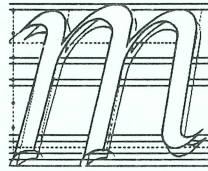


# MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt : 2

Sayı : 4

Haziran 1994



*matim*

Makina Mühendisliği Bölümü  
ODTÜ - ANKARA

Sahibi

Makina Tasarım ve İmalat Derneği adına Yönetim Kurulu Başkanı  
Bilgin KAFTANOĞLU

Sorumlu Yayın Yönetmeni

Haluk DARENDELİLER

Yayın Kurulu

Metin AKKÖK  
M.A.Sahir ARIKAN  
Tuna BALKAN  
Haluk DARENDELİLER  
Hakkı ESKİCİOĞLU  
Mustafa İ. GÖKLER  
Bilgin KAFTANOĞLU  
O.Selçuk YAŞI  
R. Orhan YILDIRIM

Yayıncı Kurum

Makina Tasarım ve İmalat Derneği  
Makina Mühendisliği Bölümü, L-Blok, No : 12  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
06531 ANKARA

Tel/Fax

Yayın, Yönetim ve Sekreterlik : (312) 210 10 00 / 5212

Fax

Sekreterlik : (312) 210 12 75

**MAKİNA  
TASARIM  
VE  
İMALAT  
DERGİSİ**

Cilt: 2 Sayı: 4 Haziran 1994

**JOURNAL OF  
MECHANICAL DESIGN  
AND PRODUCTION**

Vol: 2 No: 4 June 1994  
Yılda 2 ile 4 sayı yayınlanır.

**TELİF HAKKI**

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde yayınlanan bütün yazıların telif hakkı MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERNEĞİ'nindir. Yayınlanmış yazıların başka bir yerde tekrar yayınlanması, çoğaltılması ve dağıtılması, Yayın Kurulundan yazılı izin almak koşulu ile mümkündür. Makalelerdeki görüşlerden doğacak sorumluluk makale yazarına aittir.

**ABONE KOŞULLARI**

Yıllık abone bedeli gerçek kişiler için 100.000 TL, firma ve kuruluşlar için 250.000 TL, öğrenciler için 50.000 TL'dir. Abone olmak için aşağıda verilen banka hesabına abone bedelinin yatırılması ve açık adresiniz ile banka makbuzunun adresimize gönderilmesi yeterlidir.

**TANITIM KOŞULLARI**

Kuruluş ve ürünlerini tanıtmak isteyenler hazırlayacakları tanıtım yazı ve resim taslaklarını Derneğimize göndererek saptanacak bir katkı karşılığında Dergide yayınlanmasını sağlayabilirler.

**ADRES**

Mak. Müh. Böl. L-Blok, No: 12  
O.D.T.Ü., 06531 ANKARA  
Tel : (312) 210 10 00 / 5217  
Fax : (312) 210 12 75

**BANKA HESAP NUMARASI**

T. İş Bankası ODTÜ Şubesi  
Hesap No: 4229 30441 235339

**İÇİNDEKİLER**

**ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE UYGULAMA  
MAKALELERİ**

Mekanik Şok Tutucular **127**  
Ali ÇOLAKOĞLU  
R. Orhan YILDIRIM

Otomotiv Endüstrisinde Bir Atelye Kontrol  
Uygulaması **138**  
Orhan B. ALANKUŞ  
Ferruh ÖZTÜRK  
Necmettin KAYA

Dişli Çarklarının Küçültülmesinde Kritik  
Noktalar **144**  
Alp ESİN

Ağırlık Merkezi ve Kütle Eylemsizlik  
Momentinin Bilgisayar Destekli Deneyle  
Bulunması **156**  
İ. Deniz AKÇALI  
Hüseyin MUTLU

**KONGRE DEĞERLENDİRMESİ**

93 Sanayi Kongresi, Kalite Güvencesi ve  
ISO 9000 **164**  
Macit KARABAY

**İŞYERİ TANITIMI** **174**

**YAKIN GELECEKTEKİ KONGRE VE  
BİLİMSEL ETKİNLİKLER** **177**

---

Dizgi : Gülseren BEYAZ

---

Baskı : ODTÜ Basım İşliği

---

Sayın Okurlarımız,

İlk sayısı Eylül 1986'da çıkan Makina Tasarım ve İmalat Dergisi özellikle yayınlanacak makale bulmakta düşülen sıkıntı ve giderek artan basım giderleri nedeni ile Haziran 1991 tarihinden beri yayınlanamamaktaydı. Bu problemlerden parasal olanlar, gerek MATİM'e yapılan desteklerle, gerekse derginin Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde yeni kurulan basım işliğinde basılması konusunda Üniversite Rektörlüğü'nün sağladığı katkılarla şu anda aşılmış bulunmaktadır.

Yeni göreve başlayan şimdiki yayın kurulumuz ise dergiye gerek derleme, gerekse özgün çalışma ürünü veya bir bilgi ve tecrübe aktarımını sağlayacak makaleler bulmak konusunda yardımlarınızı beklemektedir. Bu sayımızda da ODTÜ Öğretim Elemanlarının makaleleri ağırlıklı olarak yer almıştır. Bunun en büyük nedeni diğer akademik kuruluşlar ve özellikle endüstrimizden yeteri kadar makalenin yayın kurulumuza gönderilmemiş olmasıdır.

Dergimizi, endüstri ve akademik kuruluşlarımızın karşılıklı bilgi alışverişinde bulunduğu, teknik sorunları tartıştığı ortak bir forum haline getirmek için siz meslektaşlarımızdan da katkı beklemekteyiz.

Ayrıca yayın kurulumuz siz okuyucularımızın arasında dergimiz aracılığıyla bir iletişim başlatmak amacıyla bir okuyucu mektupları köşesi açmıştır. Gelecek sayımızdan itibaren gerek dergide çıkan makaleler gerekse teknik olarak belirtmeyi gerek gördüğünüz konularda göndereceğiniz mektuplarınızı yayınlamaya başlayacağız.

Daha iyiye ulaşmak için.

Saygılarımızla,

Yayın Kurulu

## MEKANİK ŞOK TUTUCULAR

**Ali ÇOLAKOĞLU**

Araş. Gör.

Makina Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

ANKARA

**R. Orhan YILDIRIM**

Prof. Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

ANKARA

Bir çarpışma sırasında çarpan ve çarpılan elemanlar arasında oluşan kuvvetler, bu elemanların şekil değiştirme karakteristiklerine bağlıdır. Eğer çarpışan elemanlar, çarpışma sırasında oluşacak kinetik enerjinin yaratacağı şekil değişikliğini taşıyabilecek elastikiyete sahip değilse veya oluşan kinetik enerjinin güvensiz ve kontrolsüzce yayılma ihtimali varsa, bu iki eleman arasında özel olarak tasarlanmış enerji tutucu sistem koymak gerekir. Dolayısıyla böyle bir enerji tutucunun ana yapıya zarar vermeden büyük kalıcı şekil değişikliklerini taşıyabilme ve dinamik koşullar altında güvenilir ve kontrol edilebilir yük-şekil değişikliği karakteristiğine sahip olması gerekir. Bu çalışmanın amacı mekanik şok tutucular hakkında genel bir bilgi verip, daha önce yayınlanmış yazıların derlenmesidir.

## GİRİŞ

Kinetik enerjinin kontrollü ve daha önceden belirlenmiş oranlarda tüketimini sağlayabilecek mekanik sistemlerin geliştirilmesi ve ayrıntılı tasarımı, mühendislik alanında gün geçtikçe artan bir öneme sahiptir. Enerjinin tüketimi sırasında, metalik malzemeler kalıcı şekil değişikliklerine maruz kaldıkları için bu tür enerji tüketici sistemler bir kullanımlık tipler olarak anılırlar.

Teknolojideki gelişmeler çok daha hızlı ve büyük kütleli araçların yapımına imkan sağlamaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, oluşabilecek bir kazanın insanlara, çevreye ve çok pahalı araçlara verebileceği zarar miktarı artmaktadır. Dolayısıyla bir tasarımda amaç, çarpışma esnasında oluşacak kinetik enerjiyi geri kazanmak üzere depolamak yerine onu geri dönüşümsüz olarak tüketerek insanların, eşyaların ve araçların kendilerinin zarar görmesine engel olmaktır.

Çalışmada, bu tür sistemlerin karakteristikleri, kullanım alanları ve enerjiyi tüketim mekanizmaları gözden geçirilmiştir.

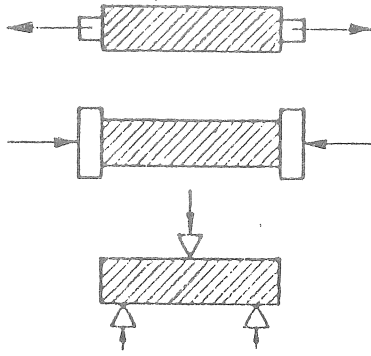
## 1. ENERJİ TUTUCU SİSTEMLER

Eneji tutucular kendilerine çarpan cisimlerin fazla kinetik enerjisini geri dönüşümsüz olarak tüketmek için tasarlanmış sistemlerdir.

### 1.1. Enerji Tutucu Sistemlerin Karakteristikleri

Enerji tutucu sistemler, sahip oldukları yük-yerdeğiştirme veya enerji-yerdeğiştirme özelliklerine göre tanımlanırlar. Buna rağmen, bazı özellikler bağlantı, destek, yük dağılımı gibi teknik parametrelerden bağımsız olarak tanımlanan ve karakteristikleri dış boyutların fonksiyonu olarak alan kara-kutu tanımıyla belirlenebilir. (Şekil 1). Bu genel tanım sınır koşullarının eklenmesiyle özel bir durum için kullanılabilir [1-5].

Aşağıda konuyla ilgili bazı parametreler özetlenmiştir. Burada  $M$ ,  $V$  ve  $p$  enerji tutucu elemanın sırasıyla kütle, hacim ve yoğunluk değerleridir.



Şekil 1. Enerji tutucunun kara-kutu tanımı.

- i. Sehim (yerdeğiştirme),  $x$ , kuvvetin etki ettirildiği noktaya göre yer değiştirme miktarı.
- ii. Tepki kuvveti,  $R$ , enerji tutucu sistemin dinamik tepki kuvveti olup sehimin bir fonksiyonudur. Ortalama tepki kuvveti,  $R_0$ , ise şöyle tanımlanabilir;

$$R_0 = \frac{1}{x} \int_0^x R(x) dx \quad (1.1)$$

En büyük tepki kuvveti,  $R_{max}$ , ise değişmeyen yüklerde tepe noktası ve sallanan yüklerde ise zirve noktasındaki değer olarak tanımlanabilir.

- iii. Yük değişim faktörü,  $\delta$ , ideal kare dalga formundaki yük karakteristiğinden olan sapma miktarının ölçüsü olup şu eşitlikle bulunabilir:

$$\delta = (R_{max} / R_0) - 1 \quad (1.2)$$

- iv. Toplam tutulan enerji,  $E$  (J), şöyle tanımlanır;

$$E = \int_0^x R(x) dx = R_0 x \quad (1.3)$$

$$E = E_d + E_s \quad (1.4)$$

Burada  $E_d$  ve  $E_s$  yutulan (tüketilen) ve depolanan enerji miktarlarıdır.

- v. Sindirme faktörü,  $\alpha$ , yutulan enerjinin toplam tutulan enerjiye oranıdır:

$$\alpha = E_d / E \quad (1.5)$$

- vi. Enerji yoğunluğu,  $E_v$  ( $J/m^3$ ), tutulan enerjinin ilk hacma oranıdır.

$$E_v = E / V \quad (1.6)$$

Öz enerji,  $E_m$  ( $J/m^3$ ), ise tutulan enerjinin birim kütleyle oranıdır;

$$E_m = E / M = (1 / r) E_v \quad (1.7)$$

- vii. Görünür gerilme,  $\sigma(x)$ , birim ilk kesit alanına düşen tepki kuvvetidir.

$$\sigma = R / A \quad (1.8)$$

Ortalama görünür gerilme ise aşağıdaki eşitlikle bulunabilir;

$$\sigma_0 = R_0 / A \quad (1.9)$$

- viii. Gerinim,  $\epsilon$ , ise şöyle hesaplanabilir.

$$\epsilon = x / L \quad (1.10)$$

Sehim verimi  $\epsilon_{max}$  ise

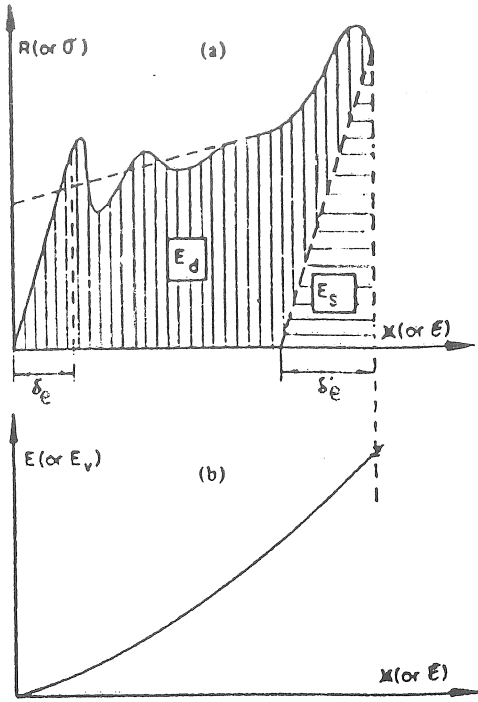
$$\epsilon_{max} = x_{max} / L \quad (1.11)$$

olarak tanımlanmaktadır. (1.9), (1.11) ve (1.12) nolu eşitlikler kullanılarak aşağıdaki formül çıkarılabilir;

$$\epsilon_0 = E_v / \epsilon \quad (1.12)$$

Yukarıda verilen tanımlar Şekil 2'de tipik bir enerji tutucu sistem için gösterilmiştir.

İyi bir enerji tutucu sistem yüksek öz enerji ve yüksek sindirme faktörü değerlerine sahip olmalıdır. Bu nedenle enerji tutucular yük sınırlayıcı araçlar olarak kabul edilebilirler. Yük sınırlamanın verimliliği ise enerji tutucunun tepki kuvvetinin, sisteme etki eden sürücü kuvvetin belli bir miktar üzerinde ayarlanmasıyla elde edilebilir.



Şekil 2. Enerji tutucunun karakteristik eğrileri; (a) Kuvvet/sapma veya gerilme / gerinim eğrisi, (b) Enerji / yerdeğiştirme veya enerji yoğunluğu / gerinim eğrisi.

## 1.2. Enerji Tutucu Sistemlerin Tipleri

Enerji tutucular iki esas gruba ayrılırlar; tahribatsız ve tahribatlı.

### 1.2.1. Tahribatsız Veya Tekrar Kullanılabilir Tutucular

Bu tür tutucularda sisteme verilen enerjinin çok büyük bir kısmı veya tamamı sürtünme ile ısıya veya kontrollü akış ile kaçan akışkan kinetik enerjisine dönüştürülür. Bunlar tahribatsız çevirimler olup tutucunun pekçok darbe olayında tekrar kullanımına imkan verir. Fakat bunların tasarımları oldukça güç olup her kullanımdan önce tekrar doldurulmak ve yerleştirilmek gibi özel bakım isterler. Aşağıdaki tipler bu guruba aittir.

- Sıkı sürtünme tipleri [6,7].
- Viskoz sürtünme tipleri, yağlar ve elastomerler gibi [8-10].
- Akışkan boşaltma tipleri, su ve gaz yatakları gibi [11,12].

### 1.2.2. Tahribatlı Veya Bir Kullanımlık Tipler

Bu grupta gelen enerjinin çok büyük bir kısmı veya tamamı sistemdeki kalıcı şekil değişikliğinin sonucu olarak ısı enerjisine dönüştürülür. Bu tipler sadece bir sefer kullanılabilirler. Fakat hafif darbeler için birkaç kullanım mümkün olabilmektedir. Farklı enerji dağıtma özelliklerine sahip pekçok tutucu tipleri bu grup altında incelenmektedir.

Bir kullanımlık tipler, yaklaşık olarak dikdörtgen bir eğrisi olan kuvvet-yer değiştirme karakteristiklerine sahiptirler. Bunun sonucu olarak yüksek öz enerji ve yüksek sindirme faktörü değerlerini taşıyan iyi yük-sınırlayıcıdır [13]. Hacimlerinin tümü enerji tutabildiği için standart gazlı veya sıvılı enerji tutuculara kıyasla daha verimlidirler [14]. Birim hacme veya ağırlığa düşen tutulan enerji miktarları yüksek, tasarımları basit, maliyetleri ise düşüktür. Kullanımdaki güvenilirlikleri ise yüksektir.

Bu tür enerji tutucular teknik alanda pekçok uygulama sahası bulabilmektedir. En yaygın kullanım yerleri şöyle sıralanabilir:

- Savunma sanayinde: Örneğin silahların, zırhların, sığınakların yapımında.
- Taşıma araçlarının imalatında: Örneğin bir otomobil veya uçak kazasında tampon, emniyet kemeri gibi araçlarla yolcu ve yüklerin güvenliğinin sağlanması; uzay gemilerinin karaya ayak basma sistemlerinin oluşturulmasında.
- Mekanik araçların sistem arızalarından doğabilecek kazalardan korunmak için: Örneğin vinçlerde taşıyıcı elemanların serbest düşmesini engelleyebilecek emniyetli durdurma düzeni.
- Doğal afetlere karşı korunmak için: Örneğin depreme karşı dayanıklı yapıların oluşturulmasında.

## 2. BİR KULLANIMLIK TUTUCULARDA ENERJİNİN DAĞITIM YÖNTEMLERİ

Mümkün olan yöntemler şöyle sınıflandırılabilir:

## 2.1. Sünek Şekil Değişirme

Metallerin, odunun ve sıcakta kalıplanabilir malzemelerin kalıcı şekil değişiklikleri pekçok yöntemde kullanılır:

- Çekme Yöntemi:** Metal çubukların veya kabloların, halatların tek eksen üzerinde çekilmesi; basınçlı akışkanları içeren boru ve kapalı kaplardaki zar gerilmeleri; boru ağzlarının içe veya dışa çevrilmesi; mandrel ile boru çaplarının büyütülmesi.
- Basma Yöntemi:** Ağır metal veya plastik tamponların [23-26] veya gözlü yapıların (örneğin odun, plastik köpük, süngersi yapıya sahip metal) sıkıştırılması veya basılması.
- Eğme Yöntemi:** Kiriş veya plakaların çeşitli sınır koşulları altında eğilmesi; metal şeritin kalıplar arasından çekilerek eğilip-bükülmesi, tüplerin düzlenmesi.
- Bıçme Yöntemi:** Helozon teller ve burmalı mafsallar.
- Karışık Yöntem:** Bir veya çok silindri yapıların belvermesi.

### 2.1.1. Sünek Malzemenin Tek Eksende Çekilmesi

Sünek malzemeli bir borunun, telin veya şeritin tek eksende çekilerek kalıcı şekil değişikliğine uğratılması enerji tutucu sistemlerin en basit örneğidir. Birim ağırlıkta tutulabilecek en çok enerji miktarı, malzemenin mukavemet ve sünme değerlerine bağlıdır.

Basit çekme araçlarının belirli bir sehim sınırı vardır. Çubuklara veya tellere uygulanan ani hareketli çekişler plastik dalgalara sebep olur ve bu olayın durguna-yakın yaklaşımlarla incelenmesi yetersiz kalır. Bu durum özellikle yavaşlatılacak kütlenin tutucu elemanın kütlesine denk olduğu durumlar için geçerlidir. Eğer yavaşlatılacak kütle tutucu kütlesine göre çok büyük ise, durguna-yakın yaklaşımlar yapılabilir [1].

### 2.1.2. Kabukların Kalıcı Şekil Değişiklikleri

Bu grupta esas olarak kalın etli silindirler (tüpler veya borular) bulunmakla birlikte değişik kesitli silindirler, konik veya

küresel kabuklar da incelenmektedir [41-44].

Tüplerin yapısal eleman olarak çok geniş uygulama alanlarına sahip olmalarına ek olarak enerji tutucu sistemlerde de kullanılabilmesi, kullanım alanlarını oldukça büyütülmektedir. Örneğin, uçak tasarımı gibi ağırlığın en aza indirilmesine ihtiyaç duyulan yerlerde tüpler kullanılmaktadır.

Başlıca tüp şekil değiştirme yöntemleri şöyle sınıflandırılabilir:

#### a. Tüplerin Düzlenmesi veya Yandan Basılması

Redwood [13] tarafından belirtildiği üzere De-Runtz ile Hodge ve Burton ile Craig tarafından yapılan basit sert-plastik analizlerine göre kuvvet-sehim ilişkisi şöyledir:

$$P_L = \frac{2\sigma_0 t^2 L}{D \left[ 1 - (\delta/D)^2 \right]^{1/2}} \quad (2.1)$$

Burada L tüp uzunluğu, D tüp çapı, t et kalınlığı,  $P_L$  kuvvet,  $\sigma_0$  gerilme ve  $\delta$  sehimdir. Eğer Y, tek eksenli çekme için malzemenin akma sınırı ise

$$\sigma_0 = 2Y/\sqrt{3} \quad \text{tüp için}$$

$$\sigma_0 = Y \quad \text{halka için}$$

Bu eşitlik basmanın son safhaları yani ( $\delta/D > 0.5$ ) için kuvveti düşük olarak vermektedir.

Reid ve Reddy ise yatay eksendeki mafsallardaki sünmeyle-sertleşme etkisini daha iyi tanımlayan bir teori geliştirmişlerdir. Bu teorilerin ve deneysel sonuçların karşılaştırılması Şekil 3'de verilmiştir.

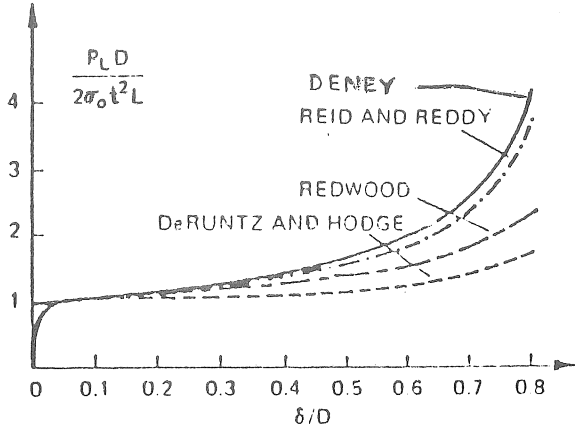
#### b. Tüplerin Bölgesel Yüklenmeleri

Pekçok yayın, tüplerin bölgesel yüklenmelerini incelemiştir [45-48].

Otomobil tamponunun kaba modellemesi olan basitce desteklenmiş bir tüpün şekil değişikliğinin üç ana safhası Şekil



4'de gösterilmiştir. Tüpün iki destek arasında alınması ise eğilmeye karşı sınırlama getirmektedir.



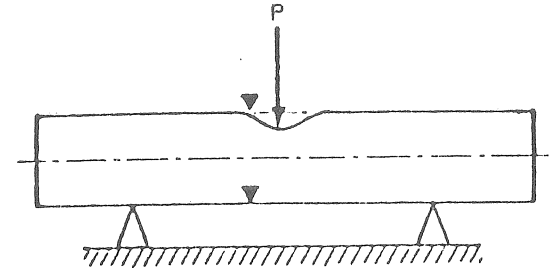
Şekil 3. Sert plakalar arasında yandan basılan bir tüpün deneysel ve teorik kuvvet-sehim eğrileri [13].

Karşılıklı olarak yerleştirilmiş düz kenarlı çentikleycilerle enlemesine yüklenen bir tüpün daha ayrıntılı incelenmesi, tüplerin aşağıda sıralanan ana karakteristiklerini açıkça ortaya koyar:

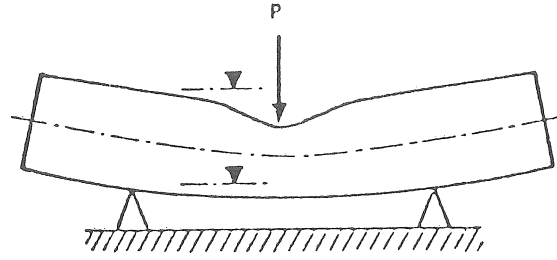
- Kalıcı (plastik) şekil değişikliği yüklenen bölgeden uzaklaştıkça üs kaidesine uygun olarak azalır ve azalma oranı tüp boyutlarının bir fonksiyonu olur. Bununla ilgili olarak eğilme ve çeperlerin aksenal gerinmesi arasında bir karşılıklı etkileşim vardır.
- Tüpün verilen bir kesit için şekil değiştirme yöntemi, tüpün uzunluğuna göre değişmektedir. Kısa tüpler halka gibi davranırlar ve belli bir yük sınırları vardır. Uzunluk arttıkça yükteki sınır belirsizleşirken, kuvvet-sehim eğrilerinin eğimi, plakaların büyük eğilmeler karşısındaki tepkilerine benzer şekilde, düzgün ve tedrici olarak değişir.

### c. Tüplerin Aksenal Belvermesi

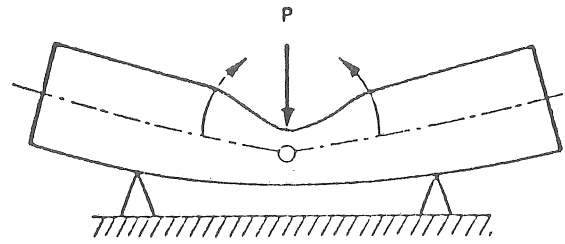
Malzemenin tümü enerji tutumunda kullanılabilirdi için, aksenal basma altındaki silindirik tüpler çok yüksek enerji tutma kapasitelerine sahiptirler [49-51].



(i) Buruşma safhası ( $P < P_b$ )



(ii) Buruşma ve eğilme safhası ( $P \geq P_b$ )



(iii) Yapının çökme safhası ( $P = P_{max}$ )

Şekil 4. Basitçe desteklenmiş ve merkezden yüklenen bir tüpün şekil değişikliğinin üç ana safhası [13].

Tüp çeperi, ya aksenal simetriği olmayan körikler ya da karo kıvrımlı katlar olarak belverir. Thornton ve Magee'nin [13] belirttiklerine göre; belvermeyi ilerleten katlanma ve gerinimler, genel olarak geometrik dengesizliğe neden olmaz. Çünkü çökme olayının bütününde çökme yükü sabittir. Dolayısıyla sabit çalışma kuvveti sağlanırken; bu da enerji tutucuların ana özelliklerindedir.

Bunlara ek olarak bu araçlar birim kütleye düşen yüksek yer değiştirme olanağına sahiptir. Bölgesel şekil değişikliği

tek noktada olmadığı için, çekme yükü altında kullanılan sistemlerde olduğu gibi yer değiştirmeyi sınırlandıran sebepler oluşmaz.

Alexander'ın yaptığı sert-plastik analizine göre, eksenel simetriği olan plastik belvermeyi şu eşitlik belirtmektedir [13]:

$$P_A = K_1 Y t \sqrt{D t} \quad (2.2)$$

Burada  $P_A$  ortalama çökme yükü,  $D$  tüp çapı,  $t$  tüpün et kalınlığı olup  $K_1$  yaklaşık olarak 6'ya eşittir.

Bu eşitlik tüplerin eksenel belvermesinde sıkça kullanılmakta olup yaklaşık olarak  $D/t < 30$  değerlerindeki birçok malzeme için güvenilir tahminler yapmaya olanak sağlar. Bu analiz ayrıca konik kabukların incelenmesi için de uyarlanmıştır.

Daha büyük  $D/t$  değerleri için karo kıvrımlı şekil değişikliği oluşur ve katların sayısı bu değere bağlı olarak artar.

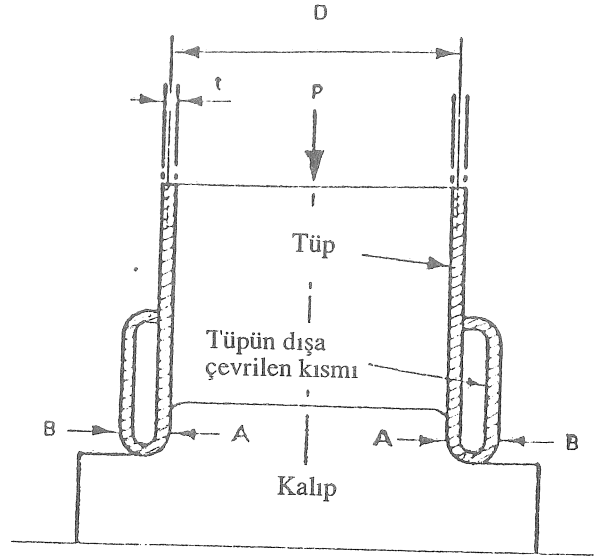
Farklı kesitli tüpler içinde sadece silindirik olanları statik ve dinamik basmalarda aynı tip şekil değişikliğini gösterirler. Bütün kesitlerdeki tüpler, eksenel düzensizlikleri olsa dahi, ani olarak yüklendiklerinde şekil değişiklikleri tüpün ucunda yoğunlaşmaktadır.

#### d. Tüp Çevirimi

Bu sistemlerde ince et kalınlıklı tüpler, belli bir yarıçap verilmiş kalıpların üzerine bastırılarak, içe veya dışa çevrilirler. Bu mekanizmada enerji tutumu kalıba yakın bölgelerde oluşan plastik bükülme ve gerilmelerle sağlanıp, etkili olabilmesi kalıpta tüpün bükülmesini sağlayan yarıçapın uygun bir şekilde seçilmesine bağlıdır. Şekil 5'te bir tüpün dışa çevrimi verilmiştir.

Bu yöntemin eksenel simetrik belverme ile benzerliği olup sert-plastik analizi için eşitlik 2.2'deki  $K_1$  katsayısı yaklaşık olarak 7.5'e eşittir.

Eğer kalıptaki köşelerin yarıçapları çok küçükse belverme görülür. Aksine yarıçaplar çok büyükse tüpte çatlaklar görülür ve enerji bu çatlakların ilerlemesi ve yarıkların oluşması esnasında tutulur.



Şekil 5. Bir tüpün dışa çevrimi. A ve B eksenel bükülme bölgeleridir [13].

#### e. Küresel Kabuklar

Şekil değişikliği şöyle olur: Öncelikle küre tepesinin elastiki (esnek) olarak düzleşmesi, sonra radyal gerilmelerin etkisiyle eksenel simetrikli elastik veya plastik (kalıcı) küçük çukurların oluşması ve yükün daha da artırılmasıyla plastik dilimlerin oluşması enerjinin tutulmasını sağlamaktadır.

#### 2.1.3. Kirişlerin Plastik Bükülmesi ve Basit Düzlemsel Yapılar

##### a. Plastik Mentеше Sistemleri

Bükme araçlarına örnek olarak incelenen yandan basılan tüpün ve eksenel belveren tüpün enerji tutma kapasiteleri (2.1) ve (2.2) numaralı eşitlikler kullanılarak karşılaştırılabilir [52]. Yan basmada  $0.7D$  ve eksenel basmada  $0.7L$  sehim değerlerine sahip olan tüpün enerji tutma kapasitelerinin oranı şöyle bulunur:

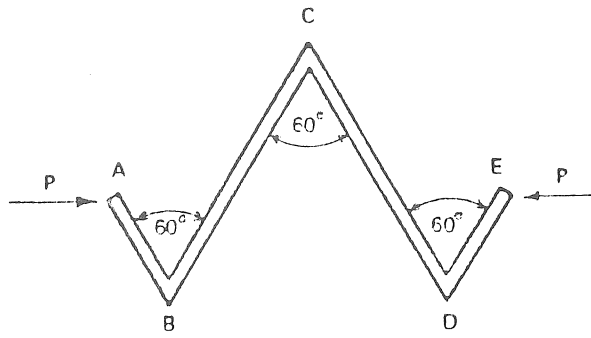
$$\frac{E_L}{E_A} = 0.39 \frac{\sqrt{t}}{D} \quad (2.3)$$

$t$  ve  $D$ 'nin birimi cm.'dir. Bu eşitlikte sünme-

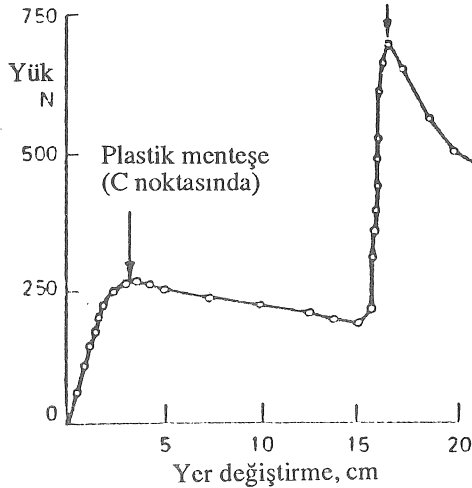
sertleşme ihmal edildiği için yan basmada tutulan enerji,  $E_L$ , düşük olarak tahmin edilir. Fakat yine de eğme-gerdirmenin büyüklüğü hakkında iyi bir fikir vermektedir.

Rawlings, plastik menteşelerin oluşabileceği dirsekleri içeren eğimli elemanların kullanılmasıyla pekçok kuvvet-sehim eğrisinin elde edilebileceğini göstermiştir. Bunun tipik bir örneği Şekil 6'da verilmiştir [36].

Fukuda ve Fuse, çok köşeli kesiti olan tüplerin (Şekil 7); Fukuda ve Ohmata, dalga şeklindeki eğilmiş borularla oluşturulmuş yapıların yan yük altındaki plastik şekil değişikliklerini incelemişlerdir (Şekil 8). Artık pekçok çalışma, düzlemsel yapıları kullanarak gerçek araçların tasarım ve imalatını hedef almıştır [53].



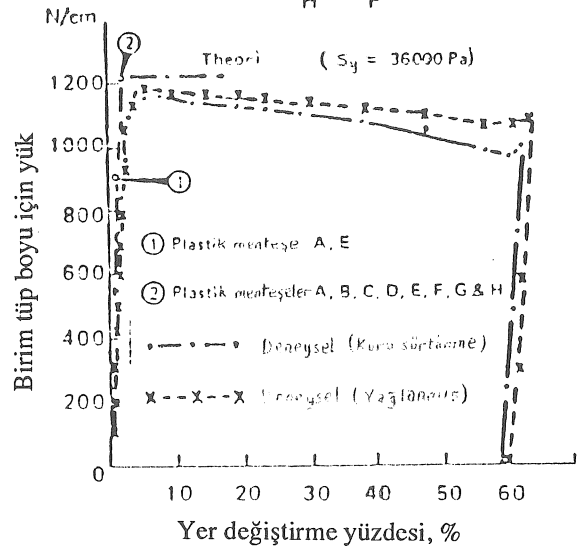
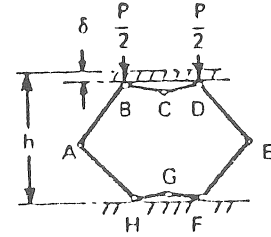
Plastik menteşe  
(B ve D noktasında)



Şekil 6. Basma altındaki W-yapı [13].

Miles ve McIvor ise ince çeperli elemanlardaki plastik menteşelerle büyük sehimlere sahip karışık sistemleri nasıl

bağdaştırabileceğimizi incelemişlerdir. Bunda eğme ve burulmanın etkilerini içeren menteşelerdeki, tecrübeyle bulunmuş eğme-sehim ilişkilerini kullanmışlardır.



Şekil 7. Sert plakalar arasında basılan altı-köşeli tüp [13].

## b. Çevrimsel Eğme Araçları

Bazı araçlar metal şeritlerin plastik olarak çevrimsel çekilmesi ve basılmasıyla enerjiyi tüketirler. Fakat en yaygın olan tipler, metal elemanların plastik durumda çevrimsel olarak eğilmesi ve düzeltilmesi prensibiyle çalışırlar. Bu tür bir aracın kesiti Şekil 9'da verilmiştir.

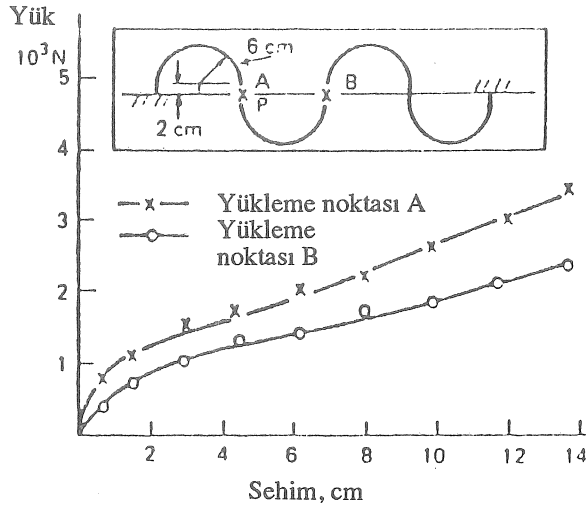
Alexander doğrusal enerji tutucuları analiz edip, pin veya makara üzerine bükülen bir şeritteki birim genişliğe düşen çekmedeki artış miktarını şöyle vermiştir [13]:

$$\Delta T = \frac{4Y}{\sqrt{3}} (t - 2a) \quad (2.4)$$

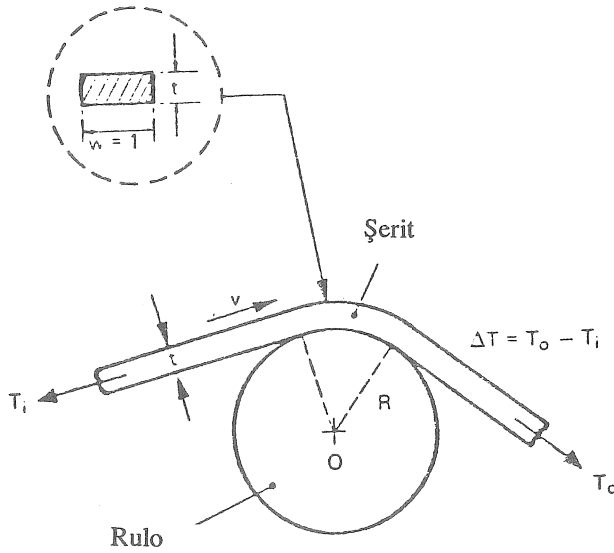
burada

$$a = R \left( \sqrt{1 + \left(\frac{t}{R}\right)^2} - 1 \right)$$

Makara yarıçapı R ve şerit kalınlığı t'dir. Geometrik ve malzeme parametrelerinin uygun seçimiyle çalıştırılma kuvveti kontrol edilebilir.



Şekil 8. Yanlamasına yüklenen boru-halka yapı [13].



Şekil 9. Şerit bükme aracı [13].

Birbiri içerisine geçebilen dönen halkalı

araçlar ise telleri bükme için kullanılırlar. Johnson basit sert-plastik analizi ile halka başına düşen çalıştırma kuvvetini ( $P_R$ ) şöyle tanımlamıştır [13]:

$$P_R = \frac{4}{3} (\pi r^2 Y) \quad (2.5)$$

r telin yarıçapıdır. Bu tip araçların tasarımında gözönünde bulundurulması gereken koşullardan birisi de, çevrimsel çalışmaları için araçların yorulma mukavemetlerinin de hesaba katılmasıdır.

### c. Metale Şekil Verme Yöntemleriyle Çalışan Araçlar

Bazı enerji tutucuların tasarımları metale şekil verme (örneğin; kütüklerin basımı, haddeleme, tüp genişletme) ve metal işleme (örneğin metal kesme [54,55]) yöntemlerini esas alır.

### 2.2. Kırılmalı Yöntemler

Kırılğan özellikliler de dahil olmak üzere çok çeşitli malzemeler için kullanılabilir. Metal tüplerin parçalanması, kırılğan peteksi yapıların, gözenekli veya hücreli yapı betonların ve ateşe dayanıklı malzemelerin kırılması bu gruba örnek olarak verilebilir.

### SONUÇ

Normal çalışma koşullarının dışında mekanik sistemlerin ani olarak durdurulması gerektiğinde sistemin zarar görmemesi açısından uygun enerji tutucuların kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Bu enerji tutucular yüksek enerji miktarlarını tutabilmek ve ekonomik olarak tasarım ve üretimlerinin yapılabilmesi için genellikle bir seferlik kullanılacak şekilde yapılırlar. Tasarımları uygun yapılmış enerji tutucularında yutulan enerjinin tutulan enerjiye oranının mümkün olduğunca yüksek olması ve ana yapıya zarar vermeyecek en büyük yük değerinde istenilen enerjiyi tutabilecek sehimi olması beklenir. Bu yazıda çeşitli mekanik enerji tutucular belirtilmekle birlikte sistemlerin özelliklerini gözönüne

alan ve temel ilkelerin aynı kaldığı başka çeşit mekanik enerji tutucuların tasarımı da olanaklıdır.

## MECHANICAL SHOCK ABSORBERS

In an impact, the interface loading is dependent on the deformation characteristics of both impacting and impacted bodies. If bodies are too rigid to accommodate the amount of gross deformation required to neutralize the incoming kinetic energy, or if such energy absorption has a chance to proceed in uncontrolled and unreliable ways, then there is a need to interpose a specifically designed energy absorber between the two bodies. So the required characteristics of such an energy absorber are the capability to accommodate large permanent deformation without structural failure and, the reliable and controlled load-deformation or stress-strain behavior under dynamic conditions. The subject of this study is to give a brief overview of impact deformation of mechanical shock absorbers, and to give a collection of related papers.

## KAYNAKÇA

1. Goldsmith, W., "Impact: The Theory and Physical Behaviour of Colliding Solids", Arnold, London, 1960.
2. Johnson, W., "Impact Strength of Materials", Arnold, London, 1972.
3. Wasley, R.J., "Stress Wave Propagation in Solids", Marcel Dekker, 1973.
4. Kornhauser, M., "Structural Effects of Impact", Spartan Books, 1964.
5. Hernalsteen, H. and Leblois, L.C., 1975, "The Use of Energy Absorbers to Protect Structures Against Impact Loading", Nuclear Engineering and Design, 1976, (37), pp. 373-406.
6. Araki, Y., Yuhki, Y., Yokomichi, I. and Jinnouchi, Y., 1983, "Impact Damper with Granular Materials", Bulletin of JSME, June 1985, Volume 28, No. 240, pp. 1211-1217.
7. Bapat, C.N. and Sankar, S., 1984, "Multiunit Impact Damper Re-Examined", Journal of Sound and Vibration, 1985, 103(4), pp. 457-469.
8. Hundal, M.S., 1976, "Impact Absorber with Two-Stage, Variable Area Orifice Hydraulic Damper", Journal of Sound and Vibration, 1977, 50(2), pp. 195-202.
9. Asami, T. and Sekiguchi, H., 1982, "Fundamental Investigation on an Oil Damper - 3rd Report Comparison of Analyses Based on Cylindrical Coordinates and Cartesian Coordinates", Bulletin of JSME, February 1984, Volume 27, No. 224, pp. 309-316.
10. Maemori, K., 1981, "Optimum Design of Hydraulic Shock Absorbers", Bulletin of JSME, 1983, Volume 26, No. 225, pp. 309-316.
11. Yeaple, F., 1982, "Fluid Shock Absorber Equations", Design Engineering, March 1982, pp. 77-82.
12. Rich, B.L., "Cylinders: Softening The Blow", Machine Design, May 1978, pp. 66-69.
13. Johnson, W. and Reid, S.R., 1978, "Metallic Energy Dissipating Systems", Applied Mechanics Reviews, March 1978, Volume 31, No. 3, pp. 277-288.
14. Coppa, A.P., 1968, "New Ways to Soften Shock", Machine Design, March 28, 1968, pp. 130-140.
15. Wang, Y.Z. and Wang, K.S., 1985, "Optimal Design of Impact Absorber for Machine-Floor System Under Impact Loads", Applied Acoustics, 1986, pp. 183-202.
16. Kukkola, T., 1975, "Energy Absorbers Used Against Impact Loading", Nuclear Engineering and Design, 1976, pp. 407-412.
17. Kounadis, A.N., Raftoyiannis, J. and Mallis, J., 1988, "Dynamic Buckling of an Arch Model Under Impact Loading", Journal of Sound and Vibration, 1989, 134(2), pp. 193-202.
18. Raphanel, J.L. and Symonds, P.S., "The Estimation of Large Deflections of a Portal Frame Under Asymmetric Pulse Loading", Journal of Applied Mechanics, September 1984, Volume 51, pp. 494-500.
19. Stangl, P.K. and Meguid, S.A., 1990, "Experimental and Theoretical

- Evaluation of a Novel Shock Absorber for an Electrically Powered Vehicle", Int. J. Impact Engng, 1991, Volume 11, No. 1, pp. 41-59.
20. Stangl, P.K. and Meguid, S.A., "Effect of Fillet Radii Upon the Performance of a Novel Shock Absorber for an Electrically Powered Vehicle", Int. J. Vehicle Design, 1991, Volume 12, No. 2, pp. 240-249.
  21. Krishnaswamy, P. and Mani, A., "Crash Codes Pave the Way to Safer Vehicles", Mechanical Engineering, April 1991, pp. 60-62.
  22. Shibanuma, K., Tanaka, H. and Nishiwaki, N., 1985, "Occupant's Safety by use of Variable Energy Absorbing Bumpers", Society of Automotive Eng., SAE Transactions 850511, 1986, pp. 788-797.
  23. Scammell, L.K., 1987, "Comparison of Strain Rates of Dart Impacted Plaques and Pendulum Impacted Bumpers", Society of Automotive Eng., SAE Transactions 870106, 1987, pp. 393-399.
  24. Rusch, K.C., "An Overview of Automotive Plastic Bumpers", SAE Transactions 900420, V1, 1990, pp. 436-444.
  25. Borchelt, J.E., Shapiro, J. and Subbaraman, B., "Application of Empirical Relationship Developed for Ultra-High Strength Steels in Bumper Design", SAE Transactions 900737, 1990, pp. 784-788.
  26. Mizunaga, S., Saeki, N. and Watanabe, H., "Development of Blow-Molded Bumper Beam", SAE Transactions 900834, 1990, pp. 886-892.
  27. Griffin, P.D. and Martin, J.B., 1982, "Geometrically nonlinear Mode Approximations for Impulsively Loaded Homogeneous Viscous Beams and Frames", Int. J. Mech. Sci., 1983, Volume 25, No. 1, pp. 15-26.
  28. Martin, J.B. and Lee, L.S.S., "Approximate Solutions for Impulsively Loaded Elastic-Plastic Beams", Journal of Applied Mechanics, Dec. 1968, pp. 803-809.
  29. Borchelt, J.E., and Subbaraman, B., "Design of Ultra-High Strength Sheet Steel Beams", SAE Transactions 900428, V1, 1990, pp. 445-451.
  30. Maiti, S.K., Gibson, L.J. and Ashby, M.F., "Deformation and Energy Absorption Diagrams for Cellular Solids", Acta. Metall, 1984, Volume 32, No. 11, pp. 1963-1975.
  31. Kirk, J.A., "Mechanical Energy Absorbers and Aluminum Honeycomb", Journal of Mechanical Design, July 1982, Volume 104, pp. 671-674.
  32. Shaw, M.C. and Sata, M.C., "The Plastic Behavior of Cellular Materials", Int. Journal of Mechanical Sciences, July 1966, Volume 8, pp. 469-478.
  33. Stronge, W.J. and Shim, V.P.-W., 1988, "Microdynamics of Crushing in Cellular Solids", Journal of Engineering Materials and Technology, April 1988, Volume 110, pp. 185-190.
  34. McIvor, I.K., Wineman, A.S. and Wang, H.C., 1976, "Plastic Collapse of General Frames", Int. Journal of Solid Structures, 1977, Volume 13, pp. 197-210.
  35. Youngdahl, C.K., 1973, "Dynamic Plastic Deformation of Hexagonal Frames", Int. Journal of Solid Structures, 1974, Volume 10, pp. 709-734.
  36. Rawlings, B., "Impact Test on Model Steel Frames", Proc. Inst. Civ. Eng., 1964, pp. 389-414.
  37. Youngdahl, C.K., 1984, "Plastic Deformation of a Polygon", Int. Journal of Solid Structures, 1985, Volume 21, pp. 295-306.
  38. Mosquera, J.M., Kolsky, H. and Symonds, P.S., "Impact Test on Frames and Elastic-Plastic Solutions", Journal of Eng. Mechanics, 1985, Volume 111, pp. 1380-1401.
  39. Kam, T.Y. and Lin, S.C., 1987, "Nonlinear Dynamic Analysis of Inelastic Steel Plane Frames", Computers and Structures, 1988, Volume 28, No. 4, pp. 535-542.
  40. Kam, T.Y. and Lin, S.C., 1985, "Nonlinear Analysis of Steel Plane Frames with Initial Imperfections", Computers and Structures, 1986,

- Volume 23, No. 4, pp. 553-557.
41. Goodier, J.N. and McIvor, I.K., "The Elastic Cylindrical Shell Under Nearly Uniform Radial Impulse", Journal of Applied Mechanics, June 1964, pp. 259-266.
  42. Ginsberg, J.H., "Dynamic Stability of Transverse Axisymmetric Waves in Circular Cylindrical Shells", Journal of Applied Mechanics, March 1974, pp. 77-82.
  43. Ginsberg, J.H., "Large Amplitude Forced Vibrations of Simply Supported Thin Cylindrical Shells", Journal of Applied Mechanics, June 1973, pp. 471-477.
  44. Bleich, H.H. and Baron, M.L., "Free and Forced Vibrations of an Infinitely Long Cylindrical Shell in an Infinite Acoustic Medium", Journal of Applied Mechanics, June 1954, pp. 167-177.
  45. Singh, M.C. and Frydrychowicz, W., "Wave Propagation in Non-Homogeneous Thin Elastic Rods Subjected to Time Dependent Stress Impact", Journal of Sound and Vibration, 1981, 79(3), pp. 341-350.
  46. Shim, V.P.-W. and Stronge, W.J., 1986, "Lateral Crushing in Tightly Packed Arrays of Thin-Walled Metal Tubes", Journal of Mech. Sci., 1986, Volume 28, No. 10, pp. 709-728.
  47. Shim, V.P.-W. and Stronge, W.J., 1986, "Crushing of Thin-Walled Tubes Between Cylindrical Indenters", Journal of Mech. Sci., 1986, Volume 28, No. 10, pp. 683-707.
  48. Fatt, M.S.H. and Wierzbicki, T., "Damage of Plastic Cylinders Under Localized Pressure Loading", Int. J. of Mech. Sci., 1986, Volume 33, No.12, pp. 999-1016.
  49. McNay, G.H., 1988, "Numerical Modelling of Tube Crush with Experimental Comparison", Society of Automotive Eng., SAE Transactions 880898, 1989, pp. 937-948.
  50. Weirzbicki, T. and Abramowicz, W., 1988, "Development and Implementation of Special Elements for Crash Analysis", Society of Automotive Eng., SAE Transactions 880895, 1989, pp. 918-924.
  51. Lindberg, H.E., "Impact Buckling of a Thin Bar", Journal of Applied Mechanics, June 1965, pp. 315-322.
  52. Miles, J.C., "The Determination of Collapse Load and Energy Absorbing Properties of Thin Walled Beam Structures Using Matrix Methods of Analysis", Int. J. of Mech. Sci., 1976, Volume 18, pp. 399-405.
  53. Mamalis, A.G. and Reid, S.R., 1978, "A Note on Fracture and Deformation in Cubical Box Structures due to Impulsive Loading", Int. J. of Mech. Sci., 1979, Volume 21, pp. 53-61.
  54. Gillies, D.J., "New Rating Tool For Shock Absorbers", Machine Design, September 11, 1980, pp. 94-97.
  55. Kirk, J.A. and Gay, J.W., "'Metal-Cutting' Energy Absorbers", Machine Design, March 10, 1977, pp. 84-85.

Orhan B. ALANKUŞ  
Doç. Dr.  
TOFAŞ A.Ş. Türk Oto. Fab.  
BURSA

Ferruh ÖZTÜRK  
Doç. Dr.  
Uludağ Üniversitesi  
Makina Müh. Bölümü  
BURSA

Necmettin KAYA  
Araş. Gör.  
Uludağ Üniversitesi  
Makina Müh. Bölümü  
BURSA

## OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE BİR ATELYE KONTROL UYGULAMASI

Bu makalede bir otomotiv fabrikasında uygulamaya konulan atelye kontrol çalışması ve sonuçları anlatılmıştır. Atelye seviyesinde veri toplanması ve analizinin üretimi nasıl etkilediği ve yeni teknolojilerin uygulanması açısından önemi vurgulanmıştır.

### GİRİŞ

Günümüz endüstriyel işletmelerinin hedefi, küreselleşen pazarlar sonucu oluşan rekabet ortamında iyi bir yer alabilmek ve sürekli gelişmektir. Bu kapsamda firma düzeyinde rekabet gücünü artırmak için yeni teknolojilerin ve yönetim tekniklerinin hızla uygulanmasına olanak sağlayan yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Yeniden yapılanma çerçevesinde JIT (Just in Time), Lean Production, CIM (Computer Integrated Manufacturing), TPM (Total Productive Maintenance), TQC (Total Quality Control), CE (Concurrent Engineering) gibi yeni yönetim ve sistematik entegre üretim teknikleri kullanılmaktadır (1-5). Yeni teknolojik gelişmelerin ve yönetim tekniklerinin uygulanmasında üretim veri tabanının oluşturulması ve analizi, uygulanan stratejilerin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Atelye seviyesinde verilerin değerlendirilmemesi ve diğer seviyelere aktarılmaması durumunda yeni üretim ve yönetim tekniklerinin uygulama stratejileri etkin olarak kullanılamaz. Uygulama stratejilerinde önemli faktör üretimin tüm fonksiyonları arasındaki entegrasyondur. Bu nedenle fabrika içindeki tüm seviyelerde ortak veri tabanı kullanımının tanımlanması ve etkin bir bilgi akışı için network sistemleri oluşturulmalıdır.

Bu yazıda TOFAŞ' ta sürmekte olan yeni teknolojilerin üretim sürecine aktarılması aşamalarından sistem entegrasyonu sürecinde bir atelye kontrol uygulaması anlatılmıştır (1).

### ÜRETİMDE ENTEGRASYON VE ATELYE KONTROLÜ

Entegre üretim, tüm iş sistemlerinde gerçek zamanda tüm verilere istenilen zamanda ulaşılabilme ile sağlanır. Bunun için imalat işlemlerinde daha iyi kontrol ve yönetim bilgisi gerekir. Entegre üretime gerek duyulması, ürün kalitesini artırmak ve birim ürün fiyatlarını düşürmek istenmesindedir. Bilgisayar ağı kullanımı ve bilgi işleme tekniklerinin kullanılması entegre üretimde sistem içinde serbest veri akışı sağlar. Bilgisayarlar üretimin entegrasyonunda, entegrasyonun başarılı olabilmesi için destek görevini görmekte fakat entegrasyonun temel amacı tüm imalat işlemlerinde organizasyonun sağlanmasıdır.

Entegre üretimin kurulması için gerekli adımlar şunlardır:

- Stratejinin belirlenmesi
  - İmalat işlemlerinin kolaylaştırılması
  - Entegrasyon
  - CIM teknolojisinin uygulanması ve bilgisayar kullanımı
- Başarılı bir gerçekleştirme için ilk



adım, entegrasyon amacıyla tüm stratejilerin geliştirilmesidir. Entegrasyondan önce geleneksel organizasyonun değiştirilmesi ve organizasyon yapısının kurulması gerekir. Entegre üretim stratejisi için organizasyon yapısının geliştirilmesi, ayrı sistemlerin imalat ve entegrasyonunun basitleştirilmesi ve daha sonra gerçekleştirilen sistemin modüler olması ve son olarak tamamen entegre olması ile gerçekleştirilir. Entegre üretimin gerçekleştirilmesi için planlar uzun dönem için yapılmalı ve adım adım gerçekleştirilmelidir. Üretimde entegrasyon sürecinde, atelye kontrolü tüm imalat işlemlerinin daha ileri entegrasyonu ve fabrika bazında veri aktarımının başlangıç noktalarından birisidir. Ancak, doğru ve etkin bir atelye veri toplama ve analiz sistemi kurulamazsa, entegrasyon ve bilgisayar teknolojilerinin kullanımından beklenen sonuçlar elde edilemez. Bu açıdan atelye kontrolü, yeniden yapılanma süreci ve CIM teknolojisinin uygulamaya konulması için gerekli alt yapı taşlarından birisi olarak değerlendirilmelidir.

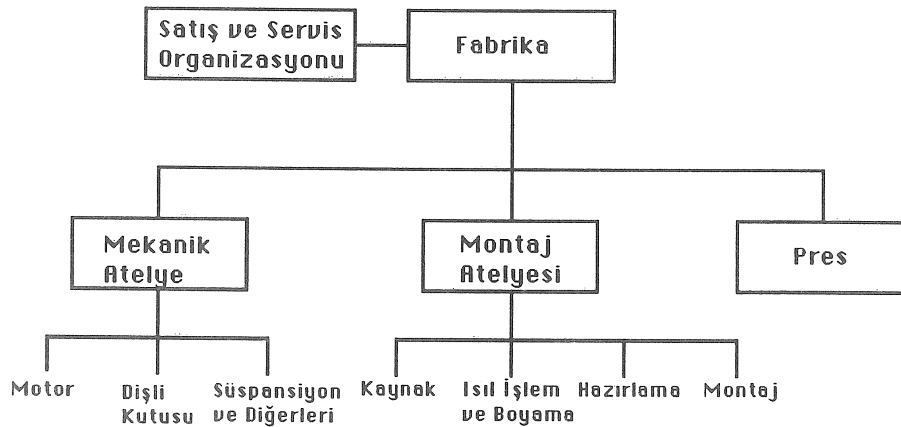
## TOFAŞ İLETİŞİM SİSTEMİ

TOFAŞ'ta üretim makineleri arasında uzun süreden beri bir ağ yapısı oluşturulması tasarlanmıştır. TOFAŞ üretim ve öngörülen ağ yapısı Şekil 1 ve 2' de verilmiştir. Hedef olarak, ilk aşamada, verimli denetim ve yönetim, programlı ve kestirimci bakım

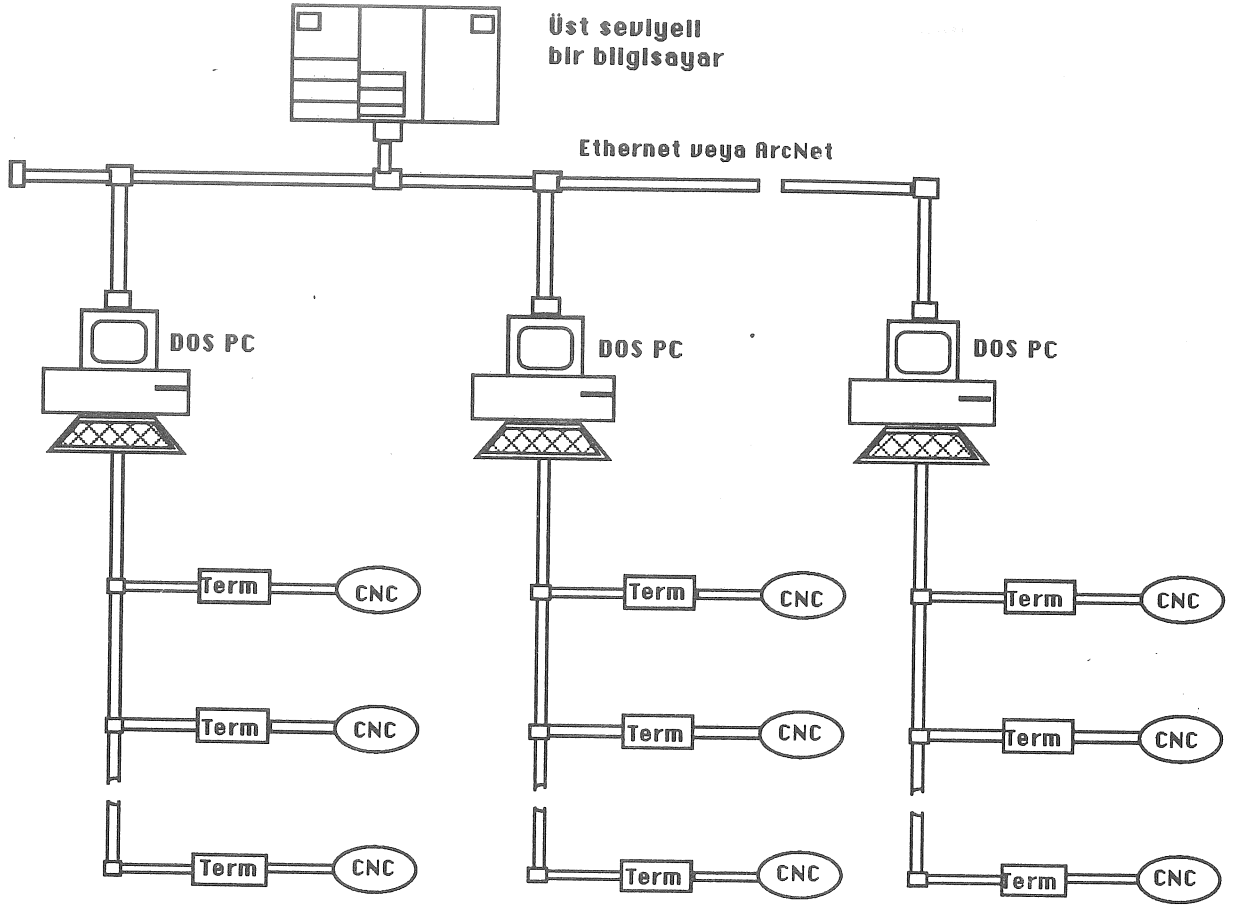
gerçekleştirilmek istenmektedir. Bu nedenle yatırım projeleri çerçevesinde, makine alımlarında birtakım standartlar getirilerek kontrol sistemlerinin bazı şartlara uymasına özen gösterilmiştir. Gereksinimler hakkında yapılan çalışmalarda, TOFAŞ ağ yapısı için, iletişim hızlarının fazla önemli olmadığı ortaya çıkmıştır. Buna karşı güvenilirlik, genişleyebilirlik, kolay kurulabilirlik, kullanılabilirlik gibi tüm diğer özellikler ise kalite takibi ve NC programlarının tezgahlara gönderilmesi veya alınması gibi konular önemlidir. Ağ yapısı olarak ArcNet bus ağ yapısı, düğüm noktalarının devre dışı kalması durumunda dahi çalışabilme avantajından dolayı seçilmiştir. ArcNet ağ yapısı içerisinde 255 ünite bağlamak mümkün olmaktadır. Ayrıca hızı Ethernet'e göre daha az olmasına karşın maliyet avantajı vardır ve güvenilirlik açısından iyi bir sistemdir. Bu çözümün diğer bir avantajı da, başlangıç safhasında küçük yatırım gerektirmesi ve sistemin kendini kanıtlamasına paralel olarak büyüebilmesidir.

## BAŞLANGIÇ SİSTEMİ

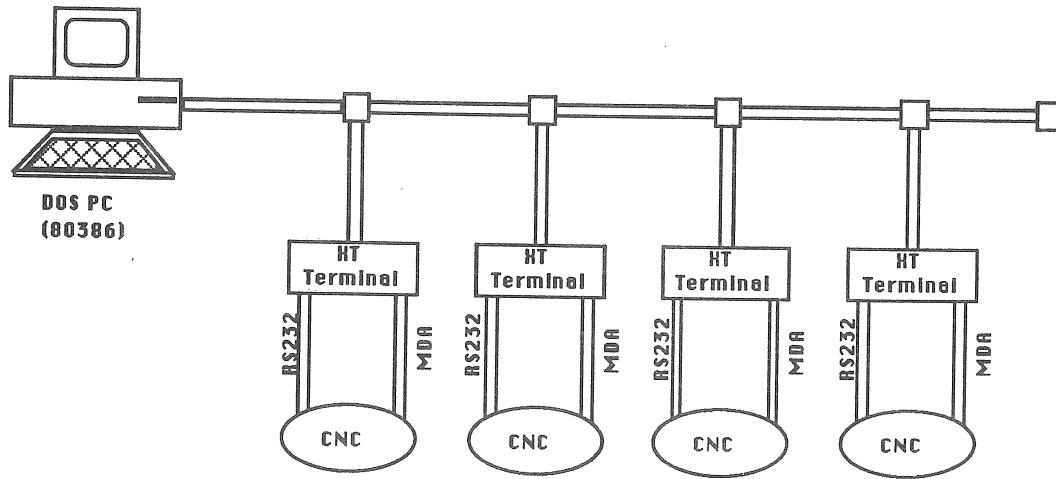
Başlangıç safhasında 1 DOS kökenli IBM uyumlu PC ve 4 adet terminalden oluşan bir sistem öngörülmüştür. Başlangıç için seçilen tezgahlar yatırım açısından yüksek olan ve kapasite olarak artırılması gereken makinalardır.



Şekil 1. Basitleştirilmiş Üretim Yapısı Şeması



Şekil 2. Öngörülen ağ yapısı



Şekil 3. Başlangıç ağ yapısı

## DONANIM

Sistem donanım olarak DOS işletim sistemi altında çalışan bir PC (IBM AT uyumlu, 80386DX33, 4 MB RAM, 120 MB HD, network kartı) ve 4 adet terminalden (IBM XT uyumlu, 2x40 satır EGA ekran, 1 MB RAM) oluşmaktadır. Terminallerin birbirlerine ve ana bilgisayara bağlanması için ArcNet (2.5 MBit/s) ağı kullanılmıştır. PC sistemde server görevini üstlenmekte ve kendisine bağlı terminallerle haberleşebilmektedir. Ayrıca Ethernet ağı üzerinde başka bilgisayarlara bağlanma imkanı bulunmaktadır.

Tezgahlara bağlı bulunan terminallerin iç mimarileri ağ yapısına uyum sağlayabilmek ve veri toplayıp gönderebilmek amacıyla düzenlenmiştir. Terminaller RS232 C veya TTY seri arabirimleri ile CNC tezgahlar ile iletişim kurabilmektedirler. Terminal ayrıca tezgah verilerinin toplanması için 12 digital giriş ve 4 digital çıkışa sahiptir. Ayrıca 16 tane olan fonksiyon tuşlarından veri gönderme olanağı mevcuttur.

Şekil 3'te görüldüğü gibi, başlangıç ağ yapısında terminaller RS232 C ile CNC arasında program alışverişi yapmakta, 12 digital giriş ile tezgahtan veri toplamaktadır.

## SİSTEMİN UYGULAMA ALANLARI

Sistem; imalat kontrol sistemlerinde otomasyona gidilecek her üretim alanında özel ihtiyaçlara cevap verebilecek bir yapıda tasarlanmıştır. Sistem aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir.

- Terminaller üzerinden NC programlarının yüklenmesi
- Ana bilgisayarda NC programlarının kontrolü
- Terminaller üzerinden tezgah çalışma verilerinin toplanması
- Ana bilgisayarda tezgah çalışma verilerinin gözlenmesi
- Ana bilgisayarda tezgah çalışma verilerinin değerlendirilmesi
- NC programlarının bir merkezde toplaması ve yönetimi

## YAZILIM

Sistemin çalışması için gereken tüm

yazılımlar ana bilgisayarda bulunmakta ve terminaller açıldığında terminal konfigürasyonunu sağlayacak ve veri toplamak için yazılmış programlar otomatik olarak ağ üzerinde ana bilgisayardan terminallerin hafızasına yüklenmektedir.

## Tezgahlardan Veri Toplama

Tezgahın durumu ile ilgili bazı bilgiler PLC'ler yardımıyla otomatik olarak toplanmaktadır. Ayrıca otomatik olarak toplanamayan veriler terminal üzerinde bulunan fonksiyon tuşları vasıtasıyla operatör tarafından ana bilgisayara gönderilebilmektedir.

Tezgahın ayarda (kesici değiştirme, temizleme v.b.), üretimde (parça işleme), arıza konumları ve üretilen parça sayısı otomatik olarak belirlenebilmektedir. Bazı bilgilerde fonksiyon tuşları ile alınmaktadır. Bu yüzden bazı tezgah durumları fonksiyon tuşlarına atanmıştır. Bu durumlar gruplanarak kullanımda kolaylıklar sağlanmıştır.

Tezgahın PLC'lerinden gelen sinyaller terminale bit bazında gelmekte ve bunlar program içinde değerlendirilmektedir. Bu amaca yönelik bir veri toplama programı yazılmıştır. Ayrıca PLC programlarının yapılması ile 12 digital giriş kullanılarak daha çok durum ve arıza türlerinin tezgahtan otomatik olarak alınması mümkün olacaktır.

Parça sayma sinyali ile parça işleme zamanları, yükleme-boşaltma zamanları tespit edilebilmektedir. Bu bilgiler ile vardiya veya parça bazında o andaki verim değerleri anında ana bilgisayar ekranında görülebilmektedir. Verim hesaplarında FIAT standartları referans alınmış program buna göre yazılmıştır.

Teknik verim:

$$E_t = \frac{H_w + L_1}{H_w + L_m + L_{mn}}$$

$H_w$  : Tezgahın toplam işleme zamanı

$L_1$  : Toplam parça yükleme boşaltma zamanı

$L_m$  :  $L_1$  + tezgah ayar zamanları toplamı

$L_{mn}$  : Toplam arıza zamanı

$$H_w = T_m \cdot Q_p + L_f$$

$T_m$  : Bir parçanın işleme zamanı  
 $Q_p$  : İşlenen toplam parça sayısı  
 $L_f$  : Parça tamir zamanı

Genel verim:

$$E = \frac{H_w}{H_{de}}$$

$$H_{de} = H_w + L_{100} + L_{200} + L_{300} + L_{400}$$

$L_{100}$  : İşçilik kayıpları  
 $L_{200}$  : Takım kayıpları  
 $L_{300}$  : Bakımdan dolayı kayıpları  
 $L_{400}$  : Duruştan dolayı kayıplar

Bu verim ifadeleri bazı sadeleştirme işlemleri ile aşağıdaki formlara dönüştürülmüştür.

$$\text{Teknik Verim } (E_t) = \frac{\text{Toplam devir zamanı} + \text{Tamir zamanı}}{\text{Toplam devir zamanı} + \text{Tamir} + \text{Ayar} + \text{Arıza zamanları}}$$

$$\text{Genel Verim } (E) = \frac{\text{Toplam işleme zamanı}}{\text{Toplam devir zamanı} + \text{Tamir} + \text{Ayar} + \text{Bakım} + \text{Arıza} + \text{Duruş zamanları}}$$

Devir zamanı; bir parçanın tezgahta işlenmeye başlanmasından, bir sonraki parçanın işlenmeye başlamasına kadar geçen zamandır. Tamir zamanı ise ıskarta parçaların tamirine harcanan zamandır.

Tezgahlardan gelen veriler aynı anda ekranda gözlenebilirken diğer taraftan ORACLE veritabanına kaydedilmektedir. Verilerin yüklenmesi ve değiştirilmesi işlemlerinde ORACLE veritabanı ile çalışan SQL dili kullanılmaktadır. Daha sonra bu veriler haftalık, aylık veya yıllık olarak değerlendirilip rapor olarak sunulabilmektedir.

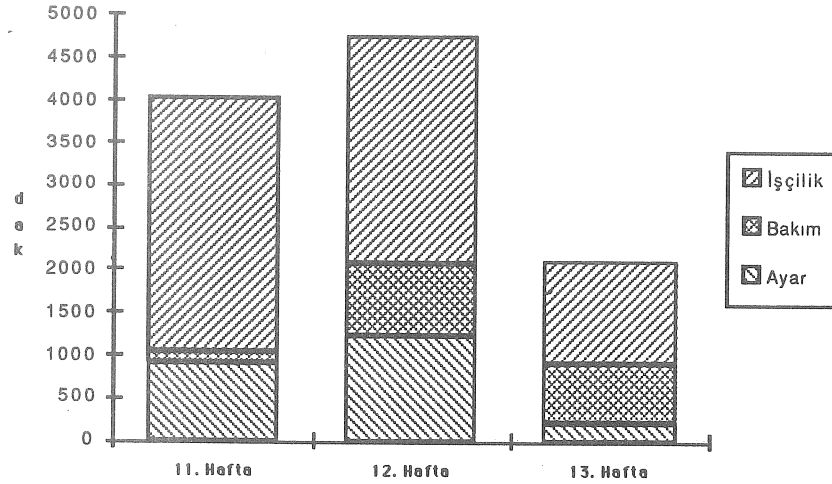
### NC Programlarının Düzenlenmesi

Sistem ayrıca CNC tezgahlarındaki NC programlarının da düzenlenmesini ve arşivlenmesini yapmaktadır. İçinde her türlü

Tablo 1. Ana bilgisayarda kontrol ekranı

No	Tezgah	Operat.	Si.No	Süre	OK	I	Cmi	Cma	Cor	Tmi	Tma	Tor	Et	E	Durum
11	Gildemeister	22995	%3174	0:04	245	1	45	386	54	26	32	32	67	35	üretim
12	Weisser	18486	%1698	0:00	42	0	67	120	81	41	44	42	82	56	Arıza
13	Minganti	22599	%1704	0:12	22	0	93	98	95	45	49	47	77	55	Bakım
14	Nova	18524	%8980	0:01	45	0	24	69	39	10	12	10	75	44	üretim

No : Terminal numarası  
 Tezgah : Terminalin bağlı olduğu tezgah  
 Operat. : Tezgahta çalışan operatör  
 Si.No : İşlenen parçanın parça program nosu  
 Süre : En son veri geldikten sonra geçen zaman  
 OK : İşlenen parça sayısı  
 I : ıskarta sayısı  
 Cmi : Vardiya veya parça bazında minimum devir zamanı  
 Cma : Vardiya veya parça bazında maksimum devir zamanı  
 Cor : Vardiya veya parça bazında ortalama devir zamanı  
 Tmi : Vardiya veya parça bazında minimum işleme zamanı  
 Tma : Vardiya veya parça bazında maksimum işleme zamanı  
 Tor : Vardiya veya parça bazında ortalama işleme zamanı  
 Et : Vardiya veya parça bazında teknik verim  
 E : Vardiya veya parça bazında genel verim  
 Durum : Tezgahın o andaki konumu



Şekil 4. Bir Tezgah İçin Haftalık Rapor Grafiği

editör özellikleri ile tezgahların kendilerine ait olmayan programlara ulaşmasını engelleyen kilit mekanizmaları sayesinde güvenlik özellikleri taşımaktadır. NC programları terminal üzerinden ana bilgisayardan CNC'ye veya CNC'den ana bilgisayara yüklenebilmektedir. Ana bilgisayarda 10000'in üzerinde NC programı depolanabilmektedir.

## SONUÇ

Endüstriyel işletmelerin yeni yönetim teknikleri ve teknolojik gelişmeleri etkin olarak uygulamaya koyabilmeleri için üretim veri tabanını etkin olarak değerlendirilmeleri gerekmektedir. Çıkabilecek sorunların hızla giderilmesi ve sürekli gelişim sürecinin sürdürülmesi veri tabanının doğru kullanımına bağlıdır. TOFAŞ için seçilen ve bir pilot proje olarak başarıyla uygulamaya konulan bu çalışma tüm fabrika bazında veri aktarımının başlangıç noktalarından biridir. Böylece atelye bazında alınan verilerin üst seviyelere aktarılması ve CIM çatısının kurulması için gerekli olan alt modül tamamlanmıştır.

## SHOP FLOOR MONITORING AND CONTROL APPLICATION IN AN AUTOMOTIVE FACTORY

In this paper, a shop floor control and

monitoring case study in an automotive factory is presented. This system represents the logic of efficient data flow which is necessary to apply new management philosophies and technologies into factory production concept. Otherwise, the production will not operate efficiently unless control is maintained over shop floor and transferred to other layers of the factory.

## KAYNAKÇA

1. Öztürk, F., Kaya, N. ve Alankuş, O.B., CIM and the Production Monitoring and Control Systems IFAC Workshop on Automatic Control For Quality and Productivity, 1, (1992), 42-52.
2. Sprow, E. E., CIM Success Stories, Manufacturing Engineering, (1992), 43-45.
3. Lopes, Peter F., CIM II: The Integrated Manufacturing Enterprise, Industrial Engineering, (1992), 43-45.
4. Willis, T. H. ve Mitchell, D. L., Pre-Implementation Strategy for CIM, Industrial Management and Data Systems, 5, (1991), 10-13.
5. Mertins, K. ve Susseguth, W., Integrated Information Modelling for CIM, Computer Integrated Manufacturing Systems, 4, (1991), 123-131.

# DİŞLİ ÇARKLARININ KÜÇÜLTÜLMESİNDE KRİTİK NOKTALAR

Alp ESİN

Prof. Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
ANKARA

Bu makalede dişli çarkların küçültülmesinde bilgisayar destekli tasarımın sağladığı akılcılık tartışılmaktadır. Ele alınmış olan noktalar dişli tasarımını etkileyen parametrelerin anlamlı biçimde irdelenmesine de olanak vermektedir.

## 1. GİRİŞ

Dişli sistemlerinin tasarımında, şu parametreler genellikle baştan verilmiştir: Devir ve güç girdileri, devir oranı ve merkezler arası minimum uzaklığı, çalışma koşulları. Tasarımcı ise diş sayısı, alın genişliği, üretimin kalitesi, çalışma ömrü ve malzeme gibi diğer parametreleri saptamak zorundadır. Görüldüğü gibi, dişli çarkların tasarımı, birbiriyle etkileşen birçok noktanın göz önünde tutulmasını gerektirir. Bu noktaların bir çoğu kolayca karar verilemeyecek kadar karmaşık olduğu gibi, yeterince açıklıkla tanımlanmaları da kolay değildir. Bu nedenle, dengeli ve koşullara uyum sağlayan tasarım kararları almak zordur. Tasarıma ilişkin zorunluluklar esnek olduğunda, birden çok geçerli çözüm elde edebilmek olasıdır. Ancak, bunların tümünün iyi çözümler olduğu ileri sürülemez.

Bazı uygulamalarda, optimum (koşullara en uygun) çözüm gerekebilir. Dişli tasarımında, optimum çözüme yaklaşmak için gereken hesaplamalar çok ayrıntılı ve karmaşıktır. Dişli tasarımında en sık rastlanan optimum tasarım koşullarından birisi, dişli çarkların elverdiğince küçültülmesidir. Bu küçültme ağırlığın veya dişli kutularına ayrılacak hacimlerin sınırlı olduğu uygulamalarda önemlidir. Dişli çarkların küçültülmesinin matematiksel olarak ifadesi

$$MA = \frac{D_p + D_g}{2} D_p (1 + M_G) / 2 \quad (1)$$

olarak yazılabilir. Burada MA merkezler arası minimum mesafedir. D, aşağıdaki denklemin de gösterdiği gibi bağımlı bir parametredir:

$$D = N m \quad (2)$$

N ve m de bağımlı parametreler olduklarından, denklem (1)'deki matematiksel ifadenin hareketle, asgari çapta dişli çarkları kolayca elde edilemez. Değişkenlerin oldukça çapraşık bir irdelenmesi gerekir. Bu tür bir irdeme Johnson [1] tarafından yapılmış olup, dişli çarkların çaplarının küçültülebilmesi için varmış olduğu sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

-Döndüren dişli çarkındaki diş sayısı asgari olmalıdır (düz dişli çarkta, 20° basınç açısı için 18 diş),

-Dişlilerin malzemelerinin yorulma dayanımları ( $S_t$  ve  $S_c$ ) mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır,

-Dişliler en yüksek kalite düzeyinde üretilmelidir,

-Alın genişliği, pratikte izin verilen azami değerinde olmalıdır.

Değişkenlerin sürekli olmadığı ve değişkenlere verilebilecek değerlerin bir matematiksel kuralı izlemediği durumlarda, çapraşık matematiksel ifadelerin limit analizinden elde edilen sonuçlar, her zaman, optimum tasarım kararlarını oluşturamayabilir. Bu bağlamda, modern bilgisayarın özelliklerinden yararlanarak yapılacak yaklaşımlar, sağlıklı kararlar için daha güvenli dayanak oluşturabilir [2-4]. Bu kaynaklardan ilk ikisi oldukça çapraşık bir

bilgisayar taraması algoritmasına dayanmaktadır. [4] nolu kaynaktaki yöntem bilgisayara daha az dayanmakla birlikte, bu makalenin özünü oluşturan bilgisayar yöntemi kadar sonuçların irdelemesine açık değildir.

## 2. DIŞLİ DAYANIM FORMÜLLERİ FORMÜLASYON VE TEORİ

Amerikan Dişli Üreticileri Derneği (AGMA) tarafından geliştirilmiş olan standart uygulama uyarınca [5] dişli çarkların dayanımına temel alınan denklemler aşağıdadır:

$$S_t = \left[ \frac{F_t K_a}{K_v} \right] \left[ \frac{1}{F m} \right] \left[ \frac{K_d K_b}{J} \right] \quad (3)$$

$$S_c = C_p \sqrt{\left[ \frac{F_t C_a}{C_v} \right] \left[ \frac{C_b}{D F} \right] \left[ \frac{C_d C_v}{I} \right]} \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemler, sırası ile, bir dişli çarkın eğmede yorulma ve aşınma sonucu yetmezlik denklemleridir. Aşağıdaki denklemler kullanılarak denklem (3) ve denklem (4) açılabilir:

$$W_t = \frac{746 P}{\pi D_p n_p / 60000} \\ = 1.425 \times 10^7 P / D_p n_p \quad (5)$$

$$F = a m \quad (6)$$

ve sonuçta:

$$S_t = \left[ \frac{1.425 \times 10^7 P K_a}{n_p} \right] \left[ \frac{1}{a N_p m^3} \right] \left[ \frac{K_d}{J} \right] \quad (7)$$

ve

$$S_c = C_p \sqrt{\left[ \frac{1.425 \times 10^7 P C_a}{n_p} \right] \left[ \frac{1}{C_v} \right] \left[ \frac{1}{a N_p^2 m^3} \right] \left[ \frac{C_d}{I} \right]} \quad (8)$$

elde edilir.

Yukarıdaki denklemlerde, alın dişlileri için AGMA'nın tavsiyesi uyarınca,  $K_b$ ,  $C_b$  ve  $C_y$  1 olarak alınmıştır.

Denklemlerdeki dinamik yük faktörleri  $K_v$  ve  $C_v$ , AGMA'nın empirik denklemlerinden [5] elde edilir:

$$Q \leq 5 \text{ için,} \\ K_v = C_v = \frac{50}{50 + \sqrt{200 V}} \quad (9a)$$

$$6 \leq Q \leq 11 \text{ için,} \\ K_v = C_v = \left[ \frac{A}{A + \sqrt{200 V}} \right]^B \quad (9b)$$

AGMA'nın kullandığı simgeler aynen kullanıldığı bu denklemlerde;

$$A = 50 + 56 (1.0 - B) \quad (10a)$$

$$B = \frac{(12 - Q)^{2/3}}{4} \quad (10b)$$

$Q$  = AGMA, dişli üretim kalitesinin derecesi  
 $V$  = Bölüm dairesi üzerinde ölçülen teğetsel hızdır [m/s].

Teğetsel hızın değeri dişli çarkın bölüm dairesinin çapı ve dişlinin dönme hızıyla bağlıdır. Dişli çarkın bölüm dairesinin çapı  $N$  ve  $m$  türünden ifade edildiğinde, teğetsel hız için

$$V = \pi N_p m n_p / 60000 \quad (10c)$$

eşitliği yazılabilir.

Denklemlerdeki  $I$  değeri de (aşınma için geometri faktörü) verilen bir devir oranı ve diş biçimi ( $20^\circ$  basınç açısı) için aşağıdaki denklemden elde edilir:

$$I = \frac{\sin \phi \cos \phi}{2} \left[ \frac{M_G}{1 + M_G} \right] \\ = 0.1607 \left[ \frac{M_G}{1 + M_G} \right] \quad (11a)$$

Yük dağılım faktörleri de, alın genişliği ve montaj duyarlılığına bağlı olarak,

$$K_d = C_d = 1.6 - 2.0 \quad (11b)$$

olarak alınabilir.

Yapılmış olan irdelemenin sonucunda, denklem (7) ve denklem (8),  $D_p$  için yazılabilir. Bu denklemlerin uzun olması nedeniyle, irdelemeyi etkilemeyen parametreleri (sabit veya verilmiş) içeren parantezler tire işaretiyle sadeleştirilmiştir.

$$D_p = N_p m = [-] \left[ \frac{1}{K_v} \right] \left[ \frac{1}{a m^2} \right] \left[ \frac{K_d}{J} \right] \left[ \frac{1}{S_{at}} \right] \quad (12)$$

$$D_p^2 = [N_p m]^2 = [-] \left[ \frac{1}{C_v} \right] \left[ \frac{1}{a m} \right] \left[ \frac{C_d}{I} \right] \left[ \frac{C_p}{S_{ac}} \right]^2 \quad (13)$$

Bu denklemlerdeki  $S_{at}$  ve  $S_{ac}$ ,  $S_a$  ve  $S_c$  yerine kullanılan, malzemenin çalışma gerilmeleridir.

$C_p$  verilmiş bir dişli çiftinin malzemesine bağlı olup, değişken değildir.  $a$ ,  $S_{at}$  ve  $S_{ac}$ , dişli parametreleri  $N$  ve  $m$  den bağımsızdır. Bunların azami değerlerini alması, Johnson'un da işaret etmiş olduğu gibi,  $D_p$  nin sayısal değerinin küçülmesine neden olur. Ancak bir matematiksel sonucu tasarım kararlarına dönüştürmek, sayısal değerleri değiştirmek kadar kolay değildir. Yerine göre çok daha çapraşık olup, değişik bakış açılarını gerektirebilir. Bunun yanı sıra dişlilere ilişkin parametrelerin sürekli değişkenler türünden olmaması ve özellikle dişli modüllerinin yalnızca standart aralıklarla değiştirilebilmesi, karar verilen malzemenin ve üretim duyarlılığının yerinde olup olmadığı hususunda haklı duraksamalar yaratır. Özetle, gerçekçi bir çözüm elde edebilmek için, yalnızca limit analizlerinden derlenmiş sonuçlar yetersiz kalabilir. Parametrelerin değerlerindeki değişikliklerin tümünden etkileşimini görmek gerekir.

Her ne kadar Denklem (12) ve (13) yoluyla bölüm dairesinin çapı elde edilebilirse de, Denklem (7) ve (8) in bilgisayardaki kullanımı daha kolaydır. Üstelik bu denklemlerin bilgisayar çıkışları, değişik çözüm seçeneklerinin irdelenebilmesine de elverişlidir. Denklemler arasındaki benzerlik nedeniyle yalnızca bir adet bilgisayar akış şeması verilmiştir, (Şekil 1). Bilgisayar

programının ilginç yönü, evolvent girişimi olmaması için Slaymaker denkleminde elde edilen asgari diş sayısından daha fazla diş kullanılarak da asgari çapın elde edilip edilemeyeceği sorusuna cevap aranabilmesidir.

### 3. ÖRNEK VE İRDELEME

Yukarıda ele alınan hususları vurgulamak için her iki dişlinin de çelik olduğu aşağıdaki problem seçilmiştir:

Aktarılan güç = 50 BG

Devir = 575 d/dak

Devir oranı = 1.2

Dişli çarkların çalışma gerilmeleri ( $S_{at}$  ve  $S_{ac}$ ), AGMA'nın malzeme sertliğine dayandırılmış denklemlerinden, 200 - 400  $H_B$  aralığı için elde edilebilir [5]. Anılan kaynaktaki 14 ve 15 nolu şekillerdeki denklemlerden (MPa türünden)

$$S_t = [6235 + 174 H_B - 0.126 H_B^2] 6.89 \times 10^{-3} \quad (14a)$$

$$S_t = [-274 + 167 H_B - 0.152 H_B^2] 6.89 \times 10^{-3} \quad (14b)$$

$$S_c = [27000 + 364 H_B] 6.89 \times 10^{-3} \quad (15a)$$

$$S_c = [26000 + 327 H_B] 6.89 \times 10^{-3} \quad (15b)$$

Seçilmiş olan örnekten elde edilen yorulma ve aşınma yetmezlikleri sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelgelerde, eşit bölüm daireleri kalın çizgilerle vurgulanmıştır. Söz konusu çizelgelerdeki gerilme değerlerinin aralıklı oluşu nedeniyle, bilgisayardan, ek olarak, Çizelge 3 ve 4 elde edilmiştir. Bu sonuçlar, daha önceki dökümü tümleyerek, belirli bir AGMA üretim kalitesi için, bölüm dairesinin asgari çapının değiştiği gerilme değerini vermektedir.

Çizelgeler, sistematik olmayan tasarım yaklaşımlarının ne ölçüde kısa düşebileceklerini çarpıcı bir biçimde göstermektedir. Örneğin Çizelge 1'den,  $Q=5$  için, eğmede yorulma dayanımı 282 MPa olan bir çelikten üretilen dişli çarkın bölüm dairesinin çapı 90 mm. dir. Daha yüksek bir üretim kalitesi kullanılsa dahi, dayanımı 395



MPa dan daha yüksek bir malzeme kullanılmadıkça, çapın değerinin etkilenmediği bu çizelgeden izlenmektedir. Görüldüğü gibi, bu tür bir irdeleme yapılmaksızın daha yüksek dayanımlı malzeme seçmek veya daha üstün üretim kalitesine karar vermek, tümüyle israfa yol açabilir.

Limit analizine dayalı yaklaşımlara göre, Çizelge 1 ve 2'nin sağ en alt köşelerindeki çap değerleri, matematiksel olarak, optimum küçüklüklerdir. Ancak çizelgelerdeki kalın sınır çizgileri, aşırı idealize edilmiş yaklaşımların çok yanıltıcı olabileceğini kanıtlamaktadır.

Bilgisayar yaklaşımının ortaya koyduğu bir diğer nokta da, evolvent girişimini önleyen asgari diş sayısını kullanmakla asgari çapın her durumda elde edilmeyeceğini göstermesidir; (Çizelge 3 ve 4). Örneğin, 1350 MPa basma dayanımına sahip bir malzemenin Q=5 kalitesinde üretilen bir dişlinin, verilmiş olan girdiler için, 6 mm modülle açılması gerekir. Elde edilecek bölüm dairesinin çapı ise 108 mm dir. Ancak bu durumda, malzemenin dayanımının % 80'i (1087/1350) kullanılmış olmaktadır. Öte yandan, Çizelge 4'den, bu malzeme için, 21 diş 5 modül, 20 diş 5 modül ve 19 diş 5 modülün de çözüm seçenekleri olabileceği ortadadır (1222 < 1350; 1278 < 1350; 1340 < 1350). Bu çözümlerin her biri daha küçük dişli çapı elde edilmesine neden olduğu gibi, malzemenin daha verimli kullanılmasını da sağlamaktadır.

Üretim kalitesini artırmanın etkisi, aynı sıradaki değerleri izleyerek görülebilir. Ancak, bunun, pratikte büyük önemi olan bir karar olduğunun ve bir matematiksel işlem olarak değerlendirilmesinin yanlış olacağını hatırd tutulması gerekir. AGMA 390.03 standardı uyarınca, örnek olarak verilen çap ve modül değerleri için, Q=6 kalitesinden Q=11 kalitesine geçiş, toplam dişli hatasında, 0.3 mm den 0.04 mm duyarlılığa geçmeyi gerektirir. İkinci durumun, sekiz kat daha dar toleransla üretim yapmayı gerektirdiğine dikkat çekmekte yarar olacaktır.

Verilmiş olan bir devir oranı için, aşağıdaki Slaymaker denkleminden, evolvent girişimini önleyen asgari diş sayısı hesaplanabilir.

$$\frac{4m'}{\sin^2 \phi} (N + m) \leq 2 Nn + n^2 \quad (16)$$

Bu denklemde de orijinal denklemdeki simgeler aynen kullanılmıştır. Bunlar:

$m'$  = diş üstü sabitesi (0.8 veya 1.0)

$\phi$  = basınç açısı

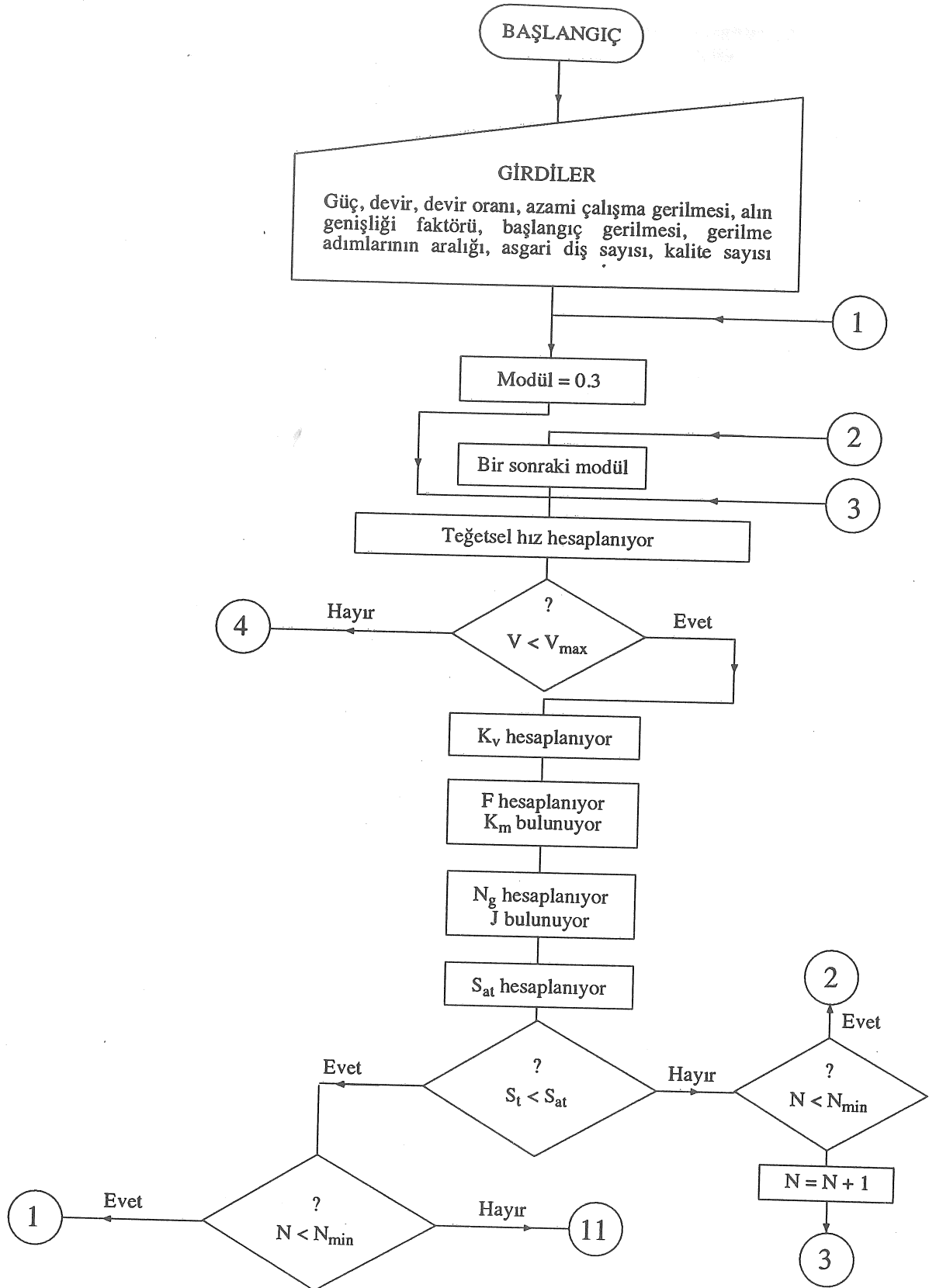
$N$  = büyük dişlideki diş sayısı

$n$  = küçük dişlideki diş sayısı

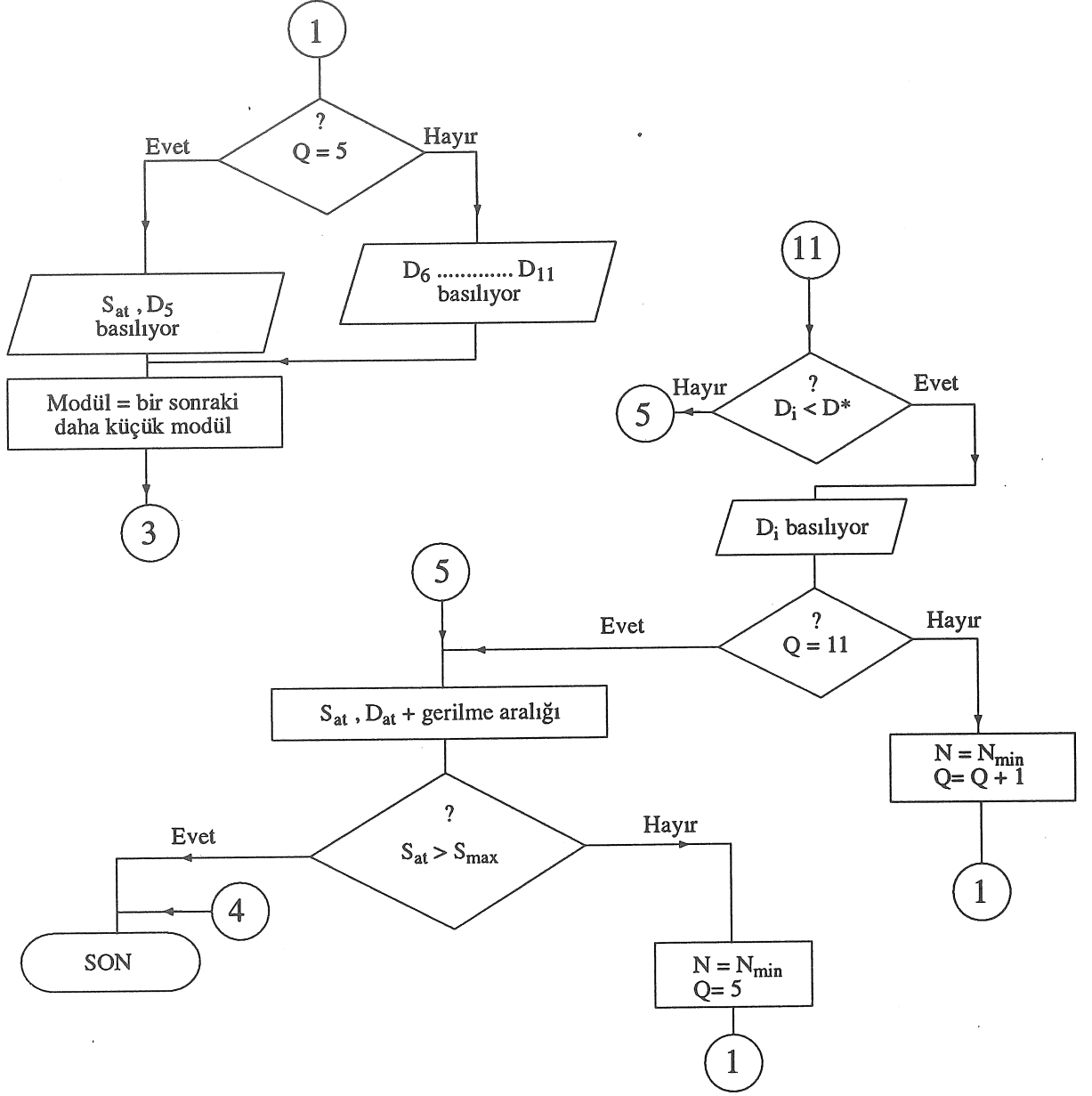
Örneğin 20° basınç açısı ile açılan dişlilerde, küçük dişlinin limit değeri olan 18 diş, büyük dişli, çubuk dişli ( $N = \infty$ ) olarak alındığında elde edilir. Örneğimizdeki devir oranı için bu denklem çözüldüğünde, seçilebilecek asgari diş sayısı 14'tür. Çizelge 5, verilmiş olan bir devir oranı için geçerli olan asgari diş sayısı kullanılsa da, 14 dişden daha fazla diş sayısı kullanıldığında daha küçük çapta dişli elde edebilmenin olası olduğunu göstermektedir. Bu gibi durumlar, çizelgede verilmiş bir aşınma dayanımı değerine ait sıradaki ikinci satırla belirtilmiştir. Örneğin, Q=5 kalitesi ve 550 MPa dayanım için asgari çap, örnek alınan girdiler uyarınca, 168 mm dir ve yalnızca 14 diş, 12 modül kullanılarak elde edilebilir. Öte yandan, kalite Q=6 olarak alındığında, 15 diş ve 11 modül kullanarak, daha küçük dişli elde edilebilir. Çizelge 5'in daha çarpıcı biçimde ortaya koyduğu noktalardan birisi, kalın çizgilerle ayrılmış bölgelerin işaret ettiği gibi, gelişigüzel malzeme veya üretim kalitesinin seçiminin, özellikle, yüksek dayanımlı malzeme veya daha üst düzeyde üretim kalitesi kullanıldığında, israf olasılığını artırdığıdır.

## SİMGELER

a	Alın genişliği faktörü
$C_p$	Elastiklik katsayısı
$C_y$	Yüzey kalitesi faktörü
D	Bölüm dairesinin çapı, mm
$W_t$	Aktarılan yük, N
F	Alın genişliği, mm
$H_B$	Brinell sertlik derecesi
I	Aşınmada geometri faktörü
J	Eğmede geometri faktörü
$K_a, C_a$	Yük uygulama faktörü
$K_b, C_b$	Boyut faktörü
$K_d, C_d$	Yük dağılım faktörü



Şekil 1. Bilgisayar Akış Şeması.



Şekil 1. Bilgisayar Akış Şeması ( $D^*$  = en küçük modül).  
(Devamı)

ÇİZELGE 1. Yorulma Yetmezliği Sonuçları. N (min) = 18 diş, F = 16m mm.

AGMA NO	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Sat (MPa)	Bölüm dairesi çapı (mm)						
175	108	108	108	108	108	108	108
200							
225					90	90	90
250			90	90			
275		90					
300	90						
325							
350							
375							90
400					90	90	72
425				90	72	72	
450			90	72			
475		90	72				
500	90	72	72	72	72	72	72

ÇİZELGE 2. Aşınma Yetmezliği Sonuçları. N (min) = 18 diş, F = 16m mm.

AGMA NO.	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Sat (MPa)	Bölüm dairesi çapı (mm)						
550	180	180	180	162	162	162	162
625	162	162	162			144	144
700		144	144	144	144		
775	144					126	126
850		126	126	126	126		
925	126						108
1000			108	108	108	108	
1075		108					
1150	108						
1225						90	90
1300				90	90		
1375		90	90				
1450	90	90	90	90	90	90	90

ÇİZELGE 3. Yorulma Yetmezliğine Dayalı Asgari Bölüm Dairesi Çapı.  $N$  (min) = 18 diş,  $F$  = 16m mm.

AGMA NO.	Q5	Q6	Q7	Q11
Çap (mm)	İşletme gerilmesi (MPa)			
108	175	175	175	175
105	230	205	194	-
100	245	218	208	175
95	262	234	223	188
90	282	252	241	204
88	409	367	350	297
84	433	389	371	316
80	461	415	397	338
76	493	445	426	364
72	501	480	460	395
63	-	501	501	501

ÇİZELGE 4. Aşınma Yetmezliğine Dayalı Asgari Bölüm Dairesi  
Çapı. N (min) = 18, F = 16m mm.

AGMA NO.	Q5	Q7	Q9	Q11
Çap (mm)	İşletme gerilmesi (MPa)			
180	550	550	-	-
171	585	550	-	-
162	614	556	550	-
160	659	597	565	550
152	690	626	594	565
144	725	659	626	595
140	795	724	687	654
133	832	759	722	688
126	874	799	761	726
120	987	904	861	823
114	1035	949	905	865
108	1087	999	954	913
105	1222	1124	1073	1028
100	1278	1177	1125	1079
95	1340	1236	1183	1135
90	1408	1301	1246	1197
88	-	1486	1424	1368
84	-	-	1490	1432

ÇİZELGE 5. Aşınma Yetmezliği Sonuçları. N (min) = 14 diş, F = 16m mm.

AGMA NO.	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Sac (MPa)	Bölüm dairesi çapı (mm)						
550	168	168	154	154	154	154	154
	-	165	-	-	-	150	150
625	154	154	140	140	140	140	140
	-	150	-	-	-	135	135
700	140	140	140	126	126	126	126
	-	135	135	-	-	-	-
775	126	126	126	126	126	126	112
	-	-	-	120	120	120	-
850	126	126	112	112	112	112	112
	-	120	-	-	-	-	-
925	112	112	112	112	112	112	112
	-	-	-	-	105	105	105
1000	112	112	112	98	98	98	98
	-	105	105	-	-	-	-
1075	112	98	98	98	98	98	98
	105	-	-	-	96	96	96
1150	98	98	98	98	98	98	98
	-	96	96	96	90	90	90
1225	98	98	98	98	84	84	84
	96	90	90	90	-	-	-
1300	98	84	84	84	84	84	84
	90	-	-	-	-	-	-
1375	84	84	84	84	84	84	84
	-	-	-	-	-	80	80
1450	84	84	84	84	84	84	84
	-	-	-	80	80	80	75



$K_v, C_v$	Dinamik yük faktörü
m	Modül, mm
$M_G$	Devir oranı
N	Diş sayısı
n	Döndüren dişlinin hızı, d/dak
P	Güç, BG
p, g	Döndüren ve döndürülen dişliler için simge (pinyon ve karşılığı)
$S_c$	Basmada yorulma dayanımı, MPa
$S_t$	Eğmede yorulma dayanımı, MPa

### CRITICAL POINTS IN DESIGN OF COMPACT GEAR SETS

The merits of a computer-assisted approach for designing compact spur-gear sets which lends itself to meaningful analysis of variables is discussed.

### KAYNAKÇA

1. Johnson, R.C., Optimal Design of Machine Elements, Wiley Interscience, 2. baskı (1980)
2. Savage, M.Coy ve Townsend, D.P., Optimal Tooth Numbers for Compact Standard Spur Gear Sets, Trans. ASME, Jour of mechanical Design, v104, No4, sayfa 749,758 (1982).
3. Caroll, R.K. ve Johnson, G.E., Optimal Design of Compact Gear Sets, Trans. ASME, Jour of Mechanical design, v106, No1, sayfa 95-101 (1983)
4. Errichello, R.,A. Rational Procedure for Designing Minimum Weight Gears, Proc. 1989 Int Conf.; Power Transmission and Gearing, ASME; sayfa 111-114 (1989)
5. AGMA Dişli Standardı. No: 218.01: "AGMA Standard for Rating the Pitting Resistance and Bending Strength of Spur and Helical Involute Gear Teeth".
6. AGMA Dişli Standardı. No: 215.01: "AGMA Information Sheet for Surface Durability (Pitting) of Spur, Helical, Herringbone and Bevel Gear Teeth.

# AĞIRLIK MERKEZİ VE KÜTLE EYLEMSİZLİK MOMENTİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ DENEYLE BULUNMASI

İ. Deniz AKÇALI

Prof. Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü

Ç.Ü. Müh. Mim. Fakültesi

ADANA

Hüseyin MUTLU

Araş. Gör.

Makina Mühendisliği Bölümü

Ç.Ü. Müh. Mim. Fakültesi

ADANA

Hareketli makina parçalarının dinamik incelenmesinde karşılaşılan önemli üç büyüklük, kütle, ağırlık merkezinin yeri ve ağırlık merkezi etrafında kütle eylemsizlik momentidir. Bu çalışmada, düzlemsel tek simetri eksenli ve genel düzlemsel parçaların bu üç büyüklükten son ikisinin bilgisayar yardımı ile deneysel hesaplanmasına ilişkin bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Düzgün geometriye sahip parçalar için elde edilen deneysel ve kuramsal sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## GİRİŞ

Makinalarda, makinaya ait hareketli parçaların dinamiğinin incelenebilmesi için uzuvların kütle, ağırlık merkezinin yeri ve ağırlık merkezi etrafındaki kütle eylemsizlik momentlerinin bilinmesi zorunludur. Dinamiğin temel denklemleri olan Newton ve Euler [1] hareket denklemlerinin bu büyüklüklere bağlı olduğu bilinmektedir. Pratikte bu özellikler, makinalarda titreşime neden olan dengesizlik kuvvetlerinin giderilmesi [2], [3], [4], [5] volan, kasnak vs. gibi bazı makina parçalarının eylemsizlik yarıçaplarının bilinmesi için de gereklidir.

Ağırlık merkezinin yeri ve kütle atalet momentleri geometrisi bilinen, düzgün makina uzuvları için kuramsal hesaplanabilir. Fakat düzgün geometriye sahip olmayan parçalar için kuramsal hesap hem güç, hem de kesin değildir. Bu nedenle bu işin deneysel yapılmasına gereksinme vardır.

Cisimlerin kütleleri bir tartı aletiyle kolayca bulunur. Ağırlık merkezinin yeri çubuk şeklindeki tek simetri eksenli parçalarda, iki noktadan desteklenmiş, kütle ağırlığının destek noktasında ölçülen tepki kuvvetleriyle saptanabilir [1], [6]. Düzlemsel simetrik olmayan parçalarda ise ağırlık merkezinin yeri, parçanın serbestçe dönebileceği farklı iki noktadan asılmasıyla ortaya çıkan yerçekimi doğrultusunun şekil üzerindeki izdüşümlerinin kesiştirilmesiyle

bulunur [2]. Kütle atalet momentinin bulunmasında ise çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlardan başlıcaları, çeşitli sarkaç deneyleri [2], [6] açılma ivmesinin ölçüldüğü deneyler [7] ve çeşitli burulma titreşimi deneyleridir [4], [7].

Yukarıda sayılan yöntemler şimdiye kadar yapılan çalışmalarda genellikle tek ya da çift simetri eksenli bulunan nispeten düzgün geometriye parçalara uygulanmıştır. Ancak yöntemin simetrik olmayan genel düzlemsel parçalara uygulanmasına rastlanmamıştır. İşte bu çalışmada sarkaç yönteminin, simetri özelliği olmayan düzlemsel parçaların ağırlık merkezleri ile kütle eylemsizlik momentlerinin bulunması ve genelleştirilmesi yapılmıştır. Sarkacın periyodunun ölçüm işlemlerinde, veri toplama ve analizinde bilgisayar kullanılarak zaman ve insan gücünden büyük bir tasarruf sağlanmış ve en önemlisi de hata payı çok küçük oranlara indirilmiştir.

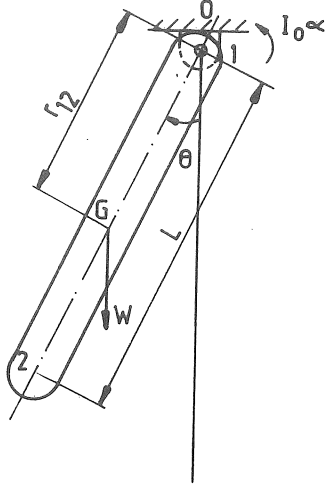
## KURAM

Makina parçalarının ağırlık merkezinin yeri ve ağırlık merkezi etrafındaki kütle atalet momentinin belirlenmesi için, sarkacın salınım periyodu ile bu büyüklükler arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir.

Bunun için düzlemde tek simetri eksenli hal ve düzlemde genel hal olmak üzere iki durum gözönüne alınmalıdır.

### Düzlemde Tek Simetri Eksenli Hal

Düzlemde tek simetri eksenine sahip bir makina parçası Şekil 1'de görüldüğü gibi bir O noktası etrafında serbest olarak salınma bırakılsın.



Şekil 1. Tek simetri eksenli halde salınım büyüklükleri.

Bu durumda O etrafında Euler hareket denklemi yazılırsa

$$mg \sin \theta r_{12} + I_0 \alpha = 0 \quad (1)$$

bulunur. Burada cismin kütlesi (m), yerçekimi ivmesi (g), cismin açısal ivmesi ( $\alpha$ ), cismin askı noktası (O) etrafındaki kütle eylemsizlik momenti ( $I_0$ )'dır. (1) ifadesi küçük salınım açıları ( $\theta$ ) için tekrar yazılırsa ve açısal ivme ( $\alpha$ ) yerine  $\theta$  açısının ikinci dereceden türevi konursa, aşağıdaki ikinci dereceden sabit katsayılı diferansiyel denklem elde edilir.

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \sqrt{\frac{mg r_{12}}{I_0}} \theta = 0 \quad (2)$$

(2) denklemi sarkacın başlangıçta  $\theta_0$  konumundan sıfır hızıyla bırakıldığı dikkate alınır,  $t = 0$ ,  $\theta = \theta_0$ ,  $d\theta/dt = 0$  sınır şartları yazılır. Buna göre (2) nolu

diferansiyel denklemin bu sınır şartları altındaki çözümü şöyle olur:

$$\theta(t) = \theta_0 \cos \sqrt{\frac{mg r_{12}}{I_0}} t \quad (3)$$

Paralel Eksenler teoreminden,  $I_G$  ağırlık merkezi etrafındaki kütle eylemsizlik momenti olmak üzere yazılan ( $I_0 = I_G + r_{12}^2 m$ ) bağıntısı (3) 'te yerine konursa periyod ( $T_1$ ) ifadesi şu şekilde bulunur.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_G + r_{12}^2 m}{mg r_{12}}} \quad (4)$$

(4) bağıntısında  $I_G$  ve  $r_{12}$  olarak iki bilinmeyen bulunduğu için, ikinci bir denkleme ihtiyaç vardır. Bu amaçla Şekil 1'de görüldüğü gibi, sarkaç, farklı ikinci bir noktadan asıldığında, periyodu ( $T_2$ ) aşağıdaki bağıntıyla verilen salınım hareketini yapacaktır.

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_G + (L - r_{12})^2 m}{mg (L - r_{12})}} \quad (5)$$

(4) ve (5) denklemlerinden ağırlık merkezinin 1. askı noktasına uzaklığı ( $r_{12}$ ) ile ağırlık merkezi (G) etrafındaki kütle eylemsizlik momenti ( $I_G$ ) çekilirse,

$$r_{12} = \frac{L \left[ \left( \frac{T_1}{2\pi} \right)^2 - \frac{1}{g} \right]}{\left[ \left( \frac{T_1}{2\pi} \right)^2 + \left( \frac{T_2}{2\pi} \right)^2 - \frac{2L}{g} \right]} \quad (6)$$

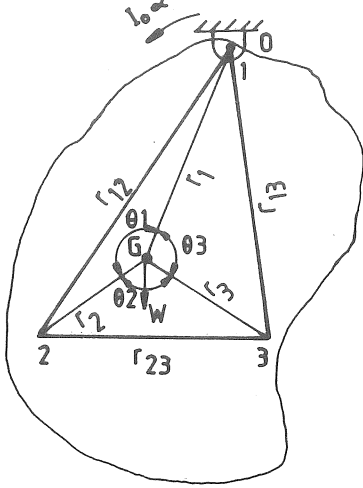
$$I_G = mg r_{12} \left[ \left( \frac{T_1}{2\pi} \right)^2 - \frac{r_{12}}{g} \right] \quad (7)$$

(6), (7) bağıntıları bulunur.

### Düzlemde Genel Hal

Yukarıdaki tek-simetri eksenli halde bilinmeyen sayısı 2 idi. Oysa genel düzlemsel halde bilinmeyen sayısı artacaktır.

Şekil 2'deki genel düzlemsel haldeki geometrik incelemede bilinmeyen parametre sayısının 4 olduğu görülebilir. Bunlar kısaca ağırlık merkezinin askı noktalarına olan uzaklıkları ( $r_i, i=1, 2, 3$ ) ve ağırlık merkezi etrafındaki kütle eylemsizlik momenti ( $I_G$ )'dir.



Şekil 2. Düzlemde simetrik olmayan hal için sarkaç geometrisi.

Şimdi, (4) bağıntısı Şekil 2'deki 3 askı noktasına uygulanırsa, aşağıdaki periyod ifadeleri bulunur.

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{I_G + r_i^2 m}{mg r_i}}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

(8) bağıntı kümesine ek olarak, askı noktaları ile ağırlık merkezinin yerleri arasındaki 4'üncü bağıntı da Şekil 3'ün geometrisinden ( $\theta_i, i = 1, 2, 3$ ) cosinüs teoremi yardımıyla aşağıdaki gibi kurulur.

$$\cos\theta_i = \frac{r_i^2 + r_j^2 - r_{ij}^2}{2 r_i r_j}, \quad j = -3/2 i^2 + 11/2 i - 2 \quad (9)$$

$r_{ij} = r_{ji}, \quad i = 1, 2, 3$

$$\sin\theta_i = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_i}, \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

yazılır. Ayrıca

$$\theta_1 + \theta_2 = 360 - \theta_3 \quad (11)$$

olduğu Şekil 2'deki geometriden görülür. (11) ifadesinin iki tarafının cosinüsü alınırsa 4'üncü eşitlik olarak

$$\cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2 = \cos\theta_3 \quad (12)$$

elde edilir. (8) ve (12) denklemleri sağ tarafı sıfır olacak şekilde düzenlenirse (13) ve (14)'de görülen 4 bilinmeyenli doğrusal olmayan denklem takımı şu hali alır.

$$r_i \left[ \left( \frac{T_i}{2\pi} \right)^2 - \frac{r_i}{g} \right] - \frac{I_G}{mg} = 0, \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

$$\cos\theta_1 \cos\theta_2 - \sin\theta_1 \sin\theta_2 - \cos\theta_3 = 0 \quad (14)$$

(13) ve (14) 4 bilinmeyenli doğrusal olmayan denklem takımı sayısal teknikle çözülür. Bunun için (13) ve (14) denklem takımı elemanları  $f_i = f(x_1)$  olan  $F(x_1) = 0$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) şeklinde bir sütun matrisi olarak gösterilebilir. Buna göre Newton-Raphson [8], yöntemi ile çözüm için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

1.  $I_G = 0$ , iterasyon düzeyini gösteren  $j = 0$  alınır. Ayrıca çözümün ıraksaması halinde, 4. adımda  $I_G$ 'ye eklenecek  $dI_G$  artımı ve ardışık tekrarı bitirecek  $\epsilon$  hata sınırı seçilir.
2.  $r_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) başlangıç değerleri,  $I_G$ 'nin (13) denklem kümesinde yerine konulmasıyla hesaplanır.
3.  $x_i^j = r_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) ve  $x_4^j = I_G$  ataması yapılır.
4.  $F(x_i^j)$  sütun matrisi ve Jakobi matrisinin tersi ( $[J]^{-1}$ ) hesaplanır. Eğer bunları çeşitli nedenlerle hesaplamak mümkün olamıyorsa  $I_G$ 'ye  $dI_G$  eklenerek 2 nolu adıma gidilir.
5.  $x_i^{j+1} = x_i^j - [J]^{-1} * F(x_i^j)$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) ardışık tekrar ifadesinden bir sonraki çözüm değerleri hesaplanır.

$$6. \varepsilon < \left( \sum_{i=1}^4 ((x_{i+1}^{j+1} - x_i)^2)^{1/2} \right) \text{ ise } r_i = x_i^{j+1}$$

$i = 1, 2, 3$ , atamaları yapılarak bilinmeyen büyüklükler bulunur, aksi halde  $j$  bir artırılır ( $j+1$ ) ve 4 nolu adıma gidilerek ardışık tekrara devam edilir.

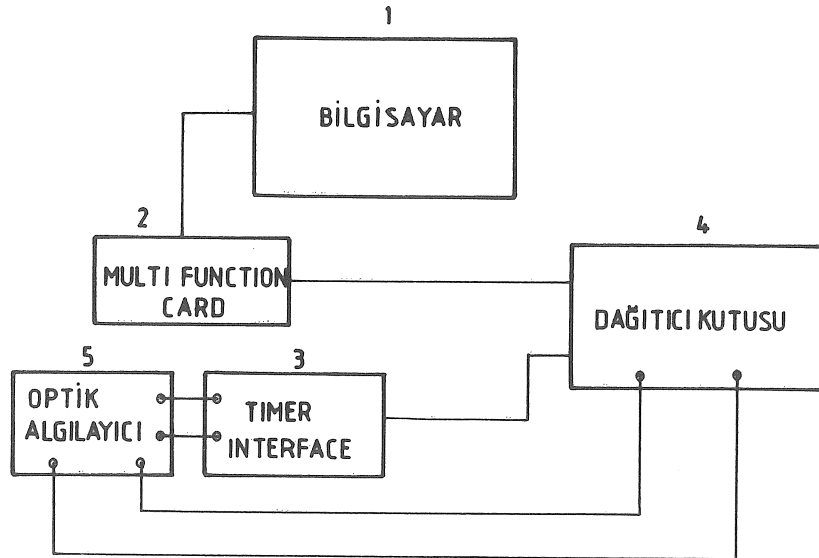
### DENEY DÜZENEGİ

Deney düzeneği esas olarak Şekil 3'de görülen, içerisinde analog dijital çevirici bulunan bilgisayara bağlı kart (Multi function card), analog dijital çevirici arayüzü (interface), XT tipi bilgisayar, bilgisayara bağlı bir dağıtıcı kutusu ve bu kutu tarafından +5 voltla beslenen optik algılayıcıdan oluşur. Düzenek, optik algılayıcıya gönderilen enfraruj ışınlarının sarkacın salınımı sırasında her bir periyot kesilmesiyle yaratılan fototransistörün uçları arasındaki gerilim değişiminin, bilgisayarda sayısal sinyale dönüştürülme prensibine göre çalışır. Bu durumda optik algılayıcının ışığı kesilmesi halinde sıfır, kesilmemesi halinde  $2^n$  ( $n$  bir tamsayı) şeklinde sayılar üretilir. Bu da Şekil 4'de görülen bir kare dalga sinyale karşılıktır. Bu sinyaller bir zaman arayüzü (interface) üzerinden bilgisayara taşınır ve buradaki programlar yoluyla periyotlar hesaplanarak kaydedilir.

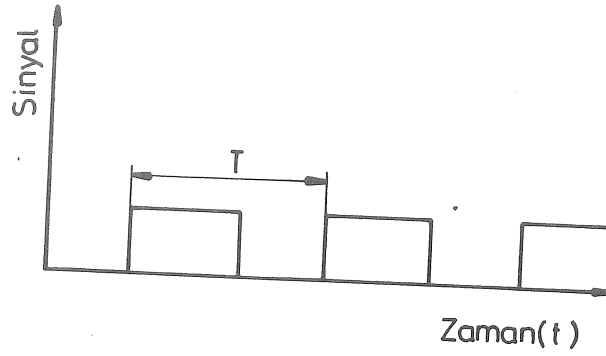
### Bilgisayar Programı

Daha önce gösterilen deney düzeneğinde, verilerin toplanması ve değerlendirilmesi için etkileşimli bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programın işletilmesi için gerekli adımlar aşağıdaki gibidir.

1. Programdaki menüden "veri girme" maddesi seçilir ve deneyi yapılacak parçanın düzlemsel tek simetri eksenli olma veya simetrik olmama durumuna göre, parça üzerinde seçilen askı noktaları arası mesafeler ve parçanın ölçülen kütlesi programa girilir.
2. Menüden "deney yapma" maddesi seçilir ve program deneysel veri toplama durumuna getirilir. Bu şekilde sarkacın salınımı sırasında oluşan kare dalga sinyale karşılık gelen periyot hesaplanarak kaydedilir. Bu işlem gerekirse tekrarlanabilir. Benzer işlemler diğer askı noktaları için de yapılır.
3. Programdaki menüden "hesap yapma" maddesi seçilir. Kaydedilmiş periyot değerleri (6), (7) veya (13), (14) nolu denklemler yardımı ile ağırlık merkezinin yeri ve ağırlık merkezi etrafındaki kütle eylemsizlik momenti bulunur.
4. Birinci adıma gidilerek deney istenirse tekrarlanabilir.



Şekil 3. Deney düzeneği şeması.



Şekil 4. Fototransistörün ürettiği kare dalga sinyal.

### SAYISAL ÖRNEKLER

Şekil 5'de görülen 5 adet düzgün geometriye sahip tahta ve metal malzemeden yapılmış, düzlemsel tek simetri eksenli ve simetrik olmayan parçaların ağırlık merkezlerinin yerleri ve kütle eylemsizlik momentleri, deneysel ve kuramsal olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile kuramsal ve deneysel sonuçlar arasındaki farklılıklar Tablo 1, 2, 3'de sunulmuştur.

Tablo 2'deki ağırlık merkezi yerinin kuramsal hesabında, Şekil 5'deki geometri üzerinde görülen eksen takımları kullanılmıştır. Bilgisayarda elde edilen deneysel sonuçların, kuramsal sonuçlarla karşılaştırılabilmesi için sonuçların bu eksen takımlarına göre dönüştürülmesi yapılmıştır.

### SONUÇ VE TARTIŞMA

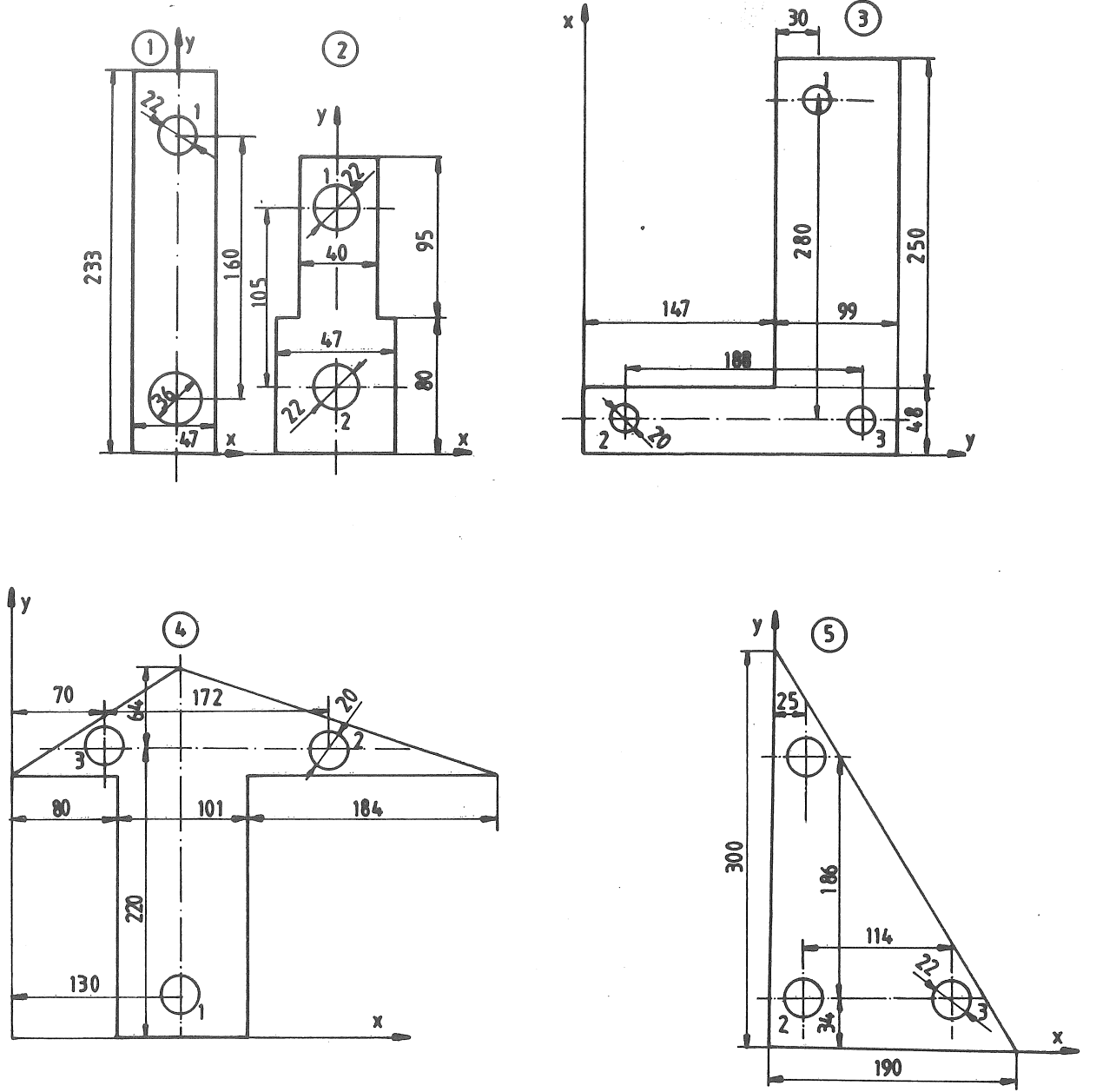
Deneysel ve kuramsal sonuçlar arasındaki farklılıklar Tablo 3'den incelenirse ağırlık merkezinin yerinde ( $r_G$ ) en küçük % 0.13, en büyük % 1.77; kütle eylemsizlik momenti ( $I_G$ ) de ise % 0.07 ile % 4.60 arasında değişen farklılıklar gözlenir. Bu farklılıklar, deneyde ve kuramda ihmal edilen büyüklükler ile parçaların imalatından kaynaklanan farklılıklardır. Önemli olarak parçaların imalatı sırasında meydana gelen düzlemsellikten sapmalardır. Sarkacın

askı noktasındaki sürtünmeleri, hava direnci ve hesaplarda kullanılan periyod ifadesinin küçük açılar için çıkarılması, deneysel sonuçları etkileyen ikinci dereceden hata sebepleri olabilir. Parçaların kütle dağılımlarının homojen olmaması da kuramsal sonucu etkileyen önemli bir hata kaynağıdır. Bu durum Tablo 1'deki 2, 3, 4 ve 5 nolu parçaların aynı malzemeden (tahta) imal edilmelerine karşın, yoğunluklarının farklı olmasından da görülebilir.

Diğer önemli bir sonuç da sarkacın periyodunun dijital bir sayıcı ve kronometre kullanılarak yapılan deneysel çalışmadır [9]. Böyle bir yöntemde Şekil 4'de görülen kare dalga sinyalinin birinci periyodunu tesbit etmek mümkün olamayacağından ölçülen periyod değeri ortalama ve yaklaşık olacaktır. Periyodun ölçümünde yapılan hata diğer parametrelerin yanında sonuca en büyük oranda etkiyecektir. Zaten böyle bir deney sonucu % 50'lere varan farklılıklar oluşmuştur. Bu farklılıklar Tablo 3'de görüldüğü gibi bilgisayar kullanımıyla binde mertebelerine kadar inmiştir.

### SİMGELER

m	Kütle
g	Yerçekimi ivmesi
$r_{ij}$	Askı noktaları arası mesafe
$r_i$	Ağırlık merkezinin askı noktalarına olan uzaklığı



Şekil 5. Deneyde kullanılan geometriler.

$I_0$	Herhangi 0 noktası etrafında kütle eylemsizlik momenti
$\alpha$	Açısal ivme
$\theta$	Açısal yer değıştirme
$\theta_1, \theta_2, \theta_3$	Ağırlık merkezini askı noktalarına birleştiren doğrular arasındaki açı

$t$	Zaman
$T_1, T_2, T_3$	Periyod
$I_G$	Ağırlık merkezi etrafında kütle eylemsizlik momenti
$L$	Boy
$x_i$	Ardışık tekrarda bulunan bilinmeyen parametreler

Tablo 1. Deneysel Veriler

Parça no	Kütle (gr)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Periyot (sn)			Askı kolları arası mesafe (cm)		
			T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	r <sub>12</sub>	r <sub>23</sub>	r <sub>13</sub>
1	1320	8.133	0.7392	0.7723	-	19.15	-	-
2	106.4	0.769	0.6814	0.6540	-	12.75	-	-
3	498.6	0.826	0.9615	0.9982	0.9319	30.40	20.00	26.40
4	421.1	0.774	0.8908	0.8894	0.8689	24.20	19.00	22.00
5	410.7	0.877	0.8631	0.8119	0.8376	20.80	12.80	24.20

Tablo 2. Deney ve Kuram Sonuçları

Parça no	Ağırlık mer. yeri (cm) (Kuramsal)		Ağırlık mer.yeri (cm) (Deneysel)		Kütle Eylem. Momenti (kg-cm <sup>2</sup> ) (Kuramsal)	Kütle Eylem. Momenti (kg-cm <sup>2</sup> ) (Deneysel)
	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>		
1	-	12.23	-	12.26	57.54	57.58
2	-	7.38	-	7.40	2.90	2.92
3	17.31	12.60	17.10	12.40	58.07	57.83
4	16.34	14.86	16.10	14.60	38.01	36.26
5	6.38	10.01	6.20	10.05	28.23	27.48

Tablo 3. Bağlı Hatalar

Parça no	Ağırlık Merkezinin Yerindeki Bağlı Hata (%)	Kütle Eylemsizlik Momentindeki BAĞlı Hata (%)
1	0.245	0.069
2	0.162	0.586
3	0.134	0.413
4	1.770	4.600
5	0.520	2.670



[J]	Jakobi matrisi
F(x <sub>i</sub> )	Doğrusal olmayan denklem takımını içeren sütun matrisi
ε	Ardışık tekrarı sona erdirecek hata sınırı

#### COMPUTER AIDED DETERMINATION OF CENTER OF MASS AND MASS MOMENT OF INERTIA

The three significant quantities that are of interest to the dynamic investigation of moving machine parts are mass, center of gravity and mass moment of inertia. Here in this work, a computer programme package has been developed to determine experimentally the last two quantities using computer. Results obtained theoretically on a number of samples with smooth geometries have been compared with those recorded by the computer in the experiment.

#### KAYNAKÇA

1. Beer, F.P., Johnston, E.R., Dinamik, ÜÇER Matbaacılık, İstanbul, 1979.

2. Akçalı, İ.D., Makina Dinamiği Ders Notları, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak., Adana, 1988.
3. Shigley, J.E., Uicker, J.J., Theory of Machines and Mechanisms, McGraw-Hill Book Company Inc., USA, 1981.
4. J.E. Shigley, Theory of Machines, McGraw-Hill Book Company Inc., USA, 1961.
5. Martin, G.H., Kinematics and Dynamics of Machines, McGraw-Hill, Inc., USA, 1969.
6. Hirschhorn, J., Kinematics and Dynamics of Plane Mechanisms, McGraw-Hill Book Company Inc., USA, 1962.
7. G. Dittrich, Maschinendynamik II, Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik Technische Hochschule, Aachen, 1980.
8. Aktaş, Z., Öncül, H., Ural, S., Sayısal Çözümleme, ODTÜ - Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1984.
9. Öz diler, A., Dinamik Veriler için Deney Düzenegi, Bitirme Ödevi, Adana, 1990.

## KONGRE DEĞERLENDİRMESİ

### 93 SANAYİ KONGRESİ KALİTE GÜVENCESİ VE ISO 9000

Macit KARABAY  
Öğretim Üyesi  
Makina Mühendisliği Bölümü, ODTÜ

#### 93 SANAYİ KONGRESİ BİLDİRGESİNDE KALİTE

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) adına Makina Mühendisleri Odası (MMO) tarafından düzenlenerek 22-26 Kasım 1993 tarihleri arasında gerçekleştirilen 1993 "Sanayi Kongresi"nde yanıtı aranan temel soru şuydu: "Uluslararası rekabetin yeni ve çok daha sıkı koşullarda hayata geçmeye başladığı bir dönemde Türkiye'nin rekabet gücünü geliştirmeye yönelik çabalar ve perspektifler neler olmalıdır."

Bu soruya kongrede somut ve gerçekçi yanıtlar verilebilmesi ve bunların tartışılabilmesi amacı ile kongre öncesi iki yıl süren bir hazırlık döneminden geçildi. Bir dizi ön tartışma toplantıları yapıldı. Kongrede, bu toplantılarda derlenen bilgi ve belgelere dayalı olan bildirimlerin yanısıra bağımsız-güdümsüz sayılabilecek başka bildirimler de sunuldu. Kongre düzenleme kuruluna gönderilen bildirimlerin çoğu bildirim kitaplarına girdi. Bunların önemli bir kısmı, kongrede sunulma ve tartışılma olanağına kavuştu.

Kongre sonrasında bir "Sonuç Bildirgesi" yayınlandı. Bu bildirgenin "genelde" bölümünde sanayileşmiş ya da sanayileşmekte olan ülkelerde sanayi ve devlet arasında sıkı bir işbirliği ve teknoloji alanında güçlü bir yönlendirmeyi içeren mekanizmaların var olduğu, yeni yöntemlere dayalı olarak faaliyet gösteren küçük ölçekli firmaların öneminin arttığı, doğrudan teşviklerin yerini giderek dolaylı teşviklere bıraktığı, yeni sanayileşen ülkelerin gücünün giderek arttığı, kalite

olgusu ve kaliteyi amaçlayan standartların hızla geliştiği, firmaların kalite güvence sistemlerinin kurulmasına, işletilmesine, bu sistemlerin incelenmesine yönelik olan örneğin ISO 9000 - ISO 10 000 serisi standartların yaygınlaştığı ve bunlara dayalı belgelendirme yöntemleri, belgelendirilmemiş firmaların ürünlerine getirilebilecek olan kısıtlamaların uluslararası boyutlarda tartışıldığı ve uygulamaya sokulduğunun izlenildiği belirtilmiştir.

Bildirgenin Türkiye'nin perspektifleri bölümünde ise ülkemizin en üstün görünen yanının finans piyasalarının dışı açıklığı ile finans alanı, en olumsuz yanının ise bilimsel ve teknolojik gücündeki düşüklük olduğu ileri sürülmüştür. Bildirgede ülkemizin kritik mallar ihracatında yeni sanayileşen ülkeler içindeki payının düşmekte olduğu, ülkemizde teknoloji geliştirme çabasının bulunmadığı, kullanıcı-üretici ilişkisinin oldukça sınırlı kaldığı savunulmuştur. Toplam kalite yönetiminin yaygınlaşmadığı, yan sanayinin teknolojik donanımının sınırlı kaldığı, ihracat artışında sağlanan kaynakların sanayinin teknolojik yapılanmasında yeterince kullanılmadığı, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin kurumsal alt yapısının da zayıflığı nedeni ile lisans-know how ile ülkemize giren tasarım ve üretim teknolojilerinin irdelenmediği, oysa bu yolu izleyen ve başarılı olan ülkeler bilinirken bu uygulamanın gözardı edildiği, bunun sonucunda benzer, hatta aynı teknolojileri defalarca yeniden satın alma zorunda kaldığımız, bu durumun maliyeti arttırdığı ve araştırma-geliştirme-tasarım-üretim elemanlarımızın iş olanaklarını kısıtladığı ileri sürülmüştür.

Kongrede özelleştirmeye yönelik çok yönlü ve yaklaşımlı bildirimler tartışılmıştır ve farklı görüşler bildirgeye girmiştir.

Rekabetin kopmaz bir parçası olarak ortaya çıkan biçimiyle yeni kalite anlayışının ve bunun gerektirdiği kuramsal düzenlemelerin ulusal yaşamımıza hızla ve etkin biçimde geçirilmesi zorunluluğu bildirgede de vurgulanmıştır. Bu amaçla

a) Ölçme ve kontrol aygıtlarımızın izlenebilirlik zinciri içinde kalibrasyonunun sağlanmasının periyodik biçimde gerçekleştirilmesi,

b) Kalite sistemleri, ürün ve hizmet belgelemeleri yapan kuruluşların belgeleme konularını ve yeterliliklerini değerlendirecek ve onaylayacak, eşgüdümünü sağlayacak, böylece, haksız rekabeti, çağdışı uygulamaları önleyebilecek yapıda bağımsız, ulusal, bilimsel nitelikli bir örgütün oluşturularak kalitede ulusal ve uluslararası düzeyde güvenilirliğin sağlanması,

c) Bugüne değin yalnızca dış kaynaklarla yürütülmeye çalışılan sınırlı ve toplumun bir çok ilgili kesimine kapalı olan kaliteye yönelik çalışmaların, özkaynaklar yaratılarak, topluma açık demokratik katılım ilkesi temelinde, ulusal nitelikte, bağımsız, saygın ve etkin bir kuruluşa, "Ulusal Kalite Sağlama ve Güvence Kurumu"na doğru hızlandırılması ve yasal biçimde düzenlenmesi, AT ülkelerinde görüldüğü gibi, konunun esas sahibi ve sorumlusu olan Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın bu görevi üstlenerek çalışmaları hızla sonuçlandırması,

d) Özellikle küçük-orta sanayi için çok önemli bir sorun olan ana girdi malzemelerinin deney-testi konularında devletçe yapılması gerekenlerin belirlenmesi,

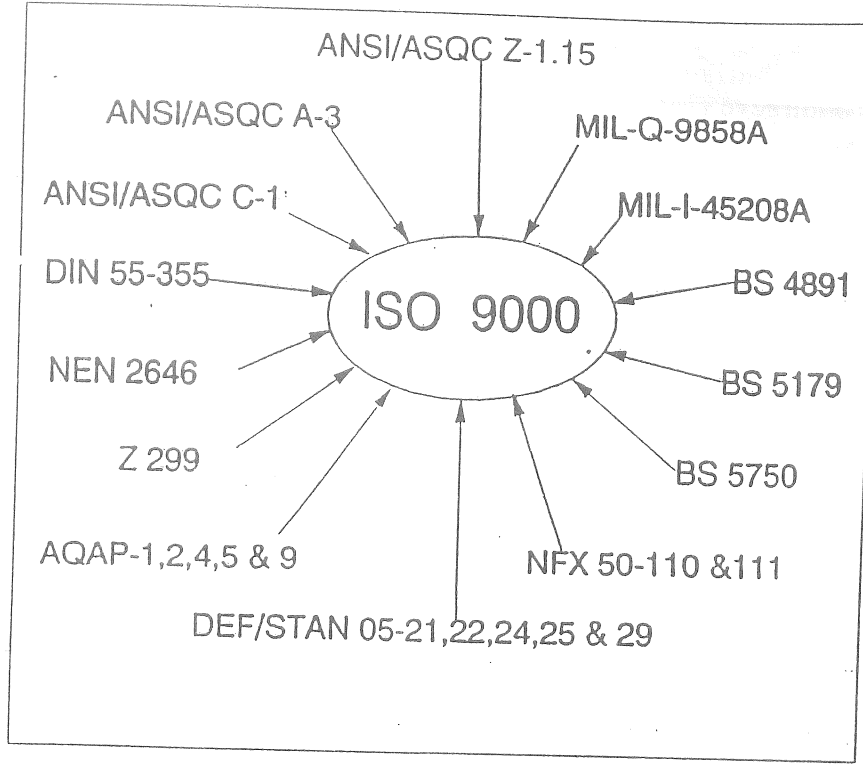
e) Küçük-orta ölçekli sanayi kuruluşlarının kalibrasyon, kalite sistemlerinin kurulması, gerektiğinde bunların belgelendirilmeleri, iş etütleri, tezgah seçme, işyeri düzenleme, kredilendirme v.b. belli başlı konularda KOSGEB'çe verilen hizmetlerin yaygınlaştırılması, etkinleştirilmesi, darboğazların giderilmesi, dile getirilmiştir.

## ULUSAL KALİTE SAĞLAMA VE GÜVENCESİ

93 sanayi kongresinde, sonuç bildirgesinde de görüldüğü gibi kalite ve oluşumu, ülkesel sorunlar, güvence sistemleri (ISO 9000 serisi standartlar ve uygulamaları) üzerinde sunulan bildirimler ve yapılan tartışmalarla önemli konulara değinilmiştir. Ülkemizin, kalite sistemi çalışmalarını bir ulusal politika olarak benimsemesi gereği üzerinde durulmuştur. Gümrük birliğine girmeden önce ulusal kaynaklarımızın, rekabet gücümüzün daha fazla olduğu alanlara kaydırılması gerekli görülmektedir. Üretim hızını arttırmak, maliyetleri düşürmek hedeflenirken ürün kalitesini arttırmanın yollarını bulmak zorundayız. Bu yollar üzerinde sistemli uygulamalar olduğu bilincine varmak gerekmektedir.

## ISO 9000'LER ÜZERİNE GÖZLEMLER İZLENİMLER VE KRİTİKLER

ISO 9000 serisi Kalite Güvence Sistemlerinin kurulması, işletilmesi ve incelenmesine yönelik standartların neleri gerektirdiği iyice bilinmek ve gereken yapılmak durumundadır. Bu standartlar birden ortaya çıkmış değildir. Şekil 1'de özetlendiği gibi Amerikan Ordu Standartlarından olan 1959 tarihli MIL-Q-9858 ile başlayan, 1962 yılında MIL-C-45662A kalibrasyon sistem gerekleri ile süren bu arayışlar, bu konuda Amerikan Sivil standartlardan olan ASQC ile sürmüş, ANSI ile gelişmiş, NATO dökümanları AQAP - 1, 2, 4, 5 ve 9'la ilerlemiş, İngiliz ordu yayınları DEF/STAN ve İngiliz BS 5750 ile gelişmiş, Kanada'nın Z 299'ları ile yol almış, Alman DIN, Hollanda NEN, Fransız AFNOR'un NFX'ler ve sonunda 1986 da ISO 8402 ile Kalite Sistem Terminolojisi standardı ile başlamış ve 1987'de ISO 9000 serisi halinde yayınlanmaya başlamıştır. ISO 9000 serisi standartları yukarıda adı geçenlerin bir uygun birleşimi olduğu anlaşılmaktadır. ISO'ya göre Mart 1992'de 45 ülke ISO 9000 serisi adı verilen bu standartları aynen, üç ülke ise eşdeğer uyarlaması ile kullanmaktadır.



Şekil 1. ISO 9000 serisinin oluşumunda girdiler.

Bilindiği gibi ISO 8402 ile başlayan ISO 9000 serisi standartlar ISO 9000 (ilgili bu standartların seçim ve kullanımı) ISO 9000 - 1, 2, 3 (Kalite Güvence Sistem modelleri) ISO 9004 (Kalite yönetimi) olarak sürmüştür, bu standartların kullanımına yönelik rehberlerle gelişmiş 1990'da, ISO 10011 - 1, 2, 3 ile (Audit) inceleme serisi ile yeni bir boyut kazanmıştır. ISO 10012 - 1 (1992) ölçme aygıtlarının kalite güvence gerekleri ile ISO serisi çoğalmaktadır.

ISO 9000 serisi bir standardlar gurubudur. Standardlarda genelde bulunan tüm iyi ve kötü yanlar bunlarda da, doğal olarak sözkonusudur. Olumlu bakış açısı ile, bu standartlar uluslararası olarak benimsenebilecek işlemleri, gerekleri yazılı biçimde sunmaktadır. Tasarım, üretim, değerlendirme (inceleme, tetkik), belirleme, kalite güvence sistemi ve yönetimini belgelemeye yönelik bir taban oluşturmaktadır.

Bir gerçek olarak görülen, kalite güvencesini sağlamada uluslararası ticarete ortak bir dil oluşturmaktadır. Olumsuz bakış açısı ile, diğer bir çok standartlarda olduğu gibi ISO 9000 standartları da tartışılmakta,

gözden geçirilmekte ve yorumlanmaktadır. Başka bir deyişle bu standartlar "en küçük ortak kat" olarak görülmektedir. Her firma için, en iyi (optimal) olan kalite güvence sisteminin ISO 9000'lerde sıralanan işlev ve işlemlerin oldukça ötesinde olabileceği gerçeği unutulmamalıdır.

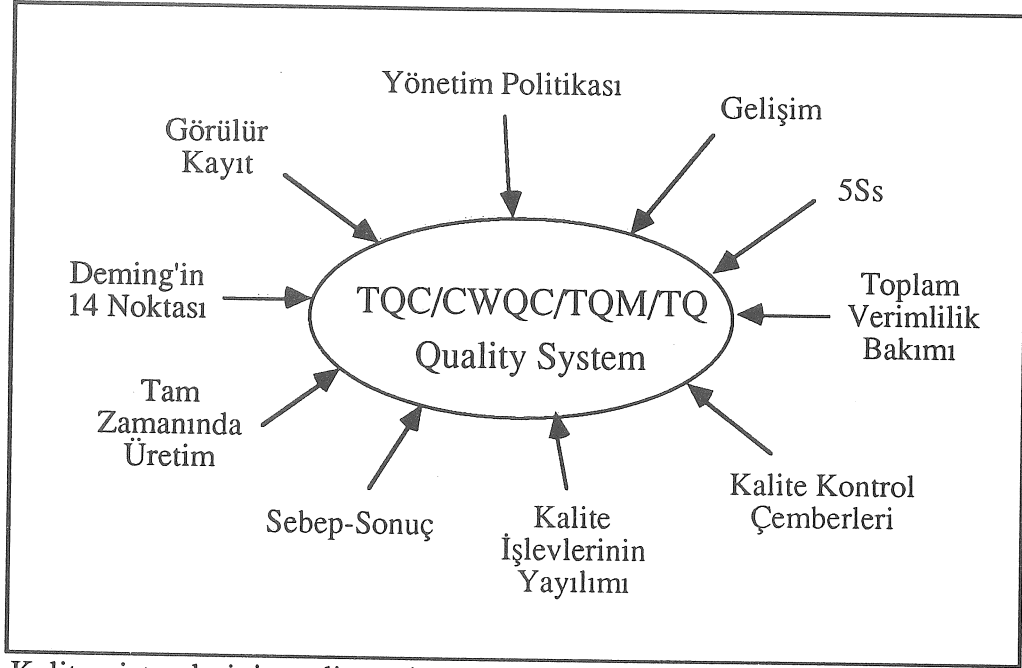
ISO 9000'ler için olumsuz bir yan, üçüncü şahıs belgelemelerindeki kullanımında görülmektedir. Gerçekte bu ve önceki ulusal standartlar kalite güvencesinde ikinci şahıs (yan sanayici) sözleşmelerinde kolaylığı sağlamakta, birinci şahıs (iç izleme, tetkik ve iyileştirme) tabanında da kullanılmaktadır. Bu gerçeğe karşın günümüzde ISO 9000 serisi standartlar, yoğun biçimde ayrıca üçüncü şahıs (tarafsız kişilerce) yapılan inceleme ve belgeleme girişimlerinde de esas alınmaktadır. Bu uygulamaların çok yakından izlenmesinin ve uluslararası pazarda bir engel oluşturmasının önlenmesi gerekliliği dile getirilmektedir. Üçüncü şahıs belgelemesinin bazı uygulamaları "teknik kolonizasyon" olarak görülmekte ise de onay ve belgeleme sürecinin, kaliteye uzun vadeli ilgi duymayan kapkaççıları önleyecek

biçimde özenle uygulanmasının gereği ısrarla belirtilmektedir.

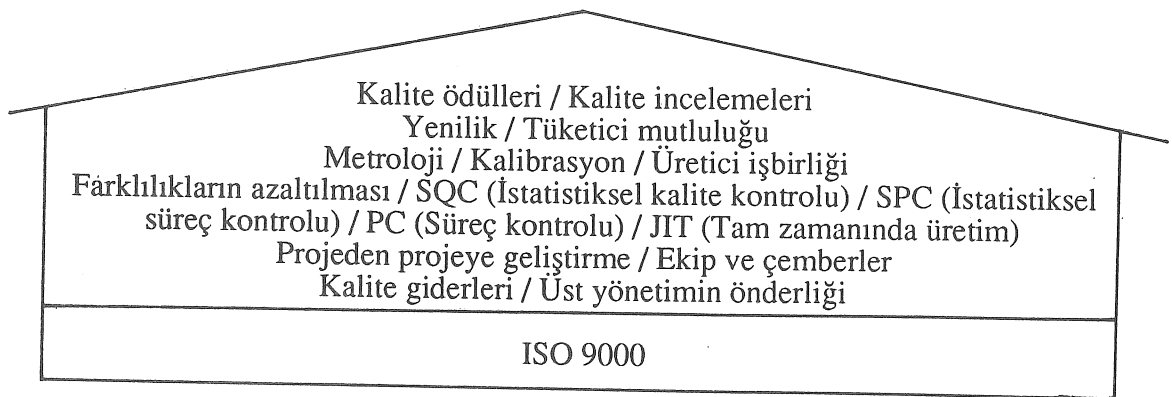
ISO 9000 serisi standartlar, beş yıllık kullanımdan edinilen izlenimler, kritikler doğrultusunda şu anda revizyondadır. Firmaların kalite sistemlerinin kurulması ya da geliştirilmesinde sözü edilen standartların yanısıra Japon uygulamaları ile gelişen yeni bakış açılarının da yararı gözardı edilemez. Şekil 2'de sistem

oluşumuna katkısı olabilecek bu girdiler özetlenmektedir.

ISO 9000 kalite sağlama ve güvence sistemlerine yönelik bu standartların "en küçük ortak kat" olduğu gerçeğini yinelemeye, bunun üstünde, her firmanın özelliklerine göre kat kat eklemeler yapmasında, daha iyi kalite, daha mutlu tüketici, daha fazla talep ve kar için zorunluluk olduğunu vurgulamada yarar vardır (Şekil 3).



Şekil 2. Kalite sistemlerinin gelişmesine girdiler (5S = Organizasyon, açıklık, temizleme, standartlaştırma, disiplin, TQC = Toplam kalite kontrolü, CWQC = Firma içi yaygın kalite kontrolü, TQM = Toplam kalite yönetimi, TQ = Toplam kalite).



Şekil 3. ISO 9000 kalite sisteminde asgari tabandır.

## ÜLKEMİZDE KALİTEYE YÖNELİK SORUNLAR

Ürün ve hizmet kalitesinin bugünü ve yarına yönelik önemini kavrayan her ülkede aşağıdaki işlevlerin planlı, sistemli ve ortaklaşa çabaları en geniş ve verimli bir biçimde yürütülmesi kaçınılmaz sayılmaktadır. Eşdeğerde önemi olan bu işlevlerle, bunlara ilişkin, ülkemizdeki sorunlar özetle aşağıdadır.

### Standard Hazırlama

Standardları, ellerimizi, kollarımızı bağlamak için değil, tekniğe, ekonomiye yön verip gelişmeyi sağlasın, tüketiciyi korusun diye hazırlamak, gerektiğinde hızla güncelleştirerek geliştirmek zorundayız.

Standardların, gereksinimler doğrultusunda, organik bir süreç içinde, uygun ve gerekli bir inceleme-deney-düzeltilme aşamaları ile çağdaş ölçütler ve anlayışlarla düzenlenmesi esastır. Günümüzde, standartların her alanda, asgari müşterekler olduğu kalite çabalarının bunların üstüne çıkmayı amaçladığı herkesin bildiği bir gerçektir.

Kendilerini yenilemeyen standartlar yarardan çok zarar yaratırlar. Bir çok durumda olduğu gibi, "kolay şartname" olarak görüldüğünde kalitenin en önemli boyutu olan "geliştirmeye" doğal bir engel oluşturmaya başlarlar. Bu konuda ülkemizdeki sorun, standard hazırlama yetkisi ve görevi verilmiş olan kuruluşlarımıza, diğer ülkelerde benzeri görülmeyen biçimde ve yoğunlukta asıl konusu dışında olan başka görevler de verilmesi nedeniyle asli görevlerin aksaması, yasalarının zorunlu kıldığı bilimsel, yansız ilişkilerin ve etkinlik düzeyinin sağlanamaması ve kuruluşlararası gereksiz ve zararlı sürtüşmelerin ortaya çıkmasıdır. Standartların yenilenmesi dinamik bir sorun olarak görülmelidir. Kalite konusundaki değer yargılarını standartlara bağlamış olmayı pratik ve uygun bir yöntemmiş gibi gören ülkemizde bu konuda iç ve dış kaynaklardan en üst derecede yararlanarak kendi kalite örgütlenmemizi oluşturmak zorundayız. Yüksek derecede teknik ve bilimsel çabaları

gerektiren standart hazırlama, tanıtma, yenileme girişimlerinin sürekliliğini ve etkinliğini koruyacak yeni yasal düzenlemelere gereksinim duyulmaktadır.

### Standard Mühendisliği ve Yönetimi

Fabrika içi, firmalar arası, ulusal ve uluslararası düzeyde ve bazda gerekli olan standartların hazırlığında veri toplama, deneme - düzeltme - araştırma - geliştirme tanıtma, kullanıcıdan gelen bilgilerin derlenmesi, değerlendirilmesi gibi işlerin yapımı ve yönetimine standard mühendisliği ve yöneticiliği adı verilmektedir. Özel yetişkinlik, deneyim ve bilgi gerektiren bu görevler için eleman eğitimi, lisans üstü programlarla, ilgili kurum, üniversite, meslek odaları işbirliği ile gerçekleştirilmektedir. Standard hazırlama kurumları ile öğrenim kurumları arasında gerçekleşmemiş olan organik bağ, bu konuda ülkemizin ciddi girişimlerini engellemektedir.

### Ölçme ve Kalibrasyon

Ölçme teknolojisinin iyi bilinmesi ve uygulanması kadar, ölçme ve kontrolde kullanılan aygıtların izlenebilirlik zinciri içinde kalibrasyonunu sağlamak bu amaçla gereken örgütü ve laboratuvarları kurmak, kurdurtmak her ülke yönetimi için kaçınılmaz bir zorunluluk sayılmaktadır. Pek çok ülke endüstrileşmelerindeki bu darboğazı çok önceden aşarak uluslararası pazardaki yerlerini almışlardır.

Küçük - Orta ölçekli işletmelerin elindeki sayısı bilinmeyen ölçü ve kontrol aletlerinin tamamına yakını ile, lisans - know - how ile çalışmayan büyük işletmelerdekilerin önemli bir oranı kalibrasyondan yoksundur. Bu aletlerin ne durumda oldukları, kaliteye olumsuz yönde ne ölçüde etkili oldukları bilinmemekte, pek çok kuruluş yetkilileri kalibrasyonu, ayar-sıfırlama ile karıştırmaktadırlar.

Ölçme ve kalibrasyondaki belirsizliklerin ve hataların gözönüne alınmadığı ölçümler güvenilirlikten yoksundur. Sistematik biçimde, izlenebilirlik kuralı içinde, kalibrasyondan geçmemiş aygıtlarla yürütülen kalite

çalışmalarından ve sonuçta ürünlerin kalitelerinden kuşku duyulması doğaldır.

Avrupa gümrük birliğine gidilirken, uzun yıllardır sürüncemede kalmış olan bu sorunun yakın bir gelecekte ülkemiz ihracatını büyük bir dar boğazla karşı karşıya getireceği kesindir. Bu darboğazın en kısa sürede aşılabilmesinin yolu ülkemizdeki bu amaçlı kaynakların seferber edilmesi, bu iş için de öncelikle ulusal ölçme ve kalibrasyon örgütünün hızla kurulması, yaygınlaştırılması bu hizmetlerin, tüm gerekli aygıtlara eriştirilebilmesidir. Göstermelik girişimlerin etkinliği yok derecede azdır.

Üniversite, meslek yüksek okulları, büyük endüstriyel kurumlar, KOSGEB merkezleri vb. metroloji laboratuvarlarındaki küçük eksiklikler hızla giderilerek buralarda, yöresel üçüncü kademe kalibrasyon hizmetlerini yürütmek olanaklıdır. Bu laboratuvarlardaki referansların da, sınırlı yatırımlarla ikinci derecede; ikinci derecedeki laboratuvar referanslarının ise, gelişmiş bir ülke primer (birincil) laboratuvarı ile ilişki içinde kalibrasyonu ve izlenebilirliği sağlanabilir. Bu yolla, yitirilmiş zamanı büyük ölçüde kazanma şansı doğmaktadır.

Primer laboratuvar kurulması görevi ile, ulusal metroloji konularının ele alınması için "UME" Ulusal Metroloji Enstitüsü kurulmuştur. UME'nin "UMKÖ" (Ulusal Ölçme ve Kalibrasyon Örgütünün) bir parçası halinde gelecekte başarılı işler yapacağı umulur. Üçüncül ve ikincil kalibrasyon işlerini, sorumlu bakanlık Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca derhal ele alınması, bir proje bazında ilk çalışmaların gecikmeyeceği beklenir.

#### **Laboratuvar Onayı (Akreditasyon)**

Her ölçme ve kalibrasyonda bir belirsizlik (hata) miktarı söz konusudur. Bu miktarın, ölçüm yada testle birlikte kestirilmesi ve sonucun ona göre değerlendirilmesi, bu miktarın ilgili laboratuvarın düzeyine ilişkin kabul edilebilir değerde olması esastır. Ölçme ve kalibrasyon yapan laboratuvarların buldukları değerlerin, diğer benzer laboratuvarlarda elde edileceklerle

eşdeğerliklerinin sağlanmış olmasının önemi bilinir. Bu konuda ülkemizde, laboratuvar koşul ve işleyişlerindeki eşgüdümülük ve yeknesaklık sağlanamamış olduğunda, sürtüşmelerin ve sorunların ortaya çıktığı bilinmektedir. Avrupa Topluluğu ülkeleri bu konudaki önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir. Avrupa Normları (EN 45001) deney ve test laboratuvarlarındaki çalışmalarda uyulacak genel kriterleri; EN 45002 Bu laboratuvarların değerlendirilmesindeki genel kriterleri; EN 45003 Bu laboratuvarları onaylayacak kuruluşlar için genel kriterleri saptayan belgelerdir.

Amaç, laboratuvarlarda, makul bir ücretle yüksek teknoloji kullanarak, sürtüşmelere yol açmadan gerçek kalite ve teknik değerlerin objektif biçimde bulunabilmesini sağlamaktır. Ülkemizde ölçme ve testlere ilişkin, özellikle hata miktarlarını kestirmede çalışmalar yapılması, laboratuvarları onaylayacak kuruluşların, ulusal düzeyde olması beklenen örgütçe saptanarak çözüme bilimsel ve çağdaş bir yolla yaklaşılması gerekir. Bu konuda da yapılması zorunlu önemli işler olduğu meydandadır.

#### **Belge Vermede Esas Alınacak İncelemeleri Yapacak Teknik Kuruluşların Onayı (Akreditasyonu)**

Avrupa Topluluğu Ülkeleri, EN 45012 ile, kalite sistem belgeleri için çalışma yapacak kuruluşlarda olması gerekenleri normlaştırmıştır. Bu norma göre yasal statü, başka bir deyişle Ulusal Onaylama Örgütünün "onayı" esastır.

Teknik belgeleme, kalitenin oluşması ve korunması, tüketicinin beklentilerinin gerçekleşmesinde gereğinde başvuru yöntemlerdendir. Onaylanarak, hangi firma ya da kuruluşun hangi konuda belge verebilecek kapasite ve erginliğe ulaşmış olduğu saptanır.

Belgelemenin gerçekçi, haksız rekabete açmadan, yansız yapılabilmesi ve kar amacı gütmemesi esastır. Bu nedenlerle belgeleme çalışmalarını ulusal amaçla yürütecek kuruluşların öncelikle, teknik yeterlilik ve yansızlık açısından onay alması genel bir uygulamadır. Ulusal

düzeyde onay almamış kuruluşların vereceği belgelerin kabul görme olasılığı yoktur.

Ülkemizde "Onay" örgütü olmadığından her alanda verilen belgeler kurumların kendi görüş ve yaklaşımları doğrultusunda kalmaktadır. Bu durum bir takım sürtüşmelere, yerine göre haksız rekabete, aşırı belgeleme giderlerine ve verilen belgelerin uluslararası geçerliliğinde kuşkulara neden olmakla, teknik konular gerçekçi çizgilerle ayrılmış olmadığından teknik yeterlilik ortada kalmaktadır. Ulusal Kalite Sağlama ve Güvence Kurumu şemsiyesi altında onay örgütü yerini hızla almalı, belgeleme girişimleri teknik ve dengeli bir baz üzerinde yapılır duruma getirilmelidir.

### **Belgeleme (Ürün, Hizmet, Sistem)**

Belgeleme, ideal olarak tarafsız üçüncü şahısların araya girerek, teknik ihtisas ve yetkisini kullanarak ürün, hizmet ve kalite yönetim sistemlerini inceleyip belge vermeye yetkili kurumlara ulaştırması, bu belgeler aracılığı ile de tüketici-üretici ilişkilerinin, karşılıklı anlayışın sağlanmasıdır. Yasalar, belge veren kuruluşu, ürün, hizmet, sistem kusurlarından doğacak olan zararın tazmininde bir sorumluluk yüklememektedir. Bu konu henüz tüm diğer ülkelerde de tam açıklık kazanmamıştır. Ancak görünen odur ki, yakın bir gelecekte belge veren firmalara da bu açıdan sorumluluk gelecektir.

Ülkemizde standarda uygunluk, kalite uygunluk, ISO 9000 Kalite Güvence Sistem Belgesi adı ile endüstriyel alanda, TSE ve meslek odalarınca, Belediye, Sağlık, Ticaret, Orman Bakanlık kuruluşları tarafından da diğer ilgili alanlarda değişik pek çok belge verilegelmektedir. Bugün ülkemiz herşeyi, hızla, kolaylıkla belgeler bir çaba ve yarış içinde görülmekte, belgeler giderek gerçek değerini yitirir hale düşmektedir. Bu ise belgelemenin amacının gözden kaçması, haksız rekabete yol açması nedeni ile sorunlar yaratmaktadır. Öncelikle, kalite sözcüğünü taşıyan bir belge yanlıcıdır. Bu nedenle kalite uygunluk belgesi, "teknik özelliklere uygunluk" olarak değiştirilmek zorundadır. Belgelerin garanti taşımadığı da bilinmelidir. Sorumluluğu olmayan

belgeleme kuruluşlarının bu konuda hizmetleri kuşkusuz sınırlıdır.

Belgeleme incelemesi yapabilecek kuruluşların onayı esastır. Günümüzün karmaşık teknik uygulamaları, üretim, tasarım süreçleri nedeniyle belgeleme çalışmaları yapacak kuruluşlar, onay örgütünde ihtisas sahalalarına göre gruplanıp yetkilendirilirler. Bir kuruluşun her sahada inceleme yapabilmesi olanağı yoktur. İhtisas sahaları ayırımı olmadan verilen belgelere güven de sınırlı kalır.

Ülkemizde imalat resimleri bile olmayan, yada, önemli oranda eksiklikleri (örneğin toleransları) bulunmayan işletmelerin ürünlerine kalite uygunluk belgesinin verilmiş olması bu konuda önemli sorunlarımızın olduğunun işaretidir. Belgeleme konusu ivediler arasında bulunmaktadır.

### **Personel Değerlendirme ve Sertifikalandırma**

Standard mühendisliği, test-deney laboratuvarları, kalibrasyon örgütlerinde görev yapacak, sorumluluk taşıyacak personelle, fabrika kalite güvence personelinin eğitimi, değerlendirilmesi ve belgelendirilmesi ulusal sorunlardandır. Her ülkede yapılagelen bu girişimlerin ülkemizde yeni başladığı söylenebilir. Gelecekte çok daha yoğun, örgün ve yaygın biçimde eğitim-belgelendirme gerektiğinden bu girişimlerin de ulusal bazda eşgüdümü, yönlendirilmesi kaçınılmazdır.

### **Ana Girdi Malzemelerin Deneyi ve Testi**

Ülkemizde, özellikle küçük-orta ölçekli sanayiın başta gelen sorunlarından birinin belli başlı hammaddelerden olan pik, hadde mamülü malzemeler, plastik vb.nin kalitelerindeki dalgalanmalar, teknik özelliklere uymama olduğudur. Bu tür malzemenin kaliteye olan etkisi nedeni ile ve küçük-orta işletmelerin bunları alırken incelemesi olanağı bulunmadığından bu işin merkezi otoritelerde sürekli yapıp izlenmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Ülkemizin ulusal kalite uygulamaları içinde bu konunun önemli bir yeri olmalıdır. Etkin



düzenleme ve uygulamalara gecikmeden girilmelidir.

### **Danışmanlık Yapan Kuruluşların Değerlendirilmesi ve Belgelendirilmesi**

ISO 9000 standartları, yazıldıkları biçimde çok soyuttur. Bunların hayata geçirilmesi için; kuruluşun kendi olanakları içinde, ürettikleri ürünlere ve miktarlarına dayalı olarak en ince ayrıntılarına kadar inilmesi, bir anlamda "somut duruma getirilmesi" zorunludur. Ülkemizdeki pek çok kuruluş bu yorumu yaparak firmaları için en uygun kalite güvence sistemini somutlaştırması olanaklarından yoksundur. Bu ve benzeri nedenlerle danışmanlık müessesesi giderek önem kazanmakta ve yaygınlaşmaktadır. Danışmanlık hizmetleri ile belgeleme kesin biçimde ayrılmalı, aynı kuruluşların görev alması önlenmelidir.

Danışmanlık firmalarının ehliyetsizliği nedeni ile sonucun olumsuz olması durumunda, ülkemizde sistem anlayışına karşı bir ümitsizliğin doğabileceği ve hedeflere ulaşamayacağı gözardı edilmemesi gereken bir risktir.

Henüz bu konuda uluslararası norm ya da "EN (Avrupa Normu)" bulunmamakla birlikte, yakın bir gelecekte, giderek yoğunlaşan bu etkinliklerin bir düzen ve güvenilirlik içinde yürütülmesi belli esaslara bağlanacaktır.

Ülkemizde danışmanlık konusunda önemli oranda bir hareket görülmekle, belgeleme çalışmalarında aracı kuruluşların devreye girdiği gözlenmektedir.

Bu hizmetlerin gereği gibi, etkin ve yetkin kişiler yada kuruluşlarca gerçek amaca ulaştırır biçimde yürütülmesi beklenir. Ulusal belgeleme örgütü içinde bu yöne yönelik çabalar da yerini almalıdır.

### **Kalite için Eğitim**

Kalite için eğitimin her düzeyde; okul içi, işbaşı, örgün ve yaygın biçimde, sürekli yürütülebilmesi kaçınılmazdır. Japon mucizesinde eğitimin ve bilinçlendirmenin yeri ve önemi bilinir. Yapılan çalışmalar, Makina Mühendisleri Odası Genel Merkezinin bu kongre hazırlık çalışmalarından biri olan toplantıda bulunan

ve her kesimden gelen temsilcilerin bu konuda yaptıkları incelemelerin sonucu, ülkemizde kalite için eğitimde önemli boşlukların olduğunu göstermiştir.

Üniversite, yüksek okullar, mesleki teknik eğitim ve çıraklık kurumları arasında eşgüdüm kurulamamıştır. Endüstri içi bu konudaki eğitim sınırlıdır ve yeterli etkinlik ve yaygınlık sağlanamamaktadır. Oysa, dış ülkelerin, yayınlarından, bu konuda ne ölçüde bilinçli oldukları anlaşılmaktadır.

### **Kalite ve Ögelerinde Araştırma ve Geliştirme**

Kalite ve uygulamalarındaki uluslararası eğilimleri, gelişmeleri izlemek, ulusal girişimlerle karşılaştırmak ve katkıda bulunmak amacı ile sürekli araştırma-geliştirme çalışmalarında bulunmak her ülke için esastır. Ülkemizdeki araştırma-geliştirme çabalarındaki darboğazlar ve sorunlar bellidir. Bunlar aşılmalıdır.

Kaliteden sorumlu olduğu, görevleri bulunduğu ileri sürülen pek çok kuruluşumuzun varlığı bu çalışmaların yeterli düzeyde ve çoğunlukta yapıldığı sonucunu çıkartmamaktadır. Bu çalışmaların parasal desteği kadar eşgüdümlemesi de önemlidir. Ülkemizde bu eşgüdümü sağlayıcı etkin bir mekanizma görülmemektedir. Parasal destek te yok derecede azdır.

Ülkemizde hedefleri saptayan, ulaşım yollarını belirleyen, parasal kaynakları sağlayan, araştırmacıları destekleyen ve yönlendiren çalışmaları yürütecek TÜBİTAK'ın konuya el atması, üniversite, MPM ve diğer kurumlarla işbirliği içinde etkinliğini arttırması beklenir.

### **Tüketicinin Örgütlenmesi**

Tüketicinin, Anayasamızın öngördüğü biçimde desteklenerek örgütlenmesinin, tüketici derneklerinin güçlenmesinin ülke kalitesinin iyileştirilmesinde olumlu yönde etkisi kuşkusuzdur. Diğer ülkelerdeki uygulamalar herkeze bilinir. Farklı kuruluşlara yaptırılacak karşılaştırmalı testlerle üretici kuruluşlarını, serbest rekabet koşullarına zorlamada yarar vardır. Ülkemiz bu konuda çağı yakalamış değildir.

Tüketiciyi koruma yasasının biran önce, çağa uygun bir biçim alarak çıkması gerekir.

### Dış Ticarete Denetim

Ülke çıkarlarının korunmasında giren-çıkan ürünlerin teknik şartnamelere uygun olduğunun saptanmasının önemi meydandadır. Bu konuda yapılan, yapılmakta olanların muhasebesi gerekir. Küçük sanayi piyasada, vasıflı diye satılan vasıfsız, ne olduğu bilinmeyen girdi çelik ve diğer ürünlerin şikayeti içindedir.

### Teknik Yasaların Düzenlenmesi

Her ulusun kalite uygulamaları içinde bazı yasal düzenlemelere gittiği bilinir. Zorunlu standartların uygulanması, kalibrasyonunun sağlanması, kişi sağlık ve çevre koşullarını etkileyecek girişimlerin önlenmesi, tüketicinin parasal çıkarlarının korunması, kritik malzemelerin denetim ve belgelendirilmesi, dış ticaretin yönetimi, işçi sağlığı ve güvenliğine benzer işlerin yasalarla düzenlenmesi kaçınılmazdır. Ülkemizdeki bu tür yasal düzenlemelerin çağın gereğine göre gözden geçirilmesi, eksiksiz ya da gereksizliklerin giderilmesi beklenir. Teknik denetimlerle yasal yürütüm sağlanmalı, uygunsuzluklar giderilmelidir. Bugün uygulanmakta olan sistemdeki aksaklıklar saptanıp, diğer ülkelerle paralelliklerin sağlanması zorunludur.

### Ulusal Kalite Sistemi ve Yönetimi

Ürün ve hizmet kalitesinin ülkenin yaşamı, ekonomisi ve kişilerin mutluluğu bakımından ne ölçüde önemli olduğu, giderek devreye giren kalite güvence sistem anlayışı ve uygulamaları ile bu önemin artması kalite çabalarının daha da örgütsel olarak düzenlenmesi gereğini zorlamaktadır.

AT ülkelerinde, yıllardır uyguladıkları örgütsel sistemlerini yenileme çabaları yoğunlaşırken ülkemizde bu doğrultudaki ilerlemelerin hızının düşüklüğü üzülmektedir.

Sonunda, Milli Akreditasyon Konseyi gibi, Ulusal Kalite Uygulamalarında yalnızca bir parça olan bir hedefe ulaşılmasındaki bu yavaşlık ve bu

çalışmanın tüm ilgili, yetkili ve sorumlu kişilerini kapsamadan, görüşler alınmadan yürütülmesi ülke çıkarlarına ters düşmektedir.

Beklenen, tüm AT ülkeleri ve diğer çağdaş uygulamalarında olduğu gibi ve yukarıda sıralanan görev ve sorumlulukların eksiksiz, kademeli ve kuvvetler ayırımı kurulları doğrultusunda, kendi konusunda ihtisaslaşacak kurumların eşgüdümü ile yerine getirilmesidir. Bu ise kuşkusuz "Ulusal Kalite Sağlama ve Güvence Kurumu" gibi yüce, bağımsız, çağdaş bir örgüttür.

Bu örgüt içinde Akreditasyon (onay), Belgeleme, Ölçme ve Kalibrasyon, Standardizasyon gibi dört ana birim, araştırma, eğitim, dökümantasyon, vb. destek birimleri yer almalıdır.

Geçmişte, ulusal kalite uygulamalarında, böyle bir yapı kurmak yerine boşlukların mevcut kurumlarla yürütülmesi gibi ekleme düzenlemelerin hızla yeni örgüt sistemini içine aktarılması gerekli ve zorunludur.

### SONUÇ

1. Sanayileşerek dış dünya ile entgerasyonda kalite uygulamalarındaki ulusal sorunlarımızın önemli engeller oluşturduğu bilinmektedir. Çağın gereği yerine getirilmeli, ulusal kalite uygulamaları politika dışı, teknolojik, ekonomik ve işletme bazındaki gerçekçi çizgisine getirilmelidir.
2. Kuvvetler ayırımı kuralı içinde standard hazırlama, belgeleme, kalibrasyon ve akreditasyon kuruluşları, görev, işlev ve yetkileri kesin çizgilerle saptanarak ulusal nitelikte saygın, etkin duruma kavuşturulmalıdır.
3. Ülkemiz için hayati önemi olan bir konuda çarkların dönmesinin yalnızca bir dış krediye bağlanmış olması bu konuda çok daha hızla yapılması gerekenleri geciktirmiştir. Konunun ülkemizin geleceği bakımından öneminin artık anlaşılması ve, sürekli ve yeterli ulusal kaynaklarla çalışmalara yeni boyutlar ve ivme kazandırılması gerekli ve zorunludur.

4. Kalite, çağdaşlaşma için koşuldur. Kalite bir yaşam biçimidir. İnsanımız, çevremiz kalite ile daha da korunacak ve yüceleşecektir. Topyekün bilinçlenme ve ulusal örgütlenme kaçınılmazdır.
5. Ulusal Kalite Konferansı ile kalite konusunda ilgili, görevli, yetkili kişileri bir araya getirip konuşan toplum yaklaşımı ile tüm bu durumların ve sonuçların tartışılması ve hızla ulusal nitelikli yapıya doğru adımların atılması zorunludur.
6. Ülkemizin dışa açılması, rekabet edebilmesi bu koşullara bağlıdır. Bugünkü uygulama ve hız ile hedefe ulaşmak olanaksızdır.

#### KAYNAKÇA

1. 1993 Sanayi Kongresi Sonuç Bildirgesi.
2. Kenneth S. Stephens, (Quality Systems and Certification) EOQ Quality 1, 1993.
3. Ulusal Kalite Sağlama ve Güvencesindeki Sorunlar. 1993 Sanayi Kongresi - M. Karabay - E. Esin - S. Tan - İ. Öztunalı (MMO Kalite Komisyonu Üyeleri).

# ODTÜ-BİLTİR MERKEZİ

## ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM, İMALAT VE ROBOTİK MERKEZİ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilgisayar Destekli Tasarım İmalat ve Robotik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ODTÜ-BİLTİR) 1992 yılında rektörlüğe bağlı olarak hizmete girmiştir.

ODTÜ-BİLTİR Merkezinin çalışma alanları, Bilgisayar Destekli Tasarım, İmalat ve Robotik konularında araştırma, inceleme, geliştirme ve uygulama projesi yapmak, yaptırmak, bu konulardaki çalışmalara katılmak ve çalışmalarını desteklemek; Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde yapılan yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları ile bu konudaki yüksek lisans ve doktora derslerine alt yapı oluşturmak ve bilimsel araştırmalarda, araştırmacıların merkezin olanaklarından yararlanmalarını sağlamak; eğitim ve öğretim programları düzenlemek; bilimsel ve teknik çalışmalar çerçevesinde kongre, konferans ve bilimsel toplantılar düzenlemek ve yayın yapmak; ulusal ve uluslararası kuruluşlarla işbirliği yapmak; endüstriyel kuruluşlar için özel tasarım ve analiz çalışmaları ile sayısal denetimli tezgahlarda özel imalat yapmaktadır.

### MERKEZİN KURULUŞ AMACI

ODTÜ-BİLTİR Merkezi, Bilgisayar Destekli Tasarım, İmalat ve Robotik konularında aşağıda belirtilen çalışmaları yapmayı amaçlamıştır:

1. Bilimsel ve teknolojik araştırma yapmak ve yaptırmak.

2. Uluslararası teknolojik ve endüstriyel gelişmeleri izlemek ve ülkemize aktarmak.
3. Mevcut teknolojileri geliştirici, özgün bilimsel araştırma ortamı oluşturarak yaratıcılığı özendirme.
4. Kamu ve özel sektör için projeler gerçekleştirme.
5. Kamu ve özel sektörlerde görev alan elemanları eğitmek.

### ENDÜSTRİ VE KAMU KURULUŞLARI İLE İLİŞKİLER

ODTÜ-BİLTİR Merkezi ileri ve yüksek teknoloji konularında endüstrimiz ve kamu kuruluşları ile aşağıdaki konularda çalışmalar yapmaktadır ve bu çalışmaların sanayimizin gelişmesine önemli katkıları olacak şekilde gelişmesini hedeflemektedir.

1. Bilgisayar destekli tasarımlar, projeler geliştirmek.
2. Teknik resimleri bilgisayar ortamında hazırlamak.
3. Döküm, kalıp ve model sanayii için model ve kalıpların bilgisayar ortamında üç boyutlu tasarımlarını geliştirmek ve imalatlarını bilgisayar denetimli (CNC) tezgahlarda yapmak.
4. Mekanik ve diğer makina ve cihaz parçalarının bilgisayar destekli üç boyutlu tasarımlarını analizlerini yapmak ve bilgisayar denetimli (CNC) tezgahlarda prototiplerini üretmek.
5. Mevcut bir parçanın bilgisayar modelini

çıkartarak gerekli tasarım değişiklikleri yaptıktan sonra bilgisayar destekli (CNC) üretimini gerçekleştirmek.

6. Hassas parçaların robotlar aracılığı ile montajını yapmak.
7. Hassas kaynak uygulamalarını robotlar aracılığı ile yapmak.
8. Endüstri tarafından verilecek diğer tasarım, imalat ve robotik problemlerine ileri teknoloji düzeyinde çözümler geliştirmek.
9. Yukarıda değinilen konularda teknik eğitim ve danışmanlık hizmetleri sunmak.

### ODTÜ-BİLTİR MERKEZİNDE KULLANILAN BİLGİSAYAR YAZILIM VE DONANIMLARI İLE TEZGAHLAR

ODTÜ-Biltir Merkezi yukarıda belirtilen hizmetleri sunabilmek üzere aşağıda özellikleri belirtilen ileri teknoloji olanaklarını kullanıcılarına sağlamaktadır.

#### Bilgisayar Donanımı ve Uygulama Yazılımları :

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz amacıyla kullanılan çeşitli marka ve modelde bilgisayarlar ile dünyaca bilinen yazılımlar mevcuttur.

#### • Ana Bilgisayar :

CDC CYBER 932-31

UYGULAMA YAZILIMI	
ICEM	Katı modelleme, yüzey modelleme, sayısal denetim ve teknik çizim programı

#### • İş İstasyonları :

Silicon Graphics Indigo2, Indigo  
HP/Apollo 4000-4500  
CDC 911 (Silicon Graphics)  
HP 319C+  
IBM RT 6150

UYGULAMA YAZILIMLARI	
ICEM IDEAS CAEDS PRO ENGINEER	Katı modelleme, yüzey modelleme, sayısal denetim ve teknik çizim programları
DUCT	Yüzey modelleme, sayısal denetim ve teknik çizim programı
PATRAN ABAQUS ANSYS	Sonlu elemanlar analizi
AES	Mimari tasarım ve görüntüleme
CADKEY AutoCAD ME 10	Teknik çizim
MOLD- FLOW	Plastik enjeksiyon kalıp analizi

#### • Kişisel Bilgisayarlar :

Macintosh II CX, II FX  
IBM Uyumlu PC'ler

UYGULAMA YAZILIMLARI	
AutoCAD VersaCAD MacBravo Microstation MAC CADKEY DataCAD 128	Teknik çizim
ANSYS	Sonlu elemanlar analizi

#### Tezgahlar :

Bilgisayar destekli tasarım ile tasarlanan parçaların imalatı için geniş olanaklar sağlayan sayısal denetimli tezgahlar kullanılmaktadır.

#### • Deckel FP 5CC/T :

5 Eksen Denetimli, Otomatik Takım Değiştiricili Bilgisayar Sayısal Denetimli

- **Hitachi-Seiki HiCell :**  
4 Eksen Denetimli, Otomatik Takım Değişiricili Bilgisayar Sayısal Denetimli Torna Tezgahı
- **Bridgeport Sodick A500 S :**  
5 Eksenli Bilgisayar Sayısal Denetimli Telli Elektriksel Aşındırma Tezgahı
- **Bridgeport Model BR 3 :**  
3 Eksenli Bilgisayar Sayısal Denetimli Elektriksel Aşındırma Tezgahı

#### **Robotlar :**

- **ABB IRB 2000 :**  
6-Döner Eklemlili Endüstriyel Robot
- **Fanuc Arc Mate Sr :**  
6-Döner Eklemlili Endüstriyel Robot (Kaynak aparatlı)

#### **Sayısal Tarayıcılar :**

Sayısal tarayıcılar ile herhangi bir parçanın 3 boyutlu modelini ve CNC programını hazırlamak için gerekli verileri oluşturmak olanaklıdır.

- **Cyberware 3 D Lazer Tarayıcı**
- **Lemoine Mekanik Tarayıcı**

#### **İLETİŞİM BİLGİLERİ :**

Merkez olanaklarını kullanmak isteyen okuyucularımız için Merkez'in iletişim bilgileri aşağıda sunulmuştur :

ODTÜ-BİLTİR Merkezi,  
Mak. Müh. Böl. K-Blok, O.D.T.Ü.  
06531 ANKARA

Tel : (312) 210 12 76,  
(312) 210 10 00 / 7000  
Fax : (312) 210 12 75  
E-Mail : BILTIR @ TRMETU

## YAKIN GELECEKTEKİ KONGRE VE BİLİMSEL ETKİNLİKLER

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
THIRD WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS (IACM WCCM III)	Ağustos 1 - 5, 1994	Professor T. Kawai, WCCM III Office Department of Electrical Engineering Science University of Tokyo, 1-3 Kagurazaka Shinjuku-ku, Tokyo 162 JAPAN
44TH CIRP GENERAL ASSEMBLY	Ağustos 21 - 27, 1994	44th CIRP General Assembly c/o Travelhouse Pte. Ltd. 3 Shenton way 11-06/07, Shenton House Singapore 0106
MANUFACTURING IN SOUTHERN AFRICA	Ağustos, 22 - 26, 1994	Prof. R. Reinecke Chairman of the Organising Committee Department of Industrial Engineering University 7600 STELLENBOSCH South Africa
INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY	Ağustos 29 - 30, 1994	International Conference on Adv. Manuf. Tech. Faculty of Mechanical Engineering Universiti Teknologi Malaysia Locked Bag 791 80990 Johor Bahru, Malaysia
SECOND EUROPEAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS CONFERENCE	Eylül 5 - 8, 1994	DGLR (ECCOMAS 1994 Conference) Godesberger Allee 70, D-53175 Bonn GERMANY
XIII IMEKO WORLD CONGRESS INTERNATIONAL MEASUREMENT CONFEDERATION FROM MEASUREMENT TO INNOVATION	Eylül 5 - 9, 1994	Lingotto Congressi Expo 2000 SpA Via Nizza 294 - 10126 Torino ITALY

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
THIRD WORLD CONGRESS ON COMPUTATIONAL MECHANICS (IACM WCCM III)	Ağustos 1 - 5, 1994	Professor T. Kawai, WCCM III Office Department of Electrical Engineering Science University of Tokyo, 1-3 Kagurazaka Shinjuku-ku, Tokyo 162 JAPAN
44TH CIRP GENERAL ASSEMBLY	Ağustos 21 - 27, 1994	44th CIRP General Assembly c/o Travelhouse Pte. Ltd. 3 Shenton way 11-06/07, Shenton House Singapore 0106
MANUFACTURING IN SOUTHERN AFRICA	Ağustos, 22 - 26, 1994	Prof. R. Reinecke Chairman of the Organising Committee Department of Industrial Engineering University 7600 STELLENBOSCH South Africa
INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY	Ağustos 29 - 30, 1994	International Conference on Adv. Manuf. Tech. Faculty of Mechanical Engineering Universiti Teknologi Malaysia Locked Bag 791 80990 Johor Bahru, Malaysia
SECOND EUROPEAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS CONFERENCE	Eylül 5 - 8, 1994	DGLR (ECCOMAS 1994 Conference) Godesberger Allee 70, D-53175 Bonn GERMANY
XIII IMEKO WORLD CONGRESS INTERNATIONAL MEASUREMENT CONFEDERATION FROM MEASUREMENT TO INNOVATION	Eylül 5 - 9, 1994	Lingotto Congressi Expo 2000 SpA Via Nizza 294 - 10126 Torino ITALY



**KONGRE ADI****TARİH****YAZIŞMA ADRESİ**

15TH RISO INT. SYMP. ON  
MATERIALS SCIENCE

Eylül 5 - 9, 1994

Dr. N. Hansen,  
Riso National Lab.,  
Roskilde  
DENMARK

ASME  
DESIGN AUTOMATION  
CONFERENCE

Eylül 11-15, 1994

Hyatt Regency  
Minneapolis  
U.S.A.

ASME  
DESIGN THEORY AND  
METHODOLOGY CONFERENCE

Eylül 11-15, 1994

Hyatt Regency  
Minneapolis  
U.S.A.

ASME  
FLEXIBLE ASSEMBLY  
SYSTEMS CONFERENCE

Eylül 11-15, 1994

Hyatt Regency  
Minneapolis  
U.S.A.

ASME  
INTERNATIONAL COMPUTERS  
IN ENGINEERING  
CONFERENCE

Eylül 11-15, 1994

Hyatt Regency  
Minneapolis  
U.S.A.

ASME  
MECHANISMS CONFERENCE

Eylül 11-15, 1994

Hyatt Regency  
Minneapolis  
U.S.A.

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
THE 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON METAL FORMING	Eylül 13 - 15, 1994	Conference Secretary, Metal Forming 94 School of Manufacturing and Mechanical Engineering The University of Birmingham Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK
7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION/PRECISION ENGINEERING (7TH ICPE)	Eylül 15 - 17, 1994	Conference Secretariat - 7th ICPE / 4th ICHT c/o The Japan Society for Precision Engineering Ceramics Building, 2-22-17, Hyakunin-cho Shinjuku-ku, Tokyo 169 JAPAN
27TH ICFG PLEN. MEET.	Eylül 19 - 23, 1994	Prof. P. Bariani Univ. Padova Padova ITALY
INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICAL AND PHYSICAL BEHAVIOUR OF MATERIALS UNDER DYNAMIC LOADING	Eylül 26 - 30, 1994	DYMAT ASSOCIATION c/o Etablissement Technique Central de l'Armement 16 bis avenue Prieur de la Cote d'Or 94114 Arcueil Cedex FRANCE
INT. CONF. ON COLD AND WARM FORGING	Eylül 27 - 29, 1994	Prof. T. Altan Ohio State Univ. Columbus, Ohio U.S.A.
1. ULUSAL DENEYSEL MEKANİK SEMPOZYUMU	Eylül 28 - 30, 1994	Prof. Dr. Tuncer Toprak İ.T.Ü. Makina Fakültesi 80191 Gümüşsuyu İSTANBUL

**KONGRE ADI****TARİH****YAZIŞMA ADRESİ**

METAL FORMING PROCESS  
SIMULATION IN INDUSTRY

Eylül 28 - 30, 1994

Prof. B. Kröplin,  
Univ. Stuttgart  
Baden-Baden  
GERMANY

INT. CONF. ON SHEET  
FORMING

Ekim 3 - 5, 1994

Prof. T. Altan  
Ohio State Univ.  
Columbus, Ohio  
U.S.A.

2nd INTERNATIONAL  
SEMINAR ON LIFE  
CYCLE ENGINEERING  
RECY'94

Ekim 10- 11, 1994

Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik  
RECY'94  
H. Scheller, Egerlandstrass 7, 91058  
Erlangen  
GERMANY

26TH CIRP INTERNATIONAL  
SEMINAR ON  
MANUFACTURING SYSTEMS,  
LASER ASSISTED NET SHAPE  
ENGINEERING

Ekim 12- 14, 1994

LFT/LANE'94  
F. Vollertsen  
Egerlandstr. 11  
D-91058 Erlangen  
GERMANY

LANE - Laser Assisted Net Shape  
Engineering

Ekim 12 - 14, 1994

Prof. M. Geiger  
Univ. Erlangen  
Erlangen  
GERMANY

ASME  
STLE JOINT TRIBOLOGY  
CONFERENCE

Ekim 16-19, 1994

Westin Maui Hotel  
Lahaina, HI  
U.S.A.

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
INTERNATIONAL DEDICATED CONFERENCE ON LEAN/AGILE MANUFACTURING IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRIES	Ekim 31 - Kasım 4, 1994	42 Lloyd Park Avenue Croydon, CR0 5SB ENGLAND
INT. DEDICATED CONFERENCE ON SUPERCOMPUTER APPLICATIONS IN THE TRANSPORTATION INDUSTRIES	Ekim 3 - Kasım 4, 1994	42 Lloyd Park Avenue Croydon, CR0 5SB ENGLAND
ICARCV'94 THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION, ROBOTICS AND COMPUTER VISION	Kasım 8 - 11, 1994	Assoc. Professor N. Sundararajan c/o ICARCV'94 Conference Secretariat The Institution of Engineers, Singapore 70 Bukit Tinggi Road, Singapore 1128 Republic of Singapore
SECOND ASIA PACIFIC CONFERENCE ON MATERIALS PROCESSING	Kasım 16 - 18, 1994	Applied Research Corporation Courses & Conferences Division Engineering Block E4-04-11 National University of Singapore Kent Ridge crescent, Singapore 0511
THE FIRST WORLD CONGRESS ON INTELLIGENT MANUFACTURING PROCESSES & SYSTEMS	Şubat 13 - 17, 1995	Dr. Vladimir R. Milacic, Professor Mechanical Engineering Department - UPR Mayagüez, Puerto Rico 00680-5000
10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEAR OF MATERIALS	Nisan 3 - 6, 1995	Dr. Jorn Larsen-Basse, Conference Chairman National Science Foundation Surface Engineering and Tribology 4201 Wilson Blvd., Rm 537 Arlington, VA 22230, U.S.A.

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
ICQR'95 INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY AND RELIABILITY	Nisan 11 - 12, 1995	Conference Secretariat ICQR'95 Department of Manufacturing Eng. Hong Kong Polytechnic, Yuk Choi Road Hung Hom, Kowloon, HONG KONG
COLD FORGING CONGRESS 1995	Mayıs 22-26, 1995	Dr. Peter Standring Department of Manufacturing Eng. University Park, Nottingham NG7 2RD United Kingdom
23RD. NAMRC	Mayıs 24 - 26, 1995	Prof. K. Weinmann Michigan Techn. Univ. Houghton, Michigan U.S.A.
SURFACE TREATMENT 95	Haziran 7- 9, 1995	Jane Evans, Conference Secretariat SURF 95 Wessex Institute of Technology Ashurst Lodge, Ashurst Southampton SO40 7AA, UK
SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE CONTACT MECHANICS 95 COMPUTATIONAL METHODS IN CONTACT MECHANICS	Temmuz 11 - 13, 1995	Wessex Institute of Technology, UK and Universita di Ferrara, ITALY
THE 3rd INT. CONFERENCE ON COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING IN CONJUNCTION WITH THE AUTOFACT	Temmuz 11 - 14, 1995	Dr. Julian Winsor, Chairman, Technical Committee ICCIM/AUTOFACT-Asia'95 c/o Conference and Exhibition Management Services Pte Ltd 1 Maritime Square, # 09-43 World Trade Centre, Singapore 0409

<u>KONGRE ADI</u>	<u>TARİH</u>	<u>YAZIŞMA ADRESİ</u>
10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN ICED 95	Ağustos 22 - 24, 1995	CVUT - Faculty of Mechanical Engineering ICED 95 Technicka 4 CZ 166 07 Praha 6
IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONITORING AND AUTOMATIC SUPERVISION IN MANUFACTURING	Ağustos 28 - 29, 1995	Krzysztof Jemielniak DSc. AC'95 Organizing Committee Warsaw University of Technology Narbutta 86, 02-524 Warszawa POLAND
ASME INTERNATIONAL COMPUTERS IN ENGINEERING AND DATA BASE SYMPOSIUM	Eylül 17-20, 1995	Sheraton Boston Hotel and Towers Boston U.S.A.
INTERNATIONAL TRIBOLOGY CONFERENCE YOKOHAMA, 1995	Ekim 29 - Kasım 2, 1995	Prof. S. MORISHITA, Secretary General Department of Naval Architecture & Ocean Engineering Yokohama National University 156 Tokiwadai, Hodogaya-ku Yokohama, 240 JAPAN
INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS AND EXPOSITION (ASME's Winter Annual Meeting)	Kasım 12-17, 1995	San Francisco Hilton San Francisco U.S.A.
5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE TECHNOLOGY OF PLASTICITY (ICTP)	Ekim 7 - 10, 1996	The Organizing Committee of the 5th ICTP c/o ERC for Net Shape Manufacturing 339 Baker Systems 1971 Neil Avenue Columbus, Ohio 43210-1271, U.S.A.

## YAYIN İLKELERİ

### Amaç

- Makina tasarım ve imalatı alanında yerli teknoloji üretimine yönelik kuramsal ve uygulamalı çalışmaları duyurmak.
- Bu alanda çalışan kişi ve kuruluşlar arasında bilgi alışverişini sağlamak.
- Yayınlanan çalışmalar üzerinde teknik tartışma ortamı yaratmak
- Üniversite - endüstri arasındaki yakınlaşma ve işbirliğinin geliştirilmesine katkıda bulunmak.
- Türkçe teknik bilgi birikimini arttırmak.

### Kapsam

a) Dergi amaçları doğrultusunda aşağıda belirtilen konularda veya bunlara yakın konulardaki yazıları yayımlar;

Makina Tasarımı, Mekanik Sistemlerin Tasarımı ve Analizi, Makina Teorisi ve Mekanizma Tekniği, Makina Elemanları, İmalat Yöntemleri, Bilgisayar Yardımı ile Tasarım ve İmalat, Robotik ve Esnek İmalat Yöntemleri, Akışkanlar Mekaniği, Malzeme Seçimi ve Malzeme Sorunları, Kalite Kontrolü, Fabrika Organizasyonu ve Üretim Planlaması, Bakım ve Onarım, Derginin amacına uygun diğer konular.

b) Dergide yayınlanacak makaleler, bir yeniliği, ilerlemeyi, gelişmeyi, araştırma ya da uygulama sonuçlarını içermek üzere Araştırma makaleleri, Uygulama makaleleri, Derleme makaleleri, Çeviri makaleleri ve Kısa makaleler olabilir.

c) Dergide üyelerimize faydalı olabilecek imalat ve teknoloji ile ilgili araştırma ve çalışmaların sunulduğu veya firma ve kuruluşların tanıtıldığı yazılar yayınlanabilir.

d) Derginin kapsamına giren konularda düzenlenen yurtiçi ve yurtdışı konferans, seminer, vb. etkinliklere ve ayrıca bu konulardaki kitap, dergi vb. yayınlara ait duyurular yer alır.

### Makalelerin Değerlendirilmesi

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, yayın kalitesi olarak belirli bir düzeyin üstünde kalmayı amaçlamıştır. Türkiye koşullarını da gözönüne alarak, bu kalite düzeyinin sürdürülmesi için gerekli tüm çaba ve titizlik gösterilecektir. Dergiye gelen her makale kesinlikle incelemeyi geçirecek ve bu amaçla mümkün olduğu kadar Türkiye çapında ya da yurtdışında konunun uzmanı hakemler tarafından değerlendirilmesine özen gösterilecektir. İnceleme ve değerlendirme sonuçları hakkında makale yazarlarına bilgi verilecektir.

### ÇALIŞMA İLKELERİ

Derginin yasal sahibi, MAKİNA TASARIM VE İMALAT (MATİM) DERNEĞİ'dir.

"Dergi Yayın Kurulu" dergi yönetimi ile ilgili organdır.

Dergi Yayın Kurulu, MATİM Derneği Yönetim Kurulu tarafından bir yıl süre ile seçilir. Yayın Kurulu derginin yayın ilkelerine uygun yayımı ile yükümlüdür. Yayın Kurulu faaliyetleri konusunda MATİM Derneği Yönetim Kuruluna bilgi verir ve onayını alır.

## Journal of MECHANICAL DESIGN AND PRODUCTION

Journal of Mechanical Design and Production is a quarterly periodical, published by the Turkish Mechanical Design and Production Society, METU, Ankara, Turkey. It is one of the society's aims, to publish qualified research and review papers in Turkish. The published papers are strictly refereed to maintain a high scientific and engineering level at international standard.

## MAKALE GÖNDERME KOŞULLARI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisine yurt içinden ya da yurt dışından isteyen herkes yayınlanmak üzere makale gönderebilir. Gönderilen makalelerin dergi temel amaçlarına uygun ve dergi kapsamı içinde olması ve aşağıdaki makale kabul ilkelerini sağlaması gerekmektedir. Dergi Yayın Kuruluna gelen her makale en az iki hakem tarafından değerlendirilecek ve sonuç olumlu ya da olumsuz olsa da, yazarna bildirilecektir.

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde aşağıdaki makaleler yayınlanabilir.

- Araştırma Makaleleri.
- Uygulama Makaleleri.
- Derleme Makaleleri: Belirli bir konu üzerinde bilimsel ve teknolojik son gelişmeleri zengin bir kaynakçaya dayanarak aktaran ve bunların değerlendirmesini yapacak nitelikte olmalıdır.
- Çeviri Makaleler: Yerli teknoloji ve bilgi birikimine önemli bir katkıda bulunacak nitelikte olmalıdır.
- Kısa Makaleler: Yapılan bir çalışmayı zaman geçirmeden duyuran veya bu dergide yayınlanan bir makaleyi tartışan yazılardır.
- Diğer: Yukarıda tanımlanan içerikte olmayan, ancak üyelerimize faydalı olabilecek, imalat ve teknoloji ile ilgili çalışma ve araştırmaların sunulduğu, firma ve kuruluşların teknik özelliklerinin tanıtıldığı yazılardır.

## MAKALE KABUL İLKELERİ

Makaleler içerik ve şekil olarak aşağıda belirtilen biçimde hazırlanmalıdır.

### Yazım Dili

Kullanılan dilin olabildiğince basit, anlaşılır ve kesin olmasına özen gösterilmelidir. İleri düzeyde teknik ya da alışılmamış kavramlar kullanmak gerektiğinde, bunlar uygun bir şekilde tanımlanmalı ve yeterince açıklanmalıdır.

### Makalelerin Yapısı

Makaleler, aşağıda verilen yapıda olacak şekilde hazırlanmalıdır.

- Makalenin adı
- Yazar(lar) ad(lar)ı, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve kuruluşun bulunduğu il.
- Özet
- Makalenin ana kısmı
- Teşekkür (gerekli ise)
- İngilizce başlık ve özet
- Kaynakça
- Ek(ler) (varsa)

Makalenin adı, olabildiğince kısa, gereksiz ayrıntıdan arınmış olmalı, ancak gerekli anahtar sözcükleri içermelidir.

Yazarların ad ve soyadları, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve bulunduğu il verilmelidir. Ayrıntılı görev ve adres ise ayrı bir kağıtta ve yazarların kısa özgeçmişleri ile birlikte belirtilmelidir.

Özette sadece sonuçlar değil fakat makalenin tümü çok kısa ve öz şekilde açıklanmalıdır. Özet, makalenin konusu, kapsamı ve sonuçları hakkında fikir verebilmeli, ilgili anahtar sözcük ve deyimleri içermelidir. 100 kelimeyi geçmeyen Türkçe özetin İngilizcesi de Türkçe özette sonra konulmalı ve makale başlığının İngilizcesi de mutlaka yazılmalıdır. Bu konuda istenirse dergi Yayın Kurulu yardımcı olabilir.

Makalenin ana kısmında makalenin amacından söz edildikten sonra bir mantık zinciri içinde sorun tanıtılmalı, çözüm yolları ve diğer bilgiler verilerek sonuçlar ve bunların değerlendirilmesi sunulmalıdır.

Teşekkür kısmında gerekiyorsa kişi, kuruluş ya da firmalara teşekkür edilebilir. Özellikle firma adlarının bu bölümünün dışında başka bir yerde verilmemesine özen gösterilmelidir.

### Başlıklar

Gerek makalenin yapısını belirlemek, gerekse uzun bölümlerde düzenli bir bilgi aktarımı sağlamak için üç tür başlık kullanılabilir:

- Ana Başlıklar,
- Ara Başlıklar,
- Alt Başlıklar.

Ana Başlıklar: Bunlar, sıra ile, özet, makalenin ana kısmının bölümleri, teşekkür (varsa), kaynakça, ekler (varsa) 'den oluşmaktadır. Ana başlıklar büyük harflerle yazılmalıdır.

Ara Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harfle yazılmalıdır.

Alt Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harflerle yazılmalı ve hemen başlık sonunda iki nokta üstünde konularak yazıya aynı satırdan devam edilmelidir.

### Matematiksel Bağlantılar

Matematiksel bağlantılar, daktilo ile veya elle anlaşılır şekilde açık ve seçik olarak yazılmalı, Türkçe alfabenin dışındaki karakterleri sayfanın sol tarafındaki boşlukta ayrıca ne oldukları yazı ile belirtilmelidir. Üst ve alt harf

veya rakamlar belirgin bir şekilde yazılmalıdır. Özellikle daktilo kullanımında "1" (le) harfi ile "l" (bir) sayısının, "0" harfi ile "0" (sıfır) sayısının karıştırılmamasına özen gösterilmelidir. Metin içindeki bağlantılar 1 (bir)'den başlayarak sıra ile numaralandırılmalı ve bu numaralar eşitliğün bulunduğu satırın sağ kenarına parantez "( )" içinde verilmelidir.

### Birimler

Zorunlu olmadıkça sadece S.I. birimleri kullanılmalıdır. S.I. dışında birim kullanıldığında, fiziksel büyüklüğün S.I. eşdeğeri ve birimi parantez içinde verilmelidir.

### Şekiller ve Çizelgeler

Şekiller, küçültme ve basında sorun yaratmamak için siyah mürekkep ile, düzgün ve yeterli çizgi kalınlığında aydın ve beyaz bir kağıda çizilmelidir. Her şekil A4 boyutunda aynı bir sayfada olmalıdır. Şekiller 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her şeklin altına alt yazılarıyla birlikte yazılmalıdır. Çizelgeler de şekiller gibi, 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her çizelgenin üstüne başlığıyla birlikte yazılmalıdır.

Çizelge başlıklarının sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük harfle, diğer harfleri ve kelimeler küçük harfle yazılmalıdır. Çizelge başlıkları, ayrıca bir sayfada da sıra ile verilmelidir.

### Dip Notu

Dip notu gereken yerlerde bu bir üs numarası <sup>1</sup> ile belirtilmelidir. Buna karşılık gelen dip notu aynı sayfanın altında ara metinle bir çizgi ile ayrılmış olarak verilmelidir.

### Resimler

Resimler parlak sert (yüksek kontrastlı) fotoğraf kağıdına basılmalıdır. Ayrıca şekiller için verilen kurallara uyulmalıdır. Özel koşullarda renkli resim baskısı yapılabilmektedir.

### Kaynakça

Makale içinde gönderme yapılan (atıfta bulunulan) her türlü basılı yayın makalede söz edildiği sırada ve köşeli parantez [ ] içinde verilmelidir. Dergilerde yayınlanan makaleler, kitaplar, raporlar, tezler, kongre ve sempozyumlarda sunulan makaleler aşağıdaki örneklerde verilen şekilde yazılmalıdır.

### Dergi Makalesi

1. Richie, G.S., Nonlinear Dynamic Characteristics of Finite Journal Bearings, *Trans, ASME, J. of Lub. Technology*, 105 (1983) 3, 375-376.

### Kitap

2. Shigley, J.E. ve Mitchell, L.P., *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983.

### Rapor

3. Arslan, A.V. ve Novoseletsky, L., *A Mathematical Model to Predict the Dynamic Vertical Wheel/Rail Forces Associated with Low Rail Joint*, AAR Technical Center, Technical Report, No. R-462, October 1980.

### Kongre Makalesi

4. Adalı, E. ve Tunalı, F., *Bilgisayar Denetimli Tezgaha Geçiş, I. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı*, 287-293, ODTÜ, 1984.

### Makalenin Uzunluğu ve Yazımı

Makaleler yaklaşık 4000 kelimeyi ve 10 adet şekli ve çizelgeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Makaleler daktilo ile A4 kağıdının tek yüzüne, iki aralıklı olarak yazılmalı ve sayfa kenarlarında yeterli kadar boşluk bırakılmalıdır. Şekillerin orjinalleri de dahil olmak üzere makale üç kopya gönderilmelidir.

Kabul edilen makaleler dergi için yapılan dizgi ve şekilsel düzenlemeden sonra kontrol için basımdan önce yazarna gönderilir.

Yayınlanın veya yayınlanmasın gönderilen makaleler yazarna geri gönderilmez. Yazılardaki fikir ve görüşler yazarna, çeviriden doğacak sorumluluk ise çevirene aittir.

### YAYIN HAKKI

Dergide yayınlanan makalelerin her türlü yayın hakkı Makina Tasarım ve İmalat Derneği'ne aittir. Dergideki yazılar, yazılı izin almadan başka yerde yayınlanamaz ve çoğaltılamaz.

### YAZIŞMALAR

Belirtmemesi durumunda konuyla ilgili yazışmalar birinci yazarnın adresine gönderilir.