şekline indirgenebilir. Burada $R(z_1, z_2)$ çapraz korelasyon fonksiyonu olup,

$$R(z_1, z_2) = \int_0^\infty s_F(z_1, z_2, \omega) d\omega \quad (11)$$

şeklinde ifade edilir. Çapraz korelasyon fonksiyonu, z_1 ve z_2 konumlarında birim uzunluğa etkiyen vorteks kuvvetlerinin çarpımının ortalama değerine eşittir. K_1 bir sabit olup, vorteks kopma frekansının band genişliği silindir cevabının band genişliğinden çok dar ise $K_1=1$ 'dir.

Çapraz korelasyon fonksiyonu,

$$R(z_1, z_2) = p^2 D^2 g(z_1) g(z_2) r(z_1 - z_2) \quad (12)$$

şeklinde de ifade edilebilir. Burada p dinamik basıncı ($= \rho U^2/2$), $g(z)$ silindir eksenini üzerinde z konumundaki kaldırma katsayısının karesel ortalamasının karekökünü ve $r(z_1 - z_2)$ ise silindir eksenini doğrultusundaki korelasyon fonksiyonunu göstermektedir. $z_1 = z_2$ halinde $r(z_1 - z_2)$ maksimum değeri olan 1'e ulaşır.

Silindirin birim uzunluğuna etkiyen eşdeğer üniform kaldırma katsayısı C_{LE} ,

$$C_{LE}^2 = \frac{K_1^2 K_2^2 \int_0^L \int_0^L g(z_1) g(z_2) r(z_1 - z_2) \psi(z_1) \psi(z_2) dz_1 dz_2}{\left[\int_0^L \psi dz \right]^2} \quad (13)$$

şeklinde de ifade edilebilir. K_2 bir sabit olup, silindirin cevabı dar band Gauss dağılımında ise $K_2 = \sqrt{\pi/2}$, aksi takdirde $K_2 = \sqrt{\pi}$ 'dir.

3. MODEL PARAMETRELERİ

Korelasyon fonksiyonunun altında kalan alan şeklinde tanımlanan korelasyon uzunluğu L_c ,

$$L_c = \int_{-\infty}^{+\infty} r(z_1 - z_2) d(z_1 - z_2) \quad (14)$$

genlikle artar ve eksenel yöndeki korelasyon fonksiyonu $r(z_1 - z_2)$ ise,

$$r(z_1 - z_2) = \exp(-2 |z_1 - z_2| / L_c) \quad (15)$$

şeklinde modellenir (1).

Dairesel kesitli bir silindirin vorteks kopması sonucundaki rezonans titreşimleri için korelasyon uzunluğunun (16) ifadesiyle verilen şekilde modellenmesi önerilmiştir (1).

$$L_c = \begin{cases} L_c^0 + k A(A_m - A), & A < A_m \\ \infty, & A > A_m \end{cases} \quad (16)$$

Burada L_c^0 minimum korelasyon uzunluğu olup, $L_c^0 = 5D$ yani silindir çapının 5 katı olarak alınabilmektedir (1). k için 100D ve tam korelasyon halindeki korelasyon uzunluğu olan A_m için ise 0.5D alınması uygundur (1, 2).

Korelasyon modeli blok halinde aşağı-yukarı hareket edebilen rijit silindir, bir ucundan mafsallı silindirik çubuk ve iki ucundan mafsallı sinüs modunda titreşim hareketi yapan silindirik çubuklara uygulanmış ve sonuçlar Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo 1. Silindirik yapıların üç farklı moddaki titreşimi için cevaplar (*).

| Silindirik yapı | Mod Şekli $\psi(z)$ | C_{LE} $A_y/D \ll 1$ $L_c \ll L$ | C_{LE} $L_c \gg L$ | A_y/D $\sigma_r \rightarrow 0$ |
|---|------------------------|---|--|-------------------------------------|
| Blok halinde titreşen rijit silindir | 1 | $a \left(\frac{L_c}{L} \right)^{1/2}$ | $a + b \frac{A_y}{D} + c \left(\frac{A_y}{D} \right)^2$ | 1.0 |
| Bir ucundan mafsallı silindirik çubuk | z/L | $a \left(\frac{4L_c}{3L} \right)^{1/2}$ | $a + \frac{2}{3} b \frac{A_y}{D} + \frac{c}{2} \left(\frac{A_y}{D} \right)^2$ | 1.4 |
| İki ucundan mafsallı sinüs modunda titreşen çubuk | $\sin \frac{\pi z}{L}$ | $a \left(\frac{\pi^2 L_c}{8L} \right)^{1/2}$ | $a + \frac{\pi}{4} b \frac{A_y}{D} + \frac{2}{3} c \left(\frac{A_y}{D} \right)^2$ | 1.2 |

(*) : (a = 0.35, b = 0.60 ve c = -0.93)

4. SONUÇ

Vorteks kopması sonucu titreşim hareketi yapan silindirik yapıların cevap genliğinin küçük olduğu (en çok 0.1 çap) durumlarda, korelasyon modeli kullanılarak silindire etkiyen kaldırma kuvvetini ve yapının maksimum cevap genliğini tahmin etmek mümkün olacaktır. Ancak kullanım alanı silindir çapı ve üniform daimi serbest akım hızına göre tanımlanan Reynolds sayısının 200-200 000 aralığı ve tek bir rezonans modu ile sınırlıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Blevins, R.D., Burton, T.E., *Fluid Forces Induced by Vortex Shedding*, *J. of Fluids Engineering*, 100, 19-26- 1976.
2. Blevins, R.D., *Flow-Induced Vibration*, Van-Nostrand Rheinhold Co., New York, 1977.

ARCHITECTURAL DESIGN AND TRANSFER OF LEARNING

Faruk Yalçın UĞURLU

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *Transfer of learning is very important in any part of education. Most significant objective of education is teaching the ways of problem-solving. Designing activities in architectural education cover abstract or concrete process of systematic problem solving stages.*

The present work involves with learning theories, transfer of learning, architectural design and transfer. As a result of this study, it is clear that, during the architectural education, as an introduction to designing courses, we must give some practical knowledge about transfer of learning, in order to achieve maximum communication era for having an active learning process.

MİMARİ TASARIM VE ÖĞRENME TRANSFERİ

ÖZET : *Öğrenme transferi, eğitimin her bölümünde çok önemlidir. Eğitimin en anlamlı hedefi, problem-çözmenin yollarını öğretmektir. Mimarlık eğitiminde tasarım eylemleri, soyut ve somut, sistemli problem çözme aşamalarını kapsar.*

Bu çalışmada; öğrenme teorileri, öğrenme transferi, mimari tasarım ve transfer konularını ele almaktadır. Çalışmanın sonucunda, mimarlık eğitim süreci içinde, mimari tasarım derslerine giriş olarak, aktif öğrenme süreci elde edebilmek için gereken en üst düzeyde iletişim ortamını sağlamak üzere, öğrenme transferi hakkında bazı pratik bilgiler vermemiz gerekmektedir.

1. INTRODUCTION

All the educational psychologists agree that the most significant objective of education should be to teach the ways of problem-solving. They also state that designing and planning, in general, are problem solving activities. (Ellis,1965) The major difference between designing and planning is that the former mostly depends on divergent, whereas the latter bases on convergent thinking. Broadbent lists the skills which are unique to the architect :

1. spatial ability,
2. visualizing ability,
3. the ability of generating,
 - a. three dimensional forms of buildings,
 - b. interior spaces,
 - c. spaces about buildings (2).

In general, both designer and planner may need convergency and divergency together. Convergent thinking is explained as the intellectual process of gathering, organizing and synthesizing the findings resultant from experimentation and exploration. Divergent thinking relates more clearly to the creative process in that it involves the use of unique abilities to improvise, to invent, to expand the range of relationships (7).

We have to base architectural training on the power of transfer of learning, because it is impossible to present the student with the opportunity of handling all the particular problems one can encounter in life.

Piaget suggests that training must be general rather than intensively specific. He emphasizes on teaching the "structure" of a subject matter area. Students can relate individual items to this general structure later in future. This should be the case in architectural education, too. Since we can not present the arch student with the opportunity of dealing with any type of architectural problem in the world within education period.

Here we will discuss the general charecteristics of learning and transfer of learning, in order to draw the necessary conclusion from them, to construct a new system of design education in architecture, which could serve to improve an environment fitting to all necessary needs of humanbeings.

2. TRANSFER OF LEARNING

2.1 What is Transfer of Learning ?

Transfer of learning means that experience or performance on one task influences performance on some subsequent task. It may present three different forms:

1. Positive transfer; performance on one task may aid or facilitate performance on a second task.
2. Negative transfer; performance on one task may inhibit or disrupt performance

on a second task.

3. Zero transfer ; there may be no effect of one task on another.

An analysis of all the available material on transfer leads to the following conclusions:

1. The transfer effect of training is usually positive, but the amounts are generally much nearer to zero than to hundred percent.

2. If the transfer effect is considerable, it is invariably found that the contents-methods of presentation-of the testing and training materials have many elements in common.

3. There is little ground for the belief that the intellect sources an all-round training from the specific training of any part of it. (Ellis,1965)

An analysis of all the available material on transfer leads to the following conclusions ;

1. The transfer effect of training is usually positive, but the amounts are generally much nearer to zero than to hundred percent.

2. If the transfer effect is considerable, it is invariably found that the contents-methods of presentation of the testing and training materials have many elements in common.

3. There is little ground for the belief that the intellect sources an all-around training from the specific training of any part of it. (Grose and Birney, 1956)

3. THEORIES OF TRANSFER OF LEARNING

3.1 Natural Unfoldment

One of the oldest theories which was also hold by J.J. Rousseau and Tolstoy. Naturalisation theorists regard the development of intelligence as something which "just naturally happens". They would reject any kind of formal teaching for the purpose of stimulating development of intelligence. Instead, they would stress student-planned activities including highly permissive types of projects as the means for releasing or developing latest intellectual performance. In a laissez-faire classroom, student would exercise unlimited freedom.

3.2 Formal Discipline

This view contended that the 'mind' was composed of several faculties such as reasoning, memory, judgement, attention, and that these faculties could be trained, improved and strengthened through the study of certain kinds of subject matter. An important objective of education was the study of specific subjects in order that such study would 'discipline' the 'mind'. Studies such as mathematics and Latin were regarded as extremely important, because they stenghtened reasoning and memory, geometry was regarded as an especially good subject for improving logical reasoning, and ancient languages as important, because they sharpened the student's memory ability.

The theory of formal discipline tended to assume that transfer was widespread and fairly automatic. (Ellis,1965)

3.3 Apperceptionism

A student's 'subconscious mind' contains a quantity of dynamic perceptions, images, and feelings which have been accumulated during his experiences. Any one of these elements of the apperceptive mass stands ready to spring back into consciousness when the appropriate occasion occurs; it is ready to join the other mental elements with which it has an affinity.

3.4 Connectionism (S-R Bond Theory)

This theory contends that all mental processed consists of the functioning of native and acquired connections between situations and responses. The acquired connections are supposedly formed through random, not purposive, trial and error; they constitute learning. Since S-R bonds or connections are in same way, the product of physiological changes in a nervous system, learning is closely associated with such neurological changes. Since each person is limited by his intern neural structure, the most that education can do is to take advantage of what capacity a child or youth has for forming dependable S-R linkages. A person's capacity for intelligent behavior depends upon how many links can be formed and retained. Hence, the best in fact, the only way education can serve humanity is to condition students efficiently (3).

3.5 Identical Elements

This theory contended that training in one kind of activity would transfer to another as long as certain features, such as aims, methods, and approaches were identical in two tasks. Whereas formal discipline argued that transfer was very general and widespread, the theory of identical elements viewed transfer as more restricted in scope. Thus hope for widespread transfer decreased and more emphasis was placed upon direct training of desired educational objectives.

3.6 Generalization Theory

This theory contends that the important condition for transfer was that the student be able to abstract general rules or principles for himself. Thus he would 'generalize' his experiences from one situation and apply them to another. Therefore, in order to teach for transfer, emphasis should be placed on getting the student to think about these features of the problem that might be generalized to new situations. The generalization theory had the advantage of at least recognizing that transfer was not an automatic process, and that, if one wanted students to transfer, they must be given practice in transfer. Unfortunately, it is not enough to exhort a teacher to 'teach for transfer'. Clearly, in order to teach for

transfer we must have a fairly explicit understanding of the criterion behaviors to be exhibited by students and the kinds of conditions which will insure the development of these behaviors.

3.7 Gestalt-Field Theory of Transfer

Gestalt-Field psychologists think that transfer of learning occurs because of perceptual similarities between two situations, and that it is in the form of generalizations, concepts, or insights which are developed in one learning situation and are usable in others. However, to Gestalt-Field psychologists, it seems as futile to expect a generalization to spring into action whenever the environment sets the stage as to expect such a faculty or of an identical element. For us to promote transfer in a dependable way, something more than commonness of elements or appropriateness of generalizations is necessary. Experience shows that in actual practice, transfer of a generalization will not always occur even when a person understands a principle thoroughly and has applied it often. For transfer to occur, a learner not only should generalize, he also should understand how the generalization can be used, and he should have a desire to use it.

4. GENERAL PRINCIPLES OF TRANSFER

Thorndike's studies had convinced him that the methods used in guiding a pupil's learning activities had great effect upon the degree of transferability of his learning. He thought that teaching specifically for transfer is the only method of teaching that is 'worth' its salt. He was convinced that knowledge should consist of well-ordered groups.

5. TRANSFER AND PROBLEM SOLVING

One of the significant objectives of education is that of teaching students effective ways of solving problems. Sometimes this objective is cast in the form of teaching students to 'think' or to 'reason for themselves'. The conditions under which a student learns will govern to some extent his subsequent skill in solving problems. The methods, approaches, and attitudes that are present during learning will affect in some way the student's later performance, that is, these conditions have the potentiality of producing transfer of some magnitude and direction.

There are three factors influencing problem solving ability:

1. Variations in the mode of problem solving: Transfer to new task will be superior when the students understand the general principle of the problem. (e.i. the design problems given to the students must be clearly defined.)
2. The effects of group participation: Although a number of investigations have shown that group problem-solving activity is superior to that of individual activity, the assumption that skills acquired in group activity will necessarily transfer to the individual situations is unwarranted. No difference in performance was found between those

students who had earlier worked as members of a group and those who had worked as individuals.

3. The variety of tasks experienced during training: Preliminary training that gives the learner opportunity to both fully learn a particular type of problem as well as experienced several types of problems yield maximum transfer. A high degree of original learning is important in order to strengthen the correct response tendencies, and practice with a variety of tasks provides the learner with opportunity to discriminate between relevant and irrelevant cues (Ellis, 1965).

Emphasis on the social integration of what is learned is very important for Peter Sandiford. He states that, if the transfer, effect or disciplinary value of a subject is as small as it has been proved to be, then curricula to schools will have to receive their sanction on other than disciplinary grounds. If transfer proves to be broken reed, then studies whose content is socially useful, must be emphasized.

6. TRANSFER IN ARCHITECTURAL DESIGN

The application of design courses at our faculty, implies that a student learned in basic design will transfer to architectural design and what he learned in the latter will transfer to life situations. Therefore, the following principles apply to both basic design and architectural design;

1. Over-all Task Similarity : Transfer of training is greatest when the training conditions are highly similar to those of the ultimate testing conditions. (Ellis, 1965)

In general the application of this principle requires that somewhere during the student's educational sequence, he is given practice in an environment which contains many of those factors which will exist in the ultimate working environment. Summer practices in an architectural office seem to be the practical solution for this.

2. Stimulus Similarity : When a task requires the learner to make the same response to new, but similar stimuli, positive transfer increases with increasing stimulus similarity.

3. Response Similarity : When a task requires the learner to make a new or different response to the same stimuli, transfer tends to be negative and increases as the responses become less similar. Every person has a unique character which results in their having different views on a matter. This is natural. What the educational staff be cautious about is the student's frustration due to the existance of highly different value judgements on the same matter. They would do better perhaps if they clearly put their criterion leading to a particular judgement. Thus the student will learn to say "this solution is good according to this criteria", instead of to say "this solution is good according to so and so."

4. Learning to Learn : Cumulative practice in learning a series of related tasks or problems leads to increased facility in learning how to learn.

5. Early-Task Learning : Transfer is maximized if greater effort is spent in mastering the early of a series of related tasks. This shows the importance of basic design courses.

6. **Insight** : Insight, defined behaviorally as the rapid solutions of problems. Appears to develop as a result of extensive practice in solving similar or related classes of problems. Insight or intuition or creative impulses of students will be motivated in my proposed system. Actually this will be achieved more simply by accepting only those students to schools of architecture who have same aptitude in and motivation for architecture.

In today's educational system of Türkiye, the distribution of professions among individuals according to their motivation and aptitude is impossible due to some structural problems. A student is lucky today if he could manage to succeed in getting into a university. The result is that, probabilistically, at least 50 % of the university graduates are only half-architects, half-engineers. In my proposed system, orientation of a child will start at, perhaps elementary schools and at university stage he will at least know on which subject to specialize. To sum up the general aim my proposed educational system is to produce creative and inventive men or women who are specialized on one subject matter. To achieve this, creativity will be emphasized on.

As it is mentioned before, creativity is the result of divergent thinking. Yet most educational experiences prescribed by curricula today are geared to convergent thinking, the emphasis being placed upon the accumulation of data which has been transmitted from generation to generation, which the student is expected to absorb.

Creativity is a very important fact in a design process. General Theories about creativity state that;

1. Creative activity plays a vital role in the development of personality.
2. Creativity flourishes in a sympathetic environment.
3. Imagination and inventiveness are products of deep-rooted and habitual practice in creative thinking.
7. **Worm-up** : It is the pronounced but temporary facilitating effect resulting from practice in some activity prior to learning the transfer task.
8. **Time Interval Between Tasks** : Performance on the second task is minimally determined by the time elapsing between original and transfer tasks, as long as the transfer task involves little memory for specific aspects of the original task.
9. **Mediated Transfer** : Transfer can occur as a result of mediation due to the network of associative linkages between tasks.
10. **Bilateral Transfer** : Positive transfer can be obtained as a result of practice with one limb to its analogous limb.
11. **Understanding and Transfer** : Transfer is greater, if the learner understands the general rules or disciplines which are appropriate in solving new problems. This again shows the importance of basic design course. Those students who have better understood the general concepts of design, will be much more successful in the following years of education.
12. **Group Learning** : There is no evidence for the automatic transfer of problem-solving

skills from a group to an individual situation.

13. **Variety of Examples** : Studies in concept formation and in problem solving indicate that stimulus variety is an important factor leading to positive transfer. Several examples of a concept serve to strengthen the student's understanding, so that he is more likely to see the applicability of a concept in a new situation.

14. **Bringing Out Of The Important Features To be Transferred**: The 'thing' to be transferred from one experience to another could be a fact, a general principle, an attitude, or a way of life.

15. **Development Of Meaningful Generalizations** : Transfer is more likely to take place when the thing to be transferred is a generalisation.

16. **Practice In Application To Other Fields** : Not only should the element to be transferred be brought into clear focus and, if possible, formulated and clearly structured.

17. **Practice In Transfer** : Just as students can learn to learn, so they may have some success in learning to transfer. One experience of successful transfer may enable a student to extract more transfer from his next experience, assuming, of course, that there is some transfer to be extracted.

18. **Transfer Is Dependent Upon Methods Of Teaching And Learning** : which use life-like situations. It is facilitated by teaching for large generalizations which have transfer value.

19. **Transfer Is Not Automatic** : Opportunities for transfer must be recognized, and the person concerned must want to use them.

20. **Transfer Varies According To** : Difficulty Of generalization of subject matter and intellectual ability of individuals.

21. **Insights Need Not Be Put** : Into words for their transfer to occur.

22. **The Amount Of Intraproblem Learning** : Not the number of trials as such, determines intraproblem transfer.

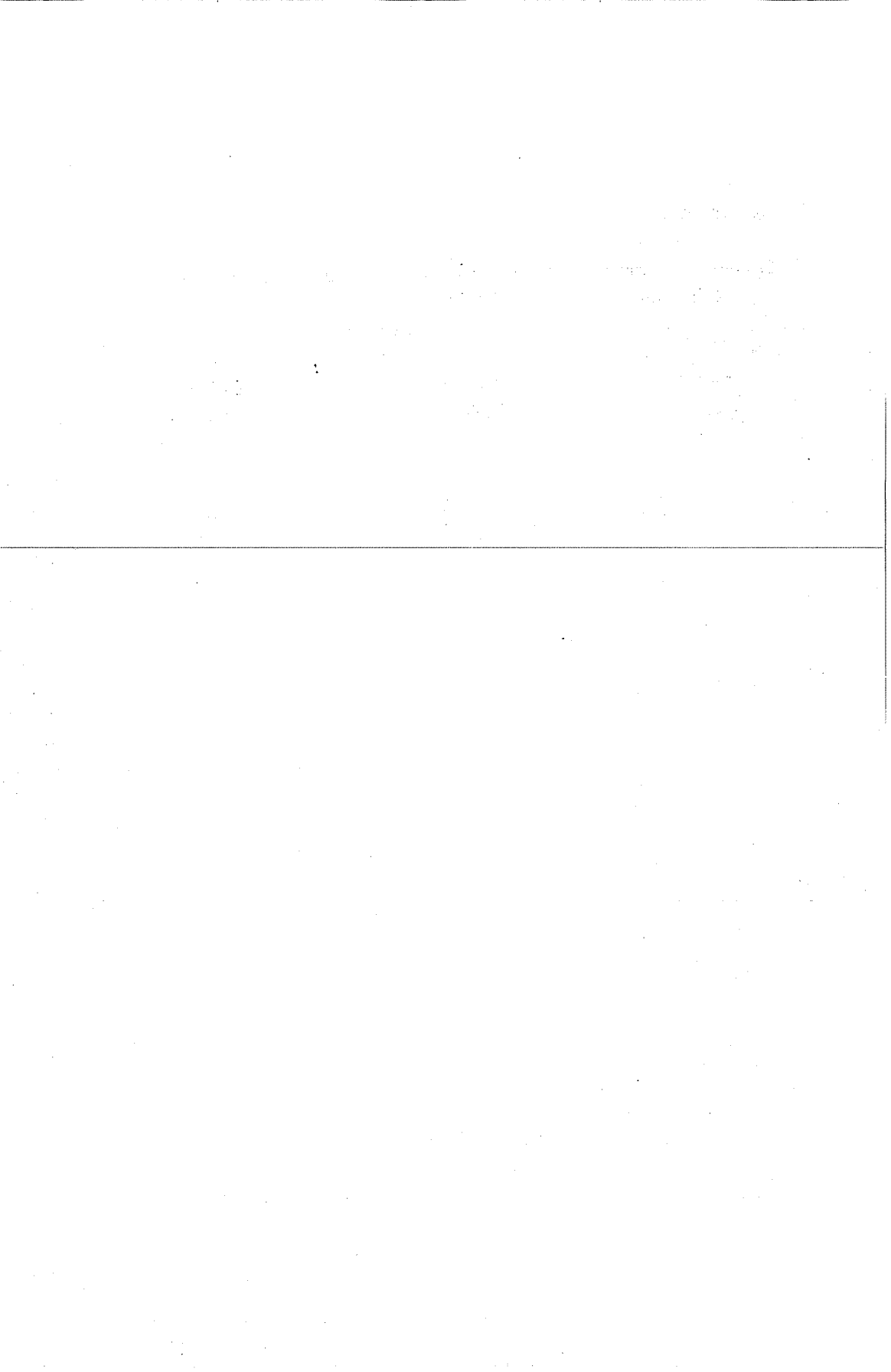
7. CONCLUSION

In this study, the aim was to bring an awareness about the important relationship between architectural design and transfer of learning. In architectural education, especially in basic design education, outcome of the system, depends upon directly to methodology. When the systematic approach to learning theories is achieved by the designer, and applied to designing process according to the principles presented in this study, then it is hoped that; instead of having the problematic decisions for a knowledge accumulation in any field, one can easily learn how and why he would prefer to transfer each group of knowledge to learning stage, and change them to learning ability, and improve the capacity of learning.

As a result; education process of architecture is directed to a very practical, new systematic way to solve its' problems.

8. REFERENCES

1. Ellis, H., *The Transfer Of Learning* , 1970.
2. Broadbent,G., *Design In Architecture* , London: John Willey And Sons, 1975.
3. Bigge,L.M., *Learning Theories For Teachers* , 1971.
4. Grose,R.F., Birney,R., (ed.) *Transfer Of Learning*, 1968.
5. Jones,J.C., *Design Methods* , London : John Willey And Sons, 1974.
6. Lowenfeld,V., *Creative AndMentalGrowth* , NewYork: McMillan,1965.
- 7.Yochim,LD., *Perceptual Growth In Creativity*, Pennsylv-ania: International Textbook Company, 1967.



KONUT TASARIM SİSTEMİNE BİR MODEL YAKLAŞIMI

Faruk Yalçın UĞURLU

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Türkiye'de konut sorunu büyüyerek devam etmektedir. Sorunun çözümüne, değişik yaklaşımlar yapılmış ve yapılmaktadır. Ancak konuya sistematik bir çözüm gereklidir. Çünkü; onun içinde yer alan karar verici, planlayıcı, tasarımcı, üretici, uygulayıcı, ve kullanıcı, hepsi, katılımcı bir anlayışla yaklaşım oluşturdıklarında çözüme yönelme olabilecektir.

Bu çalışmada, ana hedef, konuta talebi minimize etmek, arzı maksimize etmek ve üretim kalitesini çağdaş düzeye çıkarmak yollarını bulmak için seçilen örneklerin analizi ve bu analizler sonucu yeni bir genel modelin bulunmasına adım ataktır.

A MODEL APPROACH TO HOUSING DESIGN SYSTEM

ABSTRACT : Housing problem in Turkey, increasingly lasts. There were and still are different approaches to the solution of this problem. But for the solution, there must be a systematic approach to the subject. Because, if, the decision maker, planner, designer, producer, applier, and user, all, participating in it, approach the problem with an agreement, then a direction may occur for the solution.

The main aim of this study is to analyse some examples in order to minimize demand for housing, maximize supply and improve the quality to a contemporary level, and as a result of these analysis, to step forward for finding a new, general model.

1. GİRİŞ

İnsanlığın, çağlar boyu süren ve sürecek olan yaşam serüveninde en önemli konularından biri ve belkide en öndeki olan, barınma sorunudur. Başta mimari ve mimari tasarım olmak üzere, zamanımızdaki, konu ile ilgili bütün evrensel problemler ve bunların yansımaları olan Türkiye'deki konut sorunu, klasik sistemde olduğu gibi, kendini oluşturan parçalar ayrı ayrı ele alınarak da incelenebilirdi. Ancak; klasik sistem modelinde bir dizi sebep-sonuç ilişkisi bulunmakta ve her araştırmacı sınırlı seçicilikle problemini çözmektedir.

Önerilen sistem modeli ise sebep-sonuç dizisini dışarda bırakan analiz ve senteze dayalı bir süreç olmaktadır. Böyle bir yaklaşımla en karmaşık problemleri çözmek kolaylaşmaktadır. Örneğin: konutların ısıtılmasında ısı kaybının önlenmesinin ekonomik önemde olması, kullanım alanının minimize edilmesinin ekonomik boyutu, birbirine yakın ömrü olan malzemelerin birarada kullanılmaya çalışılmasının ekonomik yararları, hepsi önemli ekonomik neticeler getirebilir. Ancak Türkiye'deki konuta talep ve arzın niteliğini dışarda bırakan bu yaklaşım sorunu kesin çözücü olamamaktadır. Çünkü; asıl olan analizi yapılacak bir gerçek konut talebi sisteminin oluşturulması ve bunu daha çok ve kaliteli karşılayacak sistemin sentez olarak elde edilmesidir. Böyle olunca yanlışlar üzerine gelişen parçacı çözümlerin ulaşamadığı ölçekte hızla hedefe varılabilecektir.

1.1 Konunun Önemi

21. Yüzyıl başında bütün bilimsel dallarda görülen çok hızlı gelişmelerin mimarlık bilimi dalında yavaş olması ve çok verimli olmayan özellik göstermesi, çok sorunları bulunan insanoğlunun bütün diğer çabalarını olumsuz yönde etkileyecek önemdedir. Çünkü; yönetimlerin büyük bölümü, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, nüfus artışına paralel, kaynaklarının büyük bölümünü konut üretimine ayırmakta olmalarına rağmen konut problemi her geçen gün daha büyümektedir. Bunda önemli bir faktör kaynakların bilimsel veriler paralelinde kullanılmamasıdır.

İnsanların aktiviteleri çok değişik özellikteki mekan kümelerinde yer almaktadır. Ancak bu mekanlardaki işlevlerin çeşit ve yoğunluğu gözleendiğinde, bunların büyük bir oranda konut mekanları olduğu kolayca anlaşılır. Geleneksel tasarım yaklaşımları ile konut tasarım ve üretiminde değişiklik yapılmaması, sorunun temel çözümünü olanaksız hale getirmektedir. Çünkü; talebi karşılayan arz, hem nitelik hem de nicelik açısından yetersizdir.

Bilgi çağının getirdiği değişimler, insanın yaşam özellik ve kurgusunu (pattern), bunun mekansal somutlaşmasını çok yönlü etkilemiş ve değişime zorlamıştır. Bu değişime katılmamak onun yararlarını kullanmamak, sonucunda çağın bu alanda da yakalanmaması demektir.

İnsan yaşantısı, onun tüm üretim boyutları, mekansal tasarım girdi ve ürünlerine dolaysız bağlıdır. Böyle olduğu için, mimarlık mesleği, eski dinamik, faydacı

düzeyinden, şimdiki akılcı, bilimsel denge çözümleri ile çok daha önemli hale gelmiştir.

1.2 Konunun Sınırları

Çalışmanın evrensel olması kaçınılmazdır. Ancak konumuz olan konut sorunu yalnız genel tanımlara değil, yöresel, sosyo-ekonomik, psikolojik vb. bilimsel özelliklerle de çevrilidir. Politik karardan başlayan, yeniden kullanmaya kadar uzanan mimari tasarım sürecinin, mekansal tasarım etabı ile sınırlanmış sanılan boyutu, bu çalışma için yeterli sayılamaz.

Konu sınırları parçaların etkileşimleri sonucu genişleme görüntüsü getirmesine karşın, öze inilerek sentez yapıldığında çok konsantre bir sonuca ulaşılabilir.

2. YÖNTEM

Çalışılan konu, sistematik olarak ele alınca çok karmaşık yapısı sadeleşmektedir. Bu nedenle; mimari ürünle diğer ürünler arasında bir benzeşime gidilerek gereken analizlerin yapılması uygun görülmüştür. Örneğin; mimarlıkta da etkileyen ve etkilenen, veya hizmet eden, edilen olmak üzere iki ana topluluk ele alınabilir. Bu gurupları oluşturan bireyler, buna mimarlar da dahil, kendinden, kültüründen, tüm ilişkilerinden, değerlerinden soyutlanarak ele alınamaz. Her üründe olduğu gibi, mimari ürün olan konut içinde değerlendirme kriterlerini ortaya koyarak kalite faktörünün göz önüne alınması gerekmektedir. Bu çalışmada; birinci aşamada klasik yaklaşımla önerilen yaklaşım arasındaki geçiş gözlenen hataların ortaya konmaya başlaması ile sağlanmaya çalışılmaktadır. İkinci aşamada gözlenen hataların sistemli guruplaşmasına gidilerek doğru sonuçların çıkarılması hedeflenmekte, üçüncü aşamada ortaya çıkan yöntem verileri kullanılarak bir modele yönelim sağlanmaktadır.

2.1 Klasik Yaklaşım

Bu yaklaşımda tasarımcı mimar, verilen bir parsel üzerine işverenin isteklerini içeren programa uygun ve imar yönetmeliklerinin getirdiği sınırlamalarla bir tasarım yaparak bu çalışmanın gerekli mercilerce onaylanmasını ister ve klasik mantıkla oluşan denetim ile proje mekan guruplarını, belirlenen kurguda içine alan bir somutlaşma yani yapı olarak ortaya çıkar.

2.2 Önerilen Yaklaşım

Bu yaklaşımda tasarımcı mimar, bir üretim yapma durumunda, bu üretimle ilgili bütün verileri toplayarak, analiz edecek, kendi tasarım kararlarını serbestçe oluşturarak, toplu yapılaşma kriterlerini kullanarak, (yapılar arası malzeme, estetik, ve diğer uyumlar, belirli yoğunluk kararları, vb. konularda kararlarını gözden geçirerek) tasarımını geliştirecektir. Buradaki çok küçük ama çok önemli fark tasarım sürecindeki gereksiz negatif etkilerin, tasarımcı mimarın eserini etkilemelerinin önüne geçilebilmesini sağlamaya bir adımdır.

3. GÖZLEMLER

Bu bölümde konut ve çevresi ile ilgili gözlemler ve sonucunda elde edilen hatalar yer almaktadır.

Yapılan çalışma, Adana'nın Mahfesiğmaz semtindeki yeni toplu yerleşim alanında, 1991-1992 yıllarında oluşturulan araştırmaları, ayrıca Adana, Mersin kent içi ve yakın çevredeki konut yapılarının araştırılmasını kapsamaktadır.

- Çevre kararlarında:
 - . dış-geçiş-iç mekan büyüklük koordinasyonu eksikleri,
 - . doğa ve yeşil alan kullanım hataları,
- İmar yasa ve yönetmelik kararlarında:
 - . yorumunda hatalar,
 - . uygulamada,
- Ana fikir kararlarında:
 - . sosyo-ekonomik hatalar,
 - . psikolojik hatalar,
 - . işlevsel hatalar,
 - . zaman ve ömür konularının ihmali,
- Bina girişlerinde:
 - . tarif hataları,
 - . saçak hataları,
- Plan çözümlerinde:
 - . zemin kat ile, üst katlar aynı,
 - . büyüklük kararlarında hatalar,
 - . işlev, dolaşım kararlarında hatalar,
- Strüktür kararları:
 - . işlevlerle çakışan strüktürel elemanlar,
- Kitle ve form kompozisyonu kararları:
 - . birbirine uyumsuz kitleler,
- Cephe kararları:
 - . yanlış balkon çözümleri,
 - . yanlış malzeme ve detaylandırma,
 - . uyumsuz tasarım kararları (farklı cephelerde bütünlük)
- Çan çözümleri:
 - . aynı bölgede farklı malzeme ve detay kararları,
 - . farklı tasarım çizgileri,
- Oryantasyon çözümlerinde:
 - . istenmiyen yöne, istenmiyen büyüklükte açılım,
- Trafik çözümlerinde:
 - . otopark yokluğu,

- . yanlış motorlu-yaya trafik kararları,
- Tesisat çözümlerinde:
 - . mimari kararlarla çelişkiler,
- Dikine ve yatay dolaşım kararları,
 - . hatalı koridor, asansör, merdiven çözümleri,
- İç mekan organizasyonlarında:
 - . ayrı işlevlere aynı yükseklik,
 - . malzeme ve detay kararlarında uyumsuzluklar,
- Emniyet faktörlerinde:
 - . yangın,
- Konfor kararlarında:
 - . yanlış ses-ısı-ışık çözümleri,
 - . yanlış standart anlayışı,
- Yaratıcı yaklaşım kararları:
 - . tekrar eden-monoton kararlar,
- Islak hacim kararlarında:
 - . yanlış büyüklükler,
 - . yanlış eleman ve yer seçimleri,

Gösterilmeye çalışıldığı gibi, hem tasarımcı mimarı, hem de etki ettiği ve etkilendiği bütün diğer bireyler ile onların teorik ve pratik birikimlerini, belirli bir düzende ortaya getirerek eksik ve yanlışları derinlemesine izlemek olanağı yanında, bu sistemin parçaları ile kendi aralarında ve oluşturdukları bütünle ilişkilerini de sistematize edebilmek tasarımcı kullanıcı ilişkisinin gelişimi açısından, çok yararlı sonuçlar getirebilecektir.

4. GÖZLEM SONUÇLARININ GURUPLANMASI ve ANALİZİ

Yukarda sıralanan gözlemleri üç ana grupta toplayabiliriz. Bunlar;

1. Yapıların oluşturduğu çevre ve onun tasarımı,
2. Yapıların kitle ve form özellikleri,
3. Yapıların iç özellikleri.

4.1 Çevre

Bilindiği gibi halen yaşadığımız çevrede bizim insan olarak gereksinim duyduğumuz veya duymamız gereken organizasyonel düzenin var olduğu söylenemez. Bu konudaki yanlışlar bütününde en sorumlu meslekler arasında şehirci, bölge planı ve mimarların yer aldığı ve onların çalışmaları sonucunda çevre kirliliği olduğu açıktır. Hernekadar bu mesleklerde çalışanlar kendilerinden önce karar vericilerin hatalarını kendi hatalarına neden gösterme alışkanlığına sahipseler de, bir bölümü doğru olmakla beraber, sistematik düşünce dizisinde oluşan hatalı etabın verisini tasarımcı, sistemin kendi dinamiğini kullanarak çözebilir. Bu durum en çok çevre düzeni kararlarında önem kazanmaktadır.

Çünkü; makro ölçekte verilen kararlara tasarımcı mimar dışında, politikacı, plançı, ekonomist vb. mesleklerden etkiler daha yoğun hissedilmektedir.

4.2 Yapı Kitle ve Form

Mimari kararların en önemli bölümlerinden biri mekan organizasyonunu içine alan yapının genel form kararı olmaktadır. Bu kararı etkileyen birçok faktör olmasına karşın, halen gerçekleşmiş olan yapı kitle-form tasarımlarında çok önemli temel eksiklerin olduğu açıktır. Örneğin; bir form, içine aldığı mekan işlevini dışa yansıtan, veya onu gizleyen özelliklere sahip olabilir. Ancak iki halde de tasarımın temel kurallarına uymak; en azından, toplu bir yapı çevresinde genel estetik standardı elde edebilmek için gerekli olduğu düşünülmektedir.

4.3 İç Özellikler

Bir iç mekanın en önemli özelliğinin, o mekanı kullanan bireye veya guruba, belirlenen işleve en uygun şartlarda, optimum hizmeti vermesi olduğu söylenebilir. Ancak gerçekleşen mekanlar incelendiğinde bu anlamda büyük eksiklerin gözlenmesi söz konusudur. Örneğin; gereğinden büyük dolaşım alanları, ıslak hacim çözümleri, işlevine uymayan biçimsel kararlar, her işleve aynı yükseklik çözümünün uygun görülme alışkanlığı (270 cm.), vb. tasarım kararlarının uygulamaya dönüşmüş olması, tehlikeli mesleki şartlanma gelişmelerinden bazılarıdır.

4.4 Analiz

Yukarıda sıralanan guruplamalarda yer alan konular analiz edildiğinde, belirlenen hataların temel nedeninin bütün iyi niyetli araştırma ve düzeltme önerilerinde, konunun çözümüne, parçacı ve kendi içinde biten, sınırlı iyileştirme oluşturan bir yöntemle yaklaşıldığı ortaya çıkmaktadır. Ama aslında bütüncül bir yaklaşımda, gerçek nedenin sistemin kendi olduğu, görülmektedir. Örneğin; işverenle tasarımcı mimarın iletişim konularındaki bir eksikleri, sonuç hatayı proje, uygulama, kullanma veya ara etapların birinde ortaya çıkarabilmektedir. Bu durum sistemin parçalarının birbirine içten bağımlı bir organizma oluşturduğunu açıklamaktadır.

Ayrıca insanların, hatalarla beraber oldukça onları, doğrulardan ayırdedebilmeye potansiyellerinin (sağduyularının) erozyona uğradığını göstermektedir.

Bu durumda, sistemin ana parçaları olan hizmet edenlerle edilenlerin, doğuştan başlayıp, eğitim ve yaşam sürelerinin tamamını kapsayan bir zaman diliminde bu yanlışlarla beraber oldukları, konunun bu boyutta ele alınması gereği ortadadır.

5. SONUÇ

Bu araştırma sonucunda, yaşadığımız zaman ve ortamda, insan ve toplum olarak hepimizi etkileyen, genelde bütün mesleklerden etkiler alan, ancak özelde mimarlık

mesleğinin önde rol aldığı veya alması gerektiği bir bozukluklar bütünü bulunduğu belirlenmiştir.

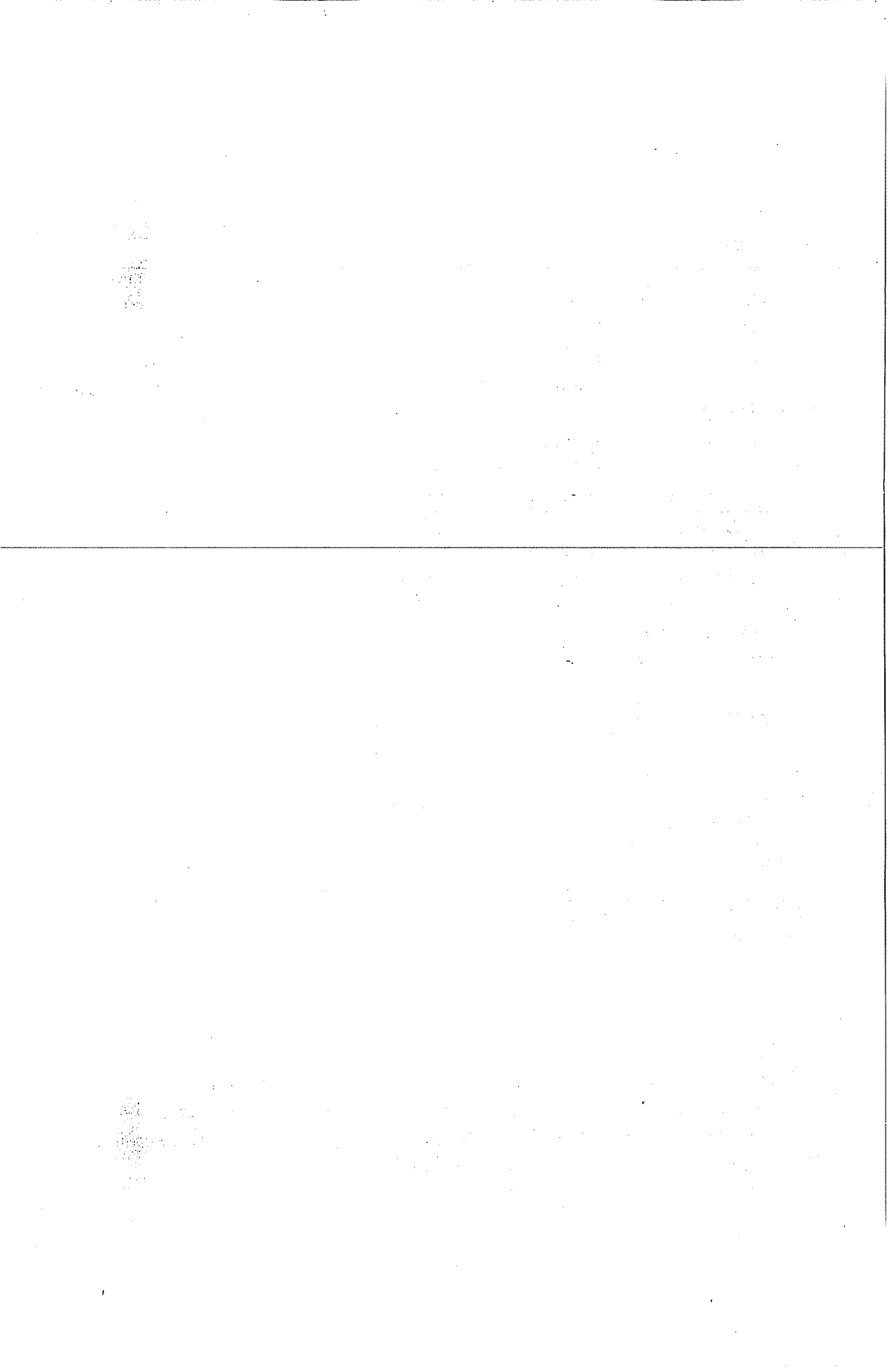
Ana problemin, bu konudaki eksikliğin doğru teşhisinin sağlanması noktasında yoğunlaştığı, ve ileride tıkanabilecek çözüm yolları yerine, işlerliği ve dinamizmi tükenmeyen, kendi içinde otokontrol mekanizması geliştirilmiş, yanlışlar üretmeyen, kendi dışında, veya şimdiye kadar üretilmiş olan hataları donduran ve zaman içinde eritebilecek potansiyelde kurguya sahip bir yeni modele yaklaşımın eksikliğinden kaynaklandığı ve bu durumun nasıl giderilebileceği bu çalışma kapsamında orjinal verilerle gösterilmeye çalışılmıştır.

Ayrıca, bu modeli gerçekleştirme sürecinde birçok yan ürünün elde edilebileceği ve giderek konunun evrensel bir özellik kazanabilecek önemde olduğu da her aşamada gösterilmeye çalışılmıştır.

Şimdi hedeflenen; zaman kaybetmeden bu konuda yoğunlaşan verilerin bu modeli oluşturması için bütün araştırmacıların katkısını ummak ve istemektir.

6. KAYNAKLAR

1. Acar,E., *A Brief History Of Housing As A Social Product, The Anatolian Case, METU, 1979.*
2. Aguilar,R., *System Analysis And Design, Prentice Hall Inc. London: 1973.*
3. Akçalı,Ö., *Study For A Housing Project In Çukurova, Ankara: 1970.*
4. Akkaya,B., *Flexibility In Mass-Housing, Ankara: 1984.*
5. Alp,T., *Konut Sorunu Kapsamında Yerel Yönetimler, Akkondu, Batıkent Örneği Ankara: 1979.*
6. Atabay,S., *Konut Tipi, Parsel Büyüklüğü, Yerleşme Biçimi, ve Teknik Altyapı Tesisleri Arasında Etkileşim İlişkileri, İDMMA, İstanbul: 1978.*
7. Atasoy,A., *Değişen İhtiyaçlar Karşısında Konut Tasarlanmasının Mevcut Konutların Değerlendirilmesi Yolu ile Geliştirilmesi, İTÜ, İstanbul: 1973.*
8. Başakman,M.A., *A Systematic Approach To Housing, Univ. Of Pennsylvania, Ph.D. 1974.*
9. Çenberci,A., *Historical Perspective Of Mass Housing Process In Turkey (1923-70), METU, Ankara: 1977.*
10. Dinç,T., *Konut Yapım Maliyet Analizi, Tübitak, YAE, Ankara: 1985.*
11. Dorothy,W.G., *Education In A Dynamic Society, Addison Wesley Pub.C. 1972.*
12. Kulaksızoğlu,M.E., *Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemleri ve Gelişimi ile İlgili Tasarım Olanakları, Doçentlik Tezi, İTÜ, 1973 .*



EKSENEL YÜKLENMİŞ KONİK YAYLARDA YAY RIJİTLİĞİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Vebil HAKTANIR

Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

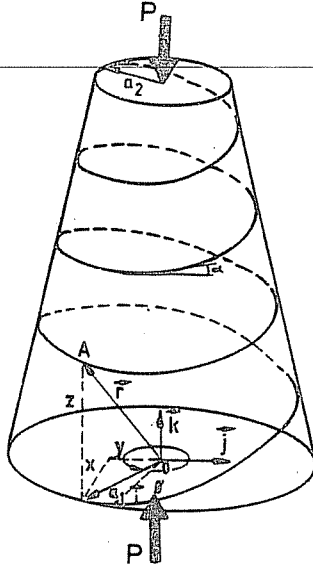
ÖZET : *Bu çalışmada, elastik ve izotrop malzemeden yapılmış, üniform daire kesitli helisel konik yayların statik davranışı ele alınmıştır. Uygunluk, bileşke bünye ve denge denklemleri ile dairesel silindirik helisel yaylar için elde edilen denklemler konik yaylara adapte edilmiştir. Bu şekilde bulunan, eksenel ve kayma deformasyonları terimlerini de içeren 12 adet eşzamanlı birinci mertebeden değişken katsayılı diferansiyel denklem takımı Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yöntemi ile doğrudan çözülmüştür. Fortran-77 dilinde hazırlanan bir bilgisayar programı ile, eksenel yüklenmiş konik yaylarda yay sabitinin çap oranları ve helis yükselme açısı ile değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar mevcut analitik formülle bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır.*

INVESTIGATION OF PARAMETERS AFFECTING THE STIFFNESS OF CONICAL SPRING LOADED AXIALLY

ABSTRACT : *The statical behavior of any helical conical spring of an elastic and isotropic material having a constant circular cross-section is investigated. The governing equations determined for circular helical springs are adopted to conical springs in conjunction with equations of compability, constitution and equilibrium. The set of 12 simultaneous differential equations of first order with variable coefficients including axial and shear deformations which result out of this analysis are solved directly by the method of complementary functions. With the help of a computer program coded in Fortran-77, variation of the spring constant versus the diameter ratio and the pitch angle of the helix for axially loaded conical spring is analyzed. The results are compared with those given by the analytical solution available.*

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi farklı rijitlikte helisel yaylar, helislerin silindirik yüzeylerden değişik yüzeylere sarılmasıyla elde edilebilmektedir. Bunlardan pratikte en çok kullanım alanı bulan tip, konik bir yüzeye sarılarak elde edilen helisel yaylardır. Şekil (1)'de görülen böyle bir yayın en önemli özelliği: Helis yükselme açısı α nun dairesel silindirik yaylarda olduğu gibi eksen boyunca sabit olmasına karşın, helis eksenini boyunca eğriliklerin değişken olmasıdır. Bu özellikten dolayı, olayı idare eden diferansiyel denklemler değişken katsayılara sahiptir. Bu denklemlerin çözümü yerine, α açısının küçük olması ile eksenel ve kayma deformasyonları etkilerinin ihmal edilmesi gibi olayı basitleştirici kabullerle gerilmeler ve şekil değiştirmeler için bulunan yaklaşık analitik ifadeler kullanılmaktadır (1).



Şekil 1. Konik yayı ait geometrik büyüklükler.

a_1 ve a_2 yay uçlarının koni simetri eksenine olan dik uzaklıklarını göstermek üzere, helis eksenini üzerindeki herhangi bir noktanın bu eksene olan a mesafesi,

$$a = a_1 + \frac{(a_2 - a_1)}{2\pi n} \varnothing \quad (1)$$

ile tarif edilebilir. Burada n helis aktif sarım sayısıdır. Ele alınan noktanın eksen üzerindeki yeri, x - ekseninden itibaren ölçülen \varnothing açısı ile belirlenmektedir.

Bu çalışmada, eğriliklerin eksen boyunca değişimleri gözönüne alınarak, eksenel ve kayma deformasyonlarının yer ve şekil değiştirmeye katkıları da hesaba katılarak;

helis yükselme açısının ve çap oranı değişimlerinin yay sabitine etkileri incelenmiştir.

2. KEYFİ EKSENLİ HELİSEL ÇUBUGUN DENKLEMLERİ VE ÇÖZÜMLERİ

$(\vec{t}, \vec{n}, \vec{b})$ birim vektörleri çubuk eksenine bağlı olup; sırasıyla teğet, normal ve binormal vektör adını alır. \vec{r} yer vektörü ve ds uzunluk elemanı olmak üzere;

$$\vec{t} = d\vec{r}/ds \quad ; \quad \vec{n} = \frac{d\vec{t}/ds}{|d\vec{t}/ds|} \quad ; \quad \vec{b} = \vec{t} \times \vec{n} \quad (2)$$

şeklinde tarif edilen bu vektörler,

$$d\vec{t}/ds = \chi \vec{n} \quad , \quad d\vec{n}/ds = \tau \vec{b} - \dot{\tau} \vec{t} \quad , \quad d\vec{b}/ds = -\tau \vec{n} \quad (3)$$

bağıntıları ile birbirlerine bağlıdır. Burada χ ve τ , çubuk eksenine ait eğriliklerdir. Eksen üzerinde bulunan bir noktada: yer değiştirme \vec{U} , kesit dönmesi $\vec{\Omega}$; birim boyun uzaması $\vec{\gamma}$, ve birim boyun dönmesi $\vec{\omega}$ vektörleri ile gösterilmek üzere; küçük yer ve şekil değiştirmeler için uygunluk denklemleri aşağıda verilmiştir (2):

$$\frac{d\vec{\Omega}}{ds} = \vec{\omega} \quad ; \quad \frac{d\vec{U}}{ds} + \vec{t} \times \vec{\Omega} = \vec{\gamma} \quad (4)$$

Kesit geometrik ve kayma merkezleri ile kesit asal eksenlerinin çakıştığı, kesit çarpılmasının ihmal edildiği, ayrıca elastik ve izotrop malzeme kabulü ile bileşke bünye denklemleri,

$$\begin{aligned} T_t &= C_t \gamma_t \quad ; \quad T_n = C_n \gamma_n \quad ; \quad T_b = C_b \gamma_b \\ M_t &= D_t \omega_t \quad ; \quad M_n = D_n \omega_n \quad ; \quad M_b = D_b \omega_b \end{aligned} \quad (5)$$

şeklinde (2). Burada: T_t aksenal kuvvet, T_n ve T_b kesme kuvvetleri; M_t burulma momenti, M_n ve M_b eğilme momentleridir. C_t uzama, C_n ve C_b kesme; D_t burulma, D_n ve D_b eğilme rijitlikleridir. Bu rijitlikler, çubuk malzemesinin elastisite modülü E , kayma modülü G , kesit alanı A , kesitin burulma atalet momenti J , \vec{n} ve \vec{b} eksenlerine göre kesitin asal atalet momentleri sırasıyla I_n ve I_b ile gösterilmek üzere aşağıda tanımlanmışlardır:

$$\begin{aligned} C_t &= EA \quad ; \quad C_n = GA / \alpha_n \quad ; \quad C_b = GA / \alpha_b \\ D_t &= GJ \quad ; \quad D_n = EI_n \quad ; \quad D_b = EI_b \end{aligned} \quad (6)$$

α_n ve α_b , kayma gerilmelerinin kesit içinde üniform dağılmayılarını karakterize eden, kesit geometrisi ile ilgili sabitlerdir. Bileşke bünye denklemleri, uygunluk

denklemlerinde yerine konularak birim boyun uzama ve dönme vektörleri yok edilir.

$$\frac{d\vec{T}}{ds} + \vec{p} = 0 \quad ; \quad \frac{d\vec{M}}{ds} + \tau\vec{T} + \vec{m} = 0 \quad (7)$$

(7) ile verilen denge denklemlerinde \vec{p} ve \vec{m} sırasıyla, birim çubuk uzunluğuna etkiyen yayılı dış kuvvetler ve yayılı dış momentlerdir. Bileşke bünye denklemleri, uygunluk denklemleri ve denge denklemleri ile elde edilen, yere göre birinci dereceden türevleri olan indirgenmiş 4 adet vektörel denklem, eğri eksenli uzaysal çubuklar için aşağıda olduğu gibi skaler formda yazılırlar:

$$dU_t / ds = \chi U_n + T_t / C_t \quad (8-a)$$

$$dU_n / ds = -\chi U_t + \tau U_b + \Omega_b + T_n / C_n \quad (8-b)$$

$$dU_b / ds = -\tau U_n - \Omega_n + T_b / C_b \quad (8-c)$$

$$d\Omega_t / ds = \chi\Omega_n + M_t / D_t \quad (8-d)$$

$$d\Omega_n / ds = -\chi\Omega_t + \tau\Omega_b + M_n / D_n \quad (8-e)$$

$$d\Omega_b / ds = -\tau\Omega_n + M_b / D_b \quad (8-f)$$

$$dT_t / ds = \chi T_n - p_t \quad (8-g)$$

$$dT_n / ds = -\chi T_t + \tau T_b - p_n \quad (8-h)$$

$$dT_b / ds = -\tau T_n - p_b \quad (8-i)$$

$$dM_t / ds = \chi M_n - m_t \quad (8-j)$$

$$dM_n / ds = T_b - \chi M_t + \tau M_b - m_n \quad (8-k)$$

$$dM_b / ds = -T_n - \tau M_n - m_b \quad (8-l)$$

Dairesel silindire sarılmış helis denklemini; a helisin sarıldığı silindirin yarıçapı, h birim radyanlık açığa karşılık gelen yükselme değeri (helis adımı) olmak üzere,

$$x = a\cos\varnothing ; y = a\sin\varnothing ; z = h\varnothing \quad (9)$$

dir. Helis için aşağıdaki geometrik ilişkiler mevcuttur:

$$c = (a^2 + h^2)^{1/2} \quad ; \quad \text{Sin}\alpha = h/c \quad ; \quad \text{Cos}\alpha = a/c \quad (10)$$

Burada α helis yükselme açısıdır. Helise ait ds elemanı,

$$ds = (a^2 + h^2)^{1/2} d\varnothing = cd\varnothing \quad (11)$$

ve eğrilikler,

$$\chi = a/c^2 \quad ; \quad \tau = h/c^2 \quad (12)$$

dir. Görüldüğü gibi, dairesel silindirik helise ait eğrilikler eksen boyunca sabittir. Oysa konik yaylarda α nın sabit olmasına karşın, eksen geometrisini tanımlayan a, h ve c büyüklükleri \varnothing açısı ile değiştiğinden, eğrilikler de eksen boyunca değişmektedir. Ancak bu eğrilikler (12) eğrilikleriyle aynı karaktere sahiptir.

Eğri eksenli uzaysal çubukların statüğünü idare eden (8) denklemlerinde, helis için (11) deki ds elemanının ve (12) deki eğriliklerin \varnothing nin fonksiyonu olarak yerine konulması ile, keyfi eksenli helisel çubukların skaler denklemleri elde edilir:

$$dU_t/d\varnothing = \frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} U_n + \frac{c(\varnothing)}{C_t} T_t \quad (13-a)$$

$$dU_n/d\varnothing = -\frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} U_t + \frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} U_b + c(\varnothing)\Omega_b + \frac{c(\varnothing)}{C_n} T_n \quad (13-b)$$

$$dU_b/d\varnothing = -\frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} U_n - c(\varnothing)\Omega_n + \frac{c(\varnothing)}{C_b} T_b \quad (13-c)$$

$$d\Omega_t/d\varnothing = \frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} \Omega_n + \frac{c(\varnothing)}{D_t} M_t \quad (13-d)$$

$$d\Omega_n/d\varnothing = \frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} \Omega_t + \frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} \Omega_b + \frac{c(\varnothing)}{D_n} M_n \quad (13-e)$$

$$d\Omega_b/d\varnothing = -\frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} \Omega_n + \frac{c(\varnothing)}{D_b} M_b \quad (13-f)$$

$$dT_t/d\varnothing = \frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} T_n - c(\varnothing)p_t(\varnothing) \quad (13-g)$$

$$dT_n/d\varnothing = -\frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} T_t + \frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} T_b - c(\varnothing)p_n(\varnothing) \quad (13-h)$$

$$dT_b/d\varnothing = -\frac{h(\varnothing)}{c(\varnothing)} T_n - c(\varnothing)p_b(\varnothing) \quad (13-i)$$

$$dM_t/d\varnothing = \frac{a(\varnothing)}{c(\varnothing)} M_n - c(\varnothing)m_t(\varnothing) \quad (13-j)$$

$$dM_n / d\emptyset = c(\emptyset)T_b - \frac{a(\emptyset)}{c(\emptyset)} M_1 + \frac{h(\emptyset)}{c(\emptyset)} M_b - c(\emptyset)m_n(\emptyset) \quad (13-k)$$

$$dM_b / d\emptyset = -c(\emptyset)T_n - \frac{h(\emptyset)}{c(\emptyset)} M_n - c(\emptyset)m_b(\emptyset) \quad (13-l)$$

(14) de matris formu verilen bu denklemlerde: konik yaylar için (1) de verilen $a(\emptyset)$ yarı çap fonksiyonu kullanılarak, ele alınan kesitte, \emptyset ye karşılık gelen h ve c değerleri kolaylıkla hesaplanabilir.

$$\frac{d\{S(\emptyset)\}}{d\emptyset} = [D(\emptyset)] \{S(\emptyset)\} + \{F(\emptyset)\} \quad (14)$$

Yukarıda $\{S\}$ durum vektörü, $[D]$ ise değişken katsayılı elemanlara sahip olan diferansiyel geçiş matrisidir. Özel halde çubuğun üzerinde yayılı yük olmaması ve çubuk ağırlığının ihmal edilmesi durumunda yayılı dış yükleri içeren kolon matris $\{F(\emptyset)\}=0$ dir.

Tamamlayıcı fonksiyonlar metodu, (15) in homojen ve özel çözümünün, problemin sınır şartlarından bağımsız olarak çözüm bölgesi başlangıcında tanımlanan standart sınır şartları ile bulunması esasına dayanmaktadır. Bu şekilde elde edilen ve aşağıda verilen genel çözümde (3),

$$\{S(\emptyset)\} = \sum_{m=1}^{12} C_m \{U^{(m)}(\emptyset)\} + \{V(\emptyset)\} \quad (15)$$

gerçek problemin sınır şartları C_m sabitleri ile dikkate alınmaktadır. Yöntem gereği verilen sınır şartlarından m inci başlangıç şartına ait homojen çözüm $\{U^{(m)}(\emptyset)\}$ ve homojen olmayan ve sıfır sınır şartları ile elde edilen özel çözüm $\{V(\emptyset)\}$ ile gösterilmiştir. Homojen çözümler,

$$[U(\emptyset)]_{(12 \times 12)} = [\{U^{(1)}\}_{(12 \times 1)}, \{U^{(2)}\}_{(12 \times 1)}, \dots, \{U^{(12)}\}_{(12 \times 1)}] \quad (16)$$

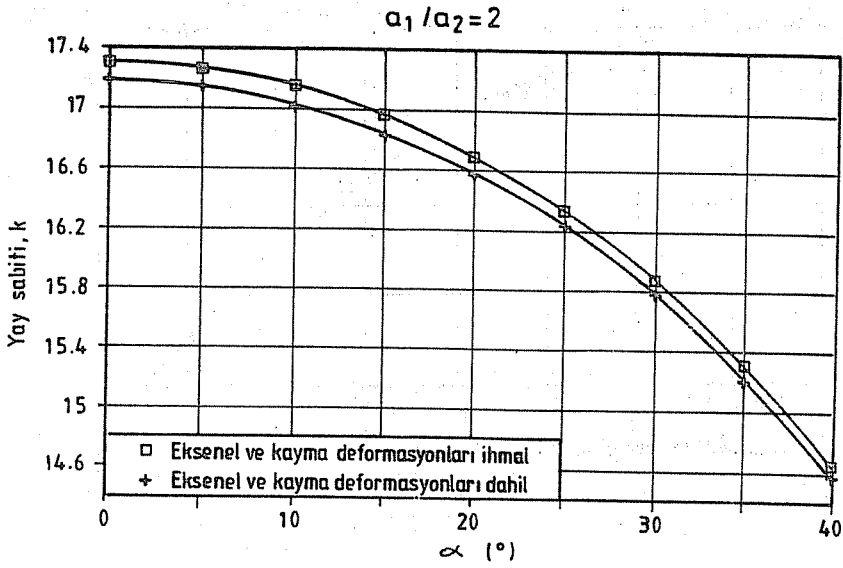
kare matrisi ile tarif edilmek üzere (15),

$$\{S(\emptyset)\} = [U(\emptyset)]\{C\} + \{V(\emptyset)\} \quad (17)$$

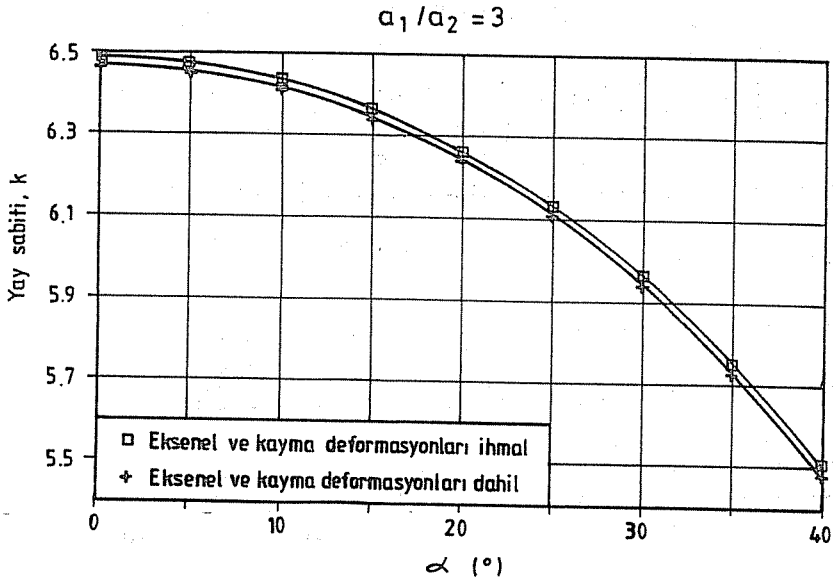
formuyla da ifade edilebilir. Eleman üzerinde yayılı yük yoksa $\{V(\emptyset)\}=0$ dir. Ayrıca çubuğun sadece uçlarından mesnetlenmesi halinde, metot probleme doğrudan uygulanabilmektedir (4,5).

3. SONUÇLAR

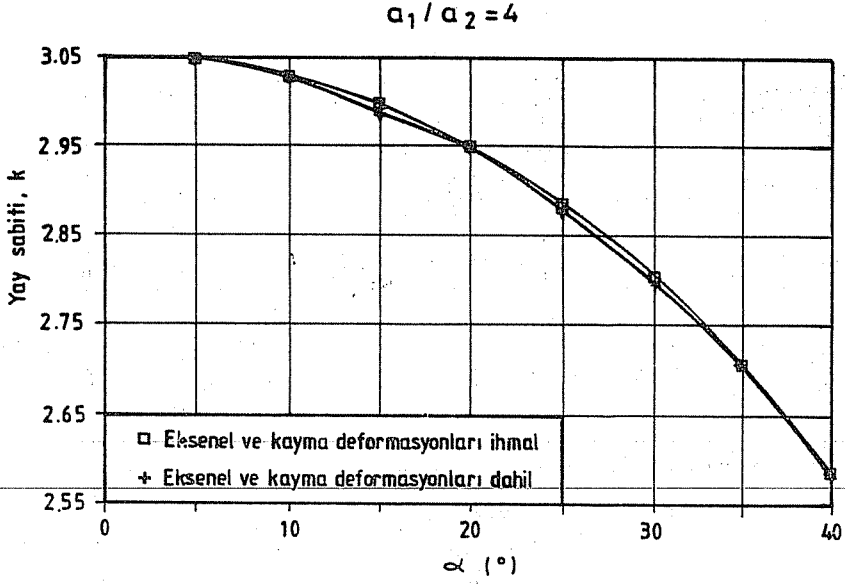
Helis yükselme açısı α nın küçük olması halinde P tekil yükü ile aksenal yüklenmiş,



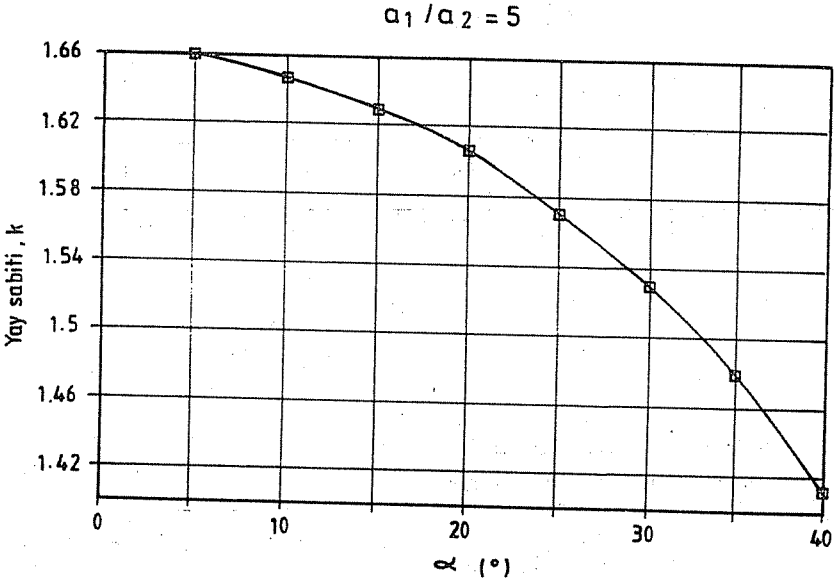
Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5

dolu daire kesitli helisel konik bir yayda çökme,

$$f = 16nP(a_1^2 + a_2^2) (a_1 + a_2) / (Gd^4) \quad (18)$$

ile verilir (1). Burada G kayma modülü, d ise tel çapıdır. Yay sabiti k,

$$k = P / f \quad (19)$$

ile elde edilir. Bu çalışmada ele alınan problemde geometrik ve malzeme özellikleri,

$$a_2=5 \text{ cm} \quad \alpha_n = \alpha_b = 1.1 \quad G = 8.10^5 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$$

$$d=1.85 \text{ cm} \quad n=18 \text{ sarım} \quad P=150 \text{ kg}_f$$

dir. Problemin sınır şartları:

$$\emptyset=0 \text{ da} \Rightarrow U_t = U_n = U_b = \Omega_t = \Omega_n = \Omega_b = 0$$

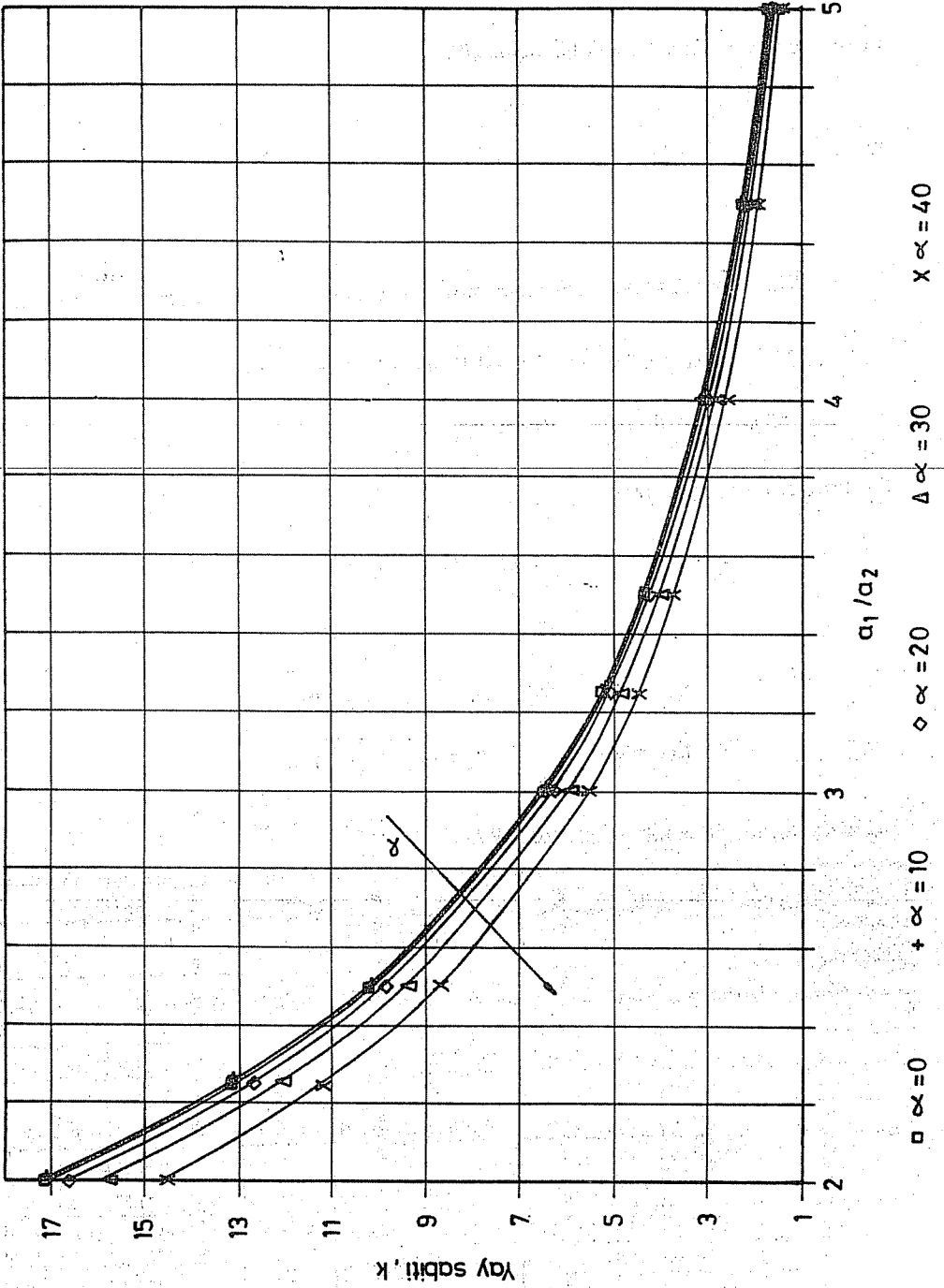
$$\emptyset=2\pi n \text{ de} \Rightarrow T_1 = -(h_2 / c_2)P \quad T_b = -(a_2 / c_2)P$$

$$M_1 = (a_2 / c_2)Pa_2 \quad M_b = -(h_2 / c_2)Pa_2$$

$$[h_2 = \tan\alpha \cdot a_2 \quad ; \quad c_2 = (a_2^2 + h_2^2)^{1/2}]$$

Tablo 1. Konik yaya ait sayısal sonuçlar.

| Çap Oranı Eksenel ve Kayma Deformasyon α (Derece) | $a_1 / a_2 = 2$ | | | | $a_1 / a_2 = 3$ | | | | $a_1 / a_2 = 4$ | | | | $a_1 / a_2 = 5$ | | | |
|---|-----------------|-------|---------|-------|-----------------|------|--------|------|-----------------|------|--------|------|-----------------|------|--------|------|
| | İhmal | | Dahil | | İhmal | | Dahil | | İhmal | | Dahil | | İhmal | | Dahil | |
| | f | k | f | k | f | k | f | k | f | k | f | k | f | k | f | k |
| 0 | 8.66 | 17.32 | 8.73 | 17.19 | 23.08 | 6.49 | 23.17 | 6.47 | 49.05 | 3.05 | 49.16 | 3.05 | 90.02 | 1.66 | 90.15 | 1.66 |
| 5 | 8.67 | 17.29 | 8.74 | 17.16 | 23.13 | 6.48 | 23.22 | 6.46 | 49.16 | 3.05 | 49.26 | 3.05 | 90.21 | 1.66 | 90.34 | 1.66 |
| 10 | 8.73 | 17.18 | 8.79 | 17.05 | 23.28 | 6.44 | 23.37 | 6.42 | 49.46 | 3.03 | 49.57 | 3.03 | 90.77 | 1.65 | 90.90 | 1.65 |
| 15 | 8.83 | 16.99 | 8.89 | 16.87 | 23.53 | 6.37 | 23.62 | 6.35 | 49.99 | 3.00 | 50.11 | 2.99 | 91.75 | 1.63 | 91.88 | 1.63 |
| 20 | 8.96 | 16.73 | 9.03 | 16.61 | 23.91 | 6.27 | 23.99 | 6.25 | 50.79 | 2.95 | 50.90 | 2.95 | 93.21 | 1.61 | 93.34 | 1.61 |
| 25 | 9.16 | 16.37 | 9.22 | 16.26 | 24.42 | 6.14 | 24.51 | 6.12 | 51.89 | 2.89 | 52.00 | 2.88 | 95.23 | 1.57 | 95.36 | 1.57 |
| 30 | 9.42 | 15.92 | 9.48 | 15.81 | 25.12 | 5.97 | 25.21 | 5.95 | 53.37 | 2.81 | 53.48 | 2.80 | 97.95 | 1.53 | 98.07 | 1.53 |
| 35 | 9.77 | 15.36 | 9.83 | 15.26 | 26.04 | 5.76 | 26.13 | 5.74 | 55.34 | 2.71 | 55.44 | 2.71 | 101.5 | 1.47 | 101.7 | 1.48 |
| 40 | 10.23 | 14.67 | 10.29 | 14.58 | 27.26 | 5.50 | 27.35 | 5.48 | 57.93 | 2.59 | 58.03 | 2.58 | 106.3 | 1.41 | 106.4 | 1.41 |
| ANALİTİK SONUÇ (1) | f=8.64 cm | | k=17.35 | | f=23.05 cm | | k=6.51 | | f=48.98 cm | | k=3.06 | | f=89.99 cm | | k=1.67 | |



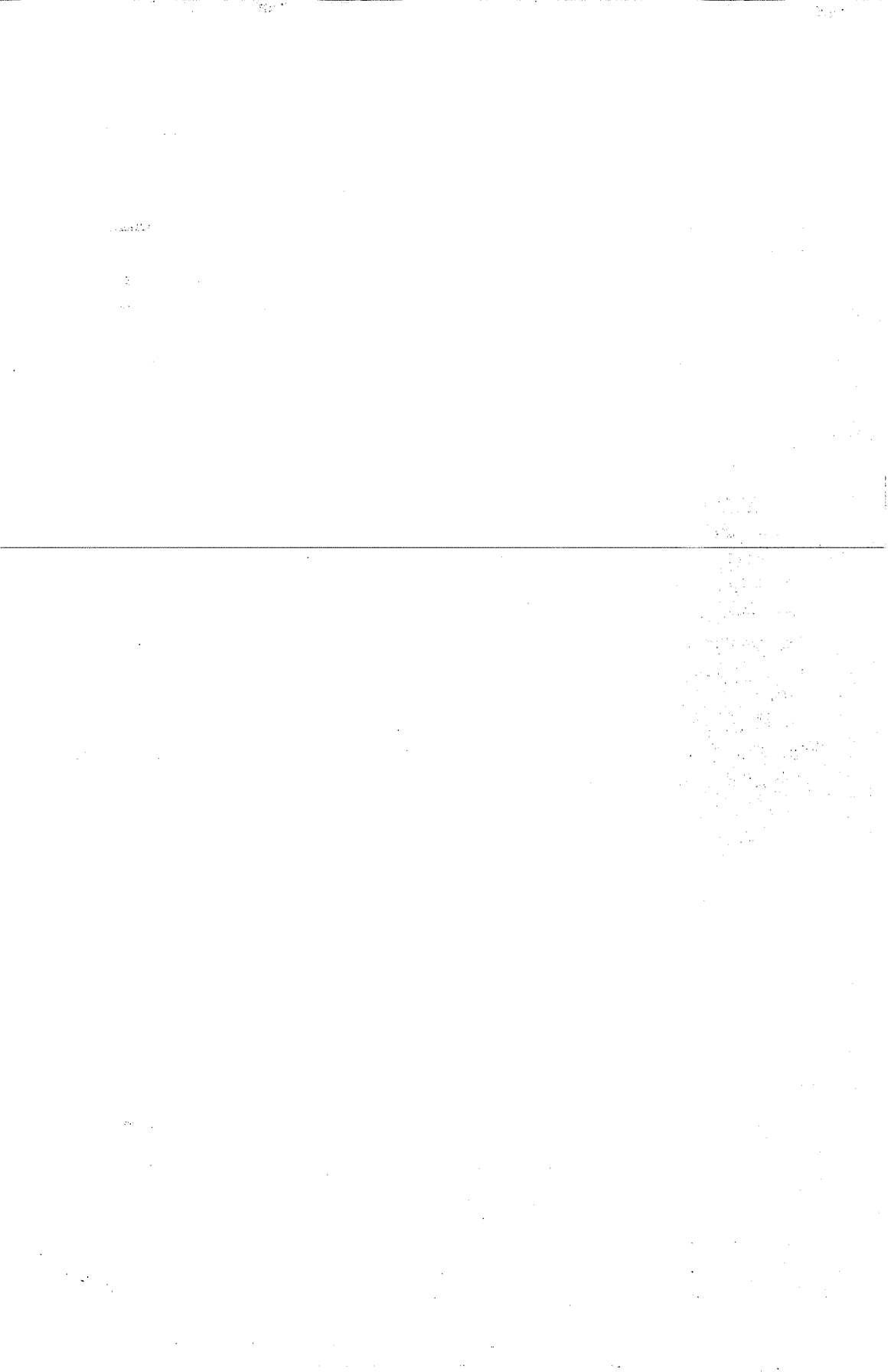
Şekil 6

şeklinde tarif edilmiştir. a_1/a_2 oranlarının sırasıyla 2, 3, 4 ve 5 olması halinde yay sabitinin α ile değişimi Şekil (2), (3), (4) ve (5)'te verilmiştir. Sayısal sonuçlar Tablo (1) de yer almaktadır.

Şekillerin ve tablonun incelenmesinden görüleceği gibi, en küçük çap sabit kalmak şartıyla çap oranının büyümesi durumunda eksenel ve kayma deformasyonu terimleri, yay rijitliği azaldığından etkili olmamaktadır. Benzer şekilde, α açısının büyümesi de aynı sonucu doğurmaktadır. $\alpha=40^\circ$ deki yay katsayıları, bütün çap oranlarında yaklaşık 0° deki değerinden %15 daha azdır. Tablo (1) den, (18) ile verilen çökme değerinin $\alpha<5^\circ$ için geçerli olabileceği görülmektedir. Yukarıda elde edilen sonuçlar ayrıca Şekil (6) da toplu olarak gösterilmiştir.

4. KAYNAKLAR

1. İnan, M., *Cisimlerin Mukavemeti*, Birsen Yayınevi, 1967.
2. İnan, M., *Elastik Çubukların Genel Teorisi*, İTÜ, Sayı 642, 1966.
3. Aktaş, Z., *İki Noktalı Sınır Değer Problemlerinin Başlangıç Değer Metodu İle Sayısal Çözümleri*, Doçentlik Tezi, ODTÜ, 1972.
4. Haktanır, V., Kırıl, E., *Tamamlayıcı Fonksiyonlar Yönteminin Düzlemsel Çubukların Statiğine Doğrudan Uygulanması*, Ç.Ü. Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, 6/2, 155-170, 1991.
5. Haktanır, V., Kırıl, E., *Tamamlayıcı Fonksiyonlar Metodunun Dönel Kabuk ve Silindirik Tonozlara Direkt Uygulanması*, Akdeniz Üniv., Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi, 6, 220-239, 1991.



YALITIM MALZEMELERİNİN ISI İLETİM KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ

Tuncay YILMAZ ve Hatice M. ATMACA

Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana /Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, iletkenliği düşük olan katların ısı iletim katsayısını ölçen bir sistemin tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Tek numuneli plaka metodu ile hazırlanan deney düzeneği, ilgili Türk Standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Sıcaklık ölçümü için bilgisayarlı kontrol sistemi kullanılmıştır. Sunta ve strafor gibi ısı iletim katsayısı bilinen malzemelerin ölçümü yapılarak düzeneğin güvenilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve deneysel yöntem tartışılmıştır.

MEASURING THERMAL CONDUCTIVITY OF INSULATING MATERIALS

ABSTRACT: In this work, a system to measure the thermal conductivity of insulating materials is developed and constructed. The plate method with one sample is used to develop this system according to Turkish Standards. Computerized control system is used to measure temperatures. The test measurement for wood and styropor of which materials thermal conductivity is known are done to obtain the sufficiency of the system. The results and the measuring method are discussed.

1. GİRİŞ

Isı iletimi problemlerinin çözümünde, özellikle endüstride, ısıtma, havalandırma ve soğutma tekniğinde pratik hesaplar için çeşitli malzemelerin, özellikle ısı yalıtkanların ısı iletim katsayılarının bilinmesi, birinci derecede önem taşır. Ülkemizde çeşitli inşaat ve ısı yalıtım malzemeleri geliştirilmektedir. Isıl hesaplarda bu malzemelerin benzerleri için yabancı literatürlerde verilmiş olan ısı iletim katsayısı değerlerinin kullanılması, hatalı sonuçlar doğurabilir. Bu bakımdan, her yeni malzemenin, yoğunluk, viskozite, özgül ısı, ısı iletim katsayısı gibi fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir.

Isıl iletkenlik ve benzeri özellikler hakkındaki bilgilerin, teknolojinin ortaya çıkardığı problemleri gidermeye yetmeyeceği açıktır. Gerekli olan şey, yeni malzemelerin ısı iletkenliğini belirlememizi sağlayacak ve yeni ihtiyaçları karşılayacak malzemeler üretme girişimlerimizde bize rehberlik edecek teorik düşünce tarzıdır.

Bu çalışmada özellikle elektriği iletmeyen yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısının ölçümü amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan deney düzeneği ile TS 388'e uygun koşullarda çeşitli deneyler yapılarak, düzeneğin ve ölçme yönteminin iyileştirilmesine çalışılmıştır.

2. ISIL İLETKENLİK

Katılarda ısı iletiminin teorisi, Fourier kanununa dayanır. Fourier kanunu, ısı akımı ile sıcaklık gradyanı arasındaki doğrusal orantıyı ifade eder.

Bu kanun, ısı akımının iki ayrı ortamın sıcaklıklarına bağlı olduğu konveksiyon ve radyasyon gibi ısı transferi biçimlerine uygulanamaz. Katılarda ısı akımı ile sıcaklık gradyanı arasındaki orantının bozulması, malzeme içerisinde iletken olmayan parçacıkların var olmasına bağlı olabilir (1).

Isı akımı ile sıcaklık gradyanı arasında doğrusal orantıdan söz edebilmek için bazı varsayımlar yapılmalıdır. Δx kalınlığında, izotermal yüzeyleri arasında ΔT sıcaklık farkı olan, düz plaka şeklindeki malzemeyi ele alalım. Bu yüzeylerin içine veya dışına doğru olan ısı akımının ölçüldüğünü düşünelim. Eğer plaka kenarlarında ısı yalıtım yapılmışsa ve içerisinde elektrik akımı veya radyoaktivite gibi ısı kaynakları yoksa, kararlı durumda bir yüzeyden giren ısı akımı Q , diğer yüzeyden çıkan ısı akımına eşittir. Böylece, plaka kalınlığı ve plaka alanı F değişken olursa,

$$Q \sim F \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

olur. Isı akımı ile sıcaklık gradyanı arasındaki orantı faktörü, cismin fiziksel bir özelliği olan ısı iletim katsayısı λ 'dır.

$$Q = - \lambda F \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

Eksi işareti ısı akımının sıcaklık gradyanı ile ters yönlü olmasından dolayı ortaya çıkmıştır. (2) eşitliği Fourier kanunu olarak adlandırılır (2). Bu kanuna bağlı olarak çeşitli malzemelerin ısı iletim katsayılarını belirlemek için deneysel ölçümler yapılabilir (3).

Bu çalışmada, ısı iletim katsayısının ölçümü için statik ölçme yöntemlerinden biri olan plaka metodu esas alınmıştır. Kararlı durumlarda geçerli olan bu yöntemin temel şartı, ısı akım yoğunluğu q ve izotermal yüzeylerin normali doğrultusundaki sıcaklık dağılımını belirlemektir. Fourier denkleminin numunenin geometrisine göre çözümünü basitleştirmek için numunenin düzlemsel, silindirik veya küresel yüzeylerinin izoterm olduğu varsayılır. Deney aşamasında, numuneden çevreye olan ısı transferinden dolayı yüzeylerin izoterm olmasını sağlamak genellikle zordur. Statik (kararlı) durumda ölçme yönteminde, ısı iletim katsayısının düşük olduğu veya deney sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda dengeye ulaşmak için geçen toplam zamanın çok uzun olabilmesine rağmen, hassasiyet oldukça yüksektir (4). Plaka metodu ile ısı iletkenliğinin tayini, ayrıntılı olarak TS 388'de tarif edilmiştir (5).

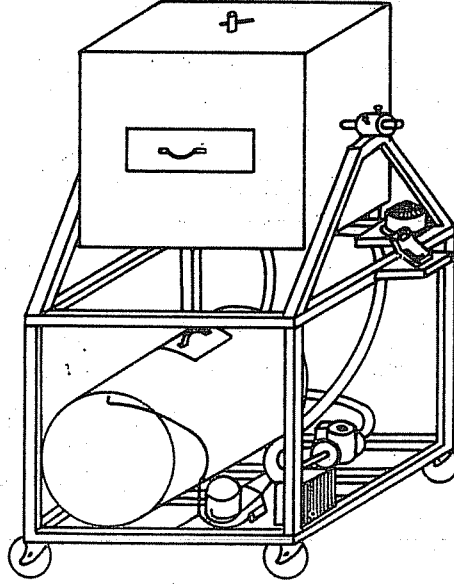
3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Isı iletim katsayısının ölçülmesinde, Şekil 1'de genel ve Şekil 2'de şematik olarak gösterilen düzenek kullanılmıştır. Düzeneğe yatay konumda yerleştirilen numunenin alt yanında soğutucu, üst yanında ısıtıcı bulunmaktadır. Isıtıcıdan verilen ısının tamamının numuneden geçmesi istendiği için, numune, ısıtıcı ve soğutucudan oluşan sistem tüm yüzeylerinden yalıtılmıştır. Yalıtım için 10 cm kalınlığında levha poliüretan ve 2 cm kalınlığında sunta kullanılmıştır.

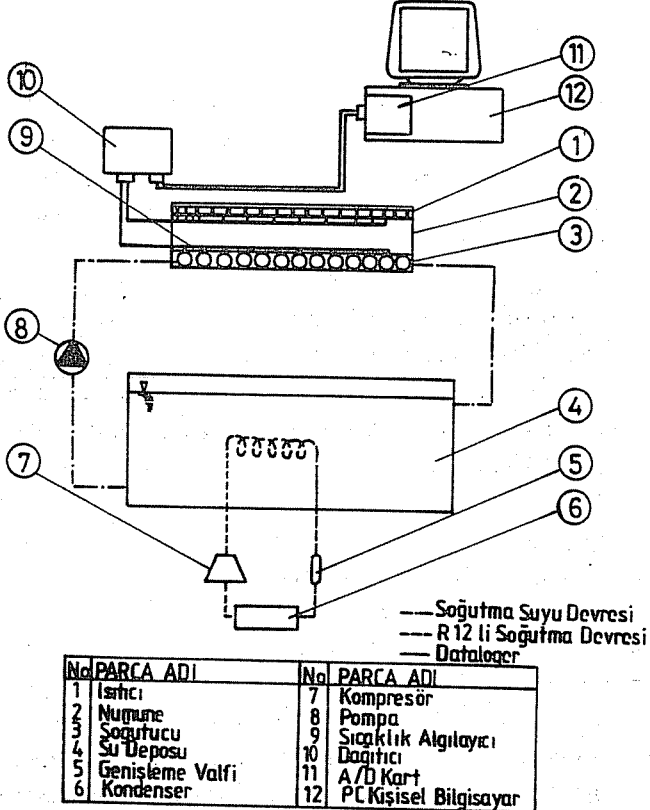
Deney kabininin ön yüzünde deney numunesini yerleştirmek için kapak bulunmaktadır. Arka yüzünden de soğutucunun giriş-çıkış su boruları ile ısıtıcının elektrik kablosu dışarıya çıkarılmıştır. Deney kabini iki yan yüzeyinden, öne ve arkaya doğru dönmesine müsaade edecek şekilde yataklanmıştır. Burada ısı iletim katsayısı ölçümünde numunenin değişik konumlara getirilebilmesi amaçlanmıştır. Kabinin istenilen konumda sabitlenmesi için sıkıştırma civataları kullanılmıştır.

TS 388'e göre numune kalınlığı 10 mm ile 125 mm arasında değişebilmeli ve ısıtıcı ve soğutucu yüzeyler ile numune yüzeyleri arasında boşluk kalmamalıdır. Bunu sağlayabilmek için altta bulunan soğutucu sabit tutulmuş, ısıtıcı ise dört adet ayak üzerine kızaklanarak hareketli hale getirilmiştir.

Isıtıcı, 50x50 cm boyutlarında elektrikli ısıtıcıdır. 18 m uzunluğunda 0,5 mm çapında Cr-Ni tel, eşit aralıklı sıralar halinde tüm yüzeye sarılarak imal edilmiştir. Elektrik yalıtımı için ısıtıcı, alt ve üstten 1 mm kalınlığındaki yanmaz amyant levha ile örtülmüş, daha sonra 1,5 mm kalınlığında sac levhalar arasına sıkıştırılmıştır. Isıtıcı iki yan kenarında ikişer adet olmak üzere 4 mm çapında miller üzerine kızaklanmıştır. Aşağı-yukarı yönde hareketi bir adet M16 mil-somun bağlantısı ile sağlanmaktadır. Toplam hareket mesafesi 135 mm dir. Vidalı mil, bombeli sac levhanın ortasına monte



Şekil 1. Isı iletim katsayısı ölçme deney düzeneği.



Şekil 2. Deney düzeneğinin şeması.

YALITIM MALZEMELERİNİN ISI İLETİM KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ

edilerek baskının, ısıtıcıya zarar vermeyecek şekilde yan kenarlar üzerine gelmesi sağlanmıştır. Isıtıcının toplam elektrik direnci 87 Ω dur. Isıtıcı uçları arasına verilen gerilim, bir varyak yardımı ile 0 ile 220 volt arasında değiştirilerek güç, 500 W'a kadar çıkarılabilmektedir.

Soğutucu, 1,5 mm kalınlığındaki Cr-Ni sacla kaplanmıştır ve boyutları 50x50x3 cm'dir. İçerisinde dış çapı 25 mm olan giriş-çıkış ana boruları ve bunlara dik yönde dış çapı 12,5 mm olan ara borular bulunmaktadır. Soğutucu, indirekt soğutma ile çalışmaktadır. 1/5 BG gücünde kompresörle çalışan R12'li soğutma devresi ile 0,066 m³ hacimli su deposu soğutulmakta, daha sonra depodaki su, bir devridaim pompası ile soğutucu içerisinde dolaştırmaktadır. Pompanın gücü 30 W, düşüsü 2,35 mSS'dur. Deponun içerisinde 35 kg su ve buzlanmaya karşı 1lt antifriz bulunmaktadır. Depo, 350 mm çapında ve 690 mm boyunda, 2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan, yatay silindir şeklinde imal edilmiştir. Tüm yüzeylerinden 60 mm kalınlığında cam yünü ile izole edildikten sonra, dışı 1 mm kalınlığında galvanizli sacla kaplanmıştır. Deponun üzerinde bir kapak, arka yüzünde ise giriş-çıkış su boruları bulunmaktadır.

Deney numunesi 0,25 m² yüzey alanına sahip ve 10 ile 125 mm arasında bir kalınlıkta olacak şekilde hazırlanır. Numunenin ısıtıcı ve soğutucu tarafındaki yüzeylerine sekizer adet sıcaklık algılayıcı yerleştirilir. Numune yüzeyleri ile ısıtıcı ve soğutucu arasında boşluk kalmaması gereklidir. Bunun için sıcaklık algılayıcılar, numune üzerine açılan 3 mm kalınlığındaki kanallar içerisine yerleştirilir. Numune ve algılayıcılar, soğutucu üzerine yerleştirildikten sonra ısıtıcı aşağı doğru hareket ettirilerek arada boşluk kalmayacak şekilde sıkıştırılır. Isıtıcının üzerinde kalan boşluk, poliüretan ve cam yünü ile doldurulduktan sonra deney kabininin kapağı kapatılır. Böylece numune, ısıtıcı ve soğutucu, ortamdaki yalıtılmış olur.

Isıtıcıya verilen güç varyak aracılığı ile ayarlanır ve büyüklüğü wattmetreden okunur. İstenilen güç değerine ulaşıldıktan sonra, soğutucu ve sirkülasyon pompası çalıştırılarak deneye başlanır.

Deney yönteminin esası, ısıtıcıya verilen gücü ve numunenin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkını ölçmektir. Statik ölçme yönteminin temel şartı, sistem kararlı hale geldikten sonra ölçüm yapmaktır. Sistemin kararlı hale gelmesi, sıcaklık farkının ve dolayısıyla ısı iletim katsayısı değerinin zamanla değişmemesi anlamına gelir. Bu şartın sağlanabilmesi için gereken süre, özellikle ısı iletim katsayısı düşük ve kalınlığı fazla olan numunelerde, oldukça uzundur. Bu süre zarfında ısıtıcıya verilen güç sabit tutularak belirli zaman aralıklarında numune yüzeylerindeki 16 adet sıcaklık değeri ve ortam sıcaklığı ölçülerek kaydedilmektedir.

Numunenin ısıtıcı ve soğutucu tarafındaki sekizer adet sıcaklık değerinin ortalaması alınır ve Fourier kanununa göre ısı iletim katsayısı,

$$Q = \frac{\lambda}{s} F \Delta T \quad (3)$$

eşitliğinden,

$$\lambda = \frac{Q s}{F \Delta T} \quad (4)$$

olarak hesaplanır. Burada,

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (5)$$

olduğundan, ısı iletim katsayısı,

$$\lambda = \frac{Q_T s}{F(T_h - T_c)} \quad (6)$$

olarak bulunur.

Q_T değeri, ısıtıcının numuneye verdiği güç değerine eşit değildir. Çünkü ısıtıcının dış yüzeylerinden çevreye ısı kaybı olmaktadır. Kaybolan ısı miktarını Q_k ve ısıtıcıya verilen ısı miktarını Q simgeleriyle gösterirsek,

$$Q_T = Q - Q_k \quad (7)$$

olacaktır. Deney kabınının ısı direnci $1/0,63 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ olarak deneysel sonuçlarla bulunduğu için deney kabından dışarıya kaybolan ısı Q_k ,

$$Q_k = 0,63 (T_m - T_o) \quad (8)$$

Burada T_m numune yüzeyleri arasındaki ortalama sıcaklığı ve T_o ise dış ortam sıcaklığını göstermektedir.

$$T_m = (T_h + T_c) / 2 \quad (9)$$

olduğu açıktır. (8) ve (9) eşitliği (6) eşitliğinde yerine konularak ısı iletim katsayısı,

$$\lambda = \frac{(Q - 0,63 (T_m - T_o)) s}{F(T_h - T_c)} \quad (10)$$

olarak bulunur.

Deneyde ölçülmesi gereken büyüklükler, ısıtıcıya verilen güç ile numunenin yüzey sıcaklıklarıdır. Isıtıcı gücü digital wattmetre ile ölçülmektedir. Yüzey sıcaklıkları ise, datalogger adı verilen bilgisayarlı kontrol sistemi ile bulunmaktadır (6,7).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Deney Kabininin Isıl Direncini Ölçme Deneyi

Deney sırasında ısıtıcıya verilen enerjinin tamamının numune içerisinden geçmediği, bir kısım ısının çevreye yayılarak kaybolduğu yukarıda belirtilmiştir. İşte bu kayıp ısı ve dolayısıyla numune içerisinden geçen ısı miktarının hesaplanabilmesi için, deney kabininin ısıl direncinin belirlenmesi gerekir.

Deney kabininin ısıl direncinin bulunması için bir dizi deney yapılmıştır. Deneyde, kabin içerisine numune yerleştirilmeden ve ısıtıcıya verilen güç sabit tutularak kabin iç sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı kaydedilmiştir. Sistem kararlı hale geldikten sonra kabinin ısıl direnci, iç ve dış ortam sıcaklıkları farkının ısıtıcıya verilen güce oranı olarak hesaplanmıştır.

$$Q = k F \Delta T \quad (11)$$

Burada ΔT sıcaklık farkı, deney kabininin iç sıcaklığı T_i ile dış ortam sıcaklığı T_o 'ın farkına eşittir:

$$\Delta T = T_i - T_o \quad (12)$$

Buradan ısıl direnç,

$$\frac{1}{k F} = \frac{T_i - T_o}{Q} \quad (13)$$

olarak elde edilir.

Deney kabininin iç sıcaklığı ısıtıcı ile soğutucu arasına yerleştirilmiş oniki adet 0,3 mm kalınlığında Cu-Co termoelemanlarla ölçülmüş ve okunan oniki adet sıcaklık değerinin ortalaması alınmıştır. Dış ortam sıcaklığı ise civalı termometre ile ölçülmüştür (8). Ölçüm noktaları Elimko 6000 isimli tarayıcı ile taranmış ve Elimko 9000 isimli çeviriciden sıcaklık değerleri Volt Amper cinsinden okunmuştur.

Bu cihaza ait aşağıda verilen sıcaklık dönüşüm formülü kullanılarak gerçek sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

$$T_{\text{gerçek}} = V A_{\text{okunan}} 18,86 + 0,1872 \quad (14)$$

Sonuçlar Çizelge 1'de birleştirilmiştir. Her bir deney için sistemin kararlı hale geldiği son hali esas alınmıştır. Çizelgeden de görüldüğü gibi Q ile T doğru orantılıdır ve orantı katsayısı k F değerini verir. Sonuç olarak,

$k F = 0,63 \text{ W / } ^\circ\text{C}$ ve $1 / k F = 1,59 \text{ } ^\circ\text{C / W}$ elde edilmiştir.

Çizelge 1. Deney kabini ısı direnci.

| Q (W) | T _i (°C) | T _o (°C) | DT (°C) | 1/k F (°C/W) |
|----------|------------------------|------------------------|------------|-----------------|
| 10 | 42.92 | 27.0 | 15.92 | 1.59 |
| 15 | 48.41 | 24.0 | 24.41 | 1.64 |
| 20 | 59.64 | 27.7 | 31.94 | 1.59 |
| 30 | 72.46 | 25.08 | 47.37 | 1.59 |

4.2 Sunta ve Strafor İçin Isı İletim Katsayısı Ölçme Deneyleri

| Malzeme | Sunta | Strafor |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| Kalınlık | : 0,02 | 0,048 m |
| YüzeyAlanı | : 0,25 m ² | 0,25 m ² |
| Literatürde belirtilen | | |
| ısı iletim katsayısı | : 0,1-0,26 W/m°C | 0,030-0,039 W/m°C |
| Sıcaklık Dayanımı | : 300°C'ye kadar | 100°C'ye kadar |

Bu çalışmada kullanılan sistemin özelliklerine göre ısı iletim katsayısı (10) eşitliğinde verilmiştir. Numunelerin yukarıda verilen boyutları bu eşitlikte yerine konularak, ısı iletim katsayısı değeri hesaplanır.

Sunta için ısı iletim katsayısı ölçme deneyi, ısı yükü Q, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 ve 100 watt seçilerek dokuz ayrı bölüm halinde yapılmıştır. Strafor için ise, ısı yükü Q, 20, 30, 40 ve 50 watt seçilerek dört ayrı deney yapılmıştır. 50 W için numunenin sıcak yüzeyinde 100 °C'ye ulaşılmıştır. Malzeme 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara dayanamayacağı için 50 W'ın üzerine çıkılmamıştır.

5. DENEY SONUÇLARI

Yapılan deneylerde deney düzeneğinin güvenilirliği araştırılmıştır. Literatürlerde verilen ısı iletim katsayısı değerlerinin oda sıcaklığı için geçerli olduğu ve ortalama sıcaklık yükseldikçe numunenin ısı iletim katsayısının da yükseldiği bilinmektedir (9). Sunta için literatürde belirtilen ısı iletim katsayısının 0,14 W/m°C olduğu gözönüne alınarak deney sonuçları incelendiğinde, hesaplanan ısı iletim katsayısı değerinin gerçek ısı iletim katsayısı değerine en yakın olduğu zaman, Q_k/Q değerinin de en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Strafor için ise, literatürde belirtilen ısı iletim katsayısı 0,04 W/m°C değerine hiçbir deneyde yaklaşamamıştır. Bu deneylerde Q_k/Q değerini her zaman büyük olduğu görülmektedir. Bu durumda Q_k/Q 'nun, hesaplanan ısı iletim katsayısı değerinin doğruluğuna etki eden en önemli faktör olduğu ortaya çıkar.

Dolayısıyla Q_k/Q değerininin hesaplanmasında kullanılan diğer faktörler de ısı iletim

katsayısı'nın doğruluğuna etki ederler. Numunenin gerçek ısı iletim katsayısı λ_g ile gösterilirse, numuneden geçen toplam ısı,

$$Q_T = \frac{\lambda_g F \Delta T}{s} \quad (15)$$

ile ifade edilebilir. Bu eşitlik, (7) eşitliği [$Q_T = Q - Q_k$] ile birleştirilirse,

$$Q_T = \frac{\lambda_g F \Delta T}{s} \quad (16)$$

elde edilir. Buradan Q_k/Q oranı,

$$\frac{Q_k}{Q} = \frac{Q_k}{\frac{\lambda_g F \Delta T}{s} + Q_k} \quad (17)$$

olarak yazılabilir. ΔT ve Q_k ifadeleri açılırsa bu eşitlik,

$$\frac{Q_k}{Q} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_g F (T_h - T_o)}{s \cdot 0,63 \left(\frac{T_h - T_o}{2} + \frac{T_c - T_o}{2} \right)}} \quad (18)$$

haline gelir. Buradan görüldüğü gibi, numunenin gerçek ısı iletim katsayısı λ_g küçüldükçe, ve/veya sıcaklık farkı ΔT büyüdükçe, dolayısıyla ortalama sıcaklık T_m büyüdükçe Q_k/Q değeri de büyümektedir. Ortalama sıcaklık T_m 'nin büyümesi, $(T_h - T_o)/2$ ve $(T_c - T_o)/2$ değerlerinin de büyümesi demektir. Tüm bu faktörler Q_k/Q değerini arttırırken, hatalar da artmakta ve hesaplanan ısı iletim katsayısı değeri, gerçek değerinden uzaklaşmaktadır.

Şekil 3'te sunta için, Şekil 4'te strafor için ısı iletim katsayısı λ ile ısı yükü oranı Q_k/Q değerinin değişimi görülmektedir. Isı yükü Q değeri arttırıldıkça Q_k/Q değeri azalarak sunta için % 20'ye, strafor için %44'e yaklaşmaktadır. Strafor için bu değer oldukça yüksektir ve bu nedenle gerçek değerine yaklaşılamamıştır. Sunta için ise Q_k/Q değeri yeterince düşüktür ve gerçek değerine yaklaşılmıştır. Isı yükü Q arttıkça ortalama sıcaklık artmakta ve bu da λ değerinin yükselmesine sebep olmaktadır. Dolayısı ile sunta için elde edilen sonuçlar makuldür. Strafor için makul bir sonuç elde edilememesinin en önemli sebebi ise straforun gerçek ısı iletim katsayısının (0,04) suntanın ısı iletim katsayısından (0,14) çok küçük olmasıdır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada ısı iletkenliği düşük malzemelerin ısı iletim katsayılarının ölçülmesi

amaçlanmıştır. Hazırlanan düzeneğe ile iki ayrı numune kullanılarak deneyler yapılmıştır.

Numune olarak literatürde belirtilen ısı iletim katsayısı $0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ olan sunta ile $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ olan strofor seçilmiştir. Tek bir numune kullanılarak ve ısı yükü Q değiştirilerek yapılan deneylerde suntanın gerçek ısı iletim katsayısına yakın değerler elde edilmesine rağmen strofor için gerçek ısı iletim katsayısına ulaşılammıştır.

Deney sonuçları incelendiğinde ölçümün doğruluğunu etkileyen en önemli faktörün kayıp ısının sisteme verilen ısıya oranı Q_k/Q olduğu anlaşılmaktadır. En az hata için bu oranın % 20'yi geçmemesi gerekmektedir. Zira sunta için bu koşul sağlanarak istenilen sonuç elde edilmiş fakat strofor için bu oran % 40'ın altına düşmemiştir.

Q_k/Q oranı matematiksel olarak incelendiğinde numunenin gerçek ısı iletim katsayısına, numunenin sıcak yüzeyinin ortalama sıcaklığı T_h , soğuk yüzeyinin ortalama sıcaklığı T_c ve ortam sıcaklığı T_0 'a bağlı olduğu görülmektedir. Numunenin gerçek (literatürde belirtilen) ısı iletim katsayısı azaldıkça Q_k/Q oranının artması, strofor için yapılan deneylerde hataların neden fazla olduğunu açıklamaktadır. Sistemde, numunenin yüzey sıcaklıkları kontrol edilebildiği için sistemin güvenilirliğini sınırlayan en önemli faktörün seçilen numunenin ısı iletim katsayısı olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak bu sistemin, ısı iletim katsayısı $0,15 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ 'den büyük olan malzemeler için kullanılabilceği görülmektedir.

Yapılan deneylerde ortaya çıkan hataların diğer bir kaynağı ise sıcaklık ölçümünde kullanılan sistemdir. Sıcaklık algılayıcı olarak kullanılan termistörlerden alınan analog sinyalin sayısal karşılığının sıcaklık değerine çevrilmesi için yapılan deneylerde sıcaklık algılayıcıların yeterince hassas olmadıkları görülmüştür.

Algılayıcıların gürültü, nem gibi çevre koşullarından etkilenmesi, bağlantı kablolarının uzun oluşu gibi pek çok faktör, hataların artmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak termistörlerden okunan sıcaklık değeri ile termistörün gerçek sıcaklığı arasında istenmeyen bir fark ortaya çıkmakta ve sistemin verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

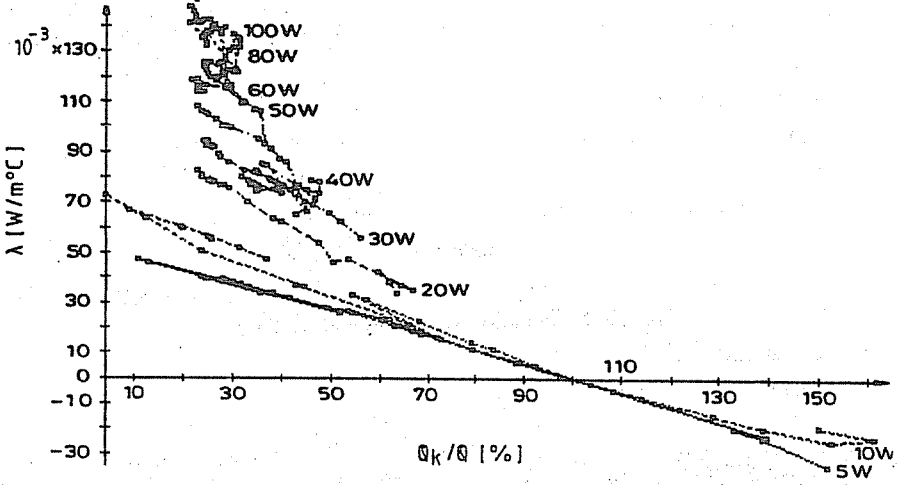
Bu çalışmada hazırlanan deney düzeneğinin $0,15 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ 'den daha düşük ısı iletim katsayısına sahip malzemelerin ölçümünde de kullanılabilmesi için bazı değişiklikler önerilmiştir. Öncelikle sıcaklık algılayıcılar değiştirilmeli, örneğin termoelemanlar kullanılarak daha hassas sıcaklık ölçümü sağlanmalıdır. Ayrıca sistemden çevreye kaybolan ısı miktarının azaltılabilmesi için numune çevresinde daha iyi bir yalıtım yapılması gerekmektedir. Deney kabının hacmini fazla arttırmadan bu yalıtımın sağlanabilmesi için, hava aralıkları ve radyasyonla ısı kaybını azaltmak için yansıtıcı levhalar kullanılabilir.

9. SEMBOL LİSTESİ

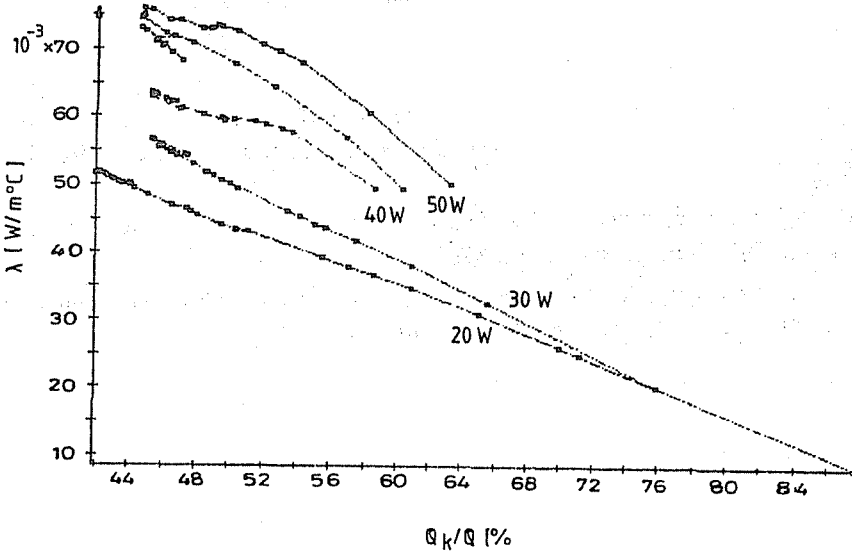
λ : Isı iletim katsayısı ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)

Q : Isı yükü (W)

YALITIM MALZEMELERİNİN ISI İLETİM KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ



Şekil 3. Sunta için ısı iletim katsayısı λ ile ısı yükü oranı Q_k/Q 'nun değişim grafiği.



Şekil 4. Strafor için ısı iletim katsayısı λ ile ısı yükü oranı Q_k/Q 'nun değişim grafiği.

- Q_T : Kararlı durumda numuneyüzeyine dik yönde, numuneden geçen toplam ısı miktarı (W)
 s : Numune kalınlığı (m)
 F : Isıtıcı plakanın yüzey alanı ($F=0,025 \text{ m}^2$)
 ΔT : Numunenin sıcak ve soğuk yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı
 T_h : Numunenin sıcak yüzeyinin ortalama sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
 T_c : Numunenin soğuk yüzeyinin ortalama sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
 Q_k : Çevreye kaybolan ısı (W)
 T_m : Numunenin yüzeyleri arasındaki ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
 $1/k F$: Isıl direnç ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
 T_o : Dış ortam sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

10. KAYNAKLAR

1. Holman, J.P., *Heat Transfer, McGraw-Hill Ltd., Tokyo, 1976.*
2. Yılmaz, T., *Isı İletiminde Teori ve Uygulama, Adana, 1991.*
3. Flynn, D.R., *Thermal Conductivity, Vol 1, Academic Press, New York, 1969.*
4. Parrott, J., Stuckes, A., *Thermal Conductivity of Solids, Pion Ltd., London., 1975.*
5. TS 388, *Plaka Metodu İle Isı İletkenliğinin Tayini, Nisan 1977.*
6. Yıldız, A., *Mikroişlemcili Denetleyici Santrali, Dokuz Eylül Üniv. Araştırma Raporu, No: FBE/ELK-87-40, 1987.*
7. Altun, Z.G., *Mikrobilgisayara Dayalı Veri Toplama Sistemi ve Değişik Deneylere Uygulanması, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enst. Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi, Adana, 1990.*
8. Candwell, F.R., *Temperature - Its Measurement and Control In Science and Industry, Vol 3, P.2, Reinhol, New York, 1962.*
9. ASHRAE, *Fundamentals Handbook, Chap. 22, Design Heat Transmission Coefficients, Amer. Soc. of Heat. Ref. and Air Con. Eng., 1977.*

KONVANSİYONEL TORNA TEZGAHININ BİLGİSAYAR İLE GERİ BESLEMELİ KONTROLÜ

Ömer EMİR ve Erdem KOÇ

Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Ç.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü laboratuvarında mevcut masa üstü torna tezgahını bilgisayar denetimli hale getirmek amaçlanmıştır. Kesici takımın iki boyuttaki hareketi adım motorlarıyla geri beslemeli (kapalı devre) kontrol sistemi kullanılarak, ayna hareketi de alternatif akım motoruyla kontrol edilmiştir.

AC motorunun ve adım motorlarının istenilen şekilde kontrol edilmesi için, kullanımı kolay ve esnek bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Kurulan deney düzeneği ile çeşitli üretimler yapıp performans çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

A FEEDBACK CONTROL OF CONVENTIONAL LATHE BY COMPUTER

ABSTRACT : Main objective of this study is to change the bench type lathe existed in the Mechanical Engineering Laboratory of Çukurova University into Computer Controlled type. The two dimensional movement of cutting tool has been controlled by adopting the closed loop control (Feedback Control) system, whereas the spindle motion has been controlled by using an alternative current motor.

In order to control the stepping motors and AC motors desired, a computer program with easy use and in flexible structure has been prepared with the experimental set up constructed, a series of performance tests and production have been achieved.

1. GİRİŞ

Bir takım tezgahından istenen, imalat zamanının kısa olması, yüzey kalitesinin yüksek olması, tezgahtan mümkün olduğunca yararlanma, işçiliğin ve maliyetin asgariye indirilmesi, aynı hassasiyette seri üretim yapabilmek gibi konulardır. Bu isteklerin büyük ölçüde gerçekleştirildiği takım tezgahları nümerik kontrollü takım tezgahlarıdır.

NC tezgahları, kontrol sistemi, kontrol devresi ve tezgah olmak üzere üç kısımdan meydana gelir. Kontrol sisteminde belirlenen bilgiler, elektrik ikazı şeklinde kontrol devresine iletilir ve buradan ilgili motor ile tezgahın hareket elemanı harekete geçirilir.

Sayısal kontrollü tezgahlarda hareket elemanı olarak başlangıçta adım motorları, hidrolik üniteler veya her ikisi birlikte kullanılmaktaydı (1,2). Daha sonraları güçlü adım motorlarının imalatı, doğru akım (DC) motorların mikroişlemcilerle kolayca kontrol edilmeye başlanması hidrolik-adım motoru içeren karma sistemleri ortadan kaldırmıştır. Daha sonraki çalışmalarda ise alternatif akım (AC) motorları da kullanılmaya başlanmıştır (3,4).

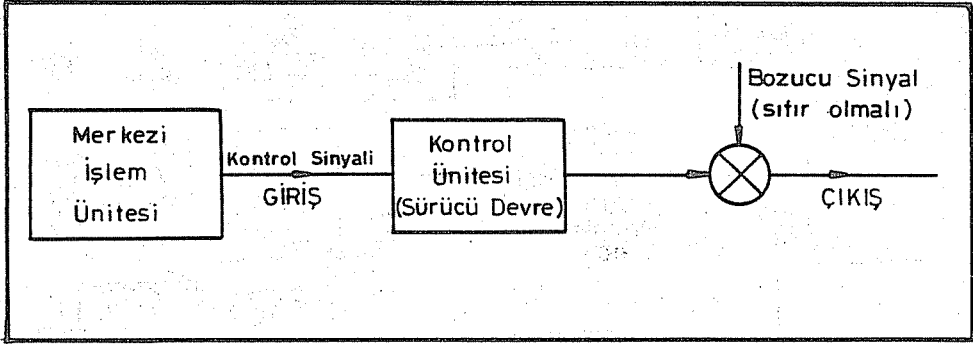
Bu çalışmada, torna tezgahı aynası AC motorunun hızı ve kesici takımın iki eksendeki hareketi adım motorları ile geri beslemeli olarak kontrol edilmektedir. Kurulan deney düzeneğinde matematiksel olarak ifade edilebilen tüm yüzeylerin bilgisayarla işlenmesi mümkündür. Ayrıca işlenecek parçaya ait veriler kaydedilip daha sonra kullanılmak üzere dosyalanması yapılabilmektedir. Böylece bir arşiv elde edilmiş olmakta ve parça boyutları girişindeki zaman kaybı önlenmektedir (5,6).

2. KONTROL SİSTEMLERİ

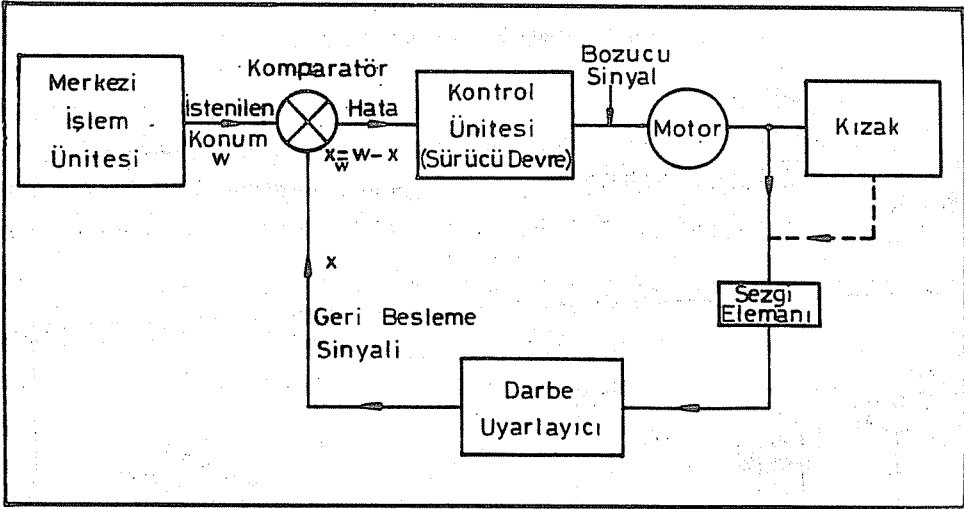
Nümerik kontrollü tezgahlarda açık devre ve kapalı devre kontrol sistemi olmak üzere iki tür kontrol sistemi mevcuttur.

Açık devre kontrol sisteminde kontrol devresi, sadece işlemin yapılması için gereken bilgileri üretir ve bu bilgiler doğrultusunda sistemi kumanda eder. Bununla beraber sistemden yapılması beklenen işin yapılıp yapılmadığını denetlemez. Eğer kullanılan motorlar, tezgah kızaklarındaki, hareket iletim mekanizmasındaki sürtünme kuvvetlerini ve kesici takıma gelen kesme kuvvetlerini yenebilecek güçte ise açık devre kontrol sistemi kullanılır (7).

Kapalı devre kontrol sisteminde yapılması istenen işin yapılıp yapılmadığını denetleyen ve tamamlanmasını sağlayan bir geri besleme devresi mevcuttur. Geri besleme sisteminde konumu belirlemek için doğrusal transducer, dönel transducer vb. cihazlar kullanılır. Kapalı devre kontrol sistemi, açık devre kontrol sistemine göre oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir ve maliyeti oldukça pahalıdır.



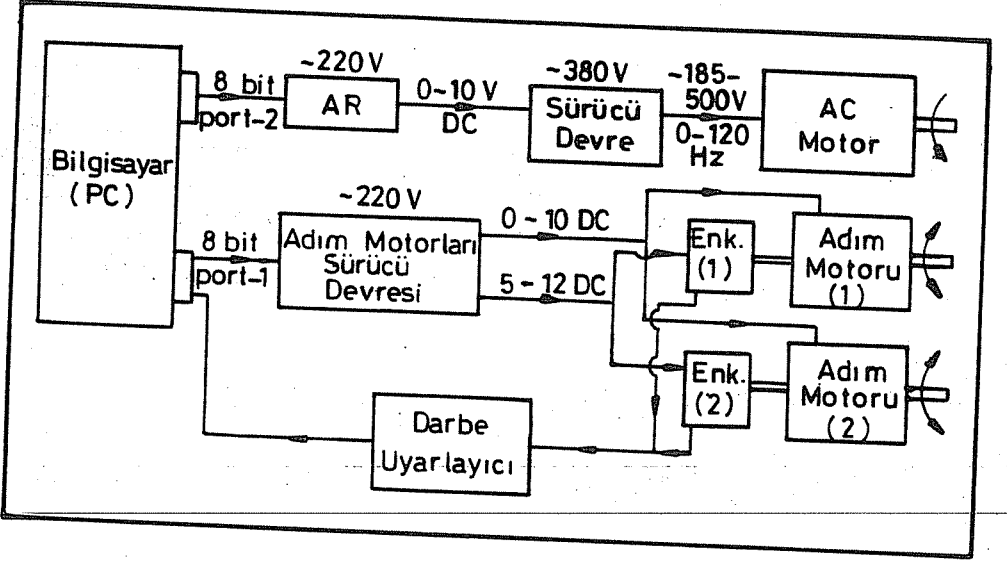
Şekil 1. Açık Devre Kontrol Sistemi.



Şekil 2. Kapalı Devre Kontrol Sistemi.

3. DENEY SETİ

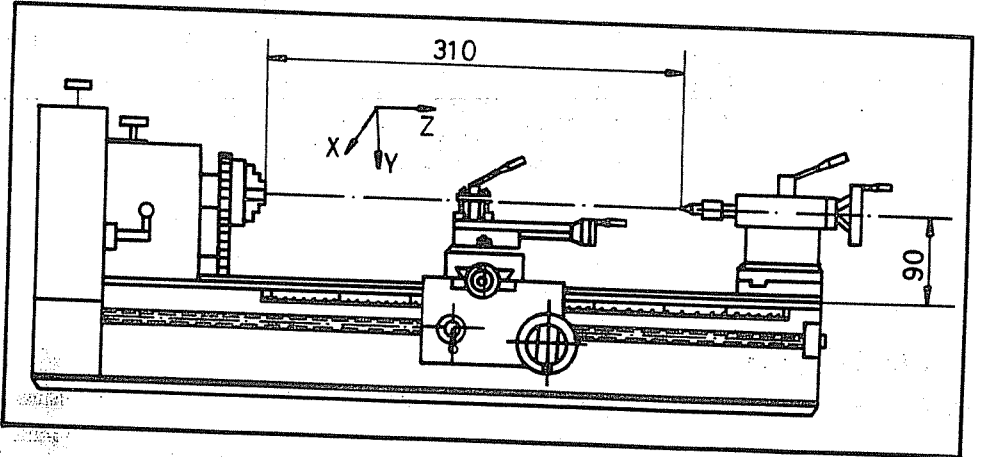
Bilgisayar tarafından üretilen veriler AC motor için ara devre-sürücü devresi, adım motoru için ise adım motoru sürücü devresi vasıtasıyla motorlara iletilir. Böylece tablanın hareketi ile parçanın işlenmesi sağlanmış olur. Adım motoru sürücü devresinin ayrı bir biriminden beslenen enkoderlar ile adım motorlarının attıkları adımlar sayılmakta ve bu bilgiler bilgisayara pulse uyarlayıcıdan geçirilerek iletilmektedir. Belirlenen fark kadar adım motorlarının tekrar hareket etmeleri sağlanmaktadır.



Şekil 3. Deneysel Setin Prensi Şeması.

3.1 Takım Tezgahı

Bu çalışmada kullanılan torna tezgahı, Şekil 4. 'de görülen masa tipi küçük bir torna tezgahıdır. Tezgah ile işlenebilecek maksimum iş malzemesi çapı 90 mm, uzunluğu 310 mm'dir.



Şekil 4. Çalışmada Kullanılan Torna Tezgahı.

3.2 Bilgisayar

Bu çalışmada IBM uyumlu PC-AT, 80286 mikroişlemcili, 10/21 MHz hıza sahip, kişisel bir bilgisayar kullanılmıştır. Bilgisayar 40 MB 'lık hard-disk ve bir adet 3.5", 1.44 MB'lık disk sürücüsü mevcuttur.

3.3 Adım Motoru

Deney setinde kullanılan adım motorları 1.8° adım açısına sahip, hibrit tiptir. Adım motorlarına ait tutma momenti değeri 1.89 Nm 'dir. Motorların çalışması için gerekli akım 2.5 A, nominal gerilim ise 35 V ve harcanan güç 20 W 'dır. Yüksüz halde iken maksimum hız 10000 adım/s'dir. Adım motorlarının ağırlıkları 1.3 kg 'dır. İş parçası imalatı için hazırlanan programda kesici takımın X ya da Z yönlerindeki hareketi bu yönlerde gidilen yola bağlıdır. Kontrol programının geliştirilmesinde hızlar yerine mm olarak ilerleme dikkate alınmıştır. Motorların kesici takımı hareket ettirme değeri X yönü için 0.004 mm/adım, Z yönünde ise 0.03 mm/adım 'dır.

3.4 Adım Motoru Sürücü Devresi

Adım motorlarını sabit adımlama oranında sürecek sürücü devre kullanılmıştır. Bu devre; girişlerine gelen bilgilere göre adım motorlarını hareket ettiren faz işaretleri sıralamasını gerçekleştiren bu işaretleri motoru sürebilecek büyüklüğe getiren, sürücü transistörlerin içerildiği, sürücü karttan oluşur. Adım motoru sürücü devresi 220 volt AC gerilimle beslenmektedir. Sürücü devrede alternatif akım önce doğru akıma dönüştürülerek akım ve gerilim değeri adım motorlarının çalışması için gerekli seviyeye (2.5 A, 35 V) çıkartılmaktadır.

Hareket aktarımı ise dişli kayış sistemi ile olmaktadır. Bu bağlantı şekil esaslı olmakta ve izafi kaymalar da önlenmiş olmaktadır.

3.5 Geri Besleme Düzenegi

Kapalı devre sistemine sahip bütün sayısal kontrollu takım tezgahlarında, kesici uçların iş parçasına ve kızaklara göre konumunun bilinmesi gerekmektedir. Aksi takdirde geri besleme sinyali oluşturulamaz. En çok bilinen konum belirleyici cihaz optik döner enkoderdir. Işık duyarlı bu cihaz adım motorunun her adımına karşılık bir sinyal üretir.

Deney setinde kullanılan optik enkoder, 25 mA ve 8 V DC gerilimle beslenmekte ve 20 mA'lık darbeler üretmektedir. Kullanılan enkoder'lar bir devirde 200 darbe üretmektedir. Sistemin çıkış tipi açık kollektörlü NPN transistördür. Enkoder 'e kontrol sinyalleri uygulandıktan sonra, çıkış sinyali almak için sistemin yükselme zamanı olan 1 μ s süre geçmektedir.

3.6 AC Motor

Kullanılan AC motor ise, üç fazlı kısa devre rotorlu asenkron motor. Normal çalışma şartlarında motor 50 Hz frekanstaki gerilimle çalışmaktadır. Motor 50 Hz frekansda çalıştırılırsa nominal hızı 905 d/dak olmaktadır. Motor gücü 1/2 BG olup, 3,9 Nm moment sağlayabilmekte ve ayrıca 380 V gerilimde 1,26 A akım çekmektedir.

3.7 AC Motor Sürücü Devresi

Bu çalışmada SPEEDSTAR-33C010 sürücü devresi kullanılmıştır. Sürücü devre 1 BG'ne kadar olan AC motorları %1 toleransla sürebilmektedir. Sürücü devre PWM (darbe genişliği ayarlama) sistemine göre çalışmaktadır. PWM yöntemi ile hız kontrolü üç fazın da gerilim ve frekanslarının aynı genlikte olmasını sağlayacak şekilde düzenlenmesi ile elde edilir. Giriş voltajındaki %10 luk hata sisteme zarar vermemektedir. Sürücü devreye geri besleme düzeneği doğrudan bağlanabilmektedir.

Sürücü devrenin çalışması için 0 - 10 V arasında doğru akım gerekmektedir. Ara devre, bilgisayar portundan alınan dijital bilgileri kullanarak sürücü devrenin çalışması için gerekli değere ulaştırıp sürücü devreyi uyaran bölümdür.

4. KONTROL PROGRAMI VE ÜRETİM

Konvansiyonel torna tezgahını bilgisayarla geri beslemeli olarak kontrol edebilmek için, kapsamlı bir kontrol programı hazırlanmıştır. Bu program; diğer dillere oranla hızlı bir dil olması, programlama esnekliği ve grafik özelliklerinin kolay kullanımı gibi nedenlerden dolayı, PASCAL bilgisayar dili ile hazırlanmıştır.

Kontrol programı; alternatif akım motorunun ve adım motorlarının istenildiği gibi hareket ettirilerek, torna tezgahı ile değişik geometrideki parçaları işleyebilecek şekilde geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada; kanal açma, yüzey, alın, konik, küresel ve elle tornalama işlemleri için ayrı ayrı alt programlar hazırlanmıştır. Ancak; bir torna tezgahında işlenen bir iş parçası, eksen boyunca birden fazla geometrik yüzeylere sahip olabilmektedir. Bu nedenle alt programlar, biri bittikten sonra bir diğeri çalışacak şekilde hazırlanmış ve bir defada iş parçasının sahip olduğu değişik geometrik yüzeylerin sırayla işlenmesi sağlanmıştır.

Kontrol programı ile motorlar kontrol edilmekte ve aynı zamanda kesici takımın izlediği yol bilgisayar ekranında gösterilmektedir. Yapılan simülasyon sonucu; tezgah ile üretim yapılmadan da, değişik geometrilerdeki parça boyutları girilerek, yapılan işlemler ekranda görülmektedir. Böylece, oluşabilecek hatalar bulunarak kısa zamanda düzeltilmektedir. Aynı zamanda, simülasyon programı eğitim amacıyla da kullanılabilir.

Kontrol programıyla yapılan bir üretim sırasındaki simülasyona ait ekran görüntüsü Şekil 5 'de gösterilmiştir.

Hazırlanan programın birinci aşamasında, kesici takım her defasında,

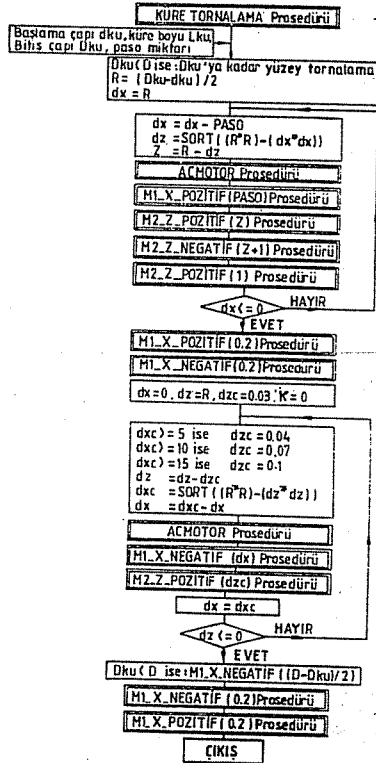
$$dz = \sqrt{R^2 - dx^2} \quad (4.1)$$

formülü ile hesaplanan dz kadar Z yönünde az ilerletilmekte ve iş parçası yüzeyi kademeli hale getirilmektedir.

İkinci aşamada ise; suport, sıfırdan başlayan ve

$$dz = \sqrt{R^2 - dz^2} - dx \quad (4.2)$$

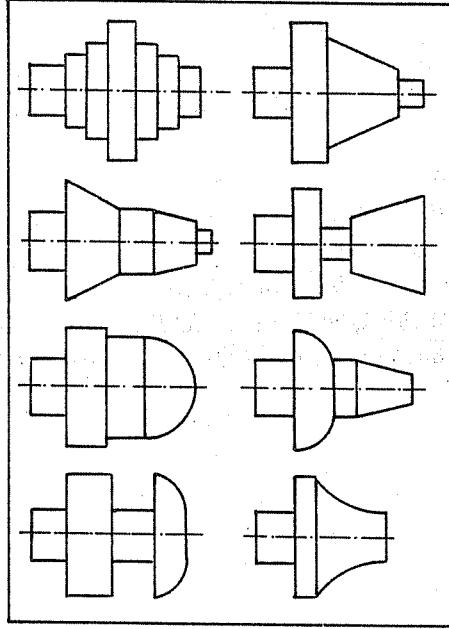
formülü ile hesaplanan dx mesafesi kadar geri çekilmekte, araba, kürenin belli noktalarına göre değişen sabit dzc değerleri kadar sola ilerletilmektedir. Böylece, kademelerin yok edilerek küre yüzeyin oluşturulması sağlanmaktadır. Küresel işleme için, Şekil 7 'de akış şeması görülen küre tornalama prosedürü hazırlanmıştır.



Şekil 7. Küre Tornalama Prosedürü Akış Diyagramı.

KONVANSİYONEL TORNA TEZGAHININ BİLGİSAYAR İLE GERİ BESLEMELİ KONTROLÜ

Hazırlanan kontrol programı ile, üretim testleri esnasında yapılmış parça şekilleri Şekil 8 'de görülmektedir. Şekildeki parçalar ağaç, alüminyum ve çelik malzemeler kullanılarak yapılmış ve istenilen hassasiyetler elde edilmiştir.



Şekil 8. Üretim Testlerinde Yapılan Parça Şekilleri.

5. SONUÇ

Kontrol programı ile, değişik bir çok iş parçasının işlenmesi sağlanmış ve üretimler sonucunda yapılan ölçümlerde, elde edilen hassasiyetin ± 0.004 mm olduğu görülmüştür. Alınan tedbirler sonucu, tormalama işlemi sırasında kesici takımın, adım motorlarının titreşimli çalışmasından etkilenmemekte ve bunun sonucu parça yüzeyi istenilen hassasiyette ve düzgünlükte elde edilmektedir.

Bu çalışmayla konvansiyonel takım tezgahlarının bilgisayar nümerik kontrollü hale getirilebileceği görülmüştür. Bu tezgah kullanılarak, günümüz CNC tezgahlarının bir çok fonksiyonlarının gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

1. Groover, M.P., Zimmers, E.W., "CAD/CAM Computer-Aided Design and Manufacturing", Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs New Jersey, U.S.A., 1984.
2. Kenjo, T., "Stepping Motors and Their Microcomputer Controls", Institute of Vocational Training Kanagawa, Japan, 1984.

3. Ünver,E., Koç,E., "Konvansiyonel Takım Tezgahlarının Bilgisayar Kontrollu Hale Dönüştürülmesinde AC Motor Kullanımı", 4. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı, s. 163-170, ODTÜ, Ankara, 1990.
4. Ünver,E., Koç,E., "Klasik Bir Takım Tezgahında Kalem Hareket Mekanizmasının Bilgisayarla Denetiminde AC ve Adım Motorları Kullanımı", Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, s. 11-24, Adana, 1991.
5. Koç,E., Emir,Ö., "Konvansiyonel Torna Tezgahlarının Geri Beslemeli Kontrolunda AC ve Adım Motorları Kullanımı", 5. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 1992.
6. Emir,Ö., "Konvansiyonel Torna Tezgahlarının Geri Beslemeli Kontrolunda AC ve Adım Motorları Kullanımı", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1992.
7. Öztürk,H., "Masa Tipi Bir Konvansiyonel Torna Tezgahının Bilgisayar Nümerik Kontrollu Şekle Dönüştürülmesi", Ç.Ü.Fen Bilimleri Enst., Makina Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1991.

MEKANİK RADYAL YÜZEY SIZDIRMAZLIK ELEMANLARININ ANALİZİ:TEORİK YAKLAŞIM

Erdem KOÇ ve Emel Ceyhun ÇULHA

Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye
Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

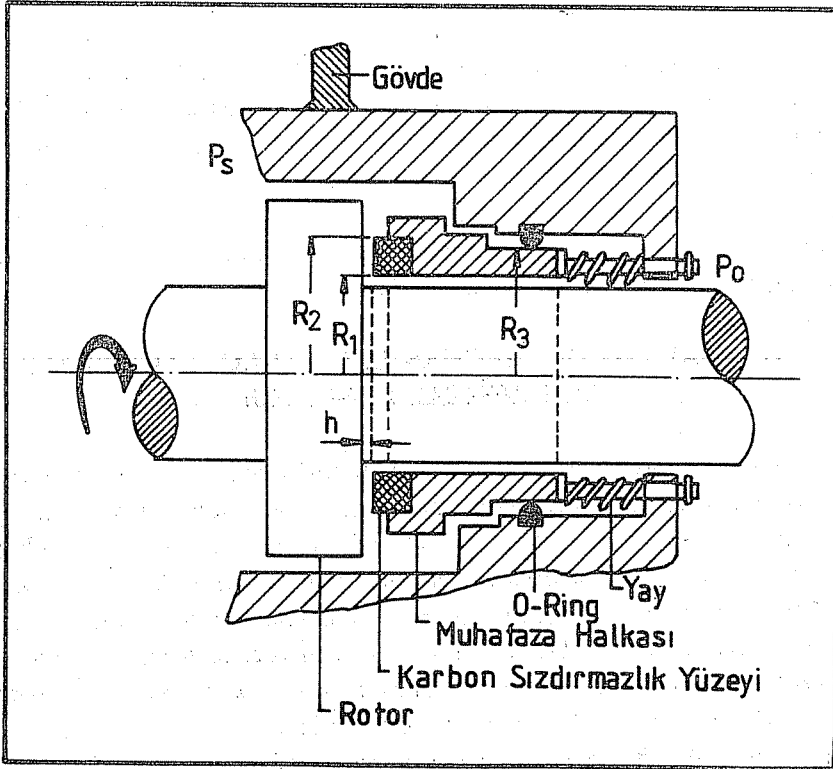
ÖZET: Bu çalışmada, yüksek basınçlı akışkan ortamında sızdırmazlık fonksiyonunu etkili bir şekilde yerine getirebilen mekanik radyal yüzey sızdırmazlık elemanlarının teorik analizi yapılmıştır. Bu analizde, uygulamada karşılaşılabilecek iki tip sistem modeli; basınç dağılımı, yük, moment, basınç etki merkezleri ve film kalınlığı ifadelerinin değişik sistem parametreleriyle değişimi incelenmiştir. Hidrodinamik ve hidrostatik basınç altında bu elemanların üzerinde meydana gelen yük ve moment dengesi üzerinde durulmuştur. Çalışma esnasında elemanın eksenel yönde yerdeğiştirdiği kabul edilerek bu yerdeğiştirmenin sistemin dengesine etkisi araştırılmıştır. Elemanın bahsedilen teorik analizi için, seçilen modele uygun olarak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Boyutsuz çalışma ve sayısal metodların bilgisayara adaptasyonun verdiği kolaylık sayesinde araştırmalar hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

THE ANALYSIS OF MECHANICAL RADIAL FACE SEALS: THEORETICAL APPROACH

ABSTRACT: In this study, the analysis of radial face seals which can provide effective sealing under high pressure has been made theoretically. In this analysis, by considering two types of system model which can be found in the practical application, pressure distributions, load, moment and film thickness variations have been examined with different system parameters. The balancing load and moment on the sealing ring which were caused by the hydrodynamic and hydrostatic pressures have been investigated. Assumption was made that the sealing ring was displaced axially under the working conditions. The effect of this displacement on the balancing of the system was also investigated. A software programme was developed for the theoretical analysis suitable to the system selected. The adaptation of numerical method and dimensional analysis to the computer has shortened the time of the investigation.

1. GİRİŞ

Akışkan olarak yağın kullanıldığı bir ortamda yağın, çalışma esnasında sistemden istenmeyen bir şekilde sızmasının önlenmesi istenir. Bu görevi yerine getirecek şekilde geliştirilmiş elemanlara sızdırmazlık elemanı denir. Bunlardan konstrüksiyonları ve çalışma prensipleri açısından aksel kaymalı yataklara benzeyen mekanik sızdırmazlık elemanları sızdırmazlığı etkili bir şekilde yerine getirebilen elemanlardır. Sızıntı yolunun durumuna göre aksel veya radyal mekanik sızdırmazlık elemanları olarak adlandırılmaktadırlar. Şekil-1 tipik bir radyal mekanik sızdırmazlık elemanını göstermektedir. Burada sistem, birbiri üzerine yay ve akışkan basıncı kombinasyonu ile bastırılan bir çift düz yüzeyli halkadan oluşmaktadır. Bu halkalardan biri sabit, diğeri ise hareketlidir. Hareketli parça mil üzerine monte edilmiştir. Sabit eleman ise muhafaza halkasının içerisine yerleştirilmiştir. Sabit yüzeye muhafaza halkasının arka yüzeyine radyal olarak yerleştirilen bir yay vasıtasıyla ön yüklemeye yapılmıştır. Muhafaza halkası ile gövde arasına yerleştirilen bir O-ring ile aksel yönde olabilecek sızıntı engellenmiştir.



Şekil 1. Tipik bir sızdırmazlık düzeni⁽⁶⁾

Çalışma esnasında akışkan, sistem basıncının etkisiyle muhafaza halkasının arka yüzüne aksel bir kuvvet uygulayacaktır. Bu kuvvet sızdırmaz yüzeyler arasındaki aralığı kapamaya çalışacaktır. Kapama kuvvetine karşı , aralık içerisindeki yağ filmi bir basınç alanı oluşturarak, yüzeyleri birbirinden ayırmaya çalışan açma kuvveti meydana getirecektir. Aksel kapama kuvveti ne sızdırmaz yüzeyler arasındaki aralığı gereğinden fazla kapayarak metal-metal sürtünmesine izin verecek kadar fazla, ne de aralıktan akışkan kaçacağına neden olacak kadar az olmamalıdır. Bu nedenle aralık içindeki yağ filminin kalınlığı bu tip sistemlerin performansında önemli bir parametre olmaktadır. Uygun yağ film kalınlığının sağlanabilmesi için sistem üzerinde etkili olacak açma ve kapama kuvvetlerinin ve bunlardan doğacak momentlerin dengelenmesi gerekmektedir.

Sızdırmazlığın temini ve eleman üzerine gelen istenmeyen yüklerin karşılanabilmesi için yağ filmi sızdırmazlık aralığında bir hidrodinamik basınç alanı oluşturmalıdır. Sızdırmazlık aralığındaki yağ filminden dolayı ortaya çıkan iç basıncın teşekkülü için bir çok mekanizma ileri sürülmüştür. Bunların en önemlisi "daralan yağ kaması" mekanizmasıdır. Birbirine göre izafi hareket eden iki yüzey arasında yük taşıyabilen hidrodinamik basınç alanı oluşabilmesi için hareket yönünde bir daralan yağ kamasının var olması gerekmektedir. Gerçekte sızdırmaz yüzeylerin hiçbir zaman mükemmel pürüzsüzlüğe ulaşamaması (1), çalışma esnasında yüzeyler üzerinde oluşan termal deformasyon (2), aksel titreşim (3) ve yağın kavitasyonu (4) gibi nedenler daralan yağ kaması mekanizmasını oluşturabilmektedir. Eksen kaçıklığı (5), yüzeylerin izafi eğimi (6) gibi daralan yağ kamasını oluşturabilecek diğer etkenler daha hassas ve zor imalat gerektirmektedir. Bu nedenle uygulamada genellikle biri diğerine göre daha elastik bir malzemeden yapılan sızdırmazlık çifti seçilerek " daralan yağ kaması " nın kendiliğinden oluşması sağlanır. Bu tip elemanlarda, elastik eleman üzerinde meydana gelebilecek deformasyonun sistem performansına ve yük taşıma kapasitesine etkisi değişik çalışmalarda araştırılmıştır (7,8).

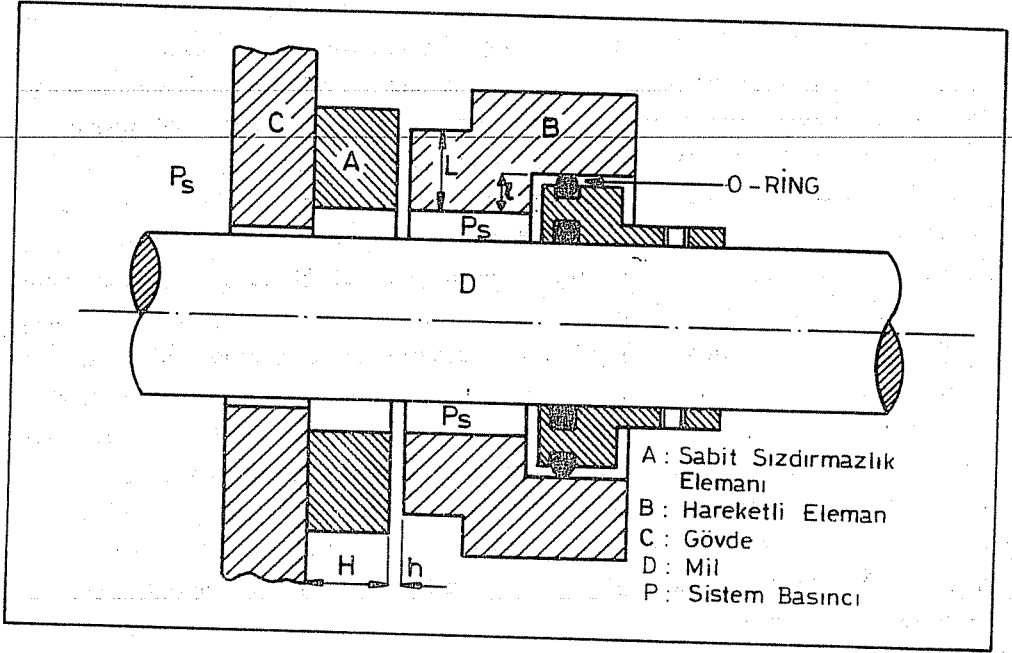
Bu çalışmada özellikle yüksek basınçlı akışkan ortamında sızdırmazlık fonksiyonunu etkili bir şekilde yerine getiren mekanik radyal yüzey sızdırmazlık elemanlarının tasarım esasları ve hidrolik dengesi araştırılmıştır. Hidrodinamik yük ve moment denge şartlarını değişik çalışma koşullarında teorik olarak analiz edecek bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu programla, değişik geometrik büyüklüklere sahip sızdırmazlık elemanının bahsedilen denge durumları, sonlu farklar methoduyla boyutsuz olarak araştırılmıştır.

2.TEORİK ANALİZ

2.1.Hidrodinamik ve Hidrostatik Davranış

Düzgün ve paralel yüzeyli bir mekanik sızdırmazlık elemanında hidrostatik denge için

Şekil-2 incelenebilir. Burada A sabit Eleman B ise hareketli elemandır. Uygulamada hareketli elemanın arka yüzündeki l genişliğindeki radyal yüzeylerine sistem basıncı etki etmektedir. Bu basınç aksel yönde hareketli elemanı sabit elemana doğru iten bir hidrostatik kapama kuvveti ($P_s l$) oluşturmaktadır. L radyal genişliğindeki ön yüzde bulunan yağ, üzerine gelen bu hidrostatik yüke, aralıkta bulunan sistem basıncının oluşturduğu $P_s L/2$ 'lik bir kuvvetle direnç gösterecektir. Denge şartı olarak her iki kuvvetin uygulandığı alanların birbirine oranı esas alınmalıdır. Bu oran yüzeylerin eğrilik ve düzgünlükleri ihmal edilirse l/L şeklinde tarif edilmiştir. Eğer bu oran 1'den küçükse eleman "dengelenmiş", 1'den büyükse "dengelenmemiş" şeklinde tarif edilir (8).

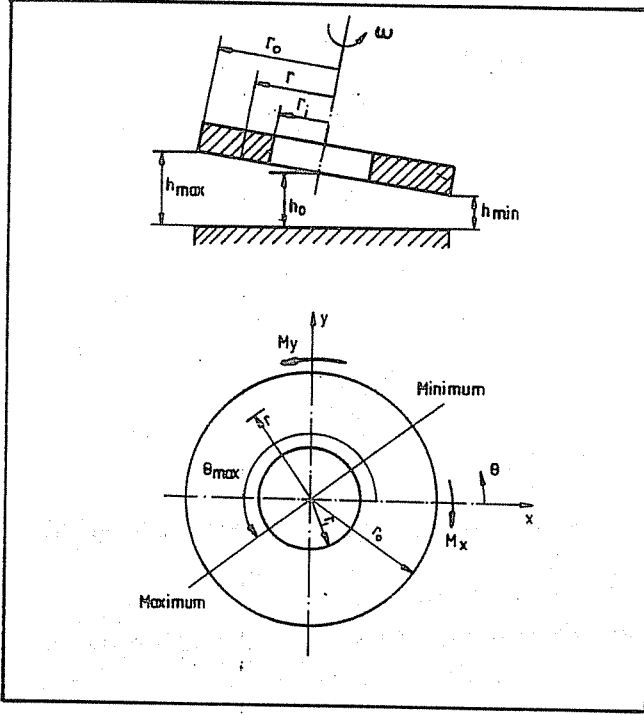


Şekil 2. Sızdırmazlık Elemanının hidrolik dengesi^[6]

Hidrodinamik basınç kuvvetinin temini için elemanlardan birine eğim verilir. Ancak bu eğimin sistemin hidrodinamik dengesini bozacak kadar büyük olmaması istenir. İzafi eğim yağ filmi tarafından yük taşıyıcı daralan kamanın oluşturulmasını sağlayacaktır.

Şekil-3 tipik bir izafi eğimli sızdırmazlık halkası çiftini göstermektedir. Burada eğim hareketli elemana verilmiş, böylece akışkanın "daralan yağ kaması" prensibine göre hidrodinamik basınç alanı oluşturması sağlanmıştır.

Bu eğim eleman üzerinde daralan ve genişleyen yağ kamalarının oluşmasını sağlayacaktır. Bu şekildeki eğimli yüzey, aralıktaki film kalınlığının sinüzoidal değişmesine neden olacaktır. Film kalınlığındaki bu değişim boyutsuz olarak ,



Şekil 3. Eğimli sızdırmazlık elemanı

$$\bar{h} = 1 + t \bar{r} \cos(\theta - \theta_{\max}) \quad (1)$$

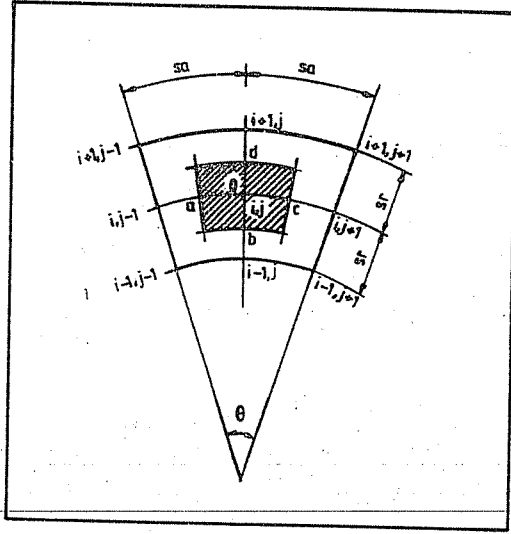
şeklinde ifade edilebilir. Burada $t = (h_0 - h_{\min}) / h_0$ yüzey eğimi, $\bar{h} = h / h_0$ boyutsuz film kalınlığı, $\bar{r} = r / r_0$ boyutsuz yatak yarıçapı, h_0 halka merkezindeki film kalınlığı, r_0 halka dış yarıçapı, θ_{\max} maksimum yağ film kalınlığı açısıdır.

Yağ filmi içerisinde oluşan basınç ve film değişimini veren Reynolds diferensiyel denklemi boyutsuz olarak ;

$$\frac{\delta}{\delta \bar{r}} \left(\bar{r} \bar{h}^3 \frac{\delta}{\delta \bar{r}} \right) + \frac{1}{\bar{r}} \frac{\delta}{\delta \theta} \left(\bar{h}^3 \frac{\delta \bar{P}}{\delta \theta} \right) = 6 \bar{r} \frac{\delta \bar{h}}{\delta \theta} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada $\bar{P} = P h_0^2 / (\eta \omega r_0^2)$ boyutsuz basınç, η kullanılan akışkanın dinamik viskozitesi ve ω açısal hızdır. Bu denklemin analitik çözümü zor olduğundan sayısal çözüm metodlarına başvurulmuştur. Bunun için sonlu farklar metodu esas alınıp Gauss-Seidel iterasyonu adapte edilerek nümerik bir yaklaşımda bulunmuştur (9).

Sızdırmazlık halkası, sonlu farklar metodunun uygulanabileceği şekilde düzenlenmiştir (Şekil-4).



Şekil 4. Sızdırmazlık halkasının sonlu farklar düzeni

(2) denkleminin sonlu farklar karşılığı doğrudan bulunabileceği gibi, bir elemandaki akış dengesi esas alınarak da bulunabilir. Burada akış dengesi dikkate alınmıştır (9). Her i,j noktasındaki basınç ve film kalınlığı ifadeleri sonlu farklara göre yeniden düzenlenmiştir. Hidrodinamik basınç dağılımını boyutsuz olarak veren denklemin sonlu farklar karşılığı,

$$\bar{A}_{i,j} \bar{P}_{i,j} + \bar{B}_{i,j} \bar{P}_{i,j} + \bar{C}_{i,j} \bar{P}_{i,j} + \bar{D}_{i,j} \bar{P}_{i,j} - \bar{P}_{i,j} - \bar{E}_{i,j} = 0 \quad (3)$$

şeklinde elde edilmiştir. Burada $\bar{A}_{i,j}$, $\bar{B}_{i,j}$, $\bar{C}_{i,j}$, $\bar{D}_{i,j}$, boyutsuz basınç etki katsayılarıdır. Bunlardan birisi yazılırsa,

$$\bar{B}_{i,j} = \left[\frac{\bar{h}_{i,j} + \bar{h}_{i-1,j}}{2} \right]^3 \left[\frac{\bar{r}_i + \bar{r}_{i-1}}{2} \right] \left[\frac{\theta_{j+1} - \theta_{j-1}}{2(\bar{r}_i - \bar{r}_{i-1})} \right] \quad (4)$$

olur. (3) denklemini sonlu farklar metoduyla Gauss-Seidel iterasyonunun uygulanmasıyla nümerik olarak çözülmüştür. Eleman üzerindeki etkili olan hidrodinamik basınç dağılımı bulunduğundan sonra toplam yük miktarı, hidrodinamik basınç etkisiyle meydana gelen hidrodinamik momentler ve hidrodinamik basınç etki merkezleri tespit edilmiştir.

2.2 Yük ve Moment Dengesi

Sızdırmazlık elemanının her noktasındaki basınç alanı bulunduğundan sonra sızdırmazlık halkaları arasında oluşan ayırma kuvveti boyutsuz olarak,

$$\bar{W} = \int_0^{2\pi} \int_{\bar{r}_i}^1 \bar{P} \bar{r} \, d\bar{r} \, d\theta \quad (5)$$

ifadesinden elde edilmiştir. Burada $\bar{W} = W h_0^2 / (\eta \omega r_0^4)$ boyutsuz yük ifadesidir. Bu yük hidrolik dengenin sağlanması açısından önemli bir parametre durumundadır.

Sinüzoidal film kalınlığı değişimi nedeniyle daralan ve genişleyen kama bölgelerinde farklı basınç dağılımı söz konusudur. Bu basınçlar x ve y eksenlerine göre değişen hidrodinamik momentler doğuracaktır. Bu momentler boyutsuz olarak,

$$\bar{M}_x = \int_0^\pi \int_{\bar{r}_i}^1 \bar{P} \bar{r}^2 \sin\theta \, d\bar{r} \, d\theta \quad (6)$$

$$\bar{M}_y = \int_0^\pi \int_{\bar{r}_i}^1 \bar{P} \bar{r}^2 \cos\theta \, d\bar{r} \, d\theta$$

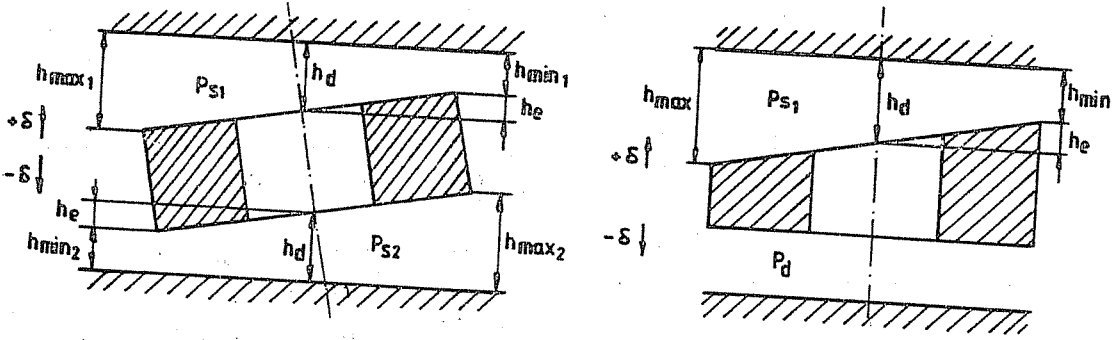
şeklinde ifade edilebilir. Burada $\bar{M}_x = M_x h_0^2 / (\eta \omega r_0^5)$, x yönünde sızdırmazlık elemanını etkileyen boyutsuz moment ifadesidir. Bu ifadelere bağlı olarak sızdırmazlık halkası üzerinde basınç etki merkezleri tespit edilmiştir. Basınç etki merkezleri,

$$\bar{x}_p = \frac{\bar{M}_y}{\bar{W}} \quad (7)$$

$$\bar{y}_p = \frac{\bar{M}_x}{\bar{W}}$$

şeklinde boyutsuz ifadelerdir ve değişik çalışma parametrelerine göre değerlendirilmişlerdir. Basınç etki merkezlerinin (özellikle x_p) yerinin doğru tespit edilmesi sistemin hidrolik dengesinin sağlanması açısından çok önemlidir. Basınç etki merkezinin bulunduğu noktaya arka yüzden uygulanacak basınç kuvvetiyle denge sağlanabilecektir. Aynı zamanda bu nokta hidrodinamik etkiyle ortaya çıkan momentlerin dengeleneceği yerin belirlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır.

Sızdırmazlık elemanının arka tarafınının da tıpkı ön taraf gibi hidrodinamik etki altında olduğu kabulü yapılmıştır. Böylece sızdırmazlık elemanının ön ve arka yüzeylerinde etkili olan yük ve momentin hidrodinamik dengesi değişik sistem parametrelerine göre analiz edilmiştir. Ayrıca sistemin çalışma esnasında hidrodinamik etkilerden dolayı ortaya çıkacak dengesizliğinin giderilmesi için dengesizlik yönüne uygun olarak elemanın hareket ettiği kabul edilmiştir. Her iki kabul için iki ayrı sistem modeli düşünülmüştür (Şekil-5).



Şekil.5

Burada h_e eksen kaçıklığı, P_{s1} ön yüz diye adlandırılan birinci tarafta etkili olan basınç, P_{s2} arka yüzdeki (ikinci taraf) basıncı, P_d dizayn basıncı, h_d merkezdeki film kalınlığıdır. h_d sistem tasarlanırken düşünülen, eğim veya yerdeğiştirmelerin etkisiyle değişmeyen bir büyüklük olup, "dizayn açıklığı" adını almaktadır. Her iki yüzdeki basınç etkisiyle sızdırmazlık elemanı 1 veya 2 tarafına doğru (+ δ , - δ) hareket edeceği teorik olarak düşünülmektedir.

1. ve 2. taraf için eğim ve sistem basıncı ifadeleri δ 'ya bağlı olarak yeniden düzenlenmiştir. Bu ifadeler boyutsuz olarak yazılırsa, 1. yüz için eğim :

$$t_1 = \frac{\bar{h}_e}{1 - \bar{\delta}} \quad (8)$$

basınç,

$$\bar{P}_{s1} = \bar{P}_d (1 - \bar{\delta})^2 \quad (9)$$

2. taraf için eğim,

$$t_2 = \frac{\bar{h}_e}{1 + \bar{\delta}} \quad (10)$$

basınç,

$$\bar{P}_{s2} = \bar{P}_d (1 + \bar{\delta})^2 \quad (11)$$

şeklinde. Burada $\bar{P}_s = P h_0^2 / \eta \omega r_0^2$ olarak tarif edilen sistem basıncı, $\bar{h}_e = h_e / h_d$, $\bar{\delta} = \delta / h_d$ ve $\bar{P}_d = P h_d^2 / \eta \omega r_0^2$ şeklinde boyutsuz ifadelerdir.

Hızlı bir şekilde hesaplanan ön ve arka yüzdeki yükler boyutsuz olarak ön yüz için,

$$\bar{W}_{d1} = \bar{W} \left(\frac{1}{1 - \delta} \right)^2 \quad (12)$$

ve arka yüz için,

$$\bar{W}_{d2} = \bar{W} \left(\frac{1}{1 + \delta} \right)^2 \quad (13)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada W_d tasarım yükü olup

$$\bar{W}_d = W \frac{h_d^2}{\eta \omega r_0^4} \quad (14)$$

şeklinde boyutsuzlaştırılmıştır. Hesaplanan bu yük değerlerinin farkı, $\bar{W}_R = \bar{W}_{d1} - \bar{W}_{d2}$ şeklinde tarif edilen denge yükünü verecektir. \bar{W}_R 'nin (+) değerleri ön yüzdeki yük miktarının fazla olduğu dengesizliği, (-) değerleri ise arka yüzdeki yük miktarının fazla olduğu dengesizliği göstermektedir. $\bar{W}_R = 0$ ise sızdırmazlık elemanının denge halini göstermektedir. Denge ($\bar{W}_R = 0$) noktalarına tekabül eden yerdeğiştirme miktarı ($\bar{\delta}$) minimum ve maksimum film kalınlığının hesaplanmasına yardımcı olabilecektir. Sızdırmazlığın iyi temin edilmesi ve eleman üzerine gelen yüklerin karşılanabilmesi için uygun minimum yağ film kalınlığı $\bar{\delta}$ 'ye bağlı olarak

$$\bar{h}_{\min} = 1 - \bar{h}_e - |\bar{\delta}| \quad (15)$$

şeklinde boyutsuz olarak tarif edilebilir. Burada $\bar{h}_{\min} = h_{\min} / h_d$ şeklinde tarif edilmiştir.

Uygulamada genellikle sızdırmazlık tertibatının arka yüzünde hidrostatik basınç etkilidir. Bu nedenle çalışmalara ikinci tarafın hidrostatik basınç etkisinde olduğu kabulde devam edilmiştir. İkinci tarafta hidrostatik basınç nedeniyle oluşan kapama kuvveti boyutsuz olarak,

$$\bar{W}_{st} = \bar{P}_d \pi (1 - r_i^2) \quad (16)$$

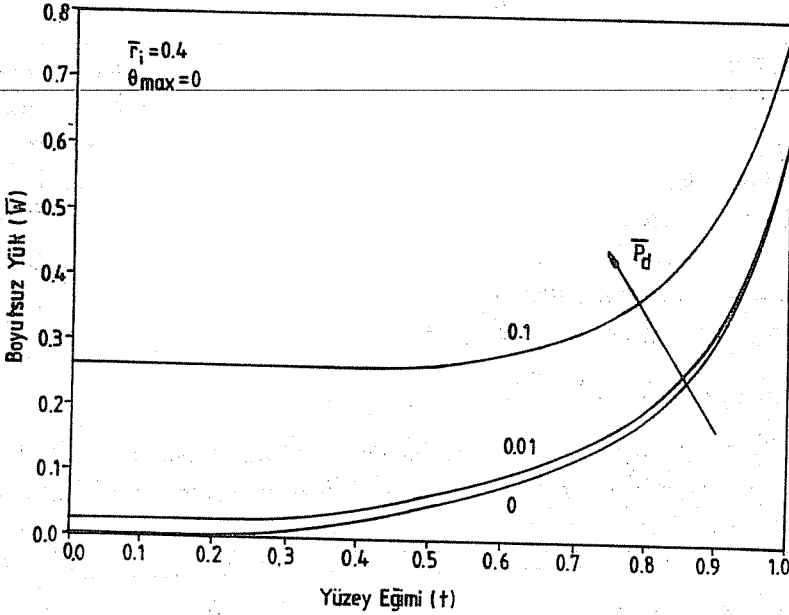
şeklinde hesaplanmıştır. Böylece denge yükü, $\bar{W}_R = \bar{W}_{d1} - \bar{W}_{st}$ şeklinde boyutsuz olarak yeniden tarif edilmiştir.

3. TEORİK NETİCELER VE İRDELEME

Yukarıda izah edilen teorik yaklaşımlar esas alınarak değişik çalışma parametrelerinde sızdırmazlık elemanının davranışı elde edilmiştir. Hidrodinamik yatak performansının testi için (1. yüz için) yük taşıma kapasitesinin yüzey eğimi ve değişik boyutsuz basınç değerlerindeki değişimi teorik olarak elde edilmiştir.

Şekil-6, sızdırmazlık elemanı üzerinde taşınan yük ile yüzey eğimi arasındaki değişimi

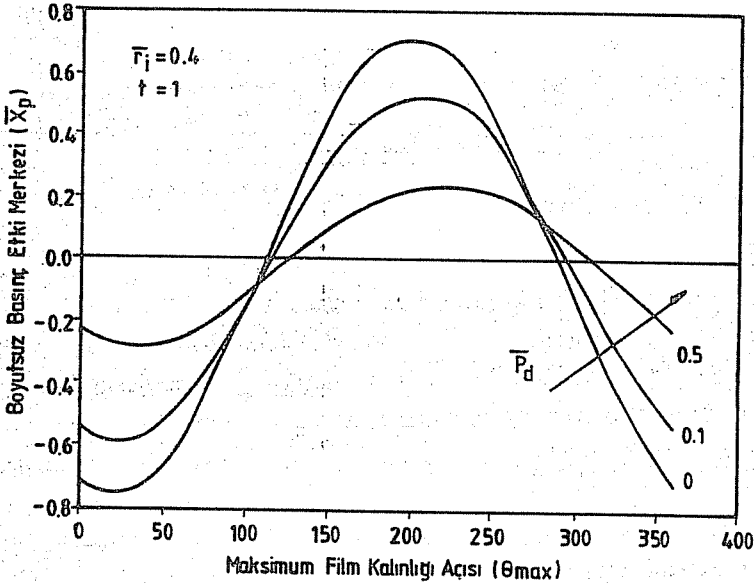
farklı sistem basınçları için göstermektedir. Boyutsuz iç yatak yarıçapı $\bar{r}_1 = 0.4$ alınarak üç değişik boyutsuz sistem basıncında yük taşıma kapasitesi \bar{W} 'nin yüzey eğimiyle değişimi gözlenmiştir. Burada eğim boyutsuz olarak 0'dan 1'e kadar değişmiştir. Şekilden görüleceği gibi tam hidrodinamik durumda ($\bar{P}_d = 0$) eğimin artışı yükte beklenen artışa neden olmaktadır. Basıncın artmasıyla ($\bar{P}_d = 0.01$ ve $\bar{P}_d = 0.1$) hidrostatik etki kendini göstermekte, $t = 0$ da bile eleman üzerinde bir miktar yük taşınmaktadır. Hidrostatik basınç arttıkça eğimin etkisi azalmaktadır Ancak büyük eğimlerde taşınan yük miktarında önemli bir artış olmaktadır. Şekilde $t = 1$ iken metal-metal teması söz konusu olduğundan tüm basınç değerlerinde beklendiği gibi maksimum yük taşınmaktadır.



Şekil 6. Boyutsuz yük ile yüzey eğimi ilişkisi

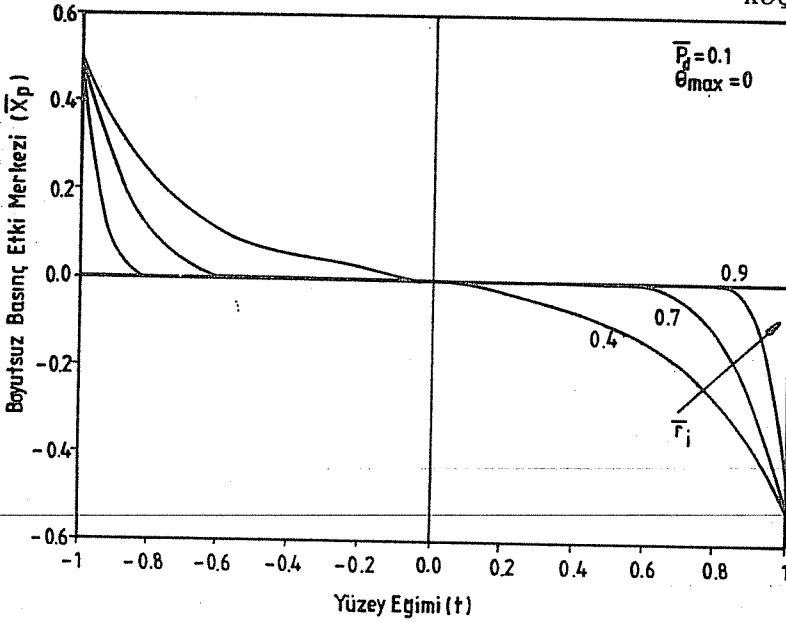
Bu tür elemanlarda maksimum film kalınlığının açısız pozisyonu gerek yük taşımaya (basınç alanında etkili olduğundan) gerekse moment ve basınç etki merkezlerine etki eden önemli bir parametredir. Şekil-7 maksimum yağ film kalınlığı açısı θ_{max} ile boyutsuz basınç etki merkezi x_p arasındaki değişimi, $t = 1$ ve $\bar{r}_1 = 0.4$ iken üç farklı basınç değeri için göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi film kalınlığı yatağın açısız geometrisi boyunca sinüzoidal bir dağılım göstermektedir. Bu dağılım birbiriyle simetrik olan daralan ve genişleyen kama bölgelerini de açıkça belirlemektedir. Tam hidrodinamik çalışma durumunda \bar{x}_p , $\theta_{max} = 0^\circ$ 'den 110° 'ye kadar koordinat sisteminin (-) bölgesinde sıfıra yaklaşan bir değişim ; $\theta_{max} = 110^\circ$ 'den 200° 'ye kadar (+) bölgede

artan bir değişim göstermektedir. θ_{\max} 'ın 200°'den sonraki değerlerinde \bar{x}_p 'de 0°-200° arasındaki değişimin simetrisi bir davranış gözükmemektedir. Bu kısımda \bar{x}_p (+) bölgeden (-) bölgeye doğru ilerlemektedir. Yaklaşık olarak $\theta_{\max}=20^\circ$ 'de $\bar{x}_p = -0.75$, $\theta_{\max} = 110^\circ$ 'de $\bar{x}_p = 0$ ve $\theta_{\max} = 200^\circ$ 'de $\bar{x}_p = 0.72$ değerlerini almıştır. Boyutsuz sistem basıncı arttıkça basınç etki merkezi yatak merkezine doğru kaymaktadır. Bu analizde sadece üç basınç için değerlendirilme yapılmıştır. Basınç daha da artırıldığında maksimum film kalınlığı açısının \bar{x}_p 'ye etkisi azalacaktır. Bu eğri grubunda maksimum yağ film kalınlığı açısına göre basınç etki merkezinin yerinin belirlenmesi hidrolik dengeyi sağlayacak karşı basınç uygulama noktasının tespitini mümkün hale getirmektedir.



Şekil 7. Maksimum yağ film kalınlığı açısı ile Boyutsuz basınç etki merkezi ilişkisi

Yüzey eğiminin basınç etki merkezine etkisinin incelenmesi tasarım açısından çok önemlidir. Şekil-8, bu ilişkiyi yatak geometrisini dikkate alarak, boyutsuz sistem basıncı $\bar{P}_d = 0.1$ ve $\theta_{\max} = 0$ için göstermektedir. Burada eğimi -1'den +1'e değiştirmekle elemanın simetrik çalışmadaki davranışı gözlenebilmiştir. $t = 0$ 'da ve küçük eğim değerlerinde \bar{x}_p 'de fazla bir değişim olmamakta, eğim arttıkça \bar{x}_p 'nin halkanın uç kısımlarına doğru ilerlediği görülmektedir. $t = 1$ 'de metal-metal temasından dolayı maksimum \bar{x}_p 'ye ulaşılmaktadır. Yatak alanı daraldığında (\bar{F}_1 'nin büyük değerlerinde) yatak üzerindeki hidrodinamik basınç alanının azalmasıyla hidrostatik basınç etkisi kendini göstermektedir. Bu durumda eğimin ancak büyük değerlerinde \bar{x}_p 'de bir değişim

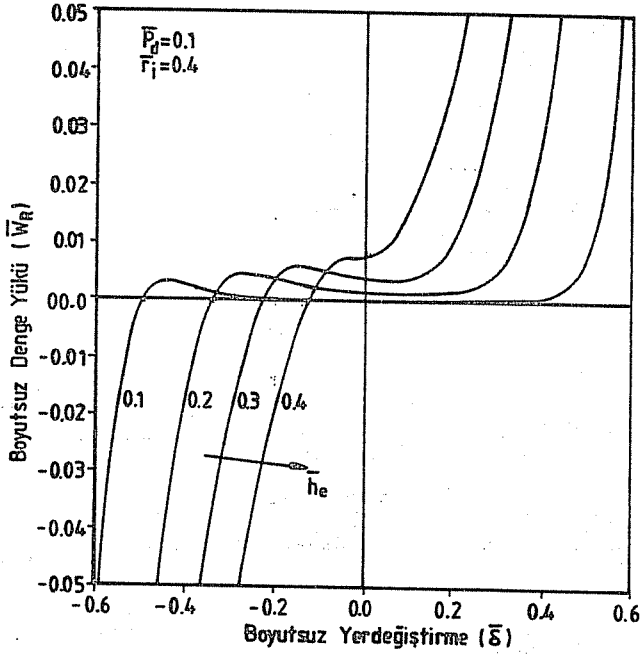


Şekil 8. Boyutsuz basınç etki merkezi ile yüzey eğimi değişimi

gözlenmektedir. Böylece yatak geometrisine uygun olarak yüzey eğiminin x_p 'ye etkisi incelenerek tasarım için önemli neticeler elde edilmiştir.

Teorik olarak sızdırmazlık tertibatının ön ve arka yüzlerinin her ikisinin de hidrodinamik basınç etkisinde olduğu kabul edildiğinde, iki tarafın yük dengesinin sağlanması gerekmektedir. Şekil-9, boyutsuz denge yükü ile elemanın boyutsuz yerdeğiştirme ($\bar{\delta}$) miktarı arasındaki değişimi göstermektedir. Değişim $\bar{r}_i = 0.4$ ve $\bar{P}_d = 0.1$ alınarak farklı eksen kaçıklığı değerlerine göre incelenmiştir. Eleman hareket etmezken ($\bar{\delta} = 0$) dengesizlik olduğu gözlenmektedir. Eleman ön yüze doğru hareket ettiğinde ($+\bar{\delta}$) 1. taraftaki yük miktarında artma olacağından dengesizlik artacaktır. Bu ayrıca aralığın fazla açılması nedeniyle akışkan kaçığına neden olacağından istenmeyen bir durumdur. Eleman ters yönde hareket ettiğinde ise dengesizliğin azaldığı ve bir noktada dengeye varıldığı ($\bar{W}_R = 0$) gözlenmektedir ($-\bar{\delta}$). ($-\bar{\delta}$) yönündeki harekete devam edilmesi arka yüzdeki kapama kuvvetini arttıracaktır. Bu durumda eleman daha da dengesiz hale gelecek ve metal-metal teması tehlikesi ortaya çıkacaktır.

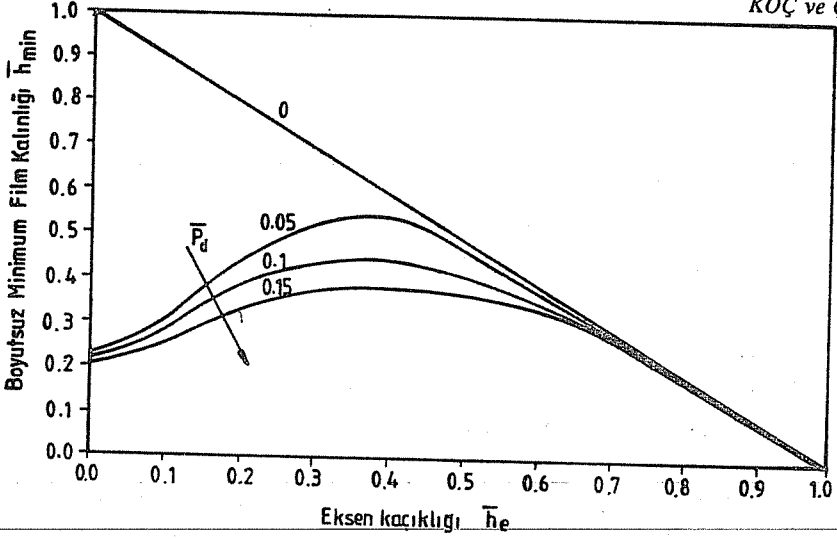
Sızdırmazlık tertibatının hidrodinamik dengesi için gerekli olan yerdeğiştirmeye bağlı olarak aralıktaki film kalınlığı da değişmektedir. Sızdırmazlığın temini ve yük taşıma kapasitesinin istenen düzeyde olabilmesi için uygun film kalınlığının elde edilmesi gerekmektedir. Şekil-10'da boyutsuz minimum film kalınlığı ile boyutsuz eksen kaçıklığı arasındaki değişim farklı sistem basınçları için (0,0.05, 0.1, 0.15) gösterilmiştir. Burada \bar{h}_e , 0 ile 1 arasında değiştirilmiştir. $\bar{h}_e = 0$ eksen kaçıklığının olmadığı, $\bar{h}_e = 1$ ise



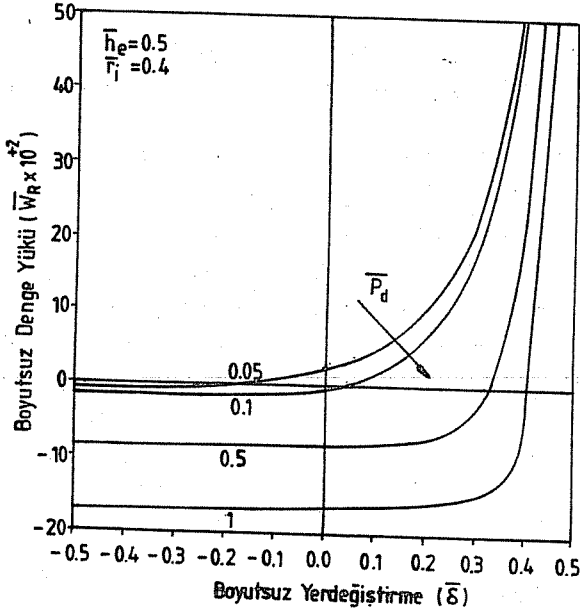
Şekil 9. Boyutsuz denge yükü ile Boyutsuz yerdeğiştirme arasındaki ilişki

(metal-metal teması) maksimum eksen kaçıklığını göstermektedir. Tam hidrodinamik durumda $\bar{h}_e = 0$ 'da beklediği gibi \bar{h}_{min} en büyük değerdedir ($\bar{h}_{min} = 1$). h_e arttıkça \bar{h}_{min} 'da doğrusal olarak azalmakta ve $\bar{h}_e = 1$ 'de h_{min} sifıra ulaşmaktadır. Hidrostatik basınç etkisi başladığında (basınç arttığında) $\bar{h}_e = 0$ 'da eleman üzerinde bir miktar yük taşındığından \bar{h}_{min} azalmıştır. Şekilden görüldüğü gibi küçük \bar{h}_e değerlerinde bu azalış gözlenememektedir. Aksine \bar{h}_e 'nin artışı ($\bar{h}_e = 0.35$ 'e kadar) minimum film kalınlığında beklenmedik artışlara neden olmaktadır. Bu dengesiz durum, θ_{max} , \bar{h}_e ve genel açılmal pozisyon etkisiyle 1. tarafta kaviteasyonun yeterli hidrodinamik basınç oluşmasını engileyerek dönen elemanı sabit elemandan ayırmaya çalışmasından kaynaklanıyor olmalıdır. $\bar{h}_e = 0.35$ değerinden sonra ancak, düzenli çalışma gözlenebilmekte ve iki taraftaki hidrodinamik basınçlar beklenen denge yükünü oluşturarak uygun davranış elde edilebilmektedir. \bar{h}_e 'nin maksimum değeri metal-metal temasını gösterdiğinden tüm boyutsuz basınç değerlerinde $\bar{h}_{min} = 0$ 'dır. Hidrostatik basınç arttıkça \bar{h}_{min} daha da azalarak benzer davranış göstermektedir. Buradan $\bar{h}_e = 0.35$ 'den büyük seçildiğinde elemanın düzenli film kalınlığı değişimi gösterdiği sonucu elde edilmiştir.

Gerçekte uygulamada sızdırmazlık elemanın sadece ön yüzü hidrodinamik çalışma rejimindedir. Arka yüz ise tamamen hidrostatik sistem basıncı etkisindedir. Bu durumda elemanın dengesinin yeniden analizi gerekmektedir. Şekil-11 boyutsuz denge yükü ile boyutsuz yerdeğiştirme arasındaki ilişkiyi göstermektedir. $\bar{h}_e = 0.5$, $r_i = 0.4$ iken farklı sistem basınçları (0.05, 0.1, 0.5 ve 1) için değişim incelenmiştir. Elemanın hareket



Şekil 10. Boyutsuz minimum film kalınlığı ile eksen kaçıklığı değişimi



Şekil 11. Boyutsuz denge yükü ile Boyutsuz yerdeğiştirme arasındaki ilişki

etmediği anda ($\delta = 0$) düşük hidrostatik basınçta birinci taraftaki hidrodinamik yük etkisi daha etkin gelerek dengesizlik ortaya çıkmıştır (W_R pozitif değer almıştır). Bu durumda eleman, dengelyi sağlamak ($W_R = 0$) için 2. tarafa hareket etmektedir. Hidrostatik basınç arttıkça ikinci taraftaki yük etkisi de artmakta ve dengeye ulaşabilmek için eleman ters yönde hareket etmektedir. Hidrostatik basıncın büyük değerlere ulaşmasıyla elemanın

ikinci tarafa doğru hareketi dengesizliği pek değiştirmemekte, ancak birinci tarafa doğru hareketle dengesizliğin azaldığı ve belli bir yerdeğiştirme miktarında $\bar{W}_R = 0$ olduğu görülmektedir.

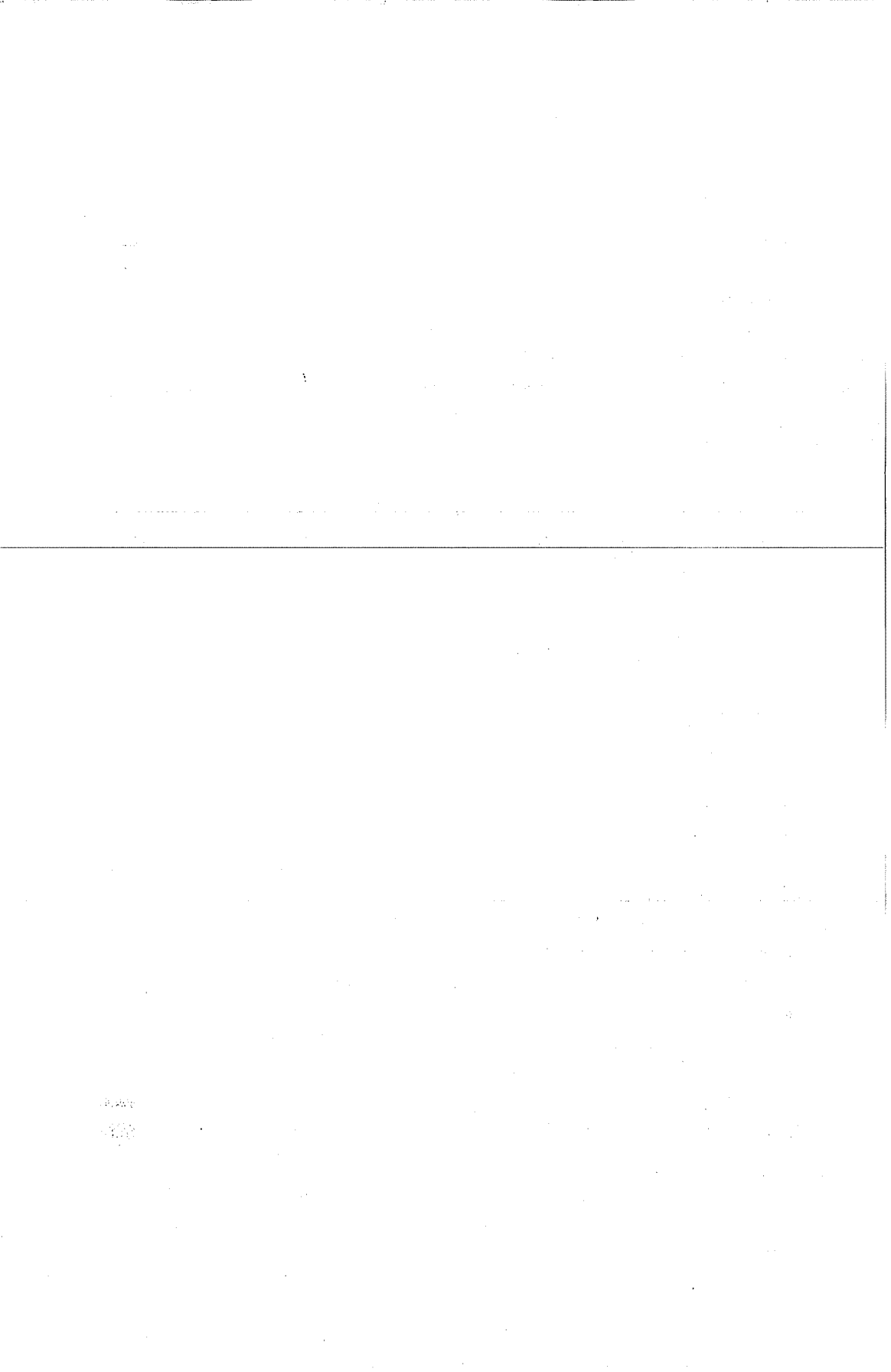
4. SONUÇ

Geliştirilen model her iki yüzü eğimli, hareketli elemanda yük, moment, basınç etki merkezleri ve minimum-maksimum film kalınlıkları kolayca hesaplayabilmektedir. Teorik yaklaşımda θ_{max} ve h_z 'nin hidrodinamik davranış için önemli parametreler olduğu belirlenmiştir.

Gerçek sızdırmazlık elemanı modeli de denenmiş; denge şartları, değişik çalışma parametreleri ve geometrik büyüklükler irdelenmiştir. Hidrostatik yük alanı (arka yüz alanı) bu tür elemanların hidrostatik ve hidrodinamik davranışlarının teorik olarak tahmin edilmesinde önemli bir parametredir. Sistem basıncının, bu tür elemanlarda ulaşılabilecek seviyesi açısından da önemli bir büyüklük olduğu görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Etsion, J., *Radial Forces in a Misaligned Radial Face Seal*, *Trans. of ASME, Journal of Lubrication Tech.*, 101, 81-85, January 1975.
2. Ettles, C., Cameron, A., *Thermal and Elastic Distortions in Thrust Bearings*, *Inst. of Mech. Eng., Lubrication and Wear Convention, Paper 7*, 60-71, May 1963.
3. Nau, B.S., Turnbull, D.E., *Some Effects of Elastic Deformation on the Characteristics of Balanced Radial Face Seals*, *Inst. Int. Conf. on Fluid Sealing, BHRA Paper D3 Cranfield*, 1-7, 1961.
4. Findlay, J.A., *Cavitation in Mechanical Face Seals*, *Trans. of ASME, Journal of Lubrication Technology*, 356-364, April 1968.
5. Sneek, H.J., *The Misaligned, Eccentric Face Seal*, *Journal of Lubrication Technology, Trans. of ASME*, 695-703, Oct. 1969.
6. Koç, E., *Elasto-Hidrodinamik Yağlama ve Kaymalı Eksenel Yatak Tasarımı*, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 29, 345, 248-253, Ekim 1988.
7. Koç, E., Çulha, E.C., *Mekanik Radyal Sızdırmazlık Elemanlarının Hidrodinamik Analizi I: Elastik Deformasyon*, *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. Dergisi*, 5, 2, 93-109, 1990.
8. Koç, E., Çulha, E.C., *Mekanik Radyal Sızdırmazlık Elemanlarının Hidrodinamik Analizi II: Yük Taşıma Kapasitesi ve Rijitlik*, *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. Dergisi*, 5, 2, 111 - 122, 1990.
9. Koç, E., Çulha, E.C., *Mekanik Radyal Sızdırmazlık Elemanlarının Tasarım Esasları ve Hidrodinamik Dengesi*, 5. Ulusal Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, Ankara, 6-18 Eylül 1992.



THE HIGH TEMPERATURE OXIDATION BEHAVIOUR OF CERAMIC COATED Fe-18 %Cr ALLOYS

O.Tuğrul GÖNCEL and Abdulkadir YAŞAR

Çukurova University, Mechanical Engineering Department, Adana / Turkey

ABSTRACT : *Fe-Cr alloys are being used as high temperature materials in various atmospheres. Protective coatings are also routinely applied to high temperature components especially in gas turbine engines in order to inhibit premature failure due to oxidation and corrosion.*

In this paper, the high temperature oxidation behaviour of Fe-18% Cr alloys and the effect of Ce and Zr oxides coatings were investigated. It was shown that isothermal oxidation resistance was increased substantially by CeO₂ coatings and, to a lesser degree, by ZrO₂ coatings at 1000 and 1100 °C.

SERAMİK KAPLI Fe-%18Cr ALAŞIMININ YÜKSEK SICAKLIK OKSİDASYON DAVRANIŞI.

ÖZET: *Fe-Cr alaşımları yüksek sıcaklık malzemeleri olarak çeşitli ortamlarda kullanılmaktadır. Koruyucu örtüler de , oksidasyon ve korozyonunun vereceği zararlara karşı önceden önlem almak suretiyle yüksek sıcaklık malzemelerine uygulanmaktadır.*

Bu çalışmada , Fe-%18 Cr alaşımının 1000 ve 1100 °C deki oksidasyon direnci ve CeO₂, ZrO₂ örtülerinin Fe-%18Cr üzerindeki etkileri incelenip, izotermal oksidasyon direncinin CeO₂ , ZrO₂ örtüleri ile arttığı gösterilmiştir Oksidasyon kinetiği ve metallografik çalışmalar, CeO₂ 'in ZrO₂ 'e kıyasla daha etkili olduğunu göstermiştir.

1. INTRODUCTION

Although there is an increasing demand for high temperature alloys, not much is known about the mechanisms of the oxidation processes. Most of the work simply describes the oxidation behaviour in term of the oxides formed, the relative reaction rates, and possible diffusing species in the oxides, with the little information on the changes that must occur in the underlying alloy and their effect on the oxidation process (1).

The oxidation of iron - chromium alloys has been studied in some detail. The extensive work of Wood (2) and his colleagues on Fe-Cr alloys has shown that for dilute alloys a rate determining spinel layer (FeCr_2O_4) is formed at the base of the scale together with layers of pores. With higher Cr contents (14-15wt. % Cr), an initially protective scale of doped Cr_2O_3 is formed, which may become less strongly adherent as interfacial discontinuities and growth stresses increase. The underlying metal layer, depleted in Cr, is then much less resistant to oxidation and the alloy consequently may show breakaway oxidation behaviour. In these alloys, stratified layers may be formed of Cr_2O_3 , $\text{Fe-Fe}_{(2-x)}\text{Cr}_x\text{O}_4$ ($0 \leq x \leq 2$), Fe_2O_3 from the alloy to the outer scale surface where the scale / alloy interface is irregular with a mechanical "keying - on" of scale to metal as outlined by Tylecote (3), it is often found that scale adhesion is strong enough.

Simple Fe-Cr alloys characteristically suffer from poor scale adhesion at high temperature, film breakdown followed by catastrophic oxidation. To eliminate breakaway oxidation on binary Fe-Cr alloys at 1100 °C, at least 22 % Cr is required (4).

The failure of Cr_2O_3 scale on these alloys is generally held to be mechanical rather than chemical. (5). Although the mechanisms controlling adhesion of scales are not well understood, one adverse factor in this case might be the low oxygen solubility of Fe-based alloys which reduces the extent of internal oxide formation, and hence the chances of mechanically keying the oxide to the metal.

The oxidation behaviour of binary Fe-Cr alloys at high temperatures is similar in many respects to that of the binary Ni-Cr and Co-Cr alloys (6).

Wright (7) has summarized most of the earlier work. The oxidation rate of iron at 800 and 1000 °C in 1 atm. oxygen is slightly increased by the addition of up to 0.2 % Cr, but with higher chromium content the rate is considerably reduced until the composition reaches 20 wt. % Cr; further increases make little difference. A three layer scale (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO) similar to that formed on iron develops on the 0.2 % Cr alloy, and frequently on the 1 and 2 % Cr alloys at 1000 °C. FeO is not formed on alloys containing more than 2 % Cr, and the proportion of Fe_2O_3 to Fe_3O_4 increases with time and chromium content. Wright remarks that Fe_3O_4 was present only in isolated patches on a 9.4 % Cr alloy oxidized at 1000 °C, above 10 % Cr, alloys develop a Cr_2O_3 scale containing small amounts of dissolved iron. Alloys containing more than 25 Wt. % Cr will always reform this oxide if the layer mechanically lifts and breaks, for oxidation in 1 atm. oxygen in the range 800-1200 °C alloys containing more than 18 % Cr will reform

the oxide below 1000 °C. However, for lower chromium content, if the scale spalls there is a rapid increase in oxidation rate with the production of alternate layers of iron - rich and chromium - rich scales.

The Cr₂O₃ oxide formed on Fe-Cr alloys has poor adhesion. Howes (8), in a series of papers has examined the scale morphology for a number of alloys having chromium contents in the range 16 - 18 % voids formed at the metal / oxide interface, particularly in the region of metal grain boundaries. Above the grain boundaries the oxide developed ridges, and on subsequent cooling these ridges cracked, initiating scale failure.

The tendency for the oxide to develop voids, and for it to spall, increased with increasing chromium contents. However, extensive loss of contact between the oxide and the metal was apparent even in the Fe-14 % Cr alloy oxidized for 6h. at 950 °C.

Several authors (9) have suggested that the voids at the metal / oxide interface are a result of the condensation of vacancies, injected by the oxide - forming process.

It is known that the adhesion, at the alloy / oxide interface, that arrange the oxidation resistance of alloy is main necessity at high temperature materials (9-10). When the adhesion is not occurred, materials will withstand the cyclic conditions, mechanical stresses resulting from calefaction and cooling. In this case, oxide layer is to be spalled and metal / oxide interface will be subjected the oxidising effect of atmosphere. For this reason, Before reinforcement of adhesion of oxide / metal interface was supplied by adding rare earth solid elements into alloy (11).

It has been known for at least fifty years that the high temperature oxidation resistance of alloys may be improved by the addition of rare earth metals (12-13).

Reactive elements such as the rare elements can markedly improve the resistance of metals to high temperature oxidation. Oxide spalling is reduced and the oxide growth rate may also be less. No satisfactory explanation currently exists. Most previous work has introduced the reactive element as an alloy addition or an oxide dispersion into an alloy (14). In this way, impeding the dislocation as well as the adhesion of oxide / metal interface had been reinforcement by taking place the stable nitride and oxide precipitation (15,10).

It was confirmed (16-17) that the element which is added into alloy has a critical value. Additions over this value takes place the ordinary precipitation and these do not reinforce the interface adhesion, especially causing the oxide layer spalling. Other important particularity, these elements which are added into alloy is to change the oxidation mechanism .

Fe-Cr, Ni-Cr and Co-Cr normally form the oxide layer by outward diffusion (by cation diffusion) of alloy element but when there were formed oxide or nitride precipitation within the alloy, oxide layer grows by inward diffusion (by anion diffusion) of alloy elements (18).

It was observed that the alloy interface adhesion which shows this kind of growth is

strong. The economic production of these kinds of alloys were supplied as using powder metallurgy techniques (19). But , it was observed that precipitations coarsen in these kinds of alloys. This restricts using alloy which show the precipitation coarsening during working (15,10).

Chadwick and Taylor (14) shown that the oxidation of nickel below 1000 °C, which is mainly by grain boundary diffusion of cations, is inhibited by a sol-gel CeO₂ coating. Fe-Cr alloys can not form the protective oxide layer particularly beneath 18 % Cr amount at 1100 °C. The amount of Cr can be reduced to % 13 in pretreated Fe-Cr alloys by using Ce(NO₃)₃.6H₂O.

In this work, the behaviour of oxidation of Fe-18 % Cr was investigated by coating the alloy surfaces by stable oxides.

2. EXPERIMENTAL WORK

Fe-18 % Cr alloy was prepared as small ingots in a vacuum induction furnace. Rectangular coupons (2 x 1 x 0.1 cm) have been cut from the ingots prepared by metallographic ways. Samples were polished down to 6µ. prepared samples were dipped into molten CeNO₃, ZrNO₃ then they were taken into furnace to be converted into CeO₂, ZrO₂ (20). Isothermal oxidation tests were carried out at 1000 and 1100 °C . By duplicating the oxidation tests, the reproducibility of the tests were confirmed.

The samples were inspected by metallurgical microscopes and the oxide layer with EDAX (Energy Dispersive X-Ray Analyser) and with the Scanning Electron Microscope (SEM).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Oxidation Kinetics

The isothermal oxidation kinetics data presented at Table I and II were obtained at 1000 and 1100 °C. Isothermal oxidation kinetic curves are shown In Fig. 1[(a) and (b)]. As shown in fig.1[(a) and (b)] , alloys coated by CeO₂ and ZrO₂ show more resistance at both temperature than those of uncoated alloys. As it is clearly seen in Fig.1 (a-b) CeO₂ coating gives better resistance than that observed in ZrO₂ coating. Similar behaviour has also been observed by Ecer *et al* when Ce or Zr added as minor alloying additions (21).

Fig.2 (a-b) also show the oxidation kinetics on log-log scale, which compares oxidation rates of CeO₂ , ZrO₂ coated alloys with that of uncoated alloys.

Table 3 and 4 summarize the parabolic rate constants k_p , and compares with these of the alloys containing CeO₂ and ZrO₂.

Oxide Layer Morphology

Fig.(3) shows the cross-section of the scale on Fe-18%Cr alloy after isothermal

OXIDATION BEHAVIOUR OF Fe-18%Cr

Table 1. Isothermal oxidation tests at 1000 °C

| ALLOY | TREATMENT | TIME [Hour] | TEMPERATURE [°C] | WEIGHT GAIN [mg/cm ²] |
|----------|------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------|
| Fe-18 Cr | Uncoated | 10 | 1000 | 0.039 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 10 | 1000 | 0.021 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 24 | 1000 | 0.56 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 24 | 1000 | 0.022 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 40 | 1000 | 0.83 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 40 | 1000 | 0.036 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 50 | 1000 | 0.778 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 50 | 1000 | 0.049 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 100 | 1000 | 1.381 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 100 | 1000 | 0.06 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 10 | 1000 | 0.06 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 24 | 1000 | 0.438 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 40 | 1000 | 0.491 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 50 | 1000 | 0.570 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 100 | 1000 | 0.966 |

Table 2. Isothermal oxidation tests at 1100 °C

| ALLOY | TREATMENT | TIME [Hour] | TEMPERATURE [°C] | WEIGHT GAIN [mg/cm ²] |
|----------|------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------|
| Fe-18 Cr | Uncoated | 10 | 1100 | 1.005 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 10 | 1100 | 0.03 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 24 | 1100 | 1.505 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 24 | 1100 | 0.037 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 40 | 1100 | 0.047 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 50 | 1100 | 0.054 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 51 | 1100 | 1.955 |
| Fe-18 Cr | CeO ₂ | 100 | 1100 | 0.09 |
| Fe-18 Cr | Uncoated | 100 | 1100 | 2.236 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 10 | 1100 | 0.465 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 24 | 1100 | 1.041 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 40 | 1100 | 1.289 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 50 | 1100 | 1.320 |
| Fe-18 Cr | ZrO ₂ | 100 | 1100 | 1.802 |

Isothermal Kinetic Curve of Fe-18Cr Alloy at 1000 °C

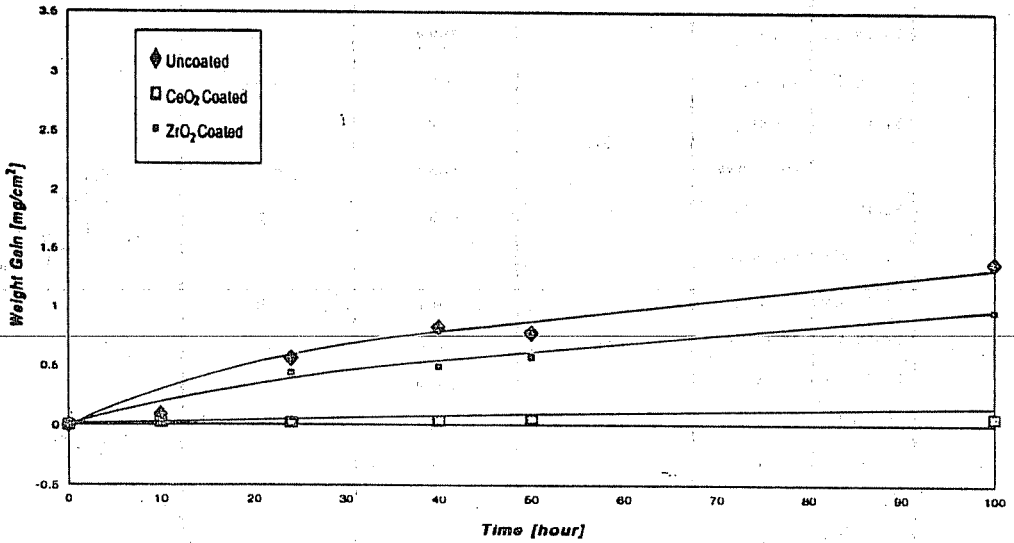


Figure 1 (a)

Isothermal Kinetic Curve of Fe-18Cr Alloy at 1100 °C

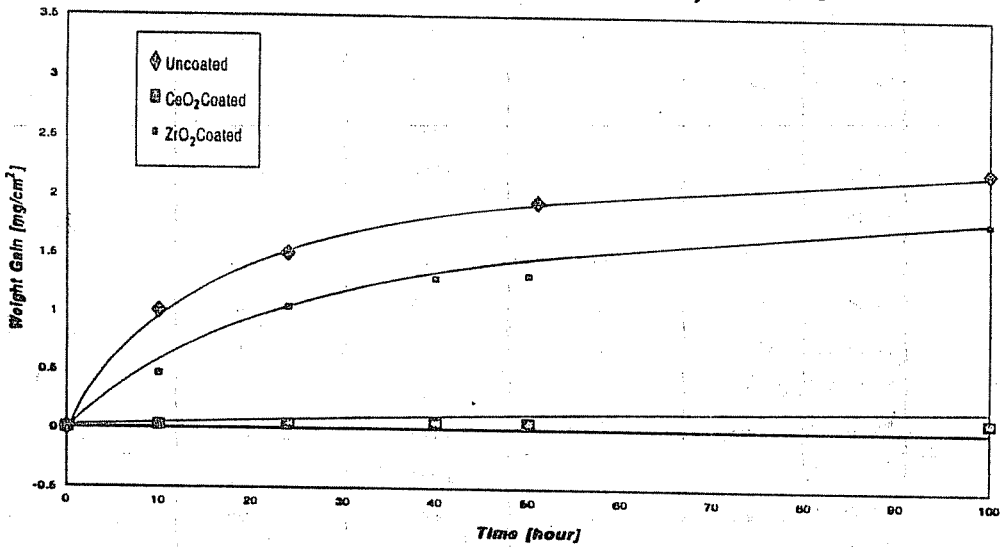


Figure 1 (b)

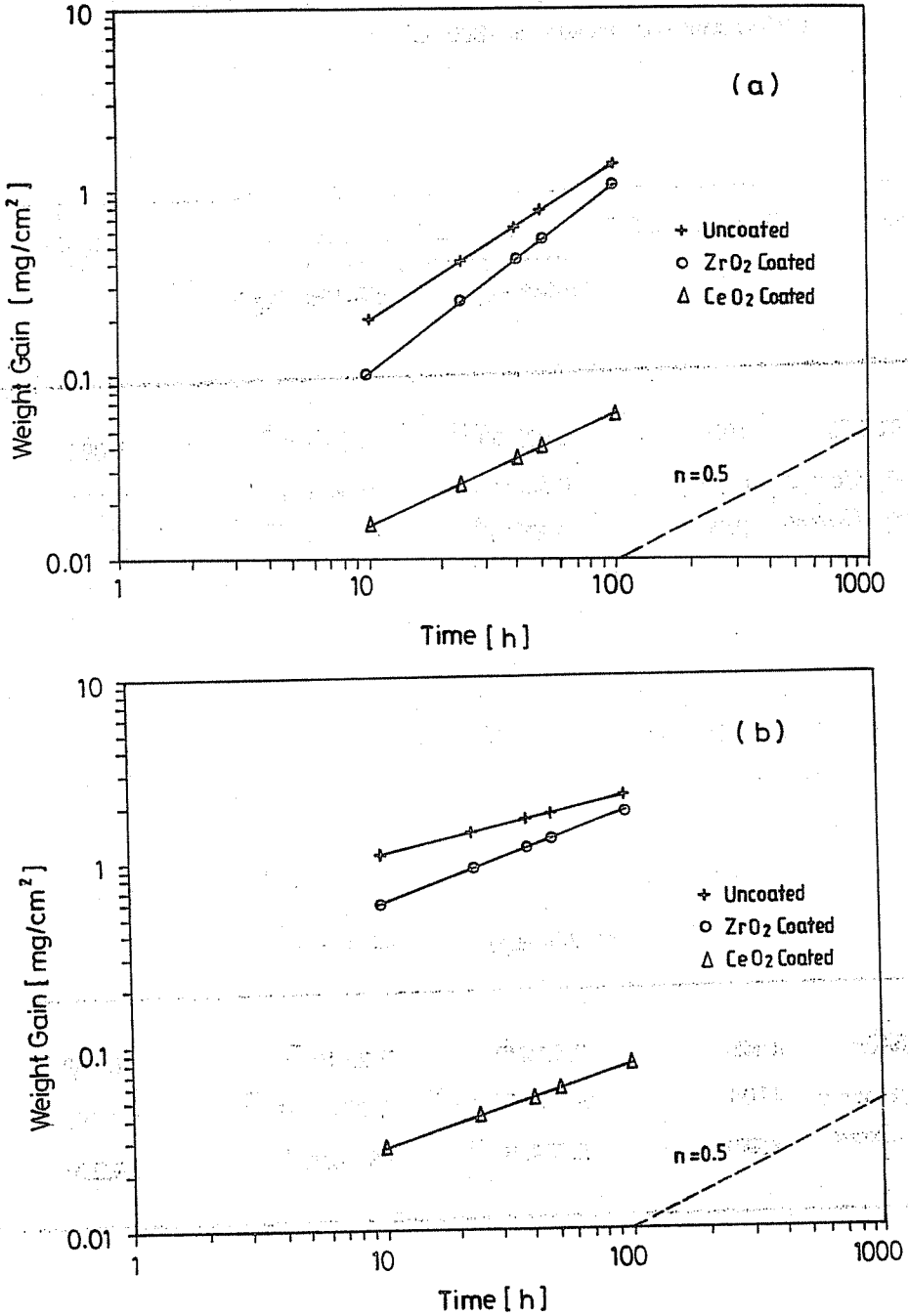


Figure 2. A comparison of the isothermal oxidation kinetics of Fe-18%Cr alloys: (a) 1000°C; (b) 1100°C

Table 3. Values of the parabolic rate constants ($\text{g}^2 \text{cm}^{-4} \text{sec}^{-1}$) for the 10-24h and 50-100h periods of oxidation at 1000 °C.

| Material | Temperature (°C) | Parabolic Rate Constants | | $(k_p'/k_p)^{1/2}$ |
|-------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| | | 10-24h (kp) | 50-100h (kp') | |
| Fe-18%Cr | 1000 | $6.073 \cdot 10^{-12}$ | $7.25 \cdot 10^{-12}$ | 1.093 |
| CeO ₂ Coated | 1000 | $0.000853 \cdot 10^{-12}$ | $0.0066 \cdot 10^{-12}$ | 2.781 |
| ZrO ₂ Coated | 1000 | $3.37 \cdot 10^{-12}$ | $3.73 \cdot 10^{-12}$ | 1.052 |

Table 4. Values of the parabolic rate constants ($\text{g}^2 \text{cm}^{-4} \text{sec}^{-1}$) for the 10-24h and 50-100h periods of oxidation at 1100 °C.

| Material | Temperature (°C) | Parabolic Rate Constants | | $(k_p'/k_p)^{1/2}$ |
|-------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | 10-24h (kp) | 50-100h (kp') | |
| Fe-18%Cr | 1100 | $2.5 \cdot 10^{-11}$ | $7.25 \cdot 10^{-11}$ | 0.509 |
| CeO ₂ Coated | 1100 | $0.000932 \cdot 10^{-11}$ | $0.00287 \cdot 10^{-11}$ | 0.554 |
| ZrO ₂ Coated | 1100 | $1.714 \cdot 10^{-11}$ | $0.083 \cdot 10^{-11}$ | 0.220 |

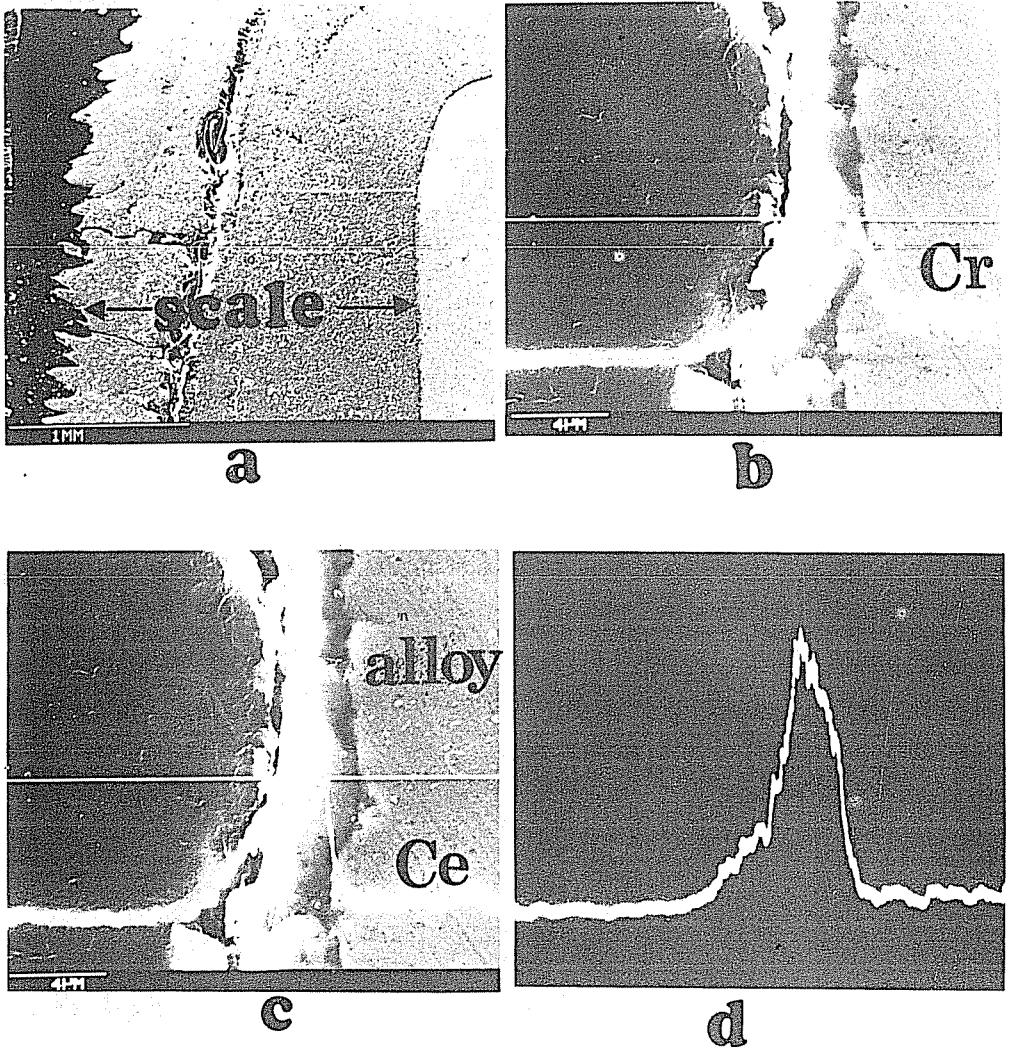


Figure 3

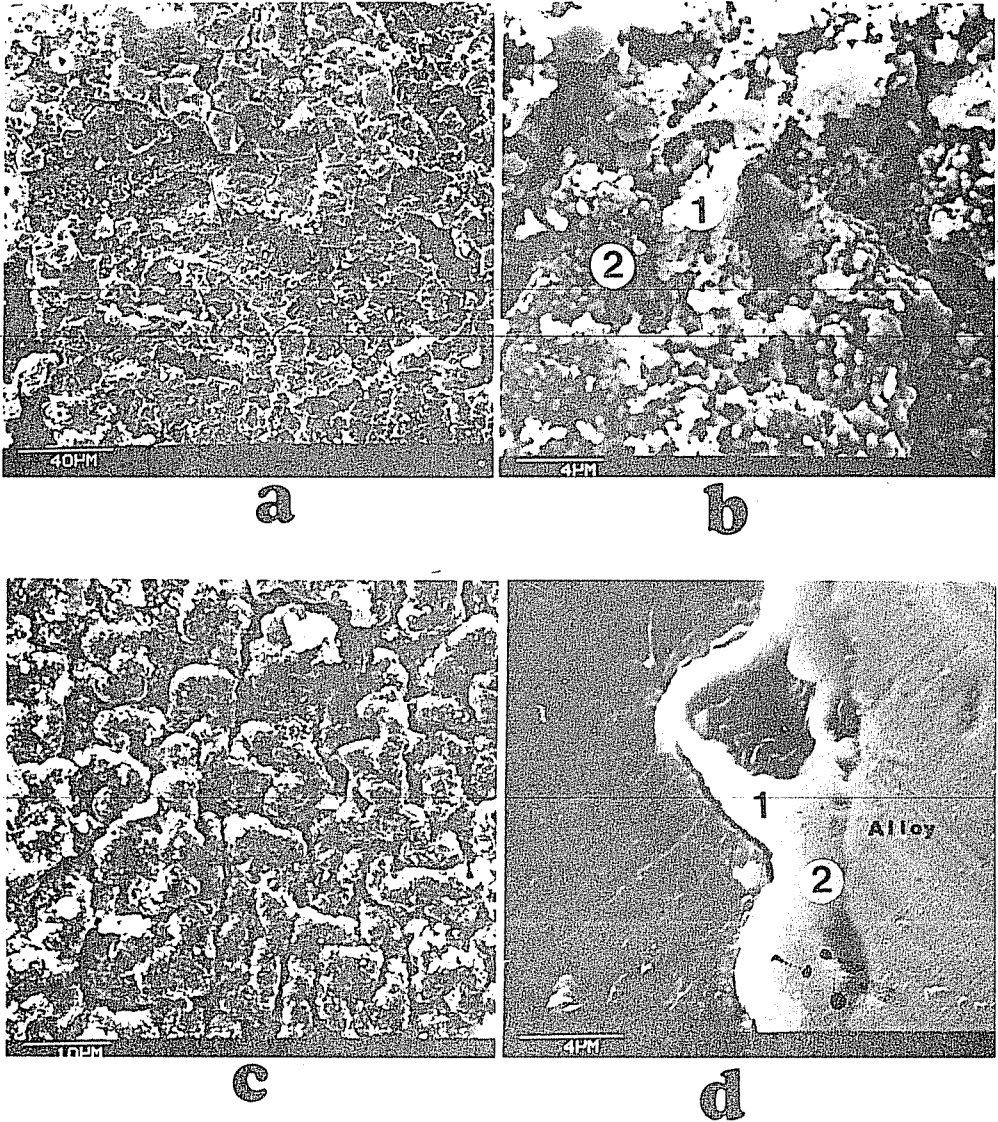


Figure 4

oxidation at 1100 °C for 40h., [a] Uncoated, [b,c] Cerium Oxide coated and Ce X-ray profile [d].

As it is apparent in Fig.(c-d), CeO₂ coating is very strong at the outer layer and it is also shown compact Cr₂O₃ development below CeO₂.

In Fig.(4), the topographic appearance of specimen in Fig(3b) which was taken by the Scanning Electron Microscope is shown (a).

Electron Microprobe Analysis have shown that a compact, adherent Cr₂O₃ scale (pt.2) grows beneath the CeO₂ layer (pt.1), (b). The appearance of protective Cr₂O₃ scale is (c).The micrograph shows the ballooning of the scale (d). Fig.(5) shows the ZrO₂ coated layer.

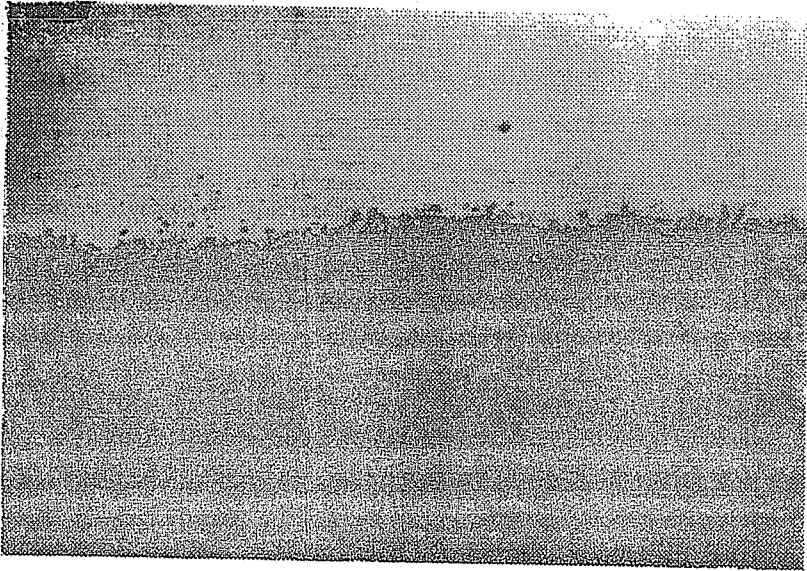


Figure 5. Cross section of Zirconium oxide coated Fe-18%Cr alloy after 10h isothermal oxidation at 1100 °C.

From the results obtained, it can be proposed that CeO₂ coating is much more effective in increasing the oxidation resistance than ZrO₂ coating. The coated samples which are done both 1000, 1100 °C shown the same resistance against the oxidation.

Small additions of Ce were found to markedly reduce the rate of oxidation and improve the scale adherence. An explanation of the Ce effects is offered in terms of stabilization of a finer oxide grain size by Ce ions and /CeO₂ particles and blocking of grain boundary short-circuit diffusion paths by Ce ions. Cyclic oxidation resistance is increased substantially by Ce additions and, to a lesser degree, by Zr additions.

As it is shown in Fig.(5), ZrO_2 is not as effective as that observed by CeO_2 coating. Although the scale has been developed on alloy is not as thick as that uncoated alloy. The scale consist of discontinuous Cr_2O_3 and spinel iron-chromium oxides as middle layer. The outer layer is Fe_2O_3 . The scale formation is also in agreement with kinetic data. It is also worth the note that there is a heavy internal oxides of Cr and Zr at the alloy/oxide interface. This is in agreement with thermodynamic data.

Zr ions and ZrO_2 particles do refine the oxide grain size and enhance the short circuit diffusion. The reduction in oxidation rate may also be due to blocking effect of the oxide particles as shown elsewhere (16).

The results obtained here for uncoated alloys were in agreement with that of by Göncel *et al* (16), Wood *et al* (22), Croll *et al* (23), and Trafford *et al* (24).

This way, Ecer *et al* (21) concluded that minute Ce additions to Ni-Cr alloys retard oxide grain growth and reduce the oxidation rate. Both effect are suggested to result from the interaction of Ce ions and / or CeO_2 particles with oxide grain boundaries.

In their research, Zr ions and or/ ZrO_2 particles, however, do result in a refined oxide grain size and reduced oxidation rate. The reduction in rate may be the result of a short - circuit diffusion blocking effect or accumulation of ZrO_2 particles at the scale/ metal interface.

The scales on these alloys are finer grained and thinner than the scales formed on the binary Ni-Cr alloys under the same oxidising conditions and, therefore, better able to accomodate growth and thermal stresses.

4. ACKNOWLEDGEMENT

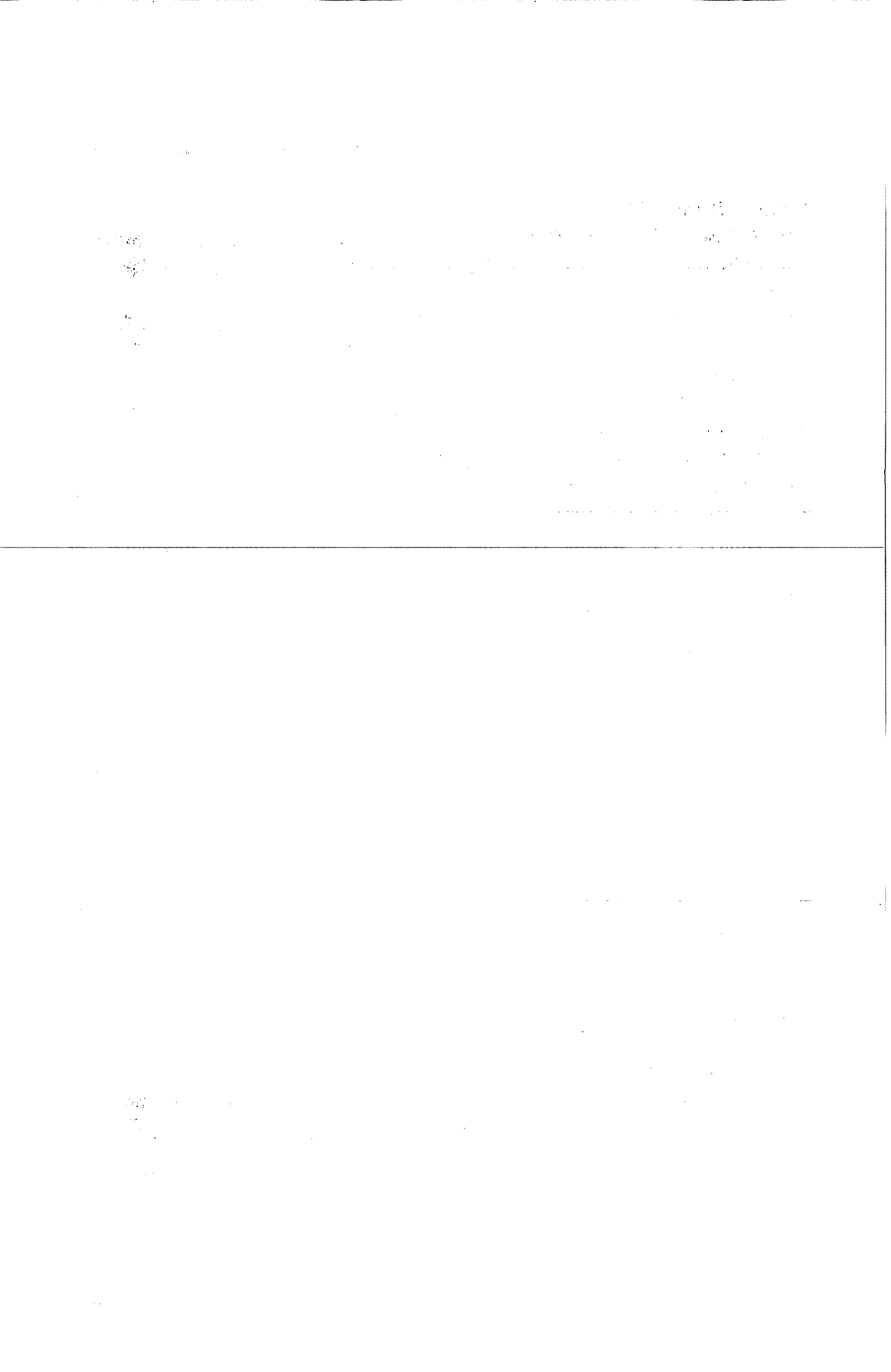
The Authors wish to express their thanks to Newcastle Upon Tyne Polytechnics, Materials Engineering Department authorities for their permission to use their laboratory.

5. REFERENCES

1. Wulf, G.L., McGIRR, M.B. and Wallwork, G.R. *Theoretical Analysis of Alloy Oxidation with Reference to Fe-Cr Alloys*, Vol.9 , pp.739-754, 1969.
2. Wood, G.C., *Oxidation of Metals*, Vol.2, p.11, 1970.
3. Tylecote, R.F., *J.I.S.I.*, Vol.195, p.380 (1960); Vol.196, p.135 , 1960.
4. Whittle, D.P. and Wood, G.C., *J.Electrochem.Soc.* Vol.114, p.986, 1967.
5. Wood, G.C. and Whittle, D.P., *Corrosion.Sci.* Vol.4, p.263 , 1964.
6. Wood, G.C., Wright, L.G., Hadgkiess, T. and Whittle, D.P., *werkst. Korros.* Vol.21, p.900 , 1970.
7. Wright, G., *oxidation of iron -, nickel -, and cobalt - base alloys. Metals and ceramics information centre report MCIC 72 - 07, June 1972.*
8. Howes, V.R., *Corr. Sci.*, Vol.8, 221, 729 (1968); Vol.10, p.99 , 1970.
9. Hessenbruck, W., "Metallen und Legierungen für Hahu Temperature" Teil 1,

Springer, Berlin, 1940.

10. Göncel, O.T., Whittle, D.P. and Stringer, J., *The Oxidation Behaviour of Fe-Cr Alloys Containing HfO₂ - Dispersed Phase*, *Oxid. of Met.*, Vol.15, No:3 pp. 287-295, 1981.
11. Stringer, J., Allan, I.M. and Whittle, D.P., *The High Temperature Oxidation of Co-Cr-Al Alloys Containing Yttrium or Hafnium Additions*, *Thin Solid Films*, Vol.45, pp.377-384, 1977.
12. Restall, J.E., *High Temperature Coatings for protecting hot components in gas turbine engines*, *Metallurgia*, p.679, 1979.
13. Pfeil, L.B., UK Patent No. 459848, 1937.
14. Chadwick, A.T. and Taylor, R.I., *International Congress on Metallic Corrosion*, Toronto, Canada Vol.3 , 1984.
15. Göncel, O.T., Whittle, D.P. and Stringer, J., *The Oxidation Behaviour of Austenitic Fe-Cr-Ni Alloys Containing Dispersed Phases*, *Corr. Sci.*, Vol. 18, p.305, 1979.
16. Göncel, O.T., Stringer, J. and Whittle, D.P., *The Effect of Internal Stable Nitride and Oxide Dispersion on the High Temperature Oxidation of Fe-Cr Alloys*. *Corr.Sci.*, Vol.18 , p.701, 1978.
17. Göncel, O.T. ve Yaşar, A.K., *Metal ve Alaşımların Yüksek sıcaklık Oksidasyon Mekanizması*, *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Yayınları*, Vol 7, No:1 pp. 87-103 , Haziran, 1992.
18. Stringer, J., Hed, A.Z., Wallwork, G.R. and Wilcox, B.A., *Corrosion Science*, 12, 1972.
19. Wallwork, G.R. and Hed, A.Z., *Oxidation of Metals*, Vol.3, p.431, 1971.
20. *British Patents No. 13721 / 35 and No. 12271 / 36.*
21. Ecer, G.M. and Meier, M., *Proceedings of the Symposium on Properties of High Temperature alloys with Emphasis on Environmental Effects*, *Electrochemical Soc. by Z.A.Foroulus and F.S.Pettit*, Vol .77-1, 1976.
22. Wood, G.C. and Whittle, D.P., *Corrosion Science*, Vol.4, p.293, 1964.
23. Croll, J.E. and Wallwork, G.R., *The High - Temperature Oxidation of Iron-Chromium-Nickel Alloys Containing 0-30 % Chromium*, *Oxid. of Met.*, Vol.4, pp.121-140, 1972.
24. Trafford, D.N.H. and Whittle, D.P., *The Salt-induced Corrosion Behaviour of Fe-Cr Alloys at Elevated Temperatures II. Alloys Rich in Chromium*, *Corr. Sci.*, Vol. 20, pp. 509-530 , 1980.



KALİTE ve ISO 9000 STANDARTLARI

O. Tuğrul Göncel

Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET: Kalite güvencesi konusunda bugün yanlış tanımlarla sık sık karşılaşmaktayız. Bazı kişiler kalite güvencesi ile imalattan sonraki hataların düzeltilmesi, bazıları ise kalite güvencesi ile super kontrol mekanizmasının ürünlere uygulanmasını ifade etmektedirler. Fakat kalite güvencesinin bir yönetim aracı olduğuna inanan, hataların sonradan değil de önceden önlenmesini hedef alan ve ürünün kalitesinin sürekliliğini her zaman sağlayan kesimler vardır. Doğrusu nedir ? ve neye ihtiyacımız vardır ? Bu makalede toplam kalite yönetimine açıklık getirilip, ISO 9000 standartları paralelinde açıklanmaya çalışılacaktır.

QUALITY CONCEPTS AND ISO 9000 STANDARDS

ABSTRACT: Many are the misconceptions being bandied about these days concerning Quality Assurance. Some believe it is all about correction of defects and failures, after the event. Others believe it is all about inspection, a sort of super checking mechanism which must be inspected into the product. Still there are those who believe that quality assurance is a management tool, which aims to prevent errors by early action and a means of getting it right first time and every time. So, just what is the truth and do need it ? Here, total quality management will be clarified and explained together with ISO 9000 standards .

1. GİRİŞ

ISO 9000 kalite standartları günümüzde oldukça popüler bir hale gelmekte ve TSE bu konu üzerinde takdir edilecek bir çalışma yürütmektedir. Basından da takip edildiği üzere bazı firmalar ISO 9000 kalite standartlarına sahip olmadıkları gerekçesiyle ihalelerden çıkarılmaktadırlar (1). ISO 9000 kalite standartları ve alt grupları TSE tarafından türkçeleştirilmiş ve ISO 9000, 9001-9005 olarak sanayicilerimize sunulmuştur. Burada kaliteli bir üretim için gerekli standartlar, gerekli organizasyonlar, personel eğitimi ve kalite el kitapları detaylı bir şekilde açıklanmaktadır (2). Kalite Güvencesi sistemlerinin ve toplam kalite yönetiminin daha iyi anlaşılabilmesine yardımcı olabilmek amacıyla, burada özellikle kalite felsefesine değinilecektir.

2. KALİTE NEDİR NE DEĞİLDİR ?

"Kalite" kelimesi son yıllarda gittikçe artan sıklıkta söylenen bir slogan haline gelmiştir. Tüketicinin güvenilirlik ve maliyet değerleri hakkında giderek bilinçlenmesi, temin ettiği madde, mamul ve hizmetlerin yüksek kaliteli olması hususunda gösterdiği özen, dikkatleri kalite konusu üzerinde yoğunlaştırmıştır

1980'li yıllarda bu konunun öneminin gittikçe arttığı gözlenmektedir. 1986 yılında yapılan pazar araştırmaları, uluslararası pazarlarda her on alıcıdan sekizinin kaliteye en az fiyat kadar önem verdiğini göstermiştir. Oysa 1970'li yıllarda yapılan benzer bir araştırma bu sayıyı sadece üç, dört olarak belirlemiştir. (3)

Pazardaki bu temel değişikliğin nedeni, gerek firmaların gerekse tüketicilerin yaşam biçimlerinde tamamen mamul ve servislerin güvenilir ve tatmin edici olmasına verdikleri önemden kaynaklanmaktadır. Mal ve hizmet üretimindeki toleransların bu derecede dar olması hataya tahammül edilmemesi dünya pazarlarındaki rekabeti de yoğun bir şekilde arttırmıştır.

20. Yüzyılın ikinci yarısında "Globalleşme" ve "İmhacı Rekabet" kavramlarının sanayi ve ticarete damgasını vurduğu görülmektedir. Korumacılığın büyük ölçüde kaldırılması, gümrük oranlarının azaltulması, yabancı sermayeye geniş imkanların tanınması, güçlü ve dinamik kuruluşların sınırların ötesine çok rahat erişmelerine fırsat vermiş, ve bunun sonucunda globalleşme ile birlikte çok sert bir rekabet ortamına yol açmıştır. Bu rekabet ortamında, hakim oldukları pazarlarda pay kaybeden şirketlerin bir kısmı küçülmüş veya yok olmuş, diğerleri ise rakiplerinin pazarından pay alma gayreti içine girmiş imhacı bir rekabet başlamış, ve sonunda dünya pazarı "kurtlar sofrasına" dönüşmüştür.

Bu yeni ortamda başarılı olabilen kuruluşlar incelediğinde, ortak özelliklerinin kalite felsefesini ve onun getirdiği yaklaşımı benimsemeleri olduğu görülmektedir.

Kalite artık işletmeler için varlıklarını sürdürübilmenin ve gelişmelerini idame ettirebilmenin temel koşulu haline gelmiştir. Bu anlayış;

"Bugünün kalitesi yarının güvencesidir"

veya

"Kaliteyi teşvik etmek, geleceği güvenceye almaktır",

deyişleriyle de kendi önemini ifade etmektedir. Japonların;

"kalite bizim için zorlukları aşma, varlığımızı sürdürülebilir stratejisidir",

şeklindeki ifadeleri ile konuya ne denli önem verdikleri görülmektedir

Kalite kavramına bakış açısının da zamanla değiştiği gözlenmektedir. Klasik anlamda kalite kontrolü ile **"hataların yakalanması"** hedefi güdüldürken, çağdaş anlamda hataların önlenmesi ve sıfır hata hedefi ile bunu gerçekleştirecek sistemin kurulması ön plana çıkmaktadır. Bugün modern işletmelerde, önceleri kurulmuş olan Proses Kontrol, ve Kalite Kontrol müdürlükleri yerini Kalite Güvenliği Müdürlüğüne bırakmış, fakat bununla da yetinilmeyip bu müdürlük yerini Kalite Kültür Projelerine bırakarak Kaliteden bir birimi sorumlu tutmak yerine tüm birimler sorumlu tutulmuş ve burada Kalite Çemberleri birer araç olarak kullanılmıştır (4).

Kalite kavramı genelde çok farklı şeyler için kullanıldığı ve çoğu zamanda yanlış kullanıldığı için açıklık getirilmesinde yarar vardır. Öncelikle akla gelen sorular şu şekilde sıralanabilir:

-Kalite nedir?

-Kalite kelimesi kullanıldığı zaman nasıl bir görüntü yaratmaktadır?

-Düşük veya yüksek kalite ne demektir?

-Kalite ölçülebilir mi? Ölçülürse nasıl ölçülecektir?

-Kaliteyi kim değerlendirecektir?

-Kalite nasıl tanımlanacaktır?

Üzerinde mutabakat sağlanan genel tanım, kaliteyi;

" amaçlara uygunluk "

olarak ifade etmektedir. Yani **"mutlak anlamda en iyisi"** demek değildir. Bu tanımdan hareketle kalite, bir mamulün kullanım amaçlarına uygunluğunu belirten özelliklerin tamamı olarak belirtilebilir. Bunun için müşterinin tatmin derecesi son derece önemli olacaktır. Buradan da görüleceği üzere, kaliteyi müşteri tanımlamaktadır. Nihai kullanıcı olan müşteri mamülden neler bekliyorsa, müşteri beklentileri kaliteyi belirleyen özellikler olacaktır.

Kalite ölçülebilir, ve mutlaka ölçülebilir olmalıdır. Yüksek kalite üretilen mamulün özelliklerinin amaçlara uygunluğunun iyi olduğu, düşük kalite ise mamul özelliklerinin amaçlara uygunluğunun zayıf olduğu zaman ortaya çıkacaktır.

Nihai mamulün müşteri tarafından ortaya konan özelliklere uygun olup olmadığı muayene işlemi ile anlaşılacaktır. Muayene, son mamulün standartlara uygun olup olmadığını tesbit için yapılan bir işlemdir. Muayene zamanında kabul veya red olayı söz konusudur. Muayene sonucu mamuller kusurlu veya sağlam olarak iki guruba ayrılırlar.

Üretim işlemi tamamlanıp bittikten sonra yapılan muayenenin kaliteyi geliştirme açısından herhangi bir katkısı yoktur. Kalite seviyesi üretim sırasında oluşmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus;

" Bozuk mal üretmektense, hiç üretmemek daha ekonomiktir"

temel prensibidir. Bu nedenle, kalite güvencesinin sağlanması gerekmektedir.

"KALİTENİN MALİYETİ" nedir ? Kaliteli bir mamül üretebilmek için maliyet artışı ne olacaktır diye sorulduğunda, kalitenin maliyetinin olmadığını, fakat **yetersiz kalitenin maliyeti olduğunu görür. Şöyleki;**

Hatadan dolayı hurdaya ayrılan mamul veya bu hataların düzeltilmesi için harcanan emek ve para düşük kaliteli imalatın yarattığı sonuçlardandır. Bu nedenle hatalı üretimin mutlaka bedelinin belirtilmesi gerekecektir.

"Para konuştuğu zaman herkes dinler",

veya

"Ölçemediğiniz şeyi yönetemezsiniz"

gibi söyleyişlerden hareketle kalitenin parasal ifade edilmesi uluslararası uygulanan bir husus olmuştur (3).

İşletmeler rekabet ortamında daha kuvvetli olabilmek için kaliteli ve ucuz mal ile pazara çıkmak zorundadırlar. Maliyeti azaltmanın bir diğer faktörü ise o da stoksuz çalışmaktır veya "just in time" diye bilinen kullanım anında teslim. Bu da ancak yan sanayiden temin edilen mamülün kalitesinin güvenilirliği ile sağlanır. Bu nedenle işletmeler bu güvenceyi verebilecek firmayla çalışmayı yeğlerler. Bunu sağlayamayan firmalar ise yok olmak zorundadırlar. Bu nedenle firmalar bünyelerinde kalite güvencesi sistemini mutlaka kurmak zorundadırlar

3. KALİTE GÜVENCESİ

Kalite Güvencesi şu şekilde tanımlanabilir. Kalite güvencesi bir periyod süresince ürün kalitesidir ve performansının belirlenmiş koşullarda ve sürede uygun olarak sağlanmasıdır. Kalite güvence sistemi mamülün tasarımından kullanıcıya ulaşıncaya kadar geçirdiği tüm evrelerin önceden tanımlanmış ve dökümanite edilmiş olmasını gerektirmektedir. Bunlar ISO 9001-9003 de detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. İşletmelerde uluslararası standartlara göre hazırlanmış üç adet kalite güvenliği el kitabı bulunmalıdır. Bunlardan birincisinde, kaliteyi etkileyen tüm faktörlere ilişkin nelerin yapıldığı açıklanmaktadır. İkincisi ise, yöntem talimatları el kitabıdır. Bu kitap iç kullanım için hazırlanmış olup görev ve sorumluluklar ile uygulanan prosedürler hakkında ayrıntılı bilgi aktarmaktadır. Üçüncü kitap ise çalışma talimatları el kitabı olup işlerin nasıl yapıldığını ayrıntılı ele almaktadır. Bu üç kitapta sırayla "ne ", "kimler " ve " nasıl " sorularına cevap verilmektedir.

Ürünlerin uygunluğuna güven duyulması üreticinin tasarım, geliştirme, üretim, tesis ve hizmet konularında yeterliliklerinin gösterilmesi ile sağlanıyorsa uygulanır.

4. ISO 9001 KALİTE GÜVENCESİ MODELİ

Bu standart, iki taraf arasındaki sözleşmede üreticinin ürün tasarımı ve temini konusunda yeterliliğinin gösterimi istendiğinde kullanılmak üzere kalite sistemi şartlarını belirtmektedir.

Standart sözleşmenin sözkonusu olduğu durumlarda;

-Sözleşmede, tasarıma ilişkin faaliyetler özellikle isteniyorsa ve ürüne ait şartlar performans açısından belirtiliyorsa veya bunların tesbit edilmesine ihtiyaç duyuluyorsa, ISO 9001 standartında diğer alt standartlardan farklı olarak ürün tasarımı konusunda yeterliliğin gösterimi de istendiği için, tasarım kontrolü söz konusudur.

Üretici, belirlenen şartların yerine getirilmesini temin maksadıyla ürün tasarımının kontrol edilmesi ve doğrulanması için prosedürleri belirlemeli ve bunların devamlılığını sağlamalıdır. Her bir tasarım ve geliştirme faaliyetine ilişkin sorumlulukları tanımlayan planlar hazırlanıp faaliyetler tanımlanacak veya bunlara atıfta bulunulacak ve tasarım geliştirildikçe güncelleştirilecektir. Bu faaliyetlerde yeterli kaynaklarda donatılmış nitelikli elemanlar görevlendirilmelidir. Ayrıca üretici yapılacak bütün tasarım değişiklikleri ve tadilatların tanımlanması, dökümantasyonu, gözden geçirilmesi ve kabulü için işlemleri belirleyecek ve bunların devamlılığını da sağlayacaktır.

5. ISO 9002 KALİTE GÜVENCESİ MODELİ

Bu standart kuruluş dışı kalite güvencesi amaçları için kullanılabilen kalite sistemleri ile ilgili standart serisini oluşturan üç standarttan birisidir (9001, 9002 ve 9003). Bu üç standartta yer alan alternatif kalite güvencesi modelleri ikili anlaşmalar için uygun olan "fonksiyonel veya kuruluş yeterliliği"nin üç farklı şeklini belirtmektedir.

ISO 9002 Modeli, belirlenen isteklere uygunluğun üretici tarafından üretim ve tesis sırasında sağlanması gerektiği durumlarda kullanılır.

ISO 9002 Standartı ile ISO 9001 ve ISO 9003'de belirtilen kalite sistemi şartlarının alternatif olmayıp, belirlenmiş olan teknik özellikleri tamamlayıcı nitelikte olduğu gözönüne alınmalıdır. Ayrıca ISO 9001, 9002, 9003 ve 9004'de ISO 9005'de yer alan tanımlar geçerlidir ve "ürün" kelimesi "hizmet" anlamında da kullanılmıştır.

ISO 9002 Standartı , sözleşmenin söz konusu olduğu durumlarda;

- 1- Ürün için talep edilen şartlar tasarım veya şartname esas alınarak belirtiliyorsa,
- 2- Ürünlerin uygunluğuna güven duyulması, üreticilerin üretim ve tesis konularında yeterliliklerinin gösterilmesi ile sağlanıyorsa uygulanır.

6. TS-ISO 9003 KALİTE GÜVENCESİ MODELİ

Bu standart , iki taraf arasındaki sözleşmede, üreticinin son muayene ve deneylerde ürün uygunsuzluğunu tesbit ve kontrol edebilme yeterliliğinin gösterimi istendiğinde kullanılmak üzere oluşturulacak kalite sistemi şartlarını belirtmektedir.

Belirli üreticilerin muayene ve deney imkanları ile bu imkanlarının ürettikleri üründe

yeterli bir şekilde gösterilmesi ve ürünün belirlenen şartlara uygunluğu hakkında güven sağlanması bir sözleşme ile arandığında TS-ISO 9003 Standartı uygulanır.

7. ISO 9004 KALİTE GÜVENCESİ MODELİ

ISO 9004 Standartı, kalite yönetimi sisteminin geliştirilerek tatbik edilebilmesi için temel elemanları tanımlamaktadır. Standartta yer alan uygun elemanların seçimi ve bunların firma tarafından adaptasyon ve uygulanma kapsamı; hizmet edilen pazar, ürün yapısı, üretim prosesleri ve müşteri ihtiyaçları gibi faktörlere bağlıdır. Dikkat edilecek nokta; bu standartın, şartlara uygunluğun kontrolünde kullanılmaması gerektiğidir.

Kalite yönetimi sisteminde birbiri ile ilgili iki husus vardır:

- 1- Firmanın ihtiyaç ve ilgi alanları,
- 2- Müşteri ihtiyaç ve beklentileri.

Her iki yaklaşım da, sistemin kalitesi ve firma ürünlerinin kalitesi ile ilgili hedeflerin bilgi ve veri bazında detaylı olarak açıklanmasını gerektirmektedir.

Yönetim, kalite politikasını oluşturmak ve kalite sistemini başlatmak, geliştirmek, uygulamak ve sürekliliğini sağlamakla ilgili kararlardan sorumludur.

Kalite yönetimi sistemi ile ilgili olan kuruluş yapısı firmanın genel yönetimi içinde açık olarak belirlenmeli yetki sınırları ve iletişim tanımlanmalıdır. Ayrıca kalite politikalarının yerine getirilmesi ve kalite hedeflerine ulaşılmasında esas olan yeterli ve uygun kaynaklar yönetim tarafından temin edilmelidir. Personelin yeterliliğini sağlamak için gerekli olan uzmanlık, tecrübe ve eğitim seviyesi de belirlenmelidir.

Kalite yönetimi sistemi için kabul edilen bütün elemanlar, şartlar ve hazırlıklar yazılı politika ve işlemler şeklinde sistematik ve düzenli olarak dökümanite edilmelidir

Kalite kontrol (K.K), kalite güvenliği içerisinde sadece bir araçtır. Kalite kontrolü denildiğinde sadece kalite kontrol ifade edilmektedir. Fakat kalite güvenliği denildiğinde hem kalite kontrol hem de kalite güvenliği ifade edilmektedir.(5)

-Kalite güvenliği için önce motivasyonun yeterli düzeyde sağlanması gerekir, ikinci önemli husus ise ,

-İnsan eğitiminin kalite güvenliği için yeterli düzeyde ve sürekli bir şekilde yürütülmesi başarının anahtarıdır.

8. TOPLAM KALİTE KONTROL

Bir işletmede başarılı bir kalite güvencesi için herşeyden önce en vasıfsız işçiden en yetkili kişiye kadar tüm personelin kalite konusunda müşterek bir lisanı sahip olmaları gerekir. Kalite güvencesi, toplam kalite kontrol yolundaki ikinci aşama olarak alınabilir. Buradaki temel felsefe, imalat işlemlerinin kontrol altında tutulmasına çalışılmasıdır. Toplam kalite kavramı, kalite güvencesi kavramının bütün işletmeye mal edilmesine dayanır. Malzemenin satın alınmasından başlayarak kullanıcının eline geçene kadar olan

çevrim içinde görev alan bütün personel, üretilen mamülün yapılabileceğın en iyisi olabilmesi için yeni yöntem ve sistemler düşünmekte, bu konuda fikir oluşturmakta, yönetime öneri sunarak herşey kalite için prensibine uygun olarak hareket etmektedir.

İşletmenin tüm birimleri müşteriyi en fazla tatmin edecek çözümü bulmaya çalışırlar. İşletmenin, pazarlama, araştırma-geliştirme, satın-alma, üretim, satış ve müşteri hizmetleri servisleri tam bir entegrasyon ve uyum içinde müşteriyi tatmin edecek sürekli kaliteyi temin etmek için top yekün çaba gösterirler. Bunlarda ancak kalite çemberleri diye adlandırdığımız çemberlerin döndürülmesi ile sağlanır, yani problem giderilinceye kadar dinamik bir inceleme başlar. Her problem bir çemberi oluşturur. Her çember çalışma saatleri içinde veya dışında çember ekibi tarafından tartışılır. Çemberin sonsuz çevrimi sağlanıp bu ivme devam ettirildiği sürece, şirket güçlenecek ve rakiplerine üstünlük sağlayacaktır.

Bir işletmenin, çalışanlarının eğitimine yatırım yapması ve daha sonra da onlarla kararları etkileyebilecek gücü paylaşması halinde, çalışanların sahip olduğu bütün potansiyelden yararlanılmış olunur. Eğitim olmaksızın karar vermeye katkıda bulunma daveti, kargaşalıkla sonuçlanır. Eğitim verilip, karar verme işlemeine katılım sağlanmazsa o zaman eğitime yapılan harcamalar da boşa gidecektir

Kalite olgusunun evrimine kısaca değinirsek, 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri'nde Dr. Deming tarafından İstatistiksel Kalite Kontrol kavramının ortaya atıldığı görülür. Aynı yıllarda, o zamanın A.B.D. hükümeti İkinci Dünya Savaşı'ndan mağlup çıkmış ülkelerin sanayileşmesine, yeniden yapılaşmasına yardımcı olmak üzere Bell Telefon Laboratuvar çalışanlarından Dr. Juran ve Dr. Deming'i seminerler ve kurslar vermeleri için Japonya'ya gönderir (6). Juran ve Deming, kalite kavramını, o zamanlar hiç bir şekilde dünya standartlarında üretim yapamayan Japonlara öğretmeye başlarlar.

Bu arada, A. Feigenbaum ilk defa 1957 yılında Toplam Kalite Kontrol kavramını ortaya atar (6). 1962'de ise Japon bilim adamı K. Ishikawa ilk kalite çemberlerini oluşturur ve bu dönemde Japonlar, kalite bayrağını Amerikalı meslektaşlarından alırlar. Japonların, Toplam Kalite Yönetimini en iyi şekilde uygulayarak uluslararası piyasada süper ekonomik güç olduklarını görmekteyiz.

Mc Kinsey & Co. firmasının 1989'da Avrupa'nın en büyük iki yüz otuz firmasının başkanları arasında yaptığı anket, Toplam Kalite Yönetimi metodlarının uygulanması ile kar marjlarının %17 arttırılabileceğini, değişken giderlerin de %35 azaltılabileceğini belirtmiştir. Benzer bir çalışma 3M şirketi için yapılmış ve Toplam Kalite Yönetimi metodlarının uygulanması ile iki yıl içerisinde şu sonuçlar elde edilmiştir (8):

- İşletme fire oranları % 64 azalmış,
- Müşteri şikayetleri % 90 azalmış,
- Üretim ise % 57 artmıştır.

A.B.D de bulunan **Corning Glass Works** firmasında Proses kontrol Yönetiminin uygulamasıyla işçilikten 200 000 \$ ve ürün geliştirmeden ise 300 000 \$ tasarruf sağlanmıştır (7).

Son zamanlarda açık olarak ortaya çıkan bir husus da, kalite ile verimlilik arasında sıkı bir bağın mevcut olmasıdır. Artık bilinmektedir ki, kalitenin artırılması verimlilikte de artış anlamına gelir. Verimlilik hesaplamalarında **çıkıtı / girdi** hesaplamalarıyla sonuca ulaşılır. Kalitede çıkıtı yerine **beğeni**, girdi yerine de **kullanılan kaynaklar** yazılmasıyla bu benzerlik ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla kalite artışı çalışmalarını beraberinde verimlilik artışını da getirecektir. Bu şekilde kalite kendi kendini finanse edeceğinden, "**Kalite Ücretsizdir**" özdeyişi ortaya çıkmaktadır

Kalite çemberlerinin başarısı salt tekniğe değil, yaratıcı amaçlardaki insan ögesine de dayanmaktadır. Kalite çemberlerinin temel amaçları şunlardır;

~~-İnsan yeteneklerini tamamen ortaya çıkarmak ve sonsuz olanaklar sağlamak~~

-Girişimin gelişmesine katkıda bulunmak

-İnsanların birbirine saygı duydukları mutlu ve anlamlı bir çalışma ortamı yaratmaktır.

Çalışanların daha önceden konmuş standartlara göre makinaların birer parçası gibi çalıştıkları fabrikalar arzu edilmeyen çalışma ortamlarıdır. İnsanı insan yapan düşünme yeteneğidir. Çalışma yerleri de insanın düşünüp aklını kullanabileceği bir yer olmalıdır.

"Kalite güvenliği için önce motivasyonun yeterli düzeyde sağlanması gerekir" Motivasyonlar nasıl sağlanır sorusuna, Amerikalı psikolog Maslow şu şekilde yanıt verir (9). İnsanları ihtiyaçlar ve arzular motive eder. İhtiyaçlar, biyolojik ve içgüdüselidir. Arzular ise insanların ihtiyaçlarını dışa vuran motorlarıdır. İnsanlar bu motivasyonlar yolu ile arzularını tatmin ederler. Bir arzu tatmin edildiğinde, insanı motive etme gücünü kaybeder. Yeni bir arzu, öncekinin yerini alır. Maslow'a göre beş tür ihtiyaçtan oluşan bir dizi motivasyon vardır. Bunlar ihtiyaçlar hiyerarşisi veya pramidi diye de bilinir. Bu Şekil 1'de gösterilmektedir.

Bunlardan birincisi veya piramidin tabanını oluşturan motivasyon;

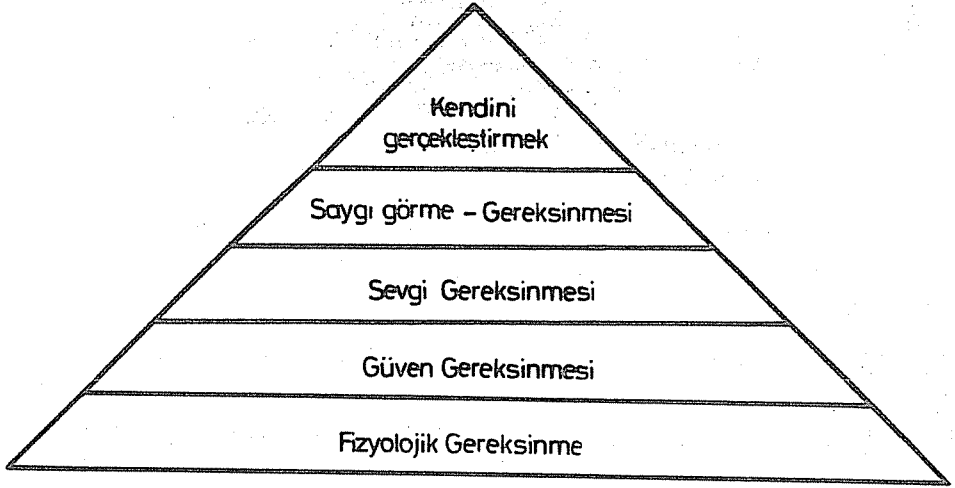
- Hava, su, besin gibi hayatta kalma yolundaki bedensel ihtiyaçları karşılama arayışı yani fizyolojik gereksinimlerdir.

İkinci ise;

-Hayatta kalma ve yokluklara karşı hazırlıklı olmak gibi, güvenlik ihtiyacından doğan motivasyonlardır. Günümüzde endüstriyel ilişkilerdeki gelişmelerle bu gereksinimin önemi giderek azalmıştır.

Üçüncü ise;

Sosyal birlikteliğe ve arkadaşlığa, sevgiye dönük arayışların karşılanmasından kaynaklanan motivasyonlardır.



Şekil 1. Maslow İhtiyaçlar Hiyerarşisi (9).

Dördüncü ise;

Saygın kişilik arayışıdır. Bu yoldaki başarısızlıklar, insanı saldırgan ve hırçın yapar. Bu motivasyonun negatif etkisi, başarılarla karşı insafsız biçimde saldırgan olmaktır.

Beşinci ve pramidin tepesindeki gereksinim ise

Kişinin kendini aşma arayışından kaynaklanır. Bu noktada, kişi çıkar ve ihtiyaçlarının ötesinde, toplumsal hedeflere yönelir.

Bu motivasyon aşamalarından üçüncüsünü geçen insanlar topluluğu "Millet", dördüncüye yönelenler "gelişmiş toplum", ve sonuncuyu hedef alanlar ise "saygın toplum" olurlar (10).

Buradan da görüldüğü üzere, Toplam Kalite Yönetimi için ilk şart "çalışanların kendinde olan tüm potansiyeli kullanması, kendini sürekli geliştirmesi, yaratıcı bir varlık olarak yaşaması" dır. Bu da Maslow'un motivasyonlar hiyerarşisinin sonuncusu, yani saygın bir toplum olabilmenin ilk şartını oluşturmaktadır,

9. KAYNAKLAR:

1. Dünya Gazetesi, 12 Ağustos 1992.
- 2.TSE, TS-iso 9000-9005 Standartları, Aralık 1991.
3. Dinçmen,M. Kalitede Yeni Yaklaşımlar Kalite Güvencesi ve Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Semineri, 25-29.5.1992 İTÜ Vakfı, Maçka İstanbul.
4. Dünya Gazetesi, 14 Ağustos 1992.
5. Dummett,R.L, Just What Do We Mean "Quality Assurance", Metalurji Dergisi TMMOB, Sayı 17, Ekim 1991.

6. Papriton, J.C. and Helzel, S.C , *Statistical Process Control for Welding, Welding Journal* 45, Mart 1991.
7. Denissoff, B.A, *Glass Industry*, 14 Oct. 1987.
8. Serarşlan, N., *Kalitede Yeni Yaklaşımlar, Kalite Güvencesi ve Bilgisayar Destekli Kalite Kontrol Semineri*, 25-29.5.1992 İTÜ Vakfı, Maçka İstanbul.
9. Ataay, D.İ. *İşletmelerde İnsan Gücü Verimliliğini Etkileyen Faktörler*, MESS, 1987 Seminerler Dizisi VI, Eğitim Kitapları Dizisi -19
10. *Dünya Gazetesi*, 10 Mayıs 1992.

DRIVE FREQUENCY - IN DESIGN OF VIBRATORY FEEDERS**İbrahim UZMAY and Şükrü SU***Erciyes Üniversitesi, Mechanical Engineering Department, Kayseri / Türkiye*

ABSTRACT : *In the design of the vibratory feeders, various factors, such as the parameters of the base and bowl and spring constant, should be considered. In order to optimize the features of the vibratory feeders, this work present an idea about the effect of the weights of the base and bowl, and the spring constant of the drive frequency. Since a heavier base reduces the energy transmitted through the pads, it is obvious that the most important parameter in design is the ratio of the base weight to the bowl weight. The optimum value of this ratio varies from 3 to 5.*

TİTREŞİMLİ BESLEYİCİLERİN DİZAYNINDA TAHRİK FREKANSI

ÖZET : *Titreşimli besleyicilerin dizaynında, gövde ve titreşim kabı parametreleri ve yay sabiti gibi değişik faktörler dikkate alınmalıdır. Titreşimli besleyicilerin özelliklerini optimize etmeye yönelik olarak, bu çalışmada, titreşim kabı ve gövde kütleleriyle, yay sabitinin tahrik frekansına etkileri araştırılmıştır. Nisbeten ağır gövdenin, tamponlara iletilen enerjiyi azaltması nedeniyle, kütle ve ağırlık oranının dizaynda en önemli parametre olduğu belirlenmiştir. Bu oranın optimum değerinin ise 3 ile 5 arasında değiştiği belirlenmiştir.*

1. INTRODUCTION

Vibratory feed bowl is one of the system used for the purpose of allowing various parts or materials to convey in industry. In designing the vibratory conveyor with helical track or vibratory feed bowl, which is employed in vertical conveying, the parameter such as the bowl diameter, base weight, track angle, spring constant, spring angle and drive frequency are taken into account. In the present study, assuming the proportion of the base weight to bowl weight, spring constant and drive frequency are basic factors, optimum design parameters of the vibratory feeder have been investigated.

2. MATHEMATICAL MODEL

In order to optimize the features of the vibratory feed bowl, physical model shown in Figure.1 has been taken as a basic system (1). In this model, the feed bowl is attached to a heavy base by inclined-leaf springs. As seen in this figure, parts are conveyed vertically by moving in a helical track inside the bowl.

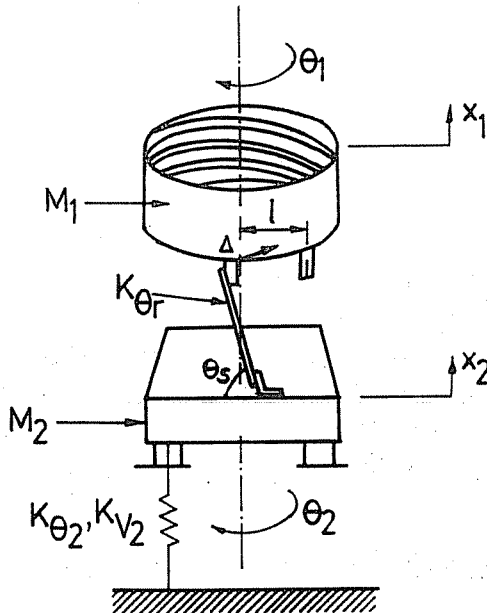


Figure 1. Physical model (1).

The equation of the motion, shown in Figure.1 can be obtained as the function of linear and angular displacements of the bowl and base. These parameters are x_1 , x_2 , $\theta_1 = \theta_1 - \theta_2$, θ_2 and δ . The parameter δ is also defined as follows:

$$\delta = \frac{\theta_r L}{\sin(\theta_s)} \quad (1)$$

Where L is the distance from the bowl center to the leaf springs, θ_s is leaf spring angle.

Thus, kinetic and potential energies of the system can be written respectively as follows (1, 2).

$$K.E. = \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} I_2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} I_1 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_r)^2 \quad (2)$$

$$P.E. = \frac{1}{2} k_{\theta_2} \theta_2^2 + \frac{1}{2} k_{v_2} x_2^2 + \frac{1}{2} k_{\theta_r} \delta^2 \quad (3)$$

Where m_1 and m_2 are masses of the bowl and base, I_1 and I_2 are moments of inertia of the bowl and base respectively. k_{θ_2} is torsional spring constant of pad, k_{v_2} is vertical spring constant of pad and k_{θ_r} is spring constant of leaf spring.

Assuming the system to be conservative using these energy equations, the of the motion equations of the feed bowl are derived by Lagrange method. For this purpose, taking leaf spring angle to be 76° , the equations are obtained in matrix form (1, 2).

$$\begin{bmatrix} m_1+m_2 & 0 & 0.249l m_1 \\ 0 & I_1 & I_1 \\ 0.249l m_1 & I_1 & 0.062 l^2 m_1 + I_1 + I_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_2 \\ \ddot{\theta}_2 \\ \ddot{\theta}_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{v_2} & 0 & 0 \\ 0 & K_{\theta_2} & 0 \\ 0 & 0 & 11.9K_{\theta_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ \theta_2 \\ \theta_r \end{bmatrix} = 0 \quad (4)$$

Eigenvalue problem of the system is solved by means of the mass matrix (M) and the stiffness matrix (K) defined in equation (4) (2, 3). Therefore, for the different values of the mass ratio and the spring constant variation of the system eigenvalues is examined.

In this analysis, general results are tried to be obtained with the object of allowing system parameters to optimize.

3. DISCUSSIONS

As stated in previous section, the effects of the base weight/bowl weight ratio and the stiffness of the leaf spring on the drive frequency have been investigated, and so, determination of the basic design principles has been aimed.

In the first place, for constant values of the stiffness of the leaf spring, the effect of the mass ratio on the drive frequency has been studied, and results were given in Figure 2. As shown in this figure, for the decreasing values of the masses of the base and bowl, the drive frequency increases as an expected. In order to improve the energy efficiency of the transport process, a heavier base ought to be selected. Consequently, it is evident that practically the mass ratios whose values are greater than 1 ($m_2 / m_1 > 1$) can be utilized. For the constant values of the mass ratio under the above limitation, the assential drive frequency decreases inversely proportional to the increasing values of the mass. Furthermore, at such the practical values of the mass ratios as 2 or 3, even if the mass of bowl changes, for the constant values of the base mass, a certain difference at the drive

frequency can not be noticed. This result shows that the base weight is one of the most important factors having an effect on the drive frequency. On account of this fact, it is clear that the weight of bowl has no certain role on the changing of the drive frequency. However, at the rather small values of the bowl weight, that is, at the relatively higher values of the mass ratio, the frequency rises rapidly as shown in Figure 3. It is also evident that this situation is not in accordance with practical purposes.

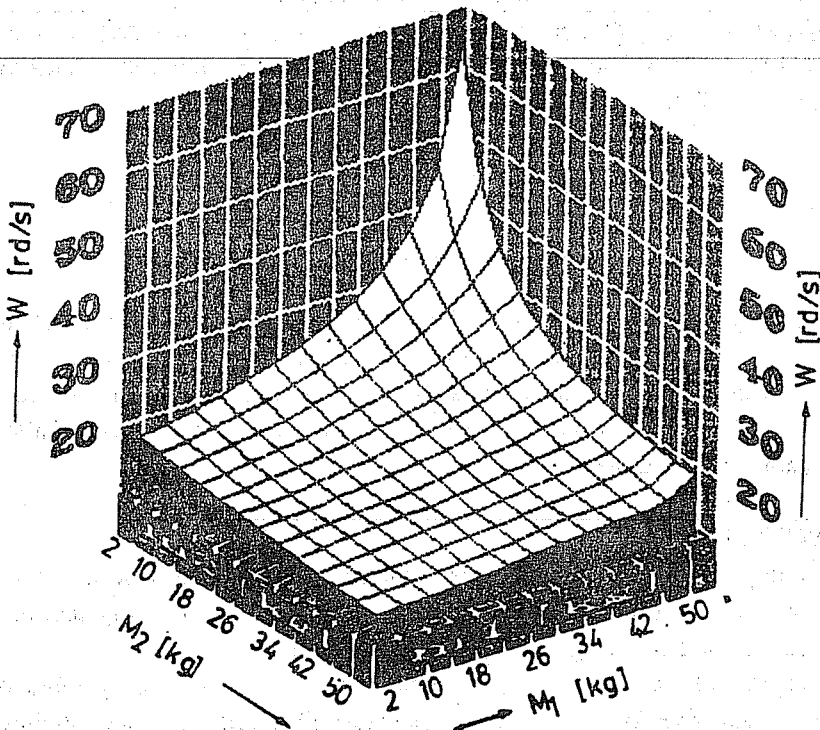


Figure 2. Variation of frequency with respect to the different masses for a definite stiffness of the leaf spring.

If Figure 2 is compared with Figure 4, it can be seen that the stiffness of the leaf spring, which attaches the bowl to base, does not bring about a certain variation on the frequency for feasible mass ratios. Because, the stiffness of the leaf spring in Figure 4 is four times

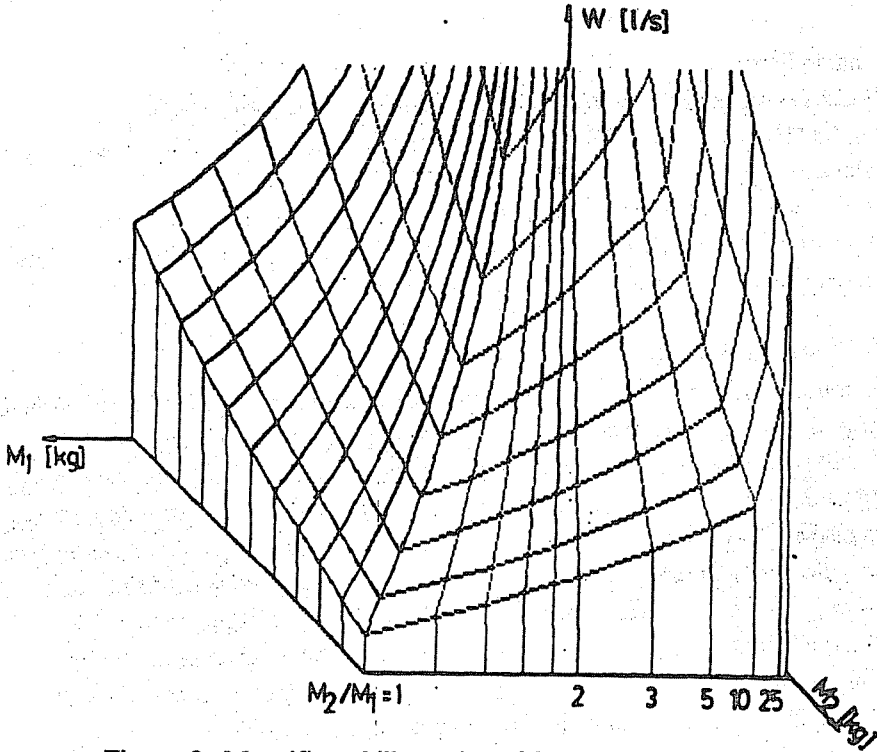


Figure 3. Magnified illustration of frequency distribution.

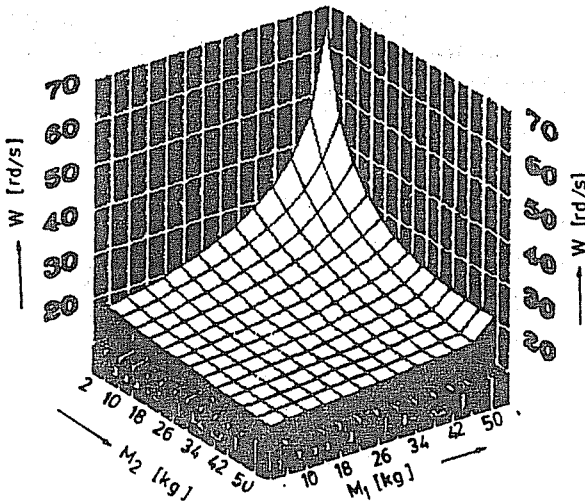


Figure 4. Frequency-mass variation for a relatively higher stiffness of the leaf spring.

of that in Figure 2.

For the suitable values of the masses, the angular frequency of the system varies from 17 to 20 (1/s). That is, the effect of the stiffness of the leaf spring on the frequency can be neglected.

In the case of a lighter base being not available due to energy losses, for the constant values of the bowl weight, a substantial variation at the system frequency does not occurred with the different values of the mass ratio.

4. CONCLUSIONS

In consequence of the above conclusions, in order to minimize the losses of the drive energy or to reduce the energy transmitted through the base and the pads, it is obvious that selecting a heavier base is in agreement with practical purposes. As a result, the proportion of the base weight to the bowl weight have to be determined so that it is greater than 1. The optimum value of this ratio ranges from 3 to 5. Furthermore for these ratios, the weight of base has been confirmed as the most effective parameter on the drive frequency, and the frequency increases rapidly with its decreasing values. The stiffness of the leaf spring corresponding the masses has no a certain influence on the frequency.

Consequently, in optimizing the design of the vibratory feeder, reasonable values of the base weight, the mass ratio and the frequency have to be considered.

5. REFERENCES

1. Erdman, A.G. and Sandor, G.N., "Advanced Mechanism Design Analysis and Synthesis" (Vol.2), Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
2. Meirovitch, L., "Elements of Vibration Analysis". McGraw-Hill, Tokyo, 1977.
3. Steidel, R.F. Jr., "An Introduction to Mechanical Vibrations, 2.Ed., Revised Printing, John Wiley & Sons, New York, 1980.

AN INVESTIGATION OF THREE DIMENSIONAL HEAT FLOW DURING SPOT WELDING USING COMPUTER SIMULATION TECHNIQUES

O. Tuğrul GÖNCEL and Ercüment ÜNAL

Çukurova University, Department of Mechanical Engineering Adana / Türkiye

ABSTRACT: *This work examines Heat Affected Zone and the heat flow during spot welding. Three dimensional differential equation was solved for quasi-stationary state to get the equation which expresses the heat flow and then it was converted to dimensionless coordinates (x^d, y^d, z^d) . Therefore the new coordinate system has been obtained and by using the simulation techniques programme, the relationship between dimensionless temperature distribution function and dimensionless coordinate system were obtained and the results were examined. Consequently isothermal curves were plotted.*

NOKTA KAYNAĞINDA ISI AKIŞININ, BİLGİSAYAR SİMULASYON TEKNİĞİYLE 3-BOYUTTA İNCELENMESİ

ÖZET: *Bu çalışmada nokta kaynağında Isı Tesiri Altındaki Bölge ve bu bölgedeki ısı akışı incelenmiştir. Burada ısı akışını ifade eden denkleme ulaşmak için üç boyutlu diferansiyel denklem "quasi-stationary state" için çözülmüş daha sonra eksenler (x, y, z) boyutsuz eksen takımına dönüştürülmüştür (x^d, y^d, z^d) . Böylece yeni denklem takımları elde edilmiş ve hazırlanan bilgisayar programı yardımı ile boyutsuz sıcaklık dağılım fonksiyonu ile boyutsuz eksen koordinatları arasındaki ilişki bulunup grafikleri incelenmiştir. Son olarak ise eş sıcaklık eğrileri çizilmiş ve incelenmiştir.*

1. INTRODUCTION

In this work heat flow during spot welding was investigated. The present work was dealt with non-stationary state, but first of all calculation of the fundamental equation of heat conduction in solid is given below (1),

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = Q_G + \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (1)$$

where

ρ = density,

c = specific heat,

λ = thermal conductivity,

Q_G = rate of temperature change due to heat generated per volume,

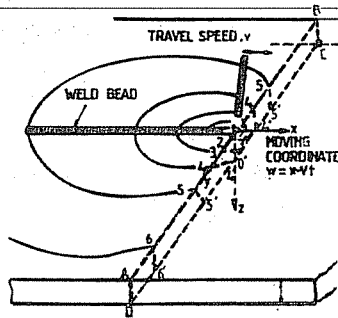


Figure 1. Schematic figure showing the temperature distribution in a plate when a weld bead is laid on the surface.

Fig. 1 shows the distribution in a plate when a surface weld bead is being laid at a speed v . Curves 1 to 6 represent isothermal curves on the transverse section, ABCD. O-xyz is the coordinate axis; the origin, 0, is on the surface underneath the welding arc, the x-axis lies in the direction of welding, and the z-axis is placed in thickness of the plate, downward. If we assume that the conductivity does not depend on temperature then the equation (1) simplifies to,

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] \quad (2)$$

where a is the thermal diffusivity.

The characteristics of heat flow during metal-arc welding are affected by the following:

A STUDY OF HEAT FLOW IN 3-D DURING SPOT WELDING BY SIMULATION TECHNIQUES

- 1) The heat source moves, usually at a constant speed, on or near the surface of the workpiece.
- 2) The size of the heat source (welding arc) is small compared to the size of the workpiece.

In the quasi-stationary state, the mathematical analysis is simple, since the problem can be treated as a steady-heat-flow problem for moving coordinate. The quasi-stationary state occurs in a small area close to the weld during long welding cycles (7,8).

Using a coordinate system (w,y,z), which moves, at the same speed as the welding arc, as shown Fig.1:

$$w = x - vt$$

$$-\frac{v}{a} \left(\frac{\partial T}{\partial w} \right) = a \left[\frac{\partial^2 T}{\partial w^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] \quad (3)$$

Equation (3) is more easily handled by replacing it with the following expression;

$$T = T_0 + e^{-(v/2a)w} \phi(w,y,z) \quad (4)$$

where $\phi(w,y,z)$ = function to be found

T_0 = initial temperature

Putting the expression (3) in (4) and performing the calculations, we find

$$\left[\frac{\partial^2 T}{\partial w^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] - \left(\frac{v}{2a} \right)^2 \phi = 0 \quad (5)$$

Initial conditions for solving the equations (5):

(a) Since the source is a point source, the heat flux through the surface of the hemisphere drawn around the source must tend to the value of the total heat, Q, delivered to the plate, as the radius of the sphere tends to be zero. Mathematically speaking, if R is the radius of the shape,

$$\lim_{R \rightarrow 0} 2\pi R^2 \lambda \frac{\partial T}{\partial R} = Q_p \quad (6)$$

(b) Heat loss through the surface being negligible, there is no heat transmission from the plate to the surrounding atmosphere:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0 \text{ for } z = 0 \text{ and } R \neq 0 \quad (7)$$

(c) The temperature of the plate remains unchanged at a very great (infinite) distance

from the source.

$$T = T_0 \quad \text{for } R = \infty \quad (8)$$

The following solution of equation (6) satisfies the above conditions:

$$T - T_0 = \frac{Q_p}{2\pi\lambda} e^{-(v/2a)w} \frac{e^{-(v/2a)R}}{R} \quad (9)$$

After solving eqns. (9) from eq. (5) now we will use dimensionless expression of the heat-flow solution for solving the temperature distribution.

As shown in Eqns.(9) the temperature change at a certain point during welding is determined by (a) the location of the point, (b) time, (c) heat supplied by the welding arc, (d) travel speed of the arc, (5) size and thickness of the plate, and (e) thermal properties of the material, etc. Investigators, including Jhaveri, et al (4) Naka and Masubuchi (5) and Christensen et al., (6) have used dimensionless expressions to simplify numerical calculations of heat-flow solution. This coordinate system are shown in Fig. 2. For example, eqn.(9) for a semi-infinite solid is expressed as follows :

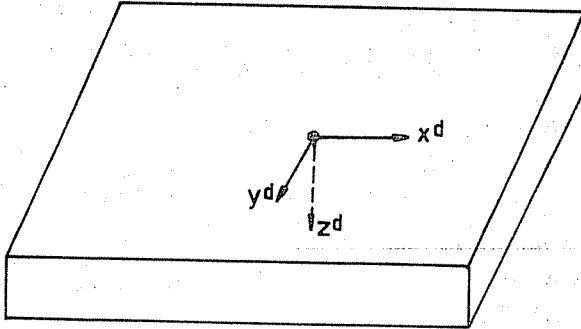


Figure 2. New coordinate system.

$$T - T_0 = MF \quad (10)$$

$$x^d = \frac{v}{2a} w, \quad y^d = \frac{v}{2a} y, \quad z^d = \frac{v}{2a} z \quad (11)$$

$$\rho_2 = \frac{v}{2a} r = \sqrt{(x^d)^2 + (y^d)^2 + (z^d)^2} \quad (12)$$

$$M = \frac{Qv}{4\pi\lambda a} \quad (13)$$

$$F = \frac{1}{\rho_2} e^{-(\rho_2 + x^d)} \quad (14)$$

Now we will explain how to calculate effective thermal power of welding arc.

Heat generated by electric power of the welding arc, H,

$$H = V * I \text{ watts}$$

The thermal equivalent of the electric power is 0.24 calories per second

$$H = 0.24 * V * I \quad (15)$$

Measured values of arc efficiency multiply with H and called thermal equivalent of the electric power of welding arc (or arc energy)

$$Q = \eta * 0.24 * 0.24 V * I \quad (16)$$

Measured values of arc efficiency vary depending on various welding processes. For example:

Submerged - arc welding = 90 - 99 %

Coated electrode welding and MIG = 60 - 85 %

TIG welding = 21 - 48 %

Our material is mild steel so we choose λ , a for mild steel.

2. MATERIAL AND METHOD

Solving the main differential equation this work is examined for three state. Firstly differential equation must be derived into sub-equations. After this step we used quasi-stationary state so we must simulate quasi-stationary state for it. Finally, we used dimensionless expression so that it is very easy to solve differential equation with the dimensionless expressions of heat flow in welding joint.

In order to solve equations we use Pascal computer language.

3. RESULTS AND DISCUSSION

F is described as a function of dimensionless variables in the welded joint and the relationship between F and dimensionless axes (x^d, y^d, z^d) has been obtained. First we will describe relationship between F and x^d (new dimensionless x axis). According to Fig. 3. x^d (new x axis) values varying from 2 to -10. z^d (new z axis) equal to zero and with different y^d values after obtaining F temperature distribution and It was seen that near the heat source, F increased. Besides this when we go far away from the source F always decreases. Maximum F is observed at the center of the source.

After this the relationship between y^d and F for various x^d values ($x^d=0$,

$x^d=1, x^d=-1, x^d=-2, x^d=-4, x^d=-10$) were examined. Once again It was observed F determines the temperature distribution according to Fig. 4. near the heat source, it was observed that F is in its maximum and when we go far away from the heat source F continuously decrease.

After these, the relationship between x^d and F was examined. This relationship is shown in Fig. 5. that when we go far away from the surface to thickness direction (z) F (temperature distribution factor) decreases. This relationship was examined for z values ($z^d=0, z^d=0.5, z^d=1, z^d=5$) on the x^d direction.

After obtaining the relationship between F and axes it was necessary to examine the relationship between temperature and axes. Firstly the temperature distribution in z^d axis for different y^d values ($y^d=-3.5, y^d=-2.5, y^d=-1.5, y^d=-0.5, y^d=0$) was observed.

It was shown in Fig. 6 that when we go far away from the heat source towards z^d direction (thickness direction) temperature continuously decreases. In addition to these, when it is gone far away from the source towards y^d direction temperature once again decreases. When we examine both condition together near the heat source for z^d and y^d axis temperature observes maximum.

We examined temperature distribution on x^d direction and we observed that Figure.7 is similar to Figure.3 (dimensionless expression).

After obtaining F temperature distribution factor isothermal curve have been drawn. It has been characteristic heat flow curve for welding structure. It is shown in Fig.8.

3. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Professor Tuncay YILMAZ for his helpful suggestion.

4. NOMENCLATURE

- T-T₀= The temperature change is expressed as a product M an F.
- Q = Effective thermal power of welding arc.)
- v = travel speed of the welding arc.
- λ = thermal conductivity
- a = thermal diffusivity ($\lambda / \rho c$)
- c = Specific heat
- ρ = density
- T = Temperature
- T₀ = Initial temperature
- F = determines the temperature distribution in the welded joint. F is function of dimensionless variables, x^d and ρ , which are determined by x, ρ_2, v and a .
- M = Governs the amount of heat. This parameters is determined by the intensity of the heat source, Q, the travel speed of the welding arc, and the

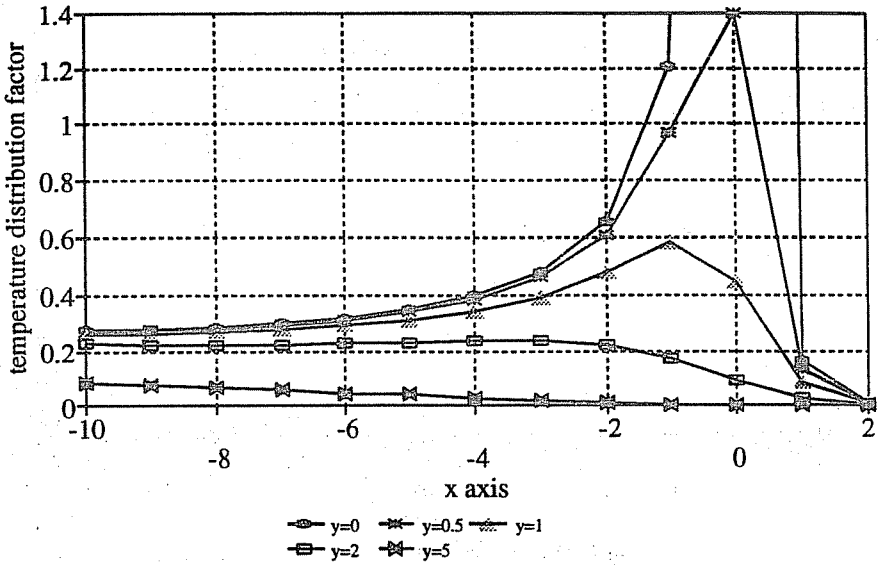


Figure 3. Relationship between dimensionless temperature distribution factor and x for different y values.

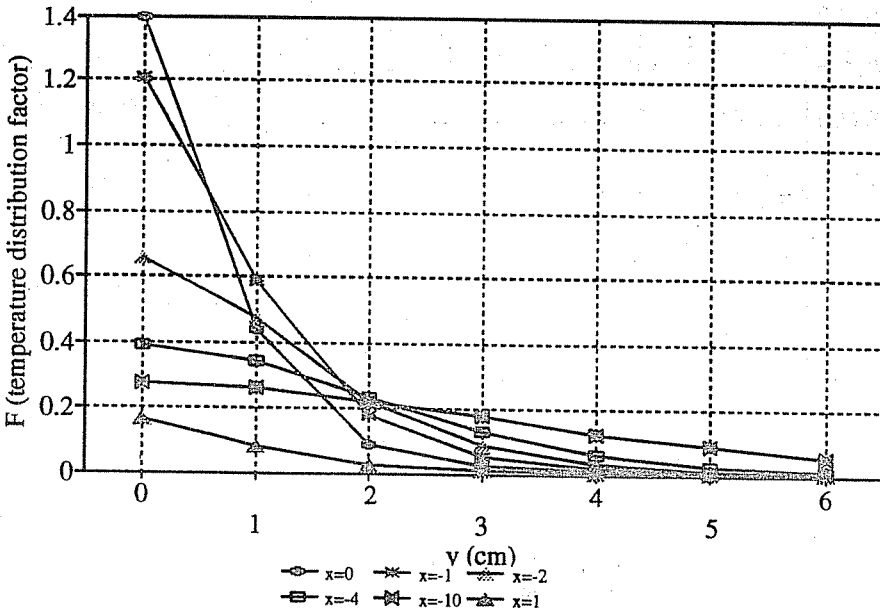


Figure 4. Relationship between dimensionless temperature distribution factor and y axis for different x values.

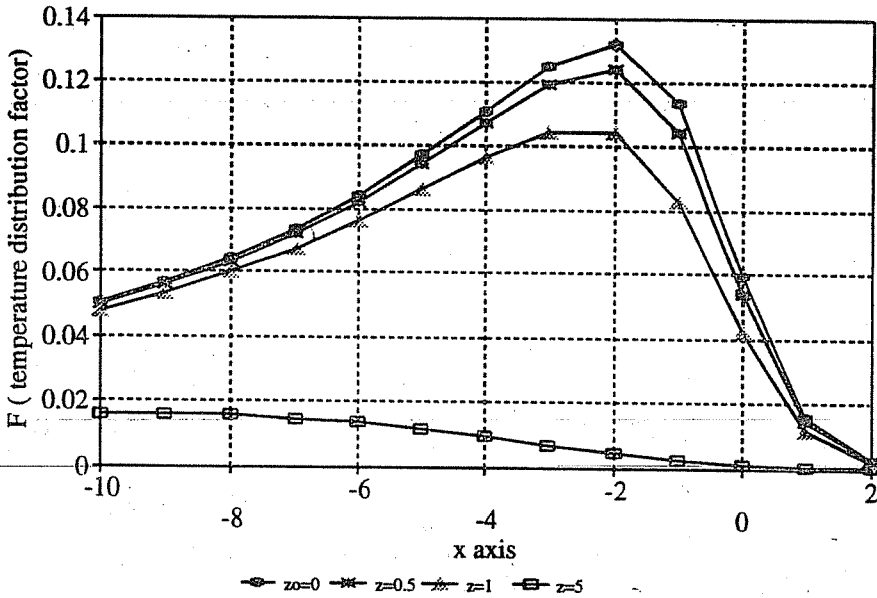


Figure 5. Relationship between dimensionless temperature distribution factor and x axis for different z values.

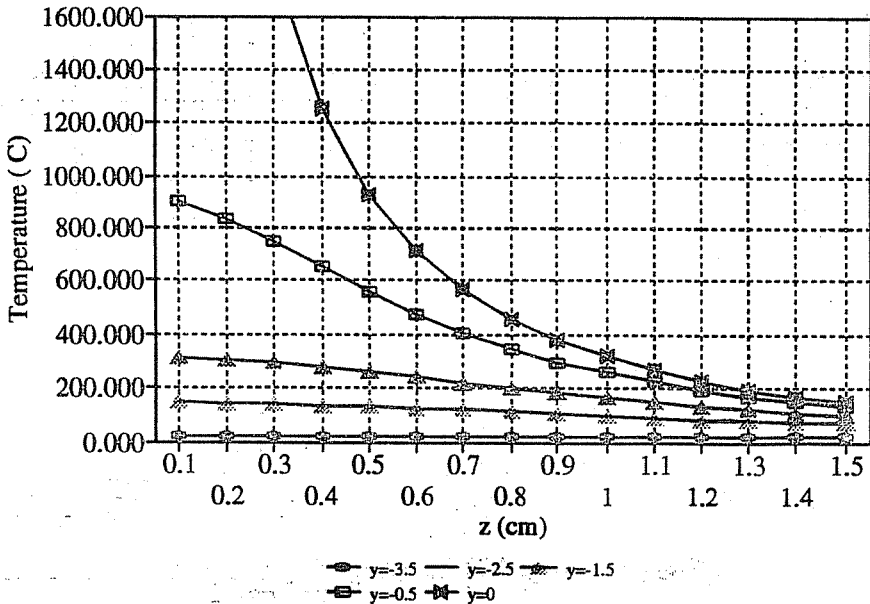


Figure 6. Relationship between temperature and z axis for different y values.

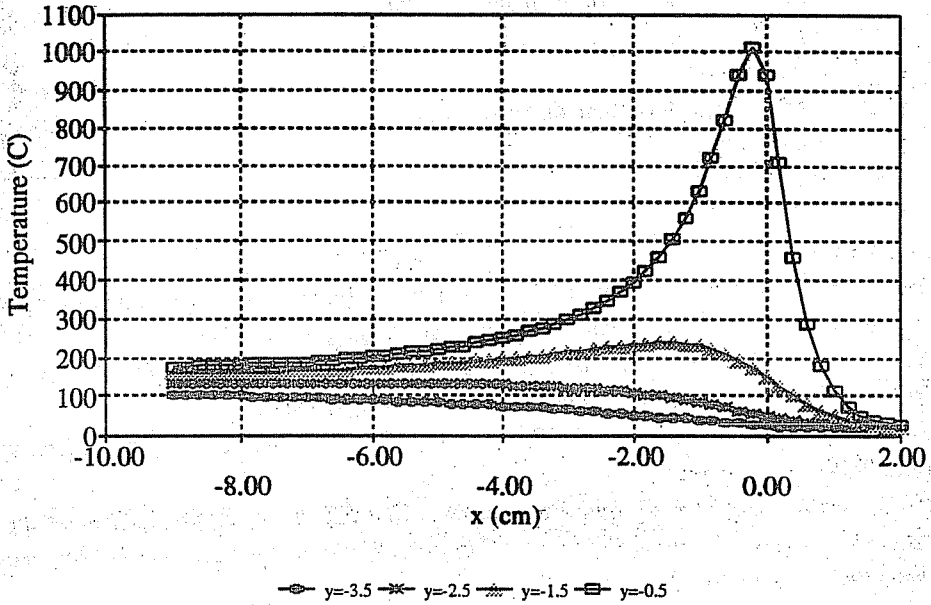


Figure 7. Relationship between temperature and x axis for different y values.

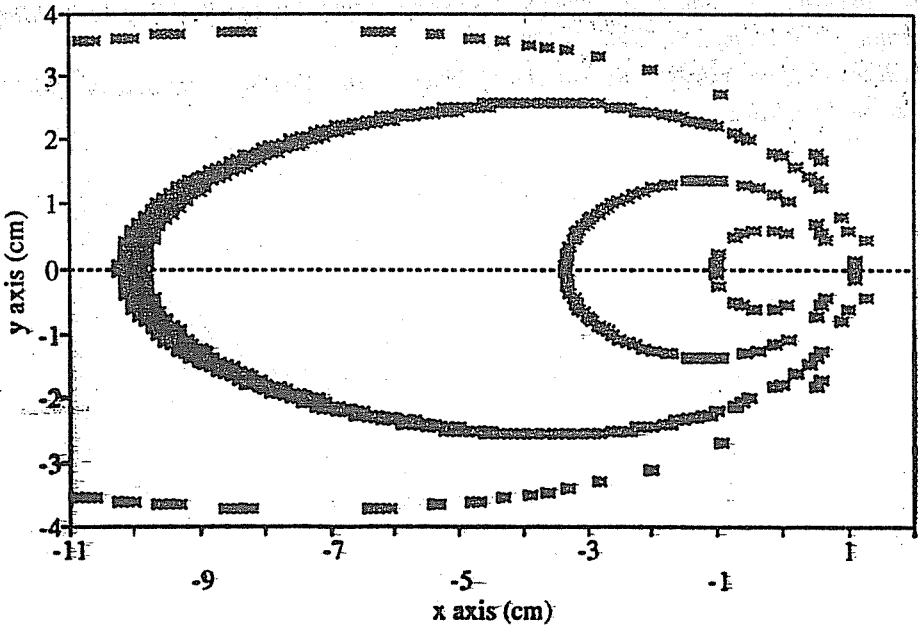


Figure 8. Isothermal curve for different f values.

- thermal properties of the material, λ and a .
- x^d = new x axis
 y^d = new y axis
 z^d = new z axis all of them dimensionless
 V = arc voltage
 I = arc current

5. REFERENCES:

1. Masubuchi, K., "Analysis of Welded Structures International Series on Materials Science and Technology, Volume 33. Pergamon Press, Oxford, 1980.
2. Mers, P.S., Uyehara, O.A. and Borman, G.L., "Fundamentals of Heat Flow in Welding", Welding Research Council Bulletin. 123, July 1967.
3. Carslaw, H.S. and Jaeger, J.C., "Conduction of Heat in Solids", Oxford University Press, 1959.
4. Jhaveri, P., Moffat, W.G. and Adams, C.M., "The Effect of Plate Thickness and Radiation on Heat Flow in Welding and Cutting", Welding Journal, 41(1), Research Supplement, 12s to 16s, 1962.
5. Naka, T. and Masubuchi, K., "Temperature Distribution of Welded Plates", Journal of Japan Welding Society, 16 (12), 374-378, 1947.
6. Christensen, N., Davis, V. de I. and Gjermundsen, K., "Distribution of Temperature in Arc Welding", British Welding Journal. 12 (2), 54-75, 1965.
7. Rosenthal, D. and Schermer, R., "Thermal Study of Arc Welding", Welding Journal, 17 (4), Supplement 208, 1938.
8. Rykalin, N.N., "Calculation of Heat Process in Welding", printed in 1960 in Moscow, U.S.S.R.

X - AĞIZ FORMUNDA ITAB'NİN BİLGİSAYAR SİMÜLASYON YÖNTEMİYLE ÜÇ BOYUTLU OLARAK BELİRLENMESİ

O.Tuğrul GÖNCEL ve Onur GÜVEN

Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada X kaynak ağız formunun kaynak dikişi civarında oluşan Isı Tesiri Altındaki Bölgenin (ITAB) oluşumuna etkisi incelenmiştir. ITAB'nin büyüklüğünü 700 °C izoterm eğrileri belirlemektedir. Bu sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda faz dönüşümünün olmadığı varsayılmıştır. Kaynak ağızı içerisinde birim kalınlıkta olan bölge 1500 °C sıcaklıkta olduğu kabul edilmiştir.

Bütün düzlemlerde malzeme orta noktasındaki ITAB'nin büyüklüğü diğer noktalara kıyasla daha büyük olduğu görülmüştür. Malzeme yüzeylerine yaklaştıkça ITAB'nin büyüklüğü küçülmekte, bu da ergimiş metalin atmosfer ile temasından dolayı, soğumasından kaynaklanmaktadır. Benzer durum Z - doğrultusunda da izlenmektedir.

Kaynak işleminin sürekli yapılması ITAB'nin büyümesine neden olmaktadır. Genel denklem incelendiğinde, ısı iletim katsayısına, yoğunluğa ve özgül ısıya bağlı olduğu görülecektir.

DETERMINATION OF HAZ IN 3-D AROUND X TYPE JOINTS BY COMPUTER SIMULATION

ABSTRACT : In this work, the formation of HAZ around X-type welding joint has been investigated. The dimensions of HAZ have been determined by isothermal curves at 700 °C. It has been assumed that below this temperature, 700 °C ; no phase transformation will take place. The welding pool temperature has also been assumed as 1500 °C along the joint.

It has been observed that the dimensions of HAZ is bigger in center of the material than that observed at the other parts. While it has been approached to surfaces HAZ become smaller and this can be explained by cooling of the welding pool. Similar behaviour can also be observed along Z-direction.

The continuity of welding operation increases the dimension of HAZ, according to the general equation, this depends on the coefficient of thermal conductivity, material density and specific heat.

1. GİRİŞ

Modern kaynak metodlarının geliştirilmesi 19. yüzyılın ortalarından sonra oksijen alevinin ve elektrik arkının bulunmasıyla başlar. Kaynak konusundaki en yoğun çalışmalar ise I. ve II. Dünya savaşları döneminde görülmektedir. Özellikle I. Dünya savaşı sırasında imalat tekniklerinin artması perçinli ve diğer birleştirmelerin yerini kaynağa bırakarak onun gelişimini sağlamıştır. Yine aynı dönemde gemi inşa sanayiinde kullanılması için yoğun gayret sarfedilmiş büyük deneyimlerden sonra bu günkü seviyeye gelinmiştir (1). Çeliklerin kaynağında çatlak testi önemli olup, yapıda oluşacak çatlaklar gerilmenin etkisiyle büyüyerek kaynakla tamir edilemeyen hasarlar oluşmakta ve parçanın değiştirilmesi gerekmektedir (2-3). Günümüzde çok ince metallerin kaynatılabildiği mikro plazma kaynakları yanında yüksek enerji ile (plazma ve lazer gibi) çok kalın metallerin kaynatıldığı çok çeşitli kaynak metodları vardır (4-5). Hemen hemen bütün kaynak yöntemleri, kaynak edilen metale malzemenin kaynak bölgesinin yerel olarak erime veya metalin katılmasına yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmasını gerektirir. İşte böyle bir sıcaklığa kadar ısıtmayı müteakip soğuma, metalde iç yapı değişikliklerine neden olduğu gibi, yüksek sıcaklık, kaynak metali, cüruf, esas metal ve ortam atmosferi arasında bir takım kimyasal reaksiyonların oluşmasına da sebep olur (6).

Bütün eritme kaynak usulleri temel olarak bir döküm işlemi andırır (7). Kaynak metali, elektrik arki veya gaz alevinin yüksek sıcaklığı karşısında erir ve daha önceden hazırlanmış olan kaynak ağızı içine dökülür. Bu arada kaynak ağızının kenar yüzeyleri de bir miktar erir ve dolayısıyla erimiş kaynak metali ve esas metal karışarak kaynak ağızı içinde katılır. Bu esnada kaynatılan parçaların kaynak dikişine bitişik kısımlarında, metalin erime sıcaklığından itibaren ortam sıcaklığına kadar çeşitli sıcaklık derecelerine ısınmış malzemenin bileşimine ve soğuma şartlarına bağlı olarak martenzitik yada temperlenmiş martenzitik yapısal bölgeler ortaya çıkar (8). Metale malzeme bir kaynak işlemi gördükleri zaman, kaynak metalinin esas metalle birleştiği kısımdan itibaren yaklaşık 1450°C ila 700°C arasındaki bir sıcaklığa maruz kalır. Kaynak dikişine bitişik olan bu bölge, ki buraya ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) denilmektedir, kaynağa tatbik edilmiş olan sıcaklık derecesinin daha doğrusu ısı çevrimin etkisi altında kalır. Bu ısı işlem bir malzemeyi fırında ısı işleme tabi tutmaktan farklıdır (9).

ITAB içinde herhangi bir sıcaklığa kadar kaynak esnasında ısınmış ve mevcut şartların tayin ettiği şekilde soğumuş bir kısmın özellikleri hakkında fikir sahibi olabilmek, meydana gelen metallurjik olayları ve bunun neticesinde ortaya çıkan yapının mekanik özelliklerini önceden tahmin edebilmek ve bu özellikleri etüd edebilmek için, kaynak bölgesindeki sıcaklık dağılımının bilinmesi önemlidir. Sıcaklık dağılımındaki gerçek durum kaynak yöntemine, kaynak ağızı şekline, ana malzemenin imalat biçimi gibi birçok değişkenlere bağlıdır (10). Sıcaklık dağılımının bilinmesi durumunda kaynak işleminin malzemeye tatbik ettiği ısı çevrimi gereken şekilde ayarlayarak kaynak edilen malzemenin özellikleri, sıcaklığın bozucu etkisinden korunabilecektir.

2. KAYNAKTA SICAKLIK DAĞILIMI

Kaynak bölgesindeki sıcaklık dağılımı ve değişimi konusunda bir çok araştırmacı tarafından teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır (11). Detaylı ilk teorik çalışma Rosenthal tarafından yapılmıştır (12). Bu çalışmada ısıl özelliklerinin sıcaklıkla değişmediği kabul edilen bir malzeme sonsuz uzunlukta, ince bir levhanın üzerinde sabit v hızıyla hareket eden ve hareketi boyunca şiddeti değişmeyen noktasal ısı kaynağından çevreye ışınlım ve taşınım ile ısı kaybını sabit alarak yarı sürekli halde iki boyutlu sıcaklık dağılımı için bir eşitlik geliştirmiştir. Rosenthal ve Cambridge yeterli derecede ince levhalarda ($L=6\text{mm}$), verilen şartların gerçekleşmesi halinde sıcaklık dağılımı için eşitlik düzeltmesi yapmıştır (13). N.N.Rykalın yarı sonsuz bir parça üzerinde hızlı hareket eden, yüksek şiddetli nokta şeklinde bir ısı kaynağı için basitleştirilmiş bir eşitlik vermiştir (14). Bu denklemin sıcaklık gradyanına tesir eden faktörlerin analizini kolaylaştırdığını belirtilmiştir. Baggerud (6) koordinatları (x,y,z) olan x doğrultusunda hareket eden nokta şeklinde bir ısı kaynağında bir noktanın sıcaklığının belirlenmesi için eşitlik oluşturmuştur. Malmuth ve arkadaşları (15) GTWA'da (Gaz Tungsten Ark Kaynağı) bir noktadaki birleşmeye alev ısısının etkisi, negatif kutbun ısı transferine etkisi ve donanımın rolü gibi üç faktörü ele almıştır. Dağsöz (16) hareketli ısı kaynaklarında sıcaklık dağılımları ile ilgili çeşitli durumlar ele almıştır. Bunlar, noktasal kaynak (hacimsel yayılma), doğrusal kaynak (düzlemsel yayılma) ve düzlemsel kaynak (doğrusal yayılma) dir. Koichi kaynakta ısı akışının analizi için bazı çözümler vermiştir (17). Bunlar, üç boyutlu durumda yarı sonsuz levha için, üç boyutlu durumda belli kalınlıktaki levha için ve iki boyutlu durumda sonsuz levha halleridir. Anık kaynak işleminde sıcaklık dağılımı ve değişimi için Baggerud'un (6) belirttiği ifadelerden bahsetmiştir (18). Kılık yaptığı çalışmada kaynak edilen malzemenin ısıl özellikleri ile ışınlım ve taşınım ile oluşan ısı kayıpları sıcaklığın fonksiyonu olarak hesaplara dahil edilmiş ve kaynak ısı enerjisinin bir noktadan değil, elektrodun kesit alanı kadar bir bölgeden tatbik edildiği dikkate alınarak, kaynak bölgesinde sıcaklık dağılımının analizine imkan veren bir nümerik model geliştirilmiştir (19). Zacharia ve arkadaşları kaynak olayını kartezyan koordinatlarda formülize etmiş ve ergimiş metalin esas metal üzerinde laminer olarak akışında sürtünmesinde dikkate almıştır (20). Tekriwal and Mazumder malzeme içerisindeki sıcaklık dağılımının belirlenmesi için sonlu elemanlar metodunu uygulamıştır (21). Zacharia ve arkadaşları aynı yazarlar tarafından Ocak 1988' de yapılan çalışmanın (20) otojen kaynağına uygulamışlardır (22). Cho ve Cho elektrik direnç kaynağında sıcaklık dağılımının matematiksel ifadesini yazmıştır (23). Eşitlikler sonlu farklar olarak ifade edilmiştir. Han ve arkadaşları (24) elektrik direnç kaynağında sıcaklık dağılımının matematik modelini üç boyutlu olarak silindirik koordinatlarda oluşturmuşlardır. Myhr ve Grong yaptıkları çalışmada termal özellikleri ve kalınlıkları farklı olan plakalar üzerinde hareket eden ısı kaynaklarında, yarı stasyonier sıcaklık dağılımlarının ana hatları için boyutsuz tablolar hazırlamışlardır (25). Bunları kalın, orta ve ince levhada ısı akışının

analitik çözümleri arasında bağıntı kurmak amacıyla yapılmıştır. Doumanidis ve Hardt malzeme üzerinde hareket eden noktasal ısı kaynağında soğuma oranı ve ısı tesiri altındaki bölgenin kritik termal özelliklerini sürekli düzenlemek için geliştirilmiş olan giriş-çıkış (input-output) modeli, bir MIMO kontrol devresinde kullanılmıştır (26). Göncel ve arkadaşları x tipi kaynak ağzında kaynak dikişi yanında oluşan Isı Tesiri Altındaki Bölgenin (ITAB) gelişimini bulmuşlar ve bu çalışmada enerji denklemini iki boyutlu geçici rejim durum için oluşturulmuş ve sonlu farklar metodu kullanılmıştır (27).

3. MATERYAL ve METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada göz önünde bulundurulan malzeme %0.5 karbonlu karbon çeliğidir. Malzemenin mühendislik özellikleri (28)' den alınmıştır. Malzeme 10.4x30x9 mm boyutlarındadır. Kaynak ağzı 60° olup 10.4x30 mm olan yüzeyin tam ortasında boydan boya açılmıştır.

3.2 Problemin Formülasyonu

3.2.1 Katı Cismin İçerisinde

Genel olarak bir cisim içerisinde sıcaklık dağılımı zaman ve yere göre değişmektedir. Eğer kaynak yapılmış bir malzemede sıcaklık dağılımı bilinirse ortaya çıkan durumu etüd etmek kolaylaşacaktır. Katı cisim içerisinde boyutları Δx , Δy , Δz olan diferansiyel elamani bir sistem olarak alalım. Katı cisim içerisinde bir ısı kaynağı bulunmadığını kabul edelim. Adı geçen sistem için termodinamiğin birinci kanunu (enerji dengesi) kartezyen koordinatlarda matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir (29). Burada $V = \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z$ dir;

$$V \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + V \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + V \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \rho V C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

Bu eşitliğin ikinci türevin tanımında dikkate alınmasıyla merkezi fark cinsinden sonlu farklar karşılıkları aşağıda görüldüğü gibi yazılacaktır;

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{(i+1,j,k,t)} - 2T_{(i,j,k,t)} + T_{(i-1,j,k,t)}}{(\Delta x)^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \approx \frac{T_{(i,j+1,k,t)} - 2T_{(i,j,k,t)} + T_{(i,j-1,k,t)}}{(\Delta y)^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \approx \frac{T_{(i,j,k+1,t)} - 2T_{(i,j,k,t)} + T_{(i,j,k-1,t)}}{(\Delta z)^2} \quad (4)$$

(1) nolu eşitliğin sağ tarafındaki $\partial T/\partial t$ için ise ileri farklar cinsinden (5) nolu eşitlik yazılabilir.

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_{(i,j,k,t+1)} \approx \frac{T_{(i,j,k,t+1)} - T_{(i,j,k,t)}}{\Delta t} \quad (5)$$

(2-5) eşitlikleri (1) eşitliğinde yerlerine yazılmasıyla ve t+1 zamandaki sıcaklığın çekilmesiyle katı cismin içerisi için ısı iletiminin sonlu farklar karşılığı elde edilmiş olacaktır.

3.2.2 Katı Cismin Ortam ile Temas Eden Yüzeylerinde

Bu durum cismin altı yüzeyi sekiz köşesi ve oniki kenar için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Aşağıda solyan yüzey için oluşturulan eşitlik verilmiştir.

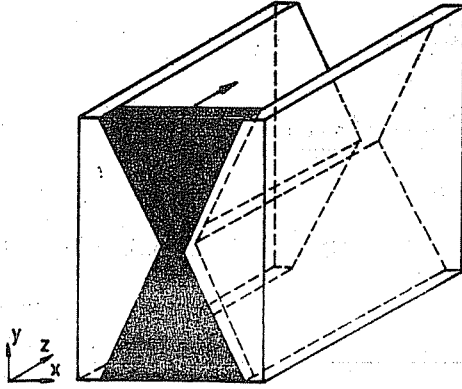
$$\begin{aligned} T_{(i,j,k,t+1)} = & \frac{\lambda \Delta T}{\rho V C_p} \left[\frac{\Delta x \Delta z}{2 \Delta y} (T_{(i,j+1,k,t)} + T_{(i,j-1,k,t)}) + \frac{\Delta x \Delta y}{2 \Delta z} (T_{(i,j,k+1,t)} + T_{(i,j,k-1,t)}) + \right. \\ & \left. \frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x} (T_{(i+1,j,k,t)}) \right] - T_{(i,j,k,t)} \left[\frac{\lambda \Delta t}{\rho V C_p} \left(\frac{\Delta y \Delta z}{\Delta x} + \frac{\Delta x \Delta z}{\Delta y} + \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta z} \right) + \right. \\ & \left. \frac{\alpha \Delta y \Delta z \Delta t}{\rho V C_p} - 1 \right] + \alpha \Delta y \Delta z T_{\infty} \frac{\Delta t}{\rho V C_p} \end{aligned} \quad (6)$$

(6) nolu eşitlikte görülen α , ışıma ve konveksiyon ısı transfer katsayılarının toplamını ifade etmekte, T_{∞} ise ortam sıcaklığını göstermektedir. Isı transfer katsayılarının hesaplanmasında Göncel ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada (28), belirtilen durumlarda verilen eşitlikler kullanılmıştır. Başlangıç ve sınır şartları Şekil-1 göz önüne alınarak şu şekildedir.

$$T_{(x,y,z,t \rightarrow \infty)} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

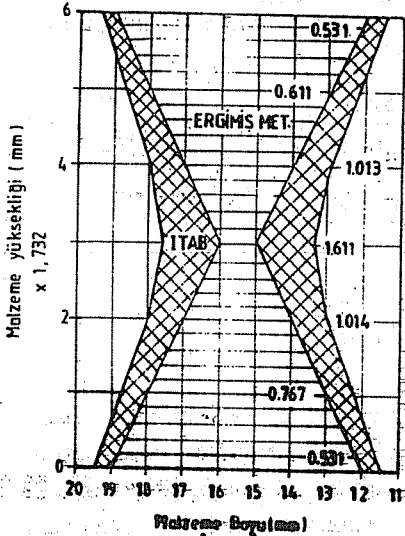
$$T_{(x,y,z,t=0)} \rightarrow \text{kaynak ağızında 1 mm kalınlıkta olan}$$

bölge $1500 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklığında ve diğer kısımlar ortam sıcaklığındadır ($20 \text{ } ^\circ\text{C}$).Malzemenin

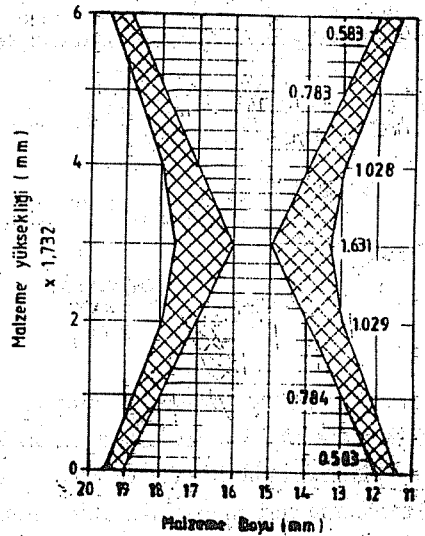


Şekil 1. Kaynak Edilecek Malzeme

durgun hava ortamında olduğu dikkate alınmıştır. Üç boyutlu olarak oluşturulan sonlu farklar eşitlikleri, sınır şartları ve soğuma durumlarını dikkate alınarak fortran yazım dilinde bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu programdan elde edilen izoterm eğrilerinin kaynak ağzı boyuna ağız formu düzlemindeki dağılımı Şekil - 2' de verilmiştir.

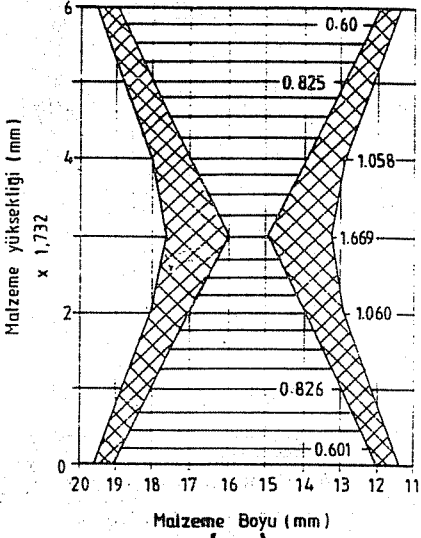


(a)

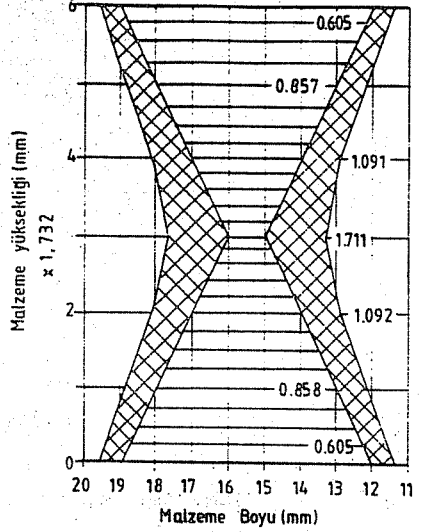


(b)

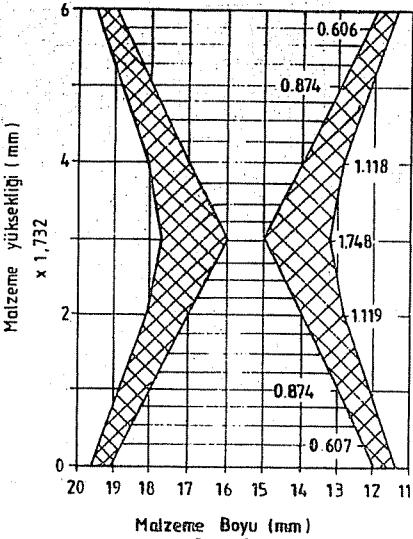
X-AĞIZ FORMUNDA ITAB'NİN ÜÇ BOYUTLU OLARAK İNCELENMESİ



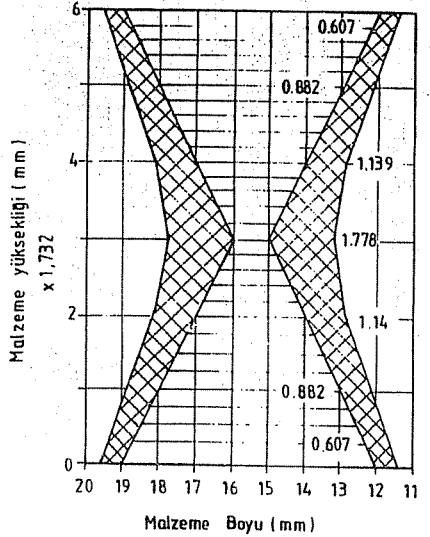
(c)



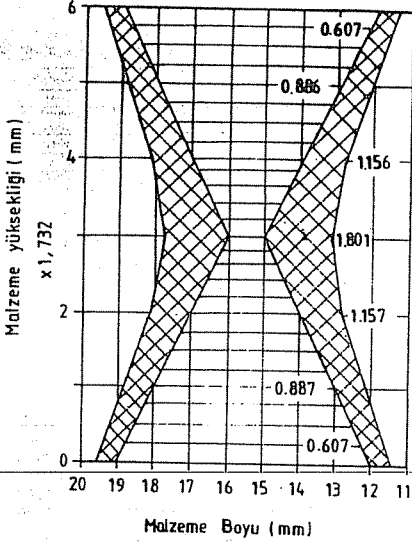
(d)



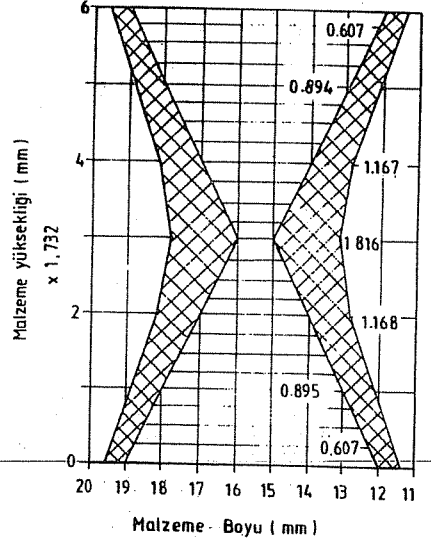
(e)



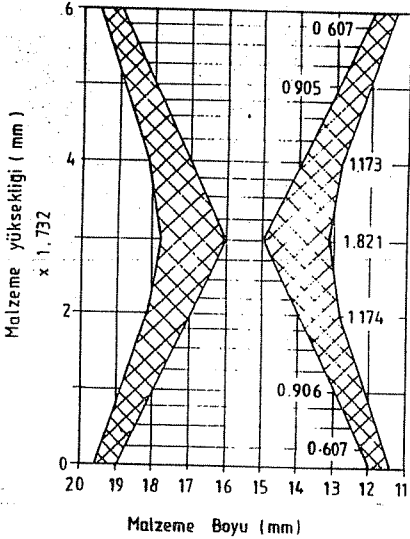
(f)



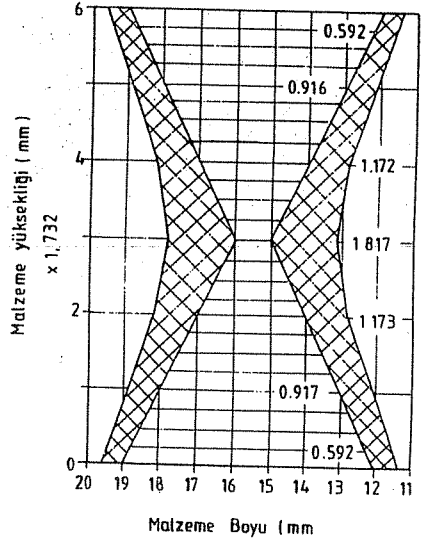
(g)



(h)



(i)



(j)

Şekil 2. Kaynak ağızı boyunca ITAB'nin malzeme yüksekliği ve boyu ile değişimi.

Burada ; (a) Z=0, (b) Z=1, (c) Z=2, (d) Z=3, (e) Z=4, (f) Z=5, (g) Z=6, (h) Z=7,

(i) Z=8, (j) Z=9 düzlemlerini göstermektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışmada % 0.5C' içeren çelikte X kaynak ağız formu açılmış varsayılmıştır. Elde edilen ITAB'nin izoterm eğrileri anlık olmayıp, kaynağa başlama ve bitiminden sonra (ortam sıcaklığına soğuyana kadar) malzemenin 700 °C sıcaklıktan etkilenen kaynak ağız formundan en uzak noktaların konumudur. 700 °C sıcaklığın altındaki noktalarda faz dönüşümünün olmadığı kabul edilmiştir. Kaynağa başlama anında birim kalınlıkta 1500 °C sıcaklığındaki bölgenin ilerlemesi 0.03 zaman artımlarında, sıcaklık dağılımları ise çözümün kararlılığı kontrol edilerek $x=1.0$, $y=1.732$, $z=1.0$ mm boyutları için üst değer olan 0.01 bulunmuştur.

Şekil-2 incelenirse bütün düzlemlerde malzeme orta noktasındaki ITAB'nin büyüklüğü, diğer noktalara göre daha büyük olduğu görülmektedir. Malzeme yüzeylerine ($y=0$ ve $y=10.4$) yaklaştıkça ITAB'nin büyüklüğü küçülmektedir. Bu da kaynak banyosunun atmosfer ile temasından dolayı soğuması ile açıklanmaktadır. Kaynak banyosunun (1500 °C) malzemeye ilk değdiği yüzey ($z=0$) ile ilerleme yönündeki (z doğrultusu) yüzeylerde görülen büyüme, kaynak banyosunun ilerlemesi anında banyo önündeki hacmin sıcaklığının sürekli artmasından kaynaklanmaktadır. Ancak son yüzeyde ($z=9$) ITAB'nin büyüklüğünde bir önceki düzleme göre ($z=8$) azalma olmuştur. Bu azalma yine ($z=9$) yüzeyinin ortamla temas durumunda olmasından meydana gelmiştir. Sonuç olarak kaynak işleminin sürekli yapılması ITAB'nin büyümesine neden olmaktadır. Genel denklem incelendiğinde (denklem (1)), ısı iletim katsayısına, yoğunluğa ve özgül ısıya bağlı olduğu görülecektir. Bu katsayılar sıcaklığa bağlı olarak değişen ısıl özelliklerdir. Kaynakta çevreye yayılan ısı kayıpları ihmal edilemez derecededir. Diğer kaynak ağız tipleri I,Y,K ve V daha sonraki yayınlarda sunulacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Ertürk, I., *Kaynak Teknolojisi Eğitimi. 1.Ulusal Kaynak Sempozyumu Tebliğ Özetleri, Kasım,1984.*
2. Akselsen, O.M., Rqrvik, G., *Tensile Properties of Heat Affected Zone of Medium Strength low Carbon C-Mn and 2.25 Cr-1Mo steels, Materials Science and Technology, Vol-6, 383-389,1990.*
3. Liers, J., Würzburg, *Heat-Affected-Zone Hot Cracks in Black- White Joints, Welding and Cutting, 203-206,1989.*
4. Anık, S., *Kaynak Tekniği El Kitabı, Gedik Holding Yayını, Şubat, 1991.*
5. Göncel, O.T., *İmalat Teknolojisi, Ç.Ü. Müh.Mim.Fak.No-13, Adana, 1991.*
6. Baggerud, A., (Çev. Anık, S., Tülbentçi, K.), *Kaynak Metallurjisi, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Kod:50944,1966.*
7. Tülbentçi, K., *Kaynak Simülasyonu ve Uygulamadaki Önemi, 1.Ulusal Kaynak Sempozyumu Tebliğ Özetleri, Kasım,1984.*
8. İnce, H., *Elektrik Ark Kaynağında Isının Tesiri Altındaki Bölgede Tane İrileşmesinin Etüdü, İ.T.Ü.Mak.Fak.Doktora Tezi,1982.*

9. Henry, O.H., Claussen, F.E., *Welding Metalurgy, Vol.1-2, New York, 1940.*
10. Wulff, J., Taylor, H.F., Shaler, A.J., *Metallurgy for Engineers, London, 1986.*
11. Spraragen, W., Claussen, F.E., *Temperature Distribution During A Review of the Literature to January 1, 1937, Welding Research Supplement, 4-10, September, 1937.*
12. Rosenthal, D., *Mathematical Theory of Heat Distribution During Welding and Cutting, Welding Research Supplement, 220-234, May, 1941.*
13. Rosenthal, D., Mass, C., *The Theory of Moving Sources of Heat and Its Application to Metal Treatments, Transactions of The A.S.M.E., 849-866, November, 1946.*
14. Rykalin, N.N., *Berechnung der Waermevorgaenge beim Schweissen, VEB-Verlag Technik, Berlin, 1957.*
15. Malmuth, N.D., Hall, W.F., Davis, B.I., Rosen, C.D., *Transient Thermal Phenomena and Weld Geometry in GTAW, Welding Research Supplement, 388-400, September, 1974.*
16. Dağsöz, A.K., *Isı Geçişi Cilt-1, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı-978, 1974.*
17. Masubuchi, K., *Analysis of Welded, International Series on Materials Science and Technology, Volüme 33, USA, 1980.*
18. Anık, S., *Kaynak Tekniği Cilt-3, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı-1183, 1981.*
19. Kılık, R., *Kaynak Bölgesindeki Sıcaklık Dağılım ve Değişimine Isıl Özelliklerin Gizli Ergime Isısının ve Elektrod Çapının Etkisi, İ.T.Ü. Mak.Fak.Doktora Tezi, Ekim, 1983.*
20. Zacharia, T., Eraslan, A.H., Aıdun, D.K., *Modeling of Non-Autogenous Welding, Welding Research supplement, 18-27, January, 1988.*
21. Tekriwal, P., Mazumder, J., *Finite Element Analysis of Three-Dimensional Transient Heat Transfer in GMA Welding Research Supplement, 150-156, July, 1988.*
22. Zacharia, T., Eraslan, A.H., Aıdun, D.K., *Modeling of Autogenous Welding, Welding Research Supplement, 53-62, March, 1988.*
23. Cho, H.S., Cho, Y.J., *A Study of the Thermal Behavior in Resistance Spot Welds, Welding Research Supplement, 236-244 June, 1989.*
24. Han, Z., Orozco, J., Indacochea, J.E., Chen, C.H., *Resistance Spot Welding A Heat Transfer Study, Welding Research supplement, 363-371 September, 1989.*
25. Myhr, O.R., Grong, Q., *Dimensionless Maps for Heat Flow Analyses in Fusion Welding, Acta metall. Mater. Vol.38.No.3, 449-460, 1990.*
26. Doumanidis, C.C., Hardt, D.E., *Multivariable Adaptive Control of Thermal Properties During Welding, Journal of Dynamic Systems Measurement and Control, Vol.113, 82-92 March, 1991.*
27. Göncel, O.T., Ünal, E., Güven, O., *An Investigation of Heat Affected Zone (HAZ) and Heat-Flow During Welding by Computer Simulation Techniques, Çukurova University Journal of Faculty of Engineering Architecture, Vol-7, No-1, 217-229 June, 1992.*
28. Yılmaz, T., *Isı Transferi Teori ve Uygulamaları, Adana, 1985.*
29. Kakaç, S., Yener, Y., *Heat Conduction, Ankara, 1979.*

COMPUTER AIDED DESIGN OF GEARS IN MULTI-SPEED GEARBOXES

I.Hüseyin FILİZ

University of Gaziantep, Department of Mechanical Engineering, Gaziantep / Türkiye

ABSTRACT : *A practical method for designing gears in multi-speed gearboxes is developed and automated with an interactive and highly user oriented computer program. Basic principles in obtaining kinematical arrangement diagrams are discussed. A general model for the arrangement of the gears and their shafts is suggested. An algorithm is developed to design all the gears in gear boxes.*

ÇOK KADEMELİ DİŞLİ KUTULARINDA DİŞLİLERİN BİLGİSAYAR YARDIMLI TASARIMI

ÖZET : *Dişli kutularındaki dişlilerin tasarımı için pratik bir metod geliştirilmiş ve etkileşimli bir bilgisayar programı ile otomatikleştirilmiştir. Kinematik hız diyagramlarının temel prensipleri tartışılmıştır. Dişlilerin ve millerin düzeni için bir model önerilmiştir. Dişli kutularındaki dişliler için bir algoritma geliştirilmiştir.*

1. INTRODUCTION

The main purpose of multi-speed gearboxes is to provide a series of speeds that meet the requirements of the systems in which they are used. A careful consideration must be given in the design of geartrains since they bring the system an extra inertia and elasticity.

In general, design study of gearboxes includes the following steps:

a) Obtaining kinematical arrangement diagram for a specified number of shafts and speeds.

b) Determining the sizes of the gears in each transmission to transfer the power safely according to the kinematical arrangement diagram obtained in the first step.

The design process of the gearbox is considered to be completed if, in addition to the above, the shaft sizes, the types and sizes of the bearings and the details of the housing are determined. But these are all dependent on the results of the first two steps. Kinematical arrangement diagrams have received considerable attention and the ways of obtaining these are thoroughly discussed in the literature (1-5). Sizing of gears is as well studied in detail but separately from the kinematical analysis (5).

In this study, kinematical arrangement diagrams are reviewed and among their various alternatives, the most suitable one that will result in a small size gear box is discussed. An automated design method which takes the speed, strength and wear requirements into account, is developed. Gears are sized by using AGMA approach. The discussions in the following are basically for machine tools, but they can as well be applied to some other types of applications.

2. KINEMATICAL ARRANGEMENT DIAGRAM (KAD)

A general kinematical arrangement diagram is shown in Fig.1. It includes the data which are namely: number of transmission groups, transmission ratios, number of transmissions in each group, the relative order of the groups in the train of the transmissions, characteristics of each group and the relation between transmission ratios.

On the diagrams, shafts are represented by horizontal lines at equal distance from each other. The last line represents the output shaft and contains the output speeds. In determining the output speeds, geometric progression method is generally used for machine tool gearboxes (1, 2). This method is accepted as most advantageous since it provides an even distribution of the output speeds for given speed range (3, 4).

A constant progression ratio is used between two consecutive spindle speeds. In practical application, standard progression ratios are used and they are obtained by using the properties of decimal preferred numbers as suggested by Koenigsberger (1). Standard progression ratios, ϕ , are 1.06, 1.12, 1.41, 1.58, 1.78 and 2. Selection of one of these is governed by the number of speed steps and by speed distribution for the given speed range. For greater number of speed steps, a smaller progression ratio will be used but one must be aware that this will increase the cost of the gearbox.

COMPUTER AIDED DESIGN OF GEARS IN MULTI-SPEED GEARBOXES

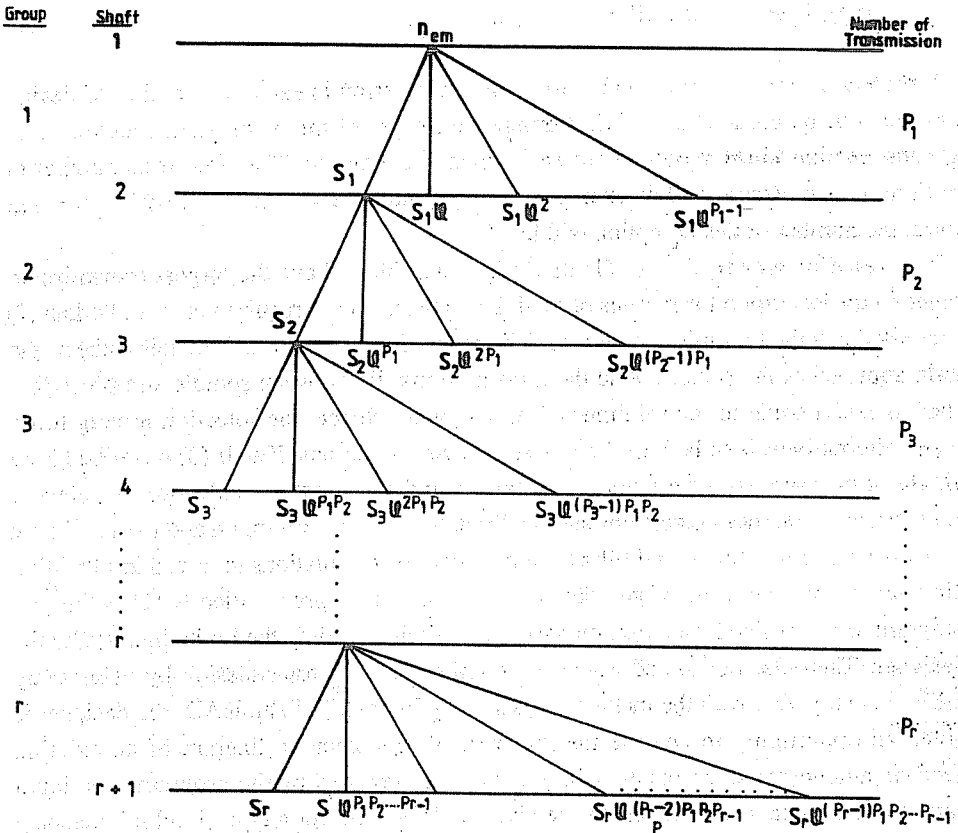


Figure 1. General kinematical arrangement diagram.

As it is seen in Figure.1, the total number of groups in each gearbox is equal to the number shafts minus one and the number of speed steps z may be expressed in terms of the numbers of simple transmissions in each groups

$$z = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \dots P_r \tag{1}$$

It is accepted as a good practice to select a number for z which has factors of 2 and 3 since the gearboxes with uniform groups having $p=2$ and $p=3$ transmissions in each groups provide the minimum number of transmissions in all groups. When transmission ratios of each group are set up, they can be arranged in any order to obtain the same output speeds by changing the number of transmission in each group. If there are r groups than there will be $r!$ different arrangement. i.e.

$$\begin{aligned}
 z &= P_1, P_2, P_3, \dots, P_r = P_2, P_1, P_3, \dots, P_r \\
 &= P_3, P_2, P_1, \dots, P_r = \dots
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

If there are t groups with equal number of transmission in each, the number of design options will be reduced to $r! / t!$. Arrangement order of the main, first, second, groups also introduce $r!$ options for each kinematic diagram. Therefore total number of options will be $(r!)^2 / t!$. For example for the structure $z=12=2.2.3$ in which $r=3$ and $m=2$, the number of design option will be 18.

It is stated by Koenigsberger (1) that it is preferable to have the largest transmission range in the last group for reasons of tooth strength and space requirements. Acherkan (2) suggested that the transmission ratio must be reduced to a smaller and smaller value as the train approaches the spindle. And the transmission ratio between spindle and preceding shaft is taken equal to the minimum limiting value. Hence, the selection among those many alternatives, is to be based on these two considerations. Karsh (3) described how all the kinematic arrangements are obtained and the most suitable one is selected considering the above suggestions and the limitations on the minimum and the maximum transmission ratios. Karsh and Filiz (3) automated the calculations involved in obtaining kinematical arrangements of gearboxes by a computer program called KAD. With that program, they obtained the recommended options which satisfy the limitations set by the designer. They also calculated gear teeth numbers in each transmission by using Gray method (7) together with the method suggested by Reddy (8). With KAD, the designer is given an opportunity to analyse the kinematical arrangement diagram of an existing gearbox and compare the results with the solution provided by the program. The input data and limitations and the results are given in Tables 1-2 for a typical milling machine available in the markets, for the sake of the completeness of the discussion and for the analysis in the following.

3. MODELLING AND LIMITATIONS OF GEARTRAINS

After constructing KAD which provides required speed ratios, the determination of gear sizes comes. In this study, only spur gears are to be considered. Fig. 2 shows a schematic view of 3-shafts, 6-speeds gearbox. The first group has two transmissions and the second group has three transmissions. Shaft-A is directly connected to an electric motor and hence serve as input shaft. All shafts are parallel but they do not necessarily lie in the same plane. If plane of the shaft A-B is taken as datum, than the relative positions of three shafts might be rearranged by changing the angle of plane of shafts A-B, and shafts B-C. In the case of n shafts, the number of angles that determine the relative positions of shafts is equal to $n-2$.

Shafts are considered to be stepped at sections where gears are located. Increasing or decreasing the order of the shaft diameters at each step are as indicated in Fig.2. The axial

COMPUTER AIDED DESIGN OF GEARS IN MULTI-SPEED GEARBOXES

Table.1

| INPUT VALUES | |
|------------------------------|-----------|
| NUMBER OF SPEEDS | : 12 |
| NUMBER OF SHAFTS | : 5 |
| SHAFTS WITH ONE TRANSMISSION | : 1 |
| INPUT SPEED (RPM) | : 1400 |
| MINIMUM SPEED (RPM) | : 42.0 |
| MAXIMUM SPEED (RPM) | : 1988.02 |
| PROGRESSION RATIO | : 1.42 |
| LIMITATIONS | |
| MINIMUM TEETH NUMBER | : 18 |
| TOTAL TEETH NUMBER | : 120 |
| % ERROR ON GEAR RATIO | : +/- 1% |
| % ERROR ON OUTPUT SPEED | : +/- 2% |
| MINIMUM TRANSMISSION RATIO | : 0.25 |
| MAXIMUM TRANSMISSION RATIO | : 2.20 |

Table.2

| KINEMATIC ARRANGEMENT DIAGRAM FOR A MILLING MACHINE | | | | | | |
|---|--------------|----------------------|------------|-------------------|-------------|---------|
| GROUP NO | SPEED NUMBER | POW.OF PRG.RT | REQ. RATIO | TEETH NUMBER | FOUND RATIO | % ERROR |
| 1 | 1 | 0 | 0.714 | 25:35 | 0.7143 | -0.040 |
| 2 | 3 | 0 | 0.500 | 20:40 | 0.5000 | -0.000 |
| | | 1 | 0.71 | 25:35 | 0.7143 | -0.604 |
| 3 | 2 | 2 | 1.008 | 30:30 | 1.0000 | -0.813 |
| | | 0 | 0.346 | 18:52 | 0.3462 | -0.004 |
| 4 | 2 | 3 | 0.991 | 35:35 | 1.0000 | 0.939 |
| | | 0 | 0.25 | 18:72 | 0.2500 | -0.000 |
| | | 6 | 2.05 | 60:30 | 2.0000 | 2.420 |
| SPEED NO | | REQUIRED SPEED (RPM) | | FOUND SPEED (RPM) | | % ERROR |
| | 1 | | 43.23 | | 42.37 | -0.08 |
| | 2 | | 61.39 | | 61.81 | -0.69 |
| | 3 | | 87.17 | | 86.54 | 0.73 |
| | 4 | | 123.79 | | 125.00 | 0.98 |
| | 5 | | 175.78 | | 178.57 | 1.58 |
| | 6 | | 249.61 | | 245.00 | -0.17 |
| | 7 | | 354.44 | | 346.15 | 2.34 |
| | 8 | | 503.30 | | 494.51 | 1.73 |
| | 9 | | 714.69 | | 692.31 | 3.15 |
| | 10 | | 1014.86 | | 1000.00 | 1.44 |
| | 11 | | 1441.10 | | 1428.57 | 0.84 |
| | 12 | | 2048.37 | | 2000.00 | 2.25 |

dimensions of the shafts together with the steps are to be specified by the designer. Meshing of gears are assumed to take place by sliding of any of meshing gears or by implementation of positive clutches (not shown in Fig.2). The main limitation in all gearboxes is that center distance of shafts in a group of transmissions must be fixed. Because sum of gear teeth numbers for every mesh in a group of transmission are practically the same, all the gears in the same group must be cut with the same module m . That is, gears 1,2,3,4 have the same module to hold center distance $C_{A,B}$ between shaft 1 and 2 fixed. Likewise gears 5,6,7,8,9,10 are to be cut with the same module but necessarily equal to the module of gears 1,2,3,4 to hold center distance $C_{B,C}$ fixed.

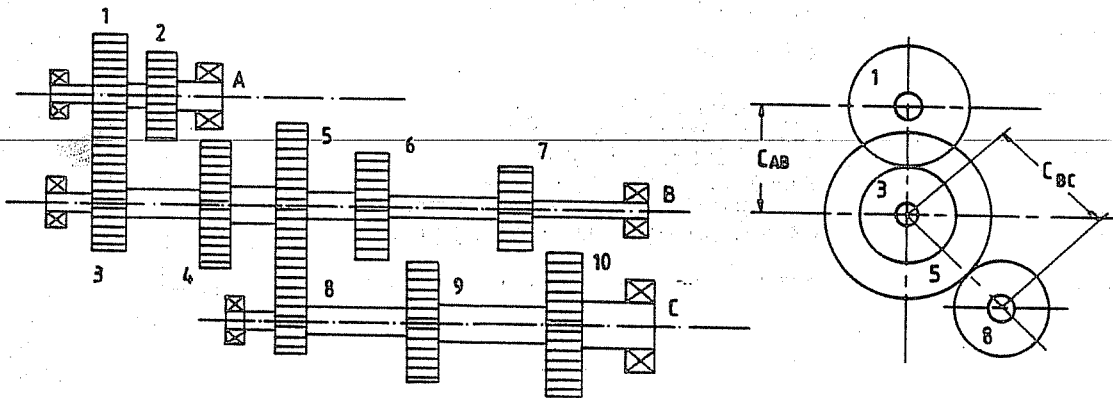


Figure 2. Schematic view of 3-shafts gearbox.

Limitations related to the kinematical scheme are on the teeth numbers and transmission ratios. For the dynamic performance, minimum teeth number should be equal to 18 and total number of teeth should not exceed 120 (6). Transmission ratios for a group of transmissions are restricted to be in the range of 0.25 and 2.40 (1). Error on the gear ratios exceeding +1 percent is not reliable from speed progression point of view (4).

In some applications where very fine transmission ratios are essential, slight changes are allowed in gear teeth numbers. In such cases, to keep gears on the same shafts, gear profiles are to be shifted and thus non-standard gears are produced

4. DETERMINATION OF GEAR SIZE

The data available after kinematical arrangement diagram are the speeds of shafts at each transmission and the teeth numbers of gears in each group. To start with the design, amount of the torque transmitted by each gear must be evaluated. Since it is assumed that there is a negligible power loss, torque transmitted at high speeds will be smaller than those at low speeds. Hence, minimum transmission ratio is selected to obtain maximum torque transmission. The speed of shaft- i can be written as

$$n_i = n_m \cdot S_i \quad (3)$$

where n_m is the speed of input shaft and S_i is the transmission ratio. In order to obtain minimum speed, S_i must be minimum which will result maximum torque transmission. There are many different transmissions in gearbox kinematic arrangement diagram. Each transmission has different loading conditions. Although the power does not vary, each transmission carries different torques at the specified output speeds. Therefore, each transmission must be considered as a separate design unit with their own loading conditions. Taking this fact into account, facewidths and modules of gears in each transmission are determined by using AGMA approach.

5. COMPUTER PROGRAM FOR SIZING THE GEARS

Because of large number of interdependent variables, design process is not as inserting numbers into certain formulae that will produce a complete set of results but it is rather a trial and error process which is tedious for hand calculations. A design algorithm is developed and the process is automated with a computer program whose simplified flowchart is given in Figure 3. The input includes the output data of KAD program the factor of safety and material properties of the gears.

If this automated design algorithm is applied to the first group, facewidth F_1 and module m_1 are determined by assuming a value for module m and calculating the facewidth F_1 from the following.

$$F_1 = \frac{n K_o K_m W_t}{K_a K_b K_c K_f S_e \cdot m J K_v} \quad (4)$$

where n is the factor of safety, W_t is tangential load acting on the gear. A database is prepared for all values of K factors which are taken from AGMA Information Sheet 225.01 (10), Refs. (11-12). The process of calculating the facewidth will be terminated when it is between $3\pi m$ and $5\pi m$ (12). Wear aspect of gears is another important factor to be considered. Hence, gear must be checked against surface durability by calculating factor of safety from the following expressions.

$$n = \frac{(S_c \frac{C_L C_T}{C_H C_R C_p})^2 K_v F d_p I}{W_t K_o K_m} \quad (5)$$

$$S_c = 2.76 \text{ HB-70 (MPa)} \quad (6)$$

$$I = \frac{\sin\phi \cos\phi}{2} \frac{m_G}{m_G + 1} \quad (7)$$

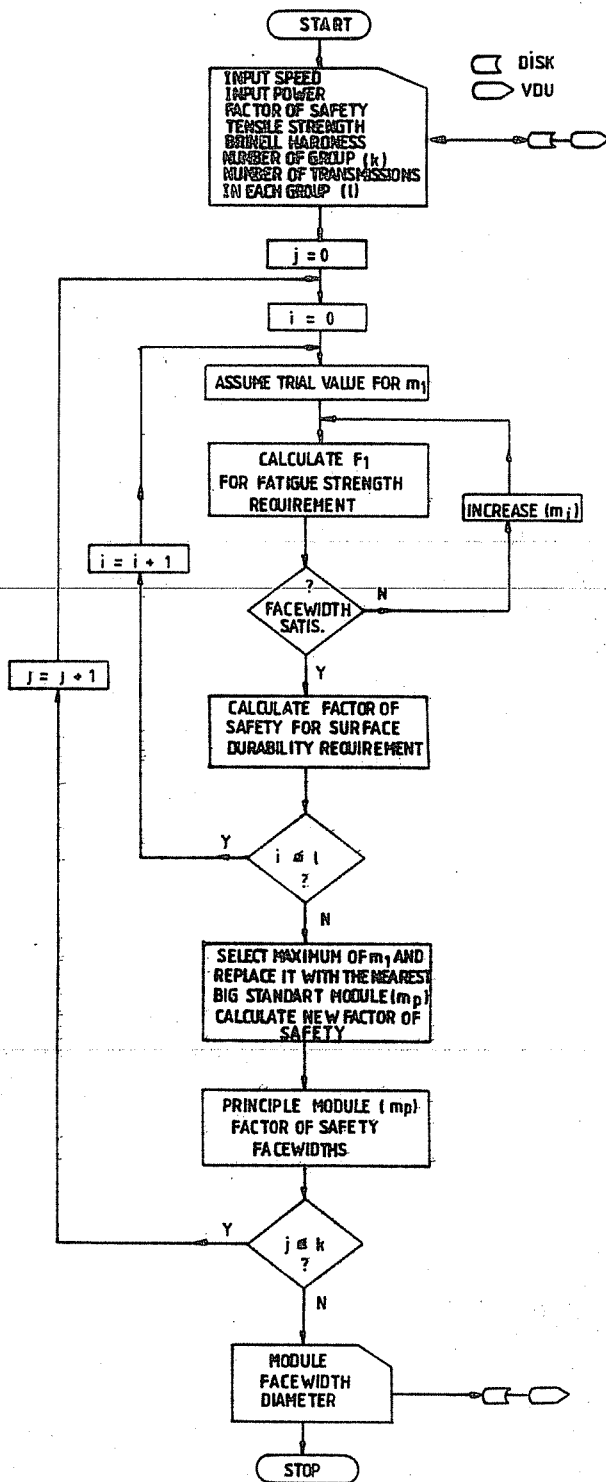


Figure 3. Design algorithm.

where m_G is d_G / d_p . All C factors are in database of the program and are taken from AGMA Information Sheet 225.01 (10) and Refs. (11-12). F_2 and m_2 are determined in the same manner. Since a single module is to be used for these two transmissions due to the fix center distance, maximum of m_1 and m_2 is to be selected and replaced with the nearest big standard module. This is the principle module m_p of the first group. In the same manner, by applying the design algorithm once for each transmission in the second group, the principle module of the second group is determined.

6. EXAMPLE

This example is given as an alternative solution to gears used in main drive gearbox of milling machine whose KAD is already obtained. Gear data input to the program is given in Table 3. The output together with kinematical data are given in Table 4.

7. CONCLUSIONS

Determination of the module and the facewidth of a gear which has certain number of teeth, is primarily dependent upon the torque transmitted and the speed. Although the torque increases as the speed decreases, this increase in torque may be encountered by the decrease in the dynamic load. Therefore, the critical output speed for the design of gears might not be minimum unlike as strongly expected. The designer should thus perform design of gears at all output speeds especially for these gearboxes having the large number of output speeds. The computer program presented in this study allows the user to carry out design of gears at each output speed separately. After specifying the speed number, the program starts to design of gears at that speed. The logical chains among the variables are created within the program. As noticed in the results, factors safeties of some transmissions are larger than the original factor of safety. This is because design modules for these transmissions are replaced with the principle module which is determined for the weakest transmission in order to satisfy fixed center distance requirement. For the purpose of production, the determined modules are replaced with the nearest big standard modules.

8. NOMENCLATURE

| | |
|-------|----------------------------|
| d_p | Pitch diameters of pinions |
| d_G | Pitch diameters of gears |
| n | Factor of safety |
| m | Module |
| z | Number of speed steps |
| C_H | Hardness ratio factor |
| C_L | Life factor |
| C_p | Elastic coefficient |

Table.3

| | |
|------------------------------------|----------|
| GEAR MATERIAL SPECIFICATION | |
| YIELD STRENGTH (MPA) | : 800 |
| ULTIMATE STRENGTH (MPA) | : 880 |
| BRINEL HARDNESS (HB) | : 410 |
| YOUNG MODULUS (MPA) | : 207000 |
| POISSON'S RATIO | : 0.3 |
| DESIGN REQUIREMENTS | |
| FACTOR OF SAFETY | : 2.5 |
| PRESSURE ANGLE (DEG) | : 25 |
| RELIABILITY (%) | : 99 |
| OPERATING TEMPERATURE | : 75 |
| OVERLOAD FACTOR | : 1 |
| LIFE FACTOR | : 1 |
| MANUFACTURING REQUIREMENTS | |
| HIGH PRECISION GROUND TEETH | |
| CHARACTERISTIC OF SUPPORTS | |
| ACCURATE MOUNTINGS | |

Table.4

INPUT SPEED (RPM) : 1400
 INPUT POWER (KW) : 4

| GROUP NO | SPEED NUMBER | TEETH NUMBER |
|----------|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 25:35 |
| 2 | 1 | 20:40 |
| | 2 | 25:35 |
| 3 | 3 | 30:30 |
| | 1 | 18:52 |
| | 2 | 35:35 |
| 4 | 1 | 18:72 |
| | 2 | 60:30 |

ANGLE OF PLANES OF SHAFT 2 AND 3 (DEG.) : 0.0
 ANGLE OF PLANES OF SHAFT 3 AND 4 (DEG.) : 20.0
 ANGLE OF PLANES OF SHAFT 4 AND 5 (DEG.) : 0.0

WHAT NOW (ENTER ? FOR HELP) : GO
 WHAT NEXT (ENTER ? FOR HELP) : OLD
 OLD DATA ARE NOW IN PROGRESS
 WHAT NEXT (ENTER ? FOR HELP) : GO
 GEAR DESIGN STARTS
 GEAR DESIGN HAS BEEN COMPLETED
 DO YO WANT TO SEE FACE WIDTH ? (Y/N) : Y

| GRUB NO | MESH NUMBER | TEETH NUMBER | MODULE (MM) | FACEWIDTH (MM) | PITCH DIAMETER (MM) | SAFETY FACTOR |
|---------|-------------|--------------|-------------|----------------|---------------------|---------------|
| 1 | 1 | 25 : 35 | 2.25 | 26 | 56.3 : 78.8 | 2.5 |
| 2 | 1 | 20 : 40 | 2.50 | 38 | 50.0 : 100.0 | 2.5 |
| | 2 | 25 : 35 | | 29 | 62.5 : 87.5 | 2.5 |
| | 3 | 30 : 30 | | 29 | 75.0 : 75.0 | 2.8 |
| 3 | 1 | 18 : 52 | 3.50 | 46 | 63.0 : 182.0 | 2.5 |
| | 2 | 35 : 35 | | 38 | 122.5 : 122.5 | 3.5 |
| 4 | 1 | 18 : 72 | 5.00 | 68 | 90.0 : 360.0 | 2.5 |
| | 2 | 60 : 30 | | 48 | 300.0 : 150.0 | 4.8 |

COMPUTER AIDED DESIGN OF GEARS IN MULTI-SPEED GEARBOXES

| | |
|-----------|-----------------------------|
| C_R | Reliability factor |
| CT | Temperature Factor |
| F | Facewidth |
| J | AGMA geometry factor |
| K_a | Surface finish factor |
| K_b | Size factor |
| K_c | Reliability factor |
| K_f | Load factor |
| K_o | Overload factor |
| K_m | Load distribution factor |
| K_v | Velocity factor |
| S_c | Surface contact strength |
| S_e | Endurance limit |
| S_H | Fatigue surface strength |
| W_t | Tangential load transmitted |
| $W_{t,p}$ | Permissible tangential load |
| ϕ | Pressure angle |
| ϕ | Progression ratio |

9. REFERENCES

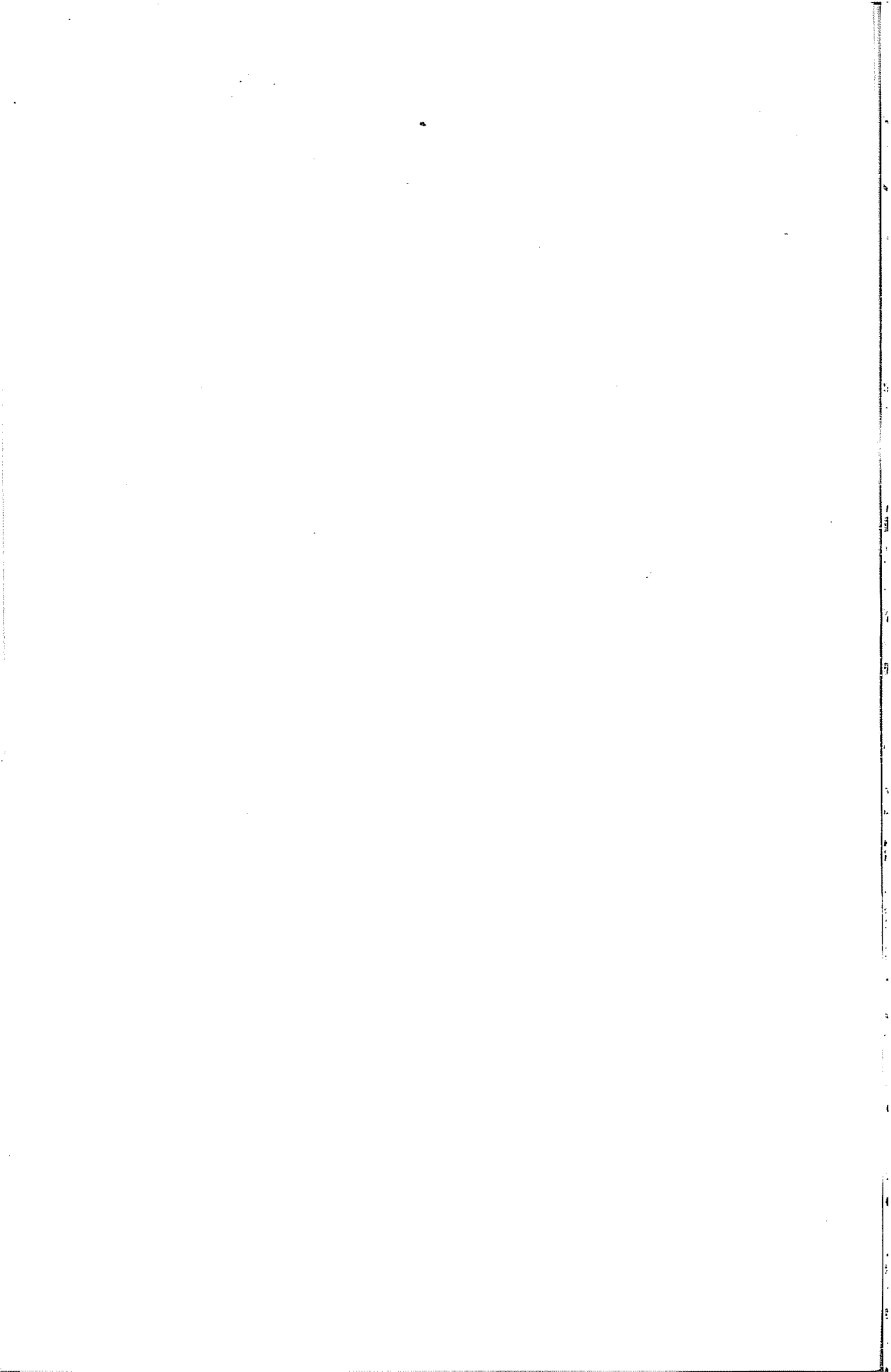
1. Acherkan, N., *Machine Tool Design*, Vol.3, Mir Publishers, 1973.
2. Koenigsberger, F., *Design Principles of Metal Cutting Machine Tools*, Pergamon Press, Oxford, 1964.
3. Karli, S., *Computer Aided Design of Gearbox Kinematical Arrangement Diagrams*, M. Sc. Thesis, METU Gaziantep, Sep. 1985.
4. Karli, S. and Filiz, I.H., *Computer Aided Design of Gearbox Kinematical Arrangement Diagrams*, Proc. of the IASTED International Symposium on Computers and Their Applications for Development, Italy, Taormina, Sept. 3-5, pp.174-179, 1986.
5. Dülger, M., *Computer Aided Design of Gearboxes for Machine Tools*, M. Sc. Thesis, METU, Gaziantep, June 1989.
6. Chironis, N.P., *Gear Design Application*, Mc.Graw Hill, New York, 1962.
7. Sanger, D.J., *A Note on Maximum Speed Ranges and Distribution of Speeds of Three Shaft Gear Trains*, Int. Journal of Machine Tool Design and Research, Vol.12, pp.55-63, Pergamon Press, Great Britain, 1972.
8. Reddy, C.Y., *Selection of Number of Teeth for machine Tool Gearboxes*, Journal of Machine Tool Design and Research, Vol.14, pp.125-134, Pergamon Press, Great Britain, 1974.
9. TOS Milling Machine Catalogue.
10. AGMA Information Sheet 225.01, American Gear Manufacturers Association,

Arlington, Va., Feb. 1969.

11. Dudley, D.W., "Gear Handbook", Mc Graw-Hill, New York, 1962.

12. Shigley, J.E. and Mitchell, L.D., "Mechanical Engineering Design", 4th ed., Mc Graw-Hill, Kagakusha, 1983.





YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleriyle ilgili başka bir yerde yayınlanmamış orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilmez. Yazı dili Türkçe ve İngilizcedir. Dergi ofset tekniği ile basıldığından makaleler Macintosh veya Macintosh uyumlu bilgisayarla yazılmış, biri orijinal ikisi fotokopisi olmak üzere üç nüsha olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelenmesi yapıldıktan sonra düzeltmeler yazarlar tarafından yapılmalı, tüm şekil ve grafikler yerleştirilmiş olarak, düzeltilmiş nüshaya ait disket ile birlikte 15 gün içerisinde geri gönderilmelidir. Makalenin başlığı metne uygun kısa ve açık ifadeli olmalıdır. Başlık büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makale 1.5 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1.5 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları ünvan belirtilmeden başlığın 1 cm altına sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Yazar sayısı birden çok ise, hepsi alt alta yazılmalıdır. Yazar adresi (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir) makale başlığının altına yazılmalıdır.

Makaleler, çizelge, şekil ve fotoğraflarla birlikte en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydıngeer kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfa altına * işaretini takip edecek şekilde dipnotu olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1. 1.2..... v.b. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),... v.b. numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah çini mürekkep ve şablon kullanılarak (veya elle çok düzgün bir şekilde) yazılmalıdır.

Makalenin bölümleri aşağıdaki sıraya göre olmalıdır: Türkçe başlık, özet, İngilizce başlık ve özet, metin, teşekkür (gerekli ise) ve kaynaklar. Özetler en az 5, en fazla on satır olmalıdır. Özeten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" İngilizce olarak verilmelidir. Metinde mutlaka giriş ve sonuç bölümleri bulunmalıdır. Ara bölümler Materyal ve Metod, deneysel çalışma, teorik esaslar gibi başlıklar veya alt başlıklar şeklinde düzenlenebilir.

Metin içinde kaynaklara atıfta bulunmak istenildiğinde, yazar adı verilerek veya verilmeksizin kaynak numarası parantez içinde gösterilmelidir. Numaralandırma metinde veriliş sırasına göre yapılmalıdır. İki den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, türkçe kaynaklarda " ve diğ." yabancı kaynaklarda "et.al" ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı baş harfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde yılı ve en son da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilmelidir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayın yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Makalesi yayanlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez. Dergiye gönderilen yazılar, yayımlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayımlanması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı
01330 Balcalı-ADANA

| | |
|---|-----|
| Yalıtım Malzemelerinin Isı İletim Katsayılarının Ölçülmesi <i>Measuring Thermal Conductivity of Insulating Materials</i> Tuncay YILMAZ, Hatice M. ATMACA..... | 111 |
| Konvansiyonel Torna Tezgahtarının Bilgisayar ile Geri Beslemeli Kontrolü <i>A Feedback Control of Conventional Lathe by Computer</i> Ömer EMİR, Erdem KOÇ..... | 123 |
| Mekanik Radyal YüzeY Sızdırmazlık Elemanlarının Analizi: Teorik Yaklaşım <i>The Analysis of Mechanical Radial Face Seals: Theoretical Approach</i> Erdem KOÇ, Emel Ceyhun ÇULHA..... | 133 |
| The High Temperature Oxidation Behaviour of Ceramic Coated Fe-18% Cr Alloys <i>Seramik Kaplı Fe-%18 Cr Alaşımının Yüksek Sıcaklık Oksidasyon Davranışı</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Abdulkadir YAŞAR..... | 149 |
| Kalite ve ISO 9000 Standartları <i>Quality Concepts and ISO 9000 Standards</i> O.Tuğrul GÖNCEL..... | 163 |
| Drive Frequency-In Design of Vibratory Feeders <i>Titreşimli Besleyicilerin Dizaynında Tahrik Frekansı</i> İbrahim UZMAY, Şükrü SU..... | 173 |
| An Investigation of Three Dimensional Heat Flow During Spot Welding Using Computer Simulation Techniques <i>Nokta Kaynağında Isı Akışının Bilgisayar Simulasyon Tekniğiyle</i> <i>3-Boyutta İncelenmesi</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Ercüment ÜNAL..... | 179 |
| X-Ağız Formunda ITAB'nın Bilgisayar Simulasyon Yöntemiyle Üç Boyutlu Olarak Belirlenmesi <i>Determination of HAZ in 3-D Around X Type Joints by Computer Simulation</i> O.Tuğrul GÖNCEL, Onur GÜVEN..... | 189 |
| Computer Aided Design of Gears in Multi-Speed Gearboxes <i>Çok Kademeli Dişli Kutularında Dişlilerin Bilgisayar Yardımlı Tasarımı</i> İ.Hüseyin FİLİZ..... | 199 |