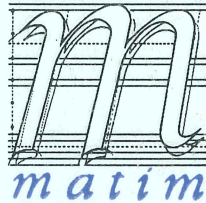


MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt : 3

Sayı : 1

Haziran 1995



Makina Mühendisliği Bölümü
ODTÜ - ANKARA

Sahibi

Makina Tasarım ve İmalat Derneği adına Yönetim Kurulu Başkanı
Bilgin KAFTANOĞLU

O.D.T.Ü.

Yayın Kurulu

Günay ANLAŞ
Can ÇOĞUN
Haluk DARENDELİLER (Sorumlu Yayın Yönetmeni)
Zafer DURSUNKAYA
Levent PARNAS

Boğaziçi Ü.
Gazi Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.

Danışma Kurulu

Deniz AKÇALI
Metin AKKÖK
Mustafa AKKURT
Alpay ANKARA
M. A. Sahir ARIKAN
Tuna BALKAN
Sedat BAYSEÇ
Hakkı ESKİCİOĞLU
Hüseyin FİLİZ
Mustafa İ. GÖKLER
Erk İNGER
Ferruh ÖZTÜRK
Ömer SAATÇİOĞLU
O. Selçuk YAHŞİ
R. Orhan YILDIRIM

Çukurova Ü.
O.D.T.Ü.
İ.T.Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.
Gaziantep Ü.
O.D.T.Ü.
Gaziantep Ü.
O.D.T.Ü.
Roketsan Gn. Md.
Uludağ Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.
O.D.T.Ü.

Yazışma Adresi, Telefon ve Fax

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

Tel : (312) 210 10 00 / 5212, Fax : (312) 210 12 75

MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt: 3 Sayı: 1 Haziran 1995

JOURNAL OF
MECHANICAL DESIGN
AND PRODUCTION

Vol: 3 No: 1 June 1995

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 250.000 TL, firma ve kuruluşlar için 500.000 TL, öğrenciler için 100.000 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.

BANKA HESAP NUMARASI

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

DİZGİ

Gülseren BEYAZ

BASKI

ODTÜ Basım İşliği

Yılda 2 ile 5 sayı yayınlanır.

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE UYGULAMA MAKALELERİ

Geometrik Ölçülendirme, Toleranslama ve
ISO 9000

Macit KARABAY

3

Şekil-bellekli Tel ve Yay Üretimi

A. Erol SELİMBEYOĞLU

Ö. Gündüz BİLİR

8

Bilgisayar Destekli Spor Ayakkabı Taban
Tasarımı ve Analizi

Bilgin KAFTANOĞLU

Çetin ENÖZ

19

Otomobil Lastiklerinin Sonlu Elemanlar
Yöntemiyle Şişirme ve Yükleme Analizi

Ergin TÖNÜK

Y. Samim ÜNLÜSOY

30

Makina Mühendisliğinde Tasarım ve
Tasarım İşlem Modelleri

Hüseyin R. BÖRKLÜ

35

YAKIN GELECEKTEKİ KONGRE VE
BİLİMSEL ETKİNLİKLER

42

Sayın Okurlarımız,

Yayın kurulumuz dergiye özgün çalışma ürünü, derleme 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.

Saygılarımızla,

Yayın Kurulu

Geometrik Ölçülendirme, Toleranslama ve ISO 9000

Macit Karabay

Mak. Y. Müh.
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

Geometrik ölçülendirme ve toleranslama, geleneksel koordinat ölçülendirme ve toleranslamaya göre, parça kalitesinde açıklık ve tamlik bakımından önemli üstünlükler sağlamaktadır. Ürünlerin kalitesinin tasarım ve teknik resimlemeden etkilenmediği savunulamayacağından, yakın bir gelecekte, ISO 9000 Kalite Güvence Sistem standartları, bu ve benzer tekniklerin kullanımını daha da açık bir biçimde ve titizlikle isteyecektir. Bu yazıda, sözü edilen bu iki teknik karşılaştırılarak ISO 9000 beklentileri incelenmektedir.

GİRİŞ

Teknik resimlerin kaliteli olması kaliteli ürün için en önemli etmenlerdendir. Kusurlu teknik resimler üretilen parçaların bazılarının, yerine takılamadıklarından sonradan yeniden işlenmelerine, ya da hurdaya atılmalarına neden olabilir. Bazı kusursuz parçaların kusurluymuş gibi işlem görmeleri, bazı kusurlu parçaların ise kusursuzmuş gibi yerine takılarak kaliteyi olumsuz etkilediği izlenegelmıştır. Endüstrileşmiş bir ülkede yapılan bir incelemede parça resimlerinin yarısına yakınında eksikler-kusurlar olduğu, % 5-10 oranında yapılacak bazı değişikliklerle ancak bu resimlerin kullanılabilir duruma gelebileceği gözlenmiştir. Bu yazıda teknik resimlerdeki kusurları azaltıcı yeni yöntemlerle ISO 9000 'nin beklentileri ele alınmakta, örgün ve yaygın yöntemlerle teknik eğitim veren kuruluş ve kişilerle, teknik resimlerle haşır neşir olup bunları hazırlayan ve kullananlara bu konuda en güncel bir konu olan Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslamanın önemini ve yerini anımsatarak bu konunun kullanım ve eğitiminde topyekün bir girişime çağrı yapılmaktadır.

TEKNİK RESİM KUSURLARI VE SONUÇLARI

Teknik resimlerde ortak olan kusurlar içinde danışman (referans) yüzey ve yerlerin belirsizliği, uygun olmayan ve aşırı sınırlayıcı nitelikte toleransların varlığı, delik merkezlerinin konumunda, geometrik toleranslardan olan konum toleransları yerine klasik ($\pm$) li koordinat toleranslarının verilmiş olması bulunmaktadır. Bu tür, üretimi ve kaliteyi doğrudan etkileyen özelliklerin yeterli ve uygun olmadığı durumlarda, öyle olabilir, böyle de olabilir gibi

varsayımlarla üretim ve kalite denetimi yürütüldüğünde, örneğin üretim ve kontrolde parça üzerindeki farklı yerlerden referans alındığında tutarsızlıklar, anlaşmazlıklar ve sürtüşmeler doğmaktadır.

Sonuçta, genelde, işlevini beklenildiği gibi vermeyen parçalar nedeniyle üretim ve teslim sürelerinde gecikmeler, parça düzeltmeleri olmakta, tartışmalar ve görüşmeler bunlara eklenerek beklenmedik giderler oluşmaktadır.

Teknik resimlerin tek anlam verebilecek biçimde düzenlenmemiş olmasının bedeli ödenegelmektedir. Yürürlüğe girmiş olan uluslararası birçok standartların varlığına karşın yine de sorunun tam anlamı ile çözülebildiği söylenememektedir. Bu standartların, gelişen teknoloji, hızlanan üretim, beklenen daha yukarı düzeydeki kalite ve tamlik nedeniyle hızla güncelliğini yitirdiği, çoğunun incelemeye alınmasından bellidir.

Ülkemizin uluslararası bu olayları ve gelişmeleri yakından izlemesi kaçınılmazdır. Bu konularda da gerek okul içi gerekse işbaşı - endüstri içi eğitiminin çok daha ciddi biçimde ele alınması koşuldur. Geri kalırsak bedelini daha da acımasız ödeme durumunda kalacağımız kesindir. Bu gibi konuları bilim değildir diye biryana atıvererek, ilgilenmemek yanlışlıkların en büyüğüdür.

Kuşku olmanın, başka bir deyişle tek anlamlı olan teknik resimlerin elde edilebilmesi hazırlık aşamasında üzerinde ciddi biçimde düşünmeyi gerektirir. Parçanın işlevi ve onu işlemek için uygulanabilecek olası süreçlerle, olası muayene-kontrol yöntemleri tam anlamı ile çözümlenmeli, ilgililerle sağlanacak bilgi alışverişi ile sonuca varılmalıdır. Basit bir örnek olarak, eğer ürün tasarımcısı, üretim aşamasında mastarın ürünün (A) yüzüne dayanıp öbür ucu ile (B) yüzünün sınanmasını öngörüyor, oysa kontrolde bunun tersi

yapılıyorsa iyi bir parçanın bozuk, bozuk parçanın iyi olma olasılığı belirir.

Bu ve benzeri nedenlerle denilebilir ki, işlevsel olacak, kolaylıkla ve ucuza kontrol edilebilecek kaliteli parçaları belirleyen teknik resimleri elde etmek üretim endüstrisinde çok önemli bir öncelik alır. Teknik resimlerin hazırlığında gözetilecek dikkat ve özenin giderleri kendini kolaylıkla ve kısa sürede öder. Hızla, elde bir resim olsun da ne olursa olsun diye hazırlanan göstermelik teknik resimlerin neden olduğu giderleri sabırla incelediğimizde işin önemini ve parasal boyutunu kolaylıkla görmemiz olasıdır.

Elinde teknik resimleri olmadan üretim yapan, başka bir deyişle, üretime geçerken teknik resime gerek duymayan ve de ürettikleri için "kalite uygunluk belgesi" almış üreticilerin olduğunu görmüş kişiler bu ülkede üretime hazırlık aşamalarında çok önemli sorunların olduğunu rahatlıkla söyleyebilirler.

GELENEKSEL ÖLÇÜLENDİRME - TOLERANSLAMAYA KARŞI GEOMETRİK ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMA

Geometrinin denetiminde sorunlar seri üretimin devreye alınması ile doğdu. Çözüm İkinci Dünya Savaşı sonu İngiliz ordu donatım mühendislerinin geliştirdiği bir biçim denetim tekniği olan geometrik ölçülendirme ve toleranslama ile gerçekleşme yoluna girdi.

GD & T (geometrik ölçülendirme ve toleranslama) tekniğinden önce kullanılagelen ve bugün bile pekçok resimde görülen klasik koordinat ölçülendirmeli ve $\pm$ li toleranslamalı teknik resimlerin çok anlamlı "müphem" olduğu teknik bir ortak görüştür. Parçanın yerine takılabilmesi ve kullanım süresi içinde işlevini sürdürebilmesinde karşılaşılabilecek sorunların biçimsel bazdaki kaynağı kuşkusuz geometrilere, bir yuvarlaklık, silindiriklik kavramı ve onun toleranslarını gözönüne almadan, üretimde yumuşaklaşma denilen bir sonucu bilmeden saptanacak iç-diş çap ölçülerine verilecek boyutsal toleranslarla ortaya konulan bir alıştırma durumu bekleneni vermeyebilir. Nedeni boyutsal toleranslarla belirtilemeyecek geometrik kusurlardır. Teknik resimlerde bazı boyutsal ölçülerin bu klasik teknikte verilmesi gereklidir.

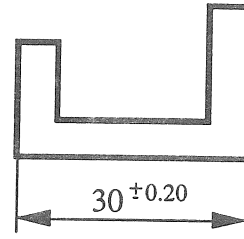
Ancak, doğrusallık, düzlemsellik, yuvarlaklık, konum vb. gibi doğrudan geometriyi ilgilendiren onüç değişik biçim ve durum özelliklerinin koordinat ölçülendirme ile kuşku yaratmayacak biçimde anlatımı bu hızlı ve yüksek tamlik gerektiren ortamda olanaksızlaşmıştır. Geliştirilen yeni teknikle, parçanın işlevini gözönüne alarak ölçümlerin bu amaca yönelik yeniden düzenlenip kritik geometrilerin özel olarak toleranslandığı bir yöntem çağdaş üretim endüstrisinde hızla yaygınlaşmaktadır. Gerekli danışman yüzey, doğru ve eksenlerin bilinen ve istenilen sıraya göre dizilebildiği, ölçme ya da masterla kontrolde ucuzluk ve tekdüzeliğin gerçekleştirilmesi için örneğin M (en çok malzeme durumu) gibi koşulların kolaylıkla ve kesinlikle belirtilebildiği, böylece teknik resimlerde pek çok ek not ve yazıların ortadan kaldırılarak evrensel bir

dilin oluşturulabildiği ilginç bir uygulama gündemdedir.

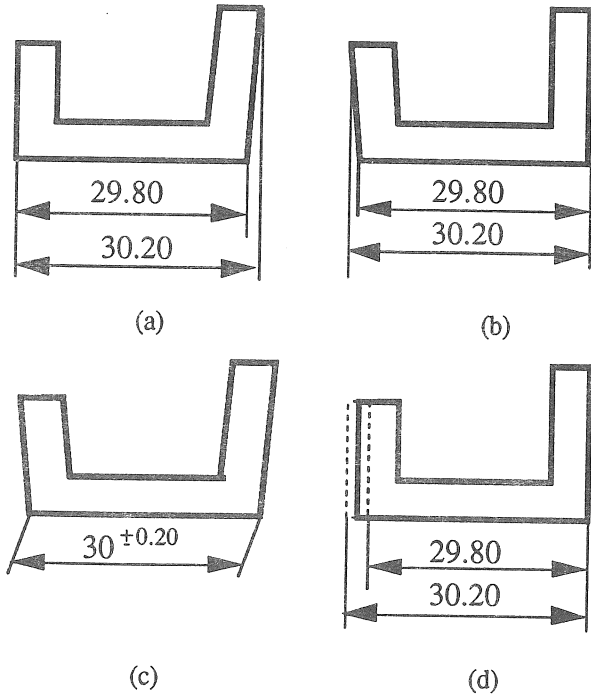
Aslında anahatları ile 20-30 yıldır geliştirilen bu sistem son duruma gelmemiş olmasa da, bu kadarı bile, gerek tasarım, gerekse üretim ve kontroldaki gereksinimi nedeniyle gelişmiş ülkelerde, son yıllarda özel seminer, kurs ve eğitimle, üzerinde durulan birincil önem düzeyinde olan konulardan olmuştur. Bir yabancı yazara göre sağlıklı bir GD & T uygulaması için mühendis düzeyinde elemanların 60 saatlik sınıf içi eğitime, altı ay pratiğe gereksinimi vardır.

TEKNİK RESİMDE ÇOK ANLAMLIK

Çok anlamlığa bir örnek olsun diye aşağıdaki şekil verilmiştir. Şekil 1 'de verilen bir geleneksel koordinat ölçülendirmesinde resmi eline alan kişi 30 ± 0.20 özelliğini Şekil 2 (a), (b), (c) ve (d) 'deki gibi yorumlayabilir. Varsayalım ki tasarımcı Şekil 2 (b)'deki yorum beklentisi içinde olsun. Geometrik ölçülendirme ve toleranslama tekniğini kullansa idi, tasarımcı teknik resmi Şekil 3'deki gibi ölçülendirir,

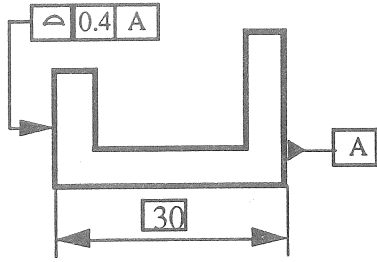


Şekil 1. Geleneksel Boyutlandırılmış Bir Resim.



Şekil 2. Geleneksel Boyutlandırmadaki Çeşitli Yorumlar.

diğer yorumlara olanak bırakmazdı. Şekil 3'de, tolerans konulan yüzün belirlenmiş profilinin tümü ile, A yüzüne göre, 29.80 - 30.20 mm uzakta duran paralel iki kusursuz yüzey arasında kalması öngörülmektedir. Kutu içindeki 30, bu yüzeyin temel (adsal) konum ölçüsüdür.



Şekil 3. Şekil 2 (b) 'deki Yorumu Göre Ölçülendirme.

GEOMETRİK ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMANIN KOORDİNAT ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMAYA GÖRE ÜSTÜNLÜKLERİ

Şekil 4'de iki delikli bir prizmatik parçanın koordinat ölçülendirme ve toleranslama tekniğine göre hazırlanmış teknik resmi verilmektedir. Resmi karmaşıktırılmamak için yalnızca konuya ilişkin özellikler gösterilmiştir.

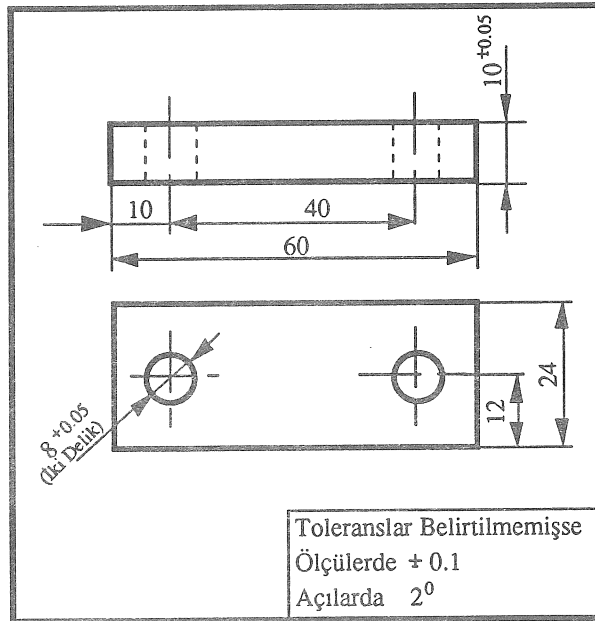
Şekil 5'de de aynı parçanın ilgili özelliklerinin geometriye göre yeniden düzenlenmesi görülmektedir.

Bu iki teknik resim karşılaştırıldığında aşağıdaki farklar görülür:

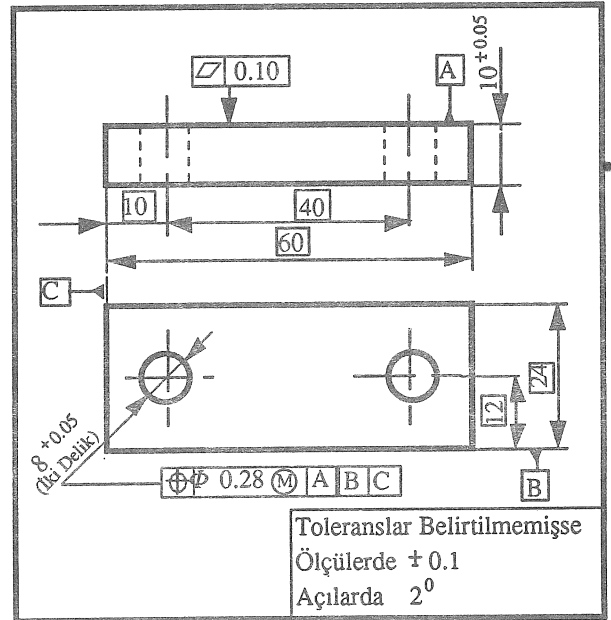
1. **Parçanın düzlemselliği:** Her iki resimde de parça kalınlığı 10 ± 0.05 olarak verilmiştir. Ancak, koordinatlıda parçanın (A) yüzüne ilişkin bir düzlemsellik gereksinimi gösterilememiştir. Kalınlıktaki tolerans noktasal bazda olup düzlemsellik ile ilgili bir bilgi içermez. Oysa düzlemsellik toleransı ile, bu parçanın, aralığı 10.10 mm olan iki gerçek düzlemsel plaka arasında kalması öngörülmektedir. Koordinatlı resimlerde, gerekiyorsa bu husus "parça, arasında 10.10 mm olan iki gerçek düzlem arasında kalmalıdır" gibi bir notla anlatılmak istenir.

2. **Toleransların istenilmeyen yığılması:** Geometrik resimde kutu içine alınan birçok ölçü bulunmaktadır. Bunlar temel ölçüler olup geometrik toleranslamanın en önemli birimleridir. Temel ölçüler, toleransların çerçevesinde gerçek konumları gösterirler. Koordinatlı ölçülendirmede karşıt bir terim bulunmaz. Bu bakımdan oralarda tolerans yığılması olabilir. Tolerans yığılması birçok durumda asla arzu edilmez. Geometriksiz resimlerde bu husus "x işaretli ölçüler master ölçüleridir. Parça toleransları için parça özelliklerine ilişkin notlara bakınız" gibi resim üzerine yazılı notlarla belirtmek istenebilir.

3. **Parçanın kontrolü:** Önceden de değinildiği gibi, farklı ölçme teknikleri farklı sonuçlar verir. Örneğin Şekil 3'deki resme göre delik merkez aralarını kontrol için parçanın hangi yüzeylerine ve hangi sıraya göre danışılacağı anlaşılamamaktadır. Oysa Şekil 4'de açıkça önce (A), sonra (B) ve sonra (C) nin danışman olacağı belirtilmektedir. Koordinatlıda böyle bir bilgi olmadığından bazı koordinatlı resimlerde "parçanın kontrolunda parçayı önce sırasıyla (A), (B), (C) gibi birbirine dik düzlemlere göre dayatarak yerleştir" diye



Şekil 4. Koordinatlı Ölçülendirilmiş ve Toleranslanmış Bir Parça Resmi.



Şekil 5. Aynı Parçanın Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslamaya Göre Düzenlenmesi.

yazılır. Bu sıra bozulursa parça konumu farklı olacağından ölçüm kusurlu olur.

4. **Delik Konumları:** Koordinatlı resimlerde x ve y doğrultusundaki $\pm$ li toleranslarla, delik merkezi için bir kare alanı belirtilir. Oysa, çap işaretli toleransla bu karenin içinde kalacağı bir daire saptanır. Koordinatlı ölçülendirme, köşegeni de içerdiğinden bunu içeren daire alanı da uygun sayılmalıdır. Bu yaklaşımla geometrik tolerans, koordinatlıya göre bir miktar primlidir. Kusursuz olduğu halde koordinatlı toleransa uygun bulunmadığı için red edilecek parça sayısında azalma gerçekleşmektedir.

x ve y deki ± 0.1 lik tolerans, çapta 0.28 olmakta, bu ise tolerans alanında % 54 artış sağlamaktadır. Öte yandan, parçanın işlevi dikkatle incelendiğinde delik merkez tolerans alanının delik çapı en küçük iken en kritik olduğu görülür. Delik çapı büyürken, merkezinin toleransı, parçanın işlevini etkilemeden bir miktar arttırılabilir.

M (En Çok Malzeme Durumu) simgesi kullanılarak, büyük delik çaplarında delik merkez toleransının daha büyük olmasına izin verilmiş olur. Bu da geometriğin ek bir primidir. Örneğimizde delik çap toleransı 0.05 olup, delik merkez konum toleransı $\phi 0.28$ dir. M simgesi konulduğunda, delik en çok metal durumunda, yani 8.00 iken istenilen konum toleransının $\phi 0.28$; delik çapı büyürken bunun delikteki artma kadar artabileceğini ve delik en az metal durumunda iken yani çapı 8.05 olduğunda konum toleransının $0.28 + 0.05 = 0.33$ olabileceğini, tasarımcının buna izin verdiğini, parça işlevinin etkilenmeyeceği belirtilmektedir. Delik çapı bundan da fazla artamayacağından 0.33 değerinin üstüne çıkabilme olasılığı yoktur. Koordinatlı resimlerde bunu simgelemek olanaksızdır. Eski bazı resimlerde bu durum özel uzun notlarla belirtilmeye çalışılırdı. Oysa şimdi, bu önemli ayrıntılar kısaca, kolaylıkla ve fazlaca yer kaplamadan, uluslararası bir dille anlatılabilmektedir.

BUGÜNKÜ DURUM

Geometrik ölçülendirme ve toleranslamanın yararları ve önemi uluslararası boyutta giderek daha da iyi anlaşılmaktadır. Bugün teknik resme ve ölçülendirmeye yönelik tüm ulusal standartların geometrik bakış açısı ile önemli kusur ve eksiklikler içerdiği ileri sürülmektedir. Bu konuda uluslararası iletişim için ISO 1101 yürürlüktedir. ABD ulusal standardı ANSI Y 14.5 M geniş kapsamına karşın gözden geçirilmeye alınmıştır. Yeni ve daha ileri yaklaşımlar, kavramlar, simge ve uygulamalar için endüstrileşmiş ülkelerde çalışmalar yapılmaktadır.

Aslında ölçülendirme ve toleranslama evrensel bir sorundur. Özellikle tolerans verme genelde itilip kakılan, bir başkalarına aktarılan, sonunda birilerinin deneyimine bırakılan bir olaydır. Bunun nedenlerini araştırmak ve kaliteye olan etkilerini ortaya çıkarmak olanaklıdır. Oysa bilinir ki tolerans doğrudan kaliteyi etkileyen çok önemli bir etmen olduğundan seçimi, kullanımı özel yetiştirme ve deneyim gerektirir.

Birçok teknik elemanın klasik toleranslamada bile zorluklarla karşılaştığı, karmaşık teknik resimlerin okunabilmesinin uzun süren pratik gerektirdiği düşünülürse, geometrik ölçülendirme ve toleranslama olayını küçümsememek, gereken önemi verip biran önce eğitim ve pratik için alt tabanı oluşturmak gerekir.

ISO 9000 VE MEKANİK PARÇALARIN RESİMLENDİRİLMESİ

Mekaniksel parçaların teknik resimlerini kullanan firmalar, içinde bulunduğumuz ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri döneminde resimlerin önemini gözardı edemezler. ISO 9000 'e göre firma içi ya da dışından bir değerlendirme yaparak firmanın kalite güvence sisteminin, ürün kalitesinden beklenenleri gerek düzey gerekse süreklilik açısından verebilecek nitelikte olup olmadığını saptama durumunda olanlar, teknik resimlerdeki tamlığın ve tek anlamlığın ölçme ve istatistiksel yöntemler gibi önemli olduğunu kavrayabilecek görgü ve yetenekte iseler, incelemelerinde teknik resimlerden başlarlar. Kalitenin tasarımdan, dolayısı ile de teknik resimlerden başladığını kimse yadsıyamaz ?

Geleneksel ($\pm$) li ölçülerle çizilmiş "kuşku" üretim resimleri ISO 9004 - 9.2 de istenilen eksiksizlik - tamlık ve doğruluk gereksinimlerine uygunluk göstermemektedir.

Kalite Güvence Sistemlerini ISO 9002 ya da 9003 e (bunlar firma içi tasarım girişimlerini içermemektedir) göre belgelendirme durumunda olan firmaları inceleyecekler, eğer imalat teknik resimleri çağın gereği olan bu tekniğine uygun hazırlanmamışlarsa, yalnızca geleneksel yöntem kullanılmışsa, bu eski yöntemin neden olacağı kuşku, sorgulu durumun üretimi ve denetimi olumsuz yönde etkileyeceği gerçeğini vurgulamalı ve bu hususun ISO 9000 için birincil derecede önemli bir uygunsuzluk olduğunu belirtmelidirler.

ISO 9001 (tasarımı da içerir) için bir belge sözkonusu ise teknik resimlerin, tasarım amaçlarını ve girdilerini belirtmede kesin etken olduğu ısrarla vurgulanmalıdır. Aksi halde tasarım çıktısı yetersizdir. Ürün kalitesi güvenilir değildir. Kalite Güvence Sistemi ISO 9001 e uygun değildir.

Bu doğrultudaki sorunların çözümünde teknik resimleri geometrik tabanlı standartlara ve uygulamalara uygun biçimde yeniden düzenleme ve ilgili tüm kişileri (tasarım, kalite, ölçüm ve ISO 9000 ler için inceleme - değerlendirme vb. işlerde çalışanları) geometrik ölçülendirme ve toleranslama konularında yeterli ve sürekli bir eğitimden geçirme önemli bir rol oynar.

SONUÇ

Geometrik toleranslamanın tipik bazı üstünlükleri yukarıdaki örnekte belirtilmiştir. Buna benzer daha pek çok özellikler ve üstünlükler söz konusudur.

1. Özellikle çoklu üretimde master tasarımı ve kullanımı gerektiğinde M simgesine resimlerde pek çok yerde rastlanmaktadır. Bu simge master tasarımını çok önemli oranda basitleştirmekte ve ekonomik-
leştirmektedir.
2. Eldeki teknik resimler eğer geometrik teknikle toleranslanmadılarsa bunların hızla, bilinçli ve sistemli biçimde elden geçirilmeleri üretime ekonomik katkı sağlamak ve verimliliği artırmak için gereklidir.
3. Master tasarımı, ölçme teknikleri, bu bakış açısı ile yeniden ele alınmalı ve yeni tekniklere uyum sağlamalıdır.
4. Yeni resimlemelerde kesinlikle bu teknikler kullanılmalı, nerede, en uygun ve ne miktar toleranslar verileceği araştırılmalı, veri tabanı oluşturulmalıdır.
5. Önceden de değinildiği gibi, Avrupa Ekonomik Topluluğuna katılma aşamasında GD & T yönünde de önemli girişimler, çalışmalar yapılmalı, her düzeyde, okul içi, işbaşı eğitimi ile konu üzerinde beceri ve yetiştirilme sağlanmalıdır.
6. Bu standartların, geliştirilme, yaygınlaştırılma aşamasında olduğu, şimdiden sayıları 20 - 30 'u bulan simgelerin daha da artacağı, yüksek üretim hızı ve yukarı düzeyde tamliklerin bunları gerekli kıldığı bilinci içinde en azından gelişmeler yakından izlenmelidir.

Endüstrinin araştırma kuruluşları, üniversite, MPM, TSE, TÜBİTAK gibi kurumların ilgi ve dikkatine sunulur.

GEOMETRIC DIMENSIONING, TOLERANCING AND ISO 9000

Geometric dimensioning and tolerancing deliver completeness, clarity, and precision to the quality that coordinate dimensioning cannot provide. It is therefore certainly advantageous. The use of ambiguous coordinate tolerancing contravenes the requirements for accuracy and completeness stipulated in ISO 9000 family of International Standards, quality assurance systems, which, in near future, will require the use of these new approaches more meticulously. In this article these two techniques are compared and ISO 9000 requirements are discussed.

KAYNAKÇA

1. Fong, R.K.C., *Ambiguous Blue Prints Create ISO 9000 Nonconformities*, ISO 9000 News 2/1994.
2. Krulikowski, A., *GD & T Challenges the Fast Draw, Manufacturing Engineering*, February 1994.
3. *ISO 1101 Form and Position Tolerances*.
4. *ANSI Y 14.5 M*. (ABD Ulusal Standardı).
5. Foster, W., *Modern Geometric Dimensioning and Tolerancing*, National Tooling and Machining Association, 1982.
6. Karabay, M., *Geometrik Toleranslar ve Master Tasarımı, Seminer Notları*, ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, 29-31 Mayıs 1995.

A. Erol Selimbeyoğlu
Makina Grubu
Kara Harp Okulu
ANKARA

Ö. Gündüz Bilir
Profesör
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

Şekil-bellekli Tel ve Yay Üretimi

Bu çalışmada Cu-Zn-Al alaşım sisteminden oluşan şekil-bellekli tel ve yayların üretimi açıklanmıştır. Elde edilen tellerin mekanik özellikleri çekme ve sertlik deneyleri ile belirlenmiştir. Ayrıca şekil-bellek davranışının uygulamalarına ait örnekler verilmiştir.

GİRİŞ

Şekil-bellek etkisi son yıllarda büyük önem kazanmıştır [1-5]. Şekil-bellekli alaşımlar belirli bir sıcaklıkta plastik deformasyona uğratıldıklarından sonra, yükün kaldırılmasıyla veya daha yüksek bir sıcaklığa ısıtıldıklarında tamamen geri hareketle ilk şekillerini alırlar. Bu davranış temel olarak termoelastik martenzitik faz dönüşümünün bir sonucudur.

Termoelastik martenzitik dönüşümde martenzit plakaları sıcaklık azaldıkça sürekli olarak oluşur ve büyür ve sıcaklık arttığında aynı yolu izleyerek küçülür ve kaybolur.

Gerilme uygulanmadığında, martenzitler soğutma sırasında M_s olarak adlandırılan sıcaklıkta oluşmaya başlar ve daha düşük bir sıcaklık olan M_f 'de martenzit oluşumu tamamlanır. Ters dönüşüm A_s sıcaklığında başlar ve A_f sıcaklığında son bulur.

Ticari uygulamalarda kullanılan en uygun iki alaşım Ni-Ti ve Cu-Zn-Al alaşımlarıdır.

ŞEKİL BELLEKLİ TEL VE YAY ÜRETİMİ

Malzemeler

Alaşımlar, % 99.9 saflıktaki bakır, çinko ve alüminyumdan hazırlanmıştır.

Ergitme

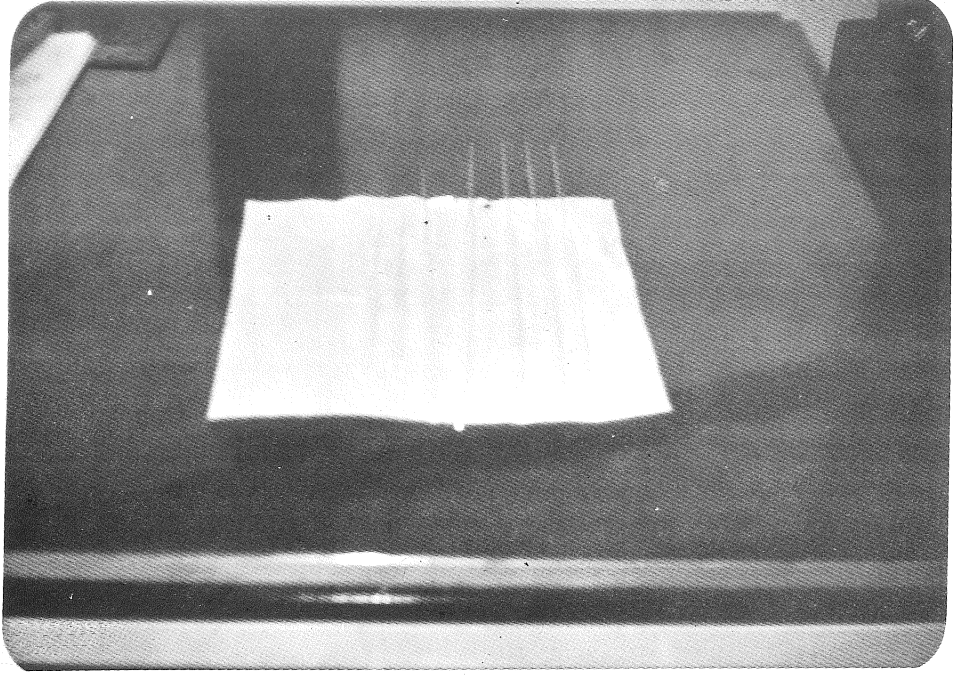
Malzemeler, yağ ve oksit miktarını en aza indirmek amacı ile trikloro etilen yağı ile temizlenmiş, asitle yüzeydeki oksit tabakası alındıktan sonra alkolle yıkanmıştır. Malzemeler 0.01 gram hassasiyetle bir

terazide tartıldıktan sonra, 50 gr alaşım oluşturmak amacı ile 12 mm dış çapında 1.2 mm et kalınlığındaki kuartz cam tüpler içine yerleştirilmiştir (Şekil 1). Kapatma işleminden önce, tüplerin havası vakum pompası ile alınmış, absorbe edilmiş suyu atmak için vakumlama işlemi sırasında oksijen-asetilen alevi ile tüp ısıtılmıştır. Daha sonra tüp 0.5 atmosfer basıncındaki argon gazı ile doldurulmuştur (Şekil 2 ve 3). Kapatma işleminden sonra tüp grafit koruyucu içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 4). Grafit koruyucuyu hazırlamak için bir grafit parçası işlenerek içerisine tüpün gireceği şekilde bir tarafı kapalı bir delik açılmıştır. Tüpün grafit koruyucu içerisine yerleştirilmesinden sonra, grafit koruyucu elektrik dirençli ısıtma fırını içerisine yerleştirilerek 1100°C'de 20 dakika bekletilmiştir. Isıtma sırasında karışımın iyi karışması amacıyla ergimiş alaşım 5 dakikalık aralıklarla çalkalanmıştır (Şekil 5). Bu işlemten sonra, ergimiş alaşım fırından çıkarılarak havada soğutulmuştur.

Kuartz cam tüplerin SAGE şekillendirilmesi ve vakumlama işlemi Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Grafitlerin ergitme işlemi ODTÜ Metallurji Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

Kompozisyon

Alaşım Madde 2.2'de belirtildiği şekilde uygun miktarda bakır, çinko ve alüminyumdan oluşmaktadır. Seçilen kompozisyonlar 750°C üzerinde β fazının oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 6, ağırlıkça % 4 alüminyum da Cu-Zn-Al üçlü faz diyagramının dik kesitini göstermektedir. Üçlü faz diyagramı incelendiğinde β fazının varlığının sıcaklığa bağlı



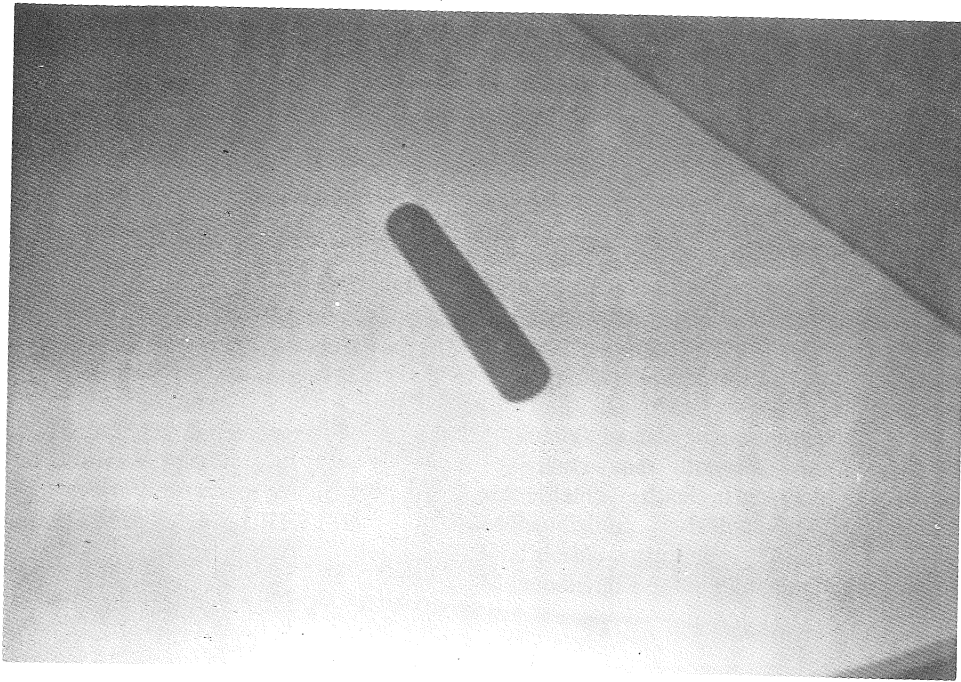
Şekil 1.



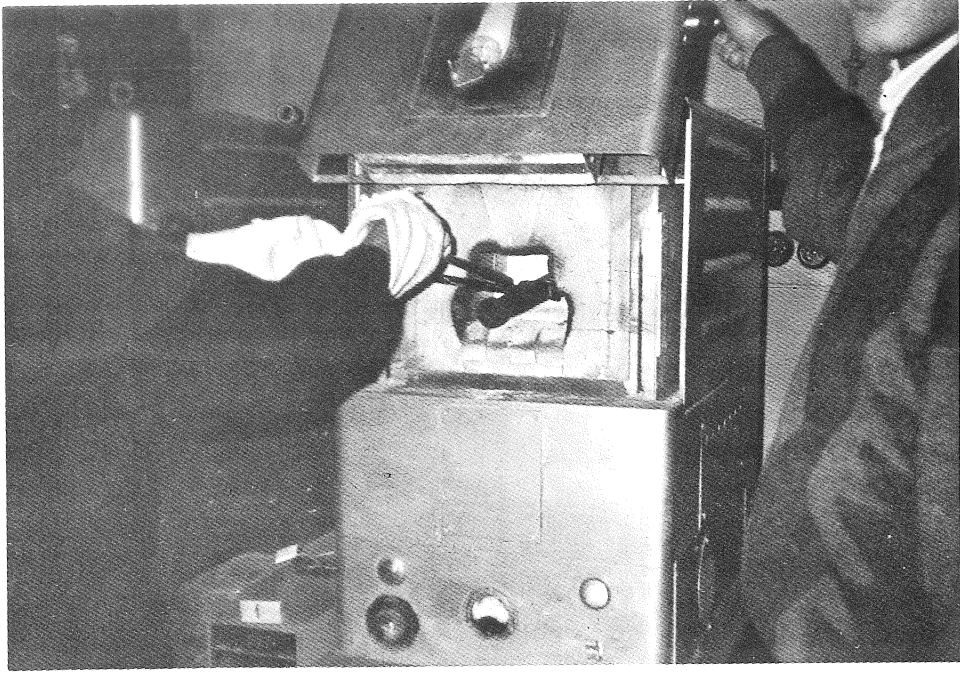
Şekil 2.



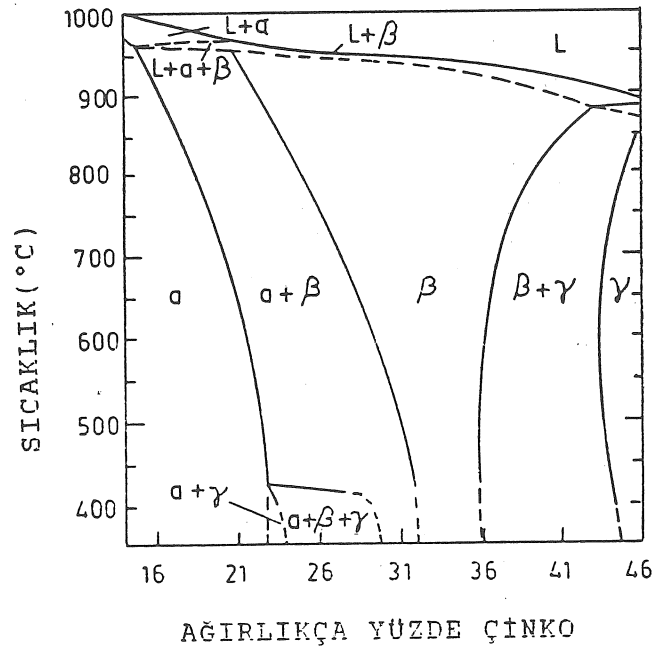
Şekil 3.



Şekil 4.



Şekil 5.



Şekil 6.

olduğu görülmektedir. Belirli bir kompozisyonda β fazının oluşup oluşmaması sistemin sıcaklığına bağlıdır. Deneysel program için az miktarda alüminyum eklenmiş iki Cu-Zn esaslı alaşım hazırlanmıştır. Alaşımlar ve kritik sıcaklıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Alaşımların Kompozisyonları ve Kritik Sıcaklıkları

Alaşım	Cu (%)	Zn (%)	Al (%)	A _s (°C)	A _f (°C)
1.	68.03	28.12	3.10	57	103
2.	71.90	22.41	5.69	67	93

Alaşımların martenzitik dönüşüm sıcaklıkları oda sıcaklığına yakın olacak şekilde ve 750°C üzerinde β fazı oluşacak şekilde belirlenmiştir.

Homojenizasyon

Çubuk şeklindeki döküm parçalar, yapıyı homojenize etmek amacıyla argon atmosferi altında 72 saat süreyle 820°C'de ısıtılma tabi tutulmuştur. Bu amaçla Şekil 7'de görülen argon kontrollü fırın hazırlanmış ve parçalar içine yerleştirilmiştir. Alaşımlar fırından çıkarıldıktan sonra su içine atılmıştır. Homojenizasyon işlemi için 820°C sıcaklık seçilmesinin nedeni β fazının oluşumunu garanti etmek içindir. Çünkü şekil bellekli alaşımlardaki martenzit sadece β fazından oluşur.

Homojenizasyon işleminden sonra alaşımların kimyasal analizi yapılmıştır.

Homojenizasyon işlemi ODTÜ Metallurji Mühendisliği Bölümünde ve kimyasal analiz ise KOSGEB'de yapılmıştır.

Cu-Zn-Al Tellerinin Oluşturulması Yöntemi

Homojenizasyon işleminden sonra, alaşımlar 850°C'de yarım saat bekletildikten sonra haddede 8 mm çapında çubuk haline getirilmiştir. Uygun sıcaklıkta sıcak haddelene yapabilmek amacıyla elektrik direnç fırını haddenin yanına yerleştirilmiştir (Şekil 8). Alaşım 850°C'de fırından çıkartılmış ve haddelenmiştir (Şekil 9). Haddeden geçin çubuk beklemeksizin suya atılmıştır.

8 mm çapında çubuklar oda sıcaklığında haddelenerek daha küçük çaplara indirilmiştir. Daha küçük çaplara indirme işlemi haddelene işlemleri arasında ara ısıtılma işlemleriyle sağlanmıştır. Ara ısıtılma işlemi deformasyonu kolay olan ($\alpha + \beta$) fazını oluşturmak için yapılmıştır.

Haddeden çıkarılan tellerin kesitleri tam kare olmadığından, tellere yuvarlak şekil Şekil 10'da görülen palanga sistemi ve değişik çapta delikleri olan çelik plaka yardımıyla verilmiştir.

Cu-Zn-Al alaşımlarında yalnız α fazı soğuk işlem

bakımından oldukça iyidir. Bununla beraber β fazının bulunuşu soğuk işleme özelliğini zayıflatır. Şekil 6'da belirtilen alaşımda olduğu gibi, bu çalışmadaki alaşımlar 450°C ile 650°C arasında % 20'den fazla β fazı içermelidir. Bu nedenle çapta fazla düşme yapmak amacıyla alaşımlara birçok ara ısıtılma işlemleri uygulanmıştır. Şekil 6'dan görüldüğü gibi, alaşımlar 400°C'nin altında ($\alpha + \beta + \gamma$) fazlarına ayrışır. γ 'nın bulunuşu malzemenin işlenebilirliği açısından zararlıdır. Bu nedenle 500°C'deki ısıtılma işleminden sonra teller 450°C kadar fırında soğutulmuş ve daha sonra havada soğutulmuştur. Yüksek ısıtılma işlemi sıcaklıkları çinkonun buharlaşmasına ve β fazı içindeki α tanelerinin büyümesine neden olmaktadır. Diğer taraftan düşük ısıtılma işlemi sıcaklığı γ çökeltisi veya çubuk veya plaka şeklinde α yapısının oluşmasına neden olmaktadır.

Sıcaklık-deformasyon-zaman işlemi Şekil 11'de görülmektedir. Önce çubuklar yaklaşık 800°C'de sıcak olarak haddelendikten sonra suya atılır.

Şekil Bellekli Tel ve Yaylar

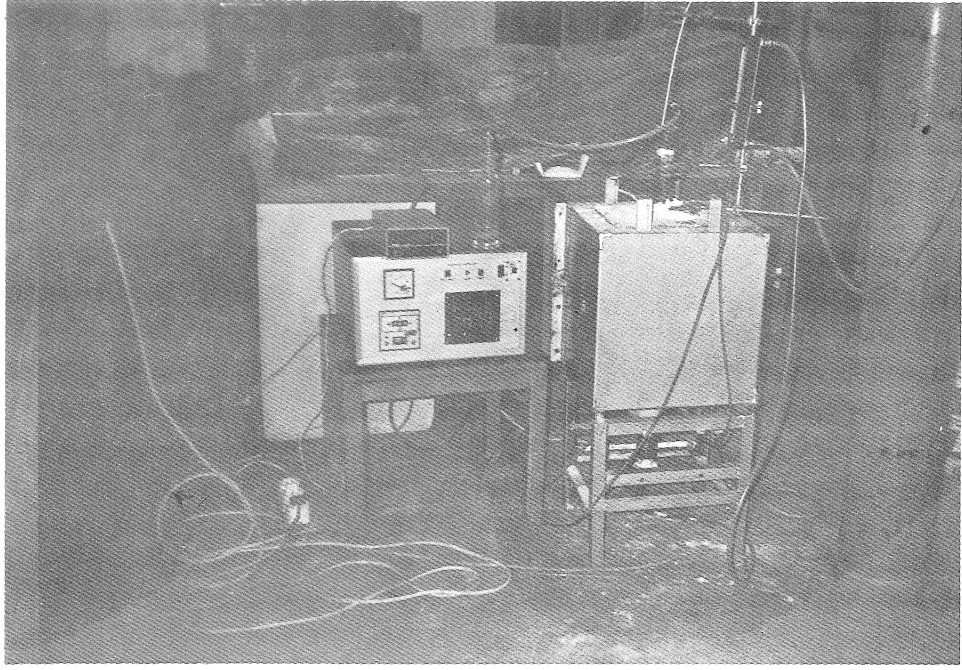
Oluşturulan iki fazlı ($\alpha + \beta$) Cu-Zn-Al telleri yay şekil verme işlemine veya şekil bellek davranışı kazandırmak üzere doğrudan ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 12). Tellerden helisel yay yapma işlemi oda sıcaklığında torna yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Yay yapma işleminden önce tellerin işlenebilirliğini iyileştirmek için tellere ısıtılma işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerden sonra yaylar ve/veya teller 820°C'de 5 dakika ısıtıldıktan sonra suya atılmış ve suda 15 dakika süre ile bekletilmiştir.

Sudan çıkarılan teller ve yaylar tek-yönlü şekil-bellek etkisi kazanmış durumdadırlar. Tel veya yaylara herhangi bir şekilde kuvvet uygulanıp şekil değişikliğine uğratıldıktan sonra yapılan ısıtılma işlemi ile tel ve yaylar ilk konumlarına dönmektedirler. Tel ve yayların ilk konumu 820°C'de 5 dakika bekletilip suya atıldıktan sonra sudan çıkarılan konumudur.

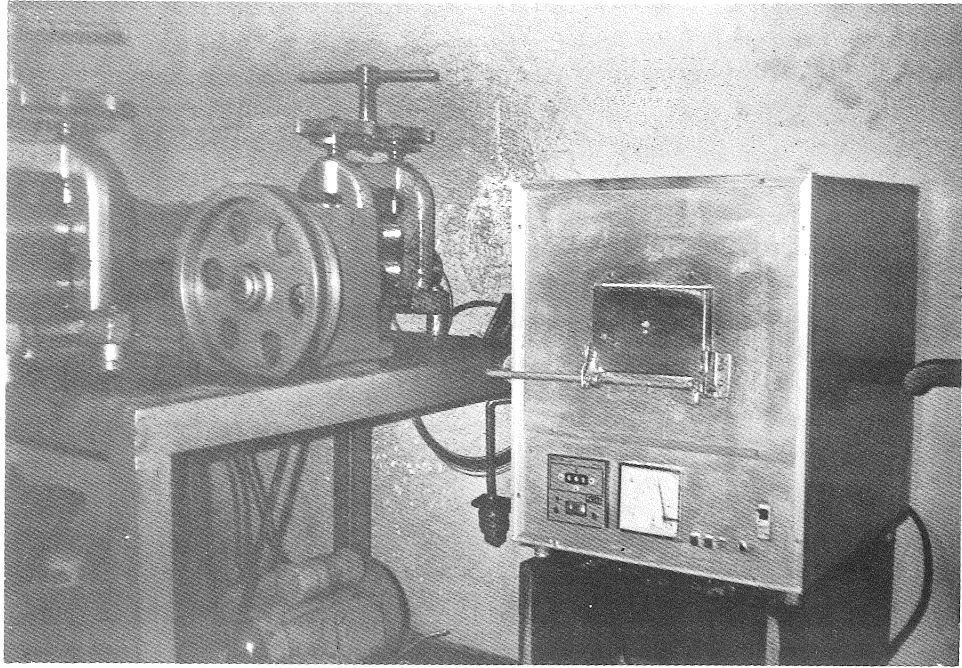
ÇEKME DENEYİ

Çekme deneyi, ısıtılma işlemi sonunda numunelerin ilk şekillerini alıp almadıklarını görmek amacıyla yapılmıştır. Yükleme sırasında yük-uzama diagramı çizdirilmiştir (Şekil 13). Numuneler başlangıçta martenzitik yapıya sahiptirler. Bu nedenle; martenzitik ve ana faz arasındaki sınır veya iç ikizler gibi hareketli kafes hataları başlangıçta hazır olduklarından çok düşük yük seviyelerinde (15 - 25 N) plastik deformasyona neden olurlar ve ana fazla karşılaştırıldığında elastik deformasyon bölgesi küçülmüştür. Deformasyon başlangıçta hazır bulunan martenzit tabakalarının yeniden yönlenmesine neden olur ve uygun yönelmiş olanlar uygun yönelmemiş olanların aleyhine büyür. Yükün kaldırılması sonucu kalıcı bir şekil değişikliği görülür. Numuneler ısıtıldıklarında kalıcı şekil değişikliği yok olur ve numuneler tamamen ilk konumlarını alırlar.

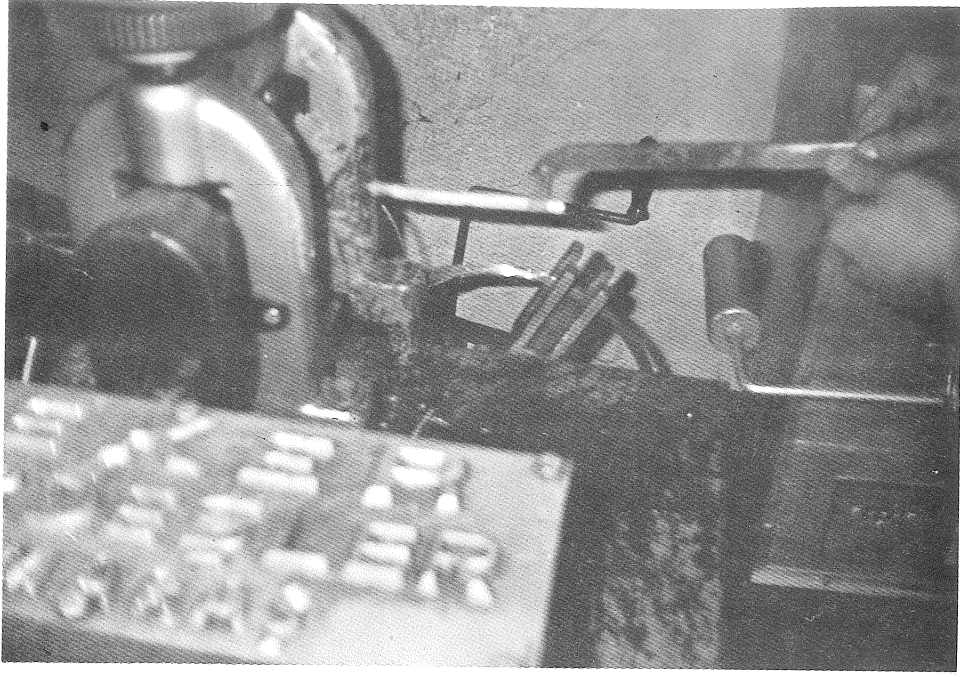
İki özellik oldukça önemlidir. Birincisi, 300 N yük



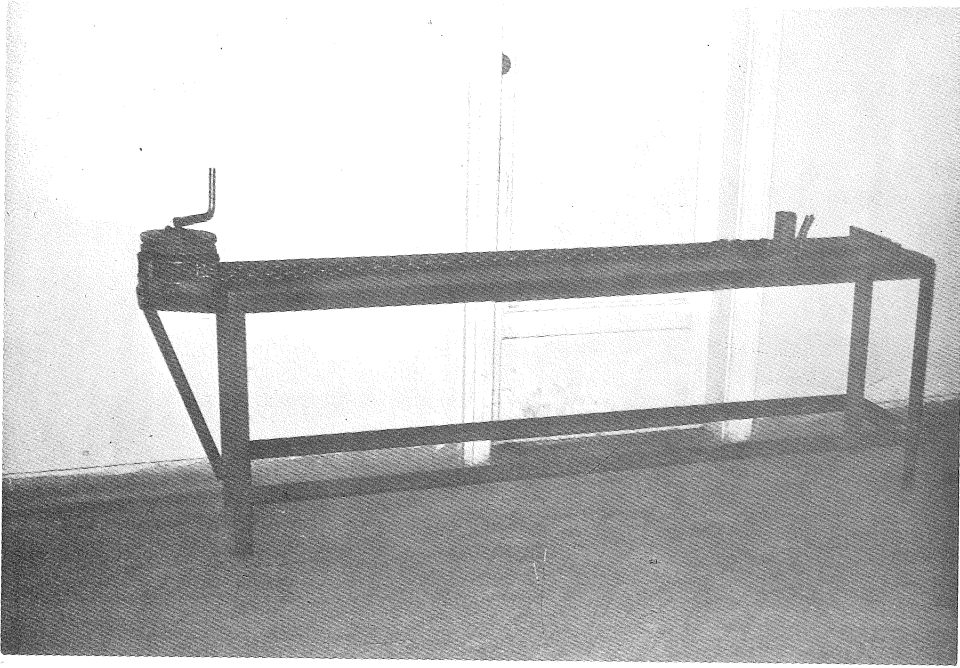
Şekil 7.



Şekil 8.



Şekil 9.



Şekil 10.

Tablo 2. Alaşımların Sertlik Deney Sonuçları.

Numunelerin Durumu	Knoop Sertliği	Brinell Sertlik	Rockwell Sertliği
Dökümden sonra (alaşım 2)	164.45	130	80
Homojenizasyondan sonra (alaşım 2)	177.85	140	84
Birinci ara ısıtıl işleminden sonra (alaşım 2)	128.85	102	65
İkinci ara ısıtıl işleminden sonra (alaşım 2)	123.50	98	62
Üçüncü ara ısıtıl işleminden sonra (alaşım 2)	149.70	120	75
Dördüncü ara ısıtıl işleminden sonra (alaşım 2)	155.35	124	77
Beşinci ara ısıtıl işleminden sonra (alaşım 2)	181.45	142	85
Suya attıktan sonra (alaşım 2)	187.10	148	87
Suya attıktan sonra (alaşım 1)	219.60	171	94

altında deformasyona maruz bırakılan numunede ısıtılma sonucunda numune tamamen ilk konumuna dönmektedir. İkincisi, martenzitik yapıda akma yükü oldukça düşüktür. Gerçekte şekil-bellekli alaşımlarda, martenzitin akma gerilmesi ana fazın akma gerilmesi değerinin % 10'u kadardır. Genellikle şekil-bellekli alaşımların tasarımı tasarımların gerilmesi olarak ana fazın akma gerilmesi alınır.

SERTLİK DENEYİ

Alaşımların sertlik deney sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Sertlik deneyleri oda sıcaklığında yapılmıştır.

İki numaralı alaşımın sertlik değeri; sırasıyla döküm, ısıtıl işlem, çekme ve suya atma işlemlerinden sonra ölçülmüştür. Diğer alaşımın sertlik değeri suya atma işleminden sonra belirlenmiştir.

Sertlik değerleri Knoop sertliği, Brinell sertlik ve Rockwell B sertliği olarak üç değişik şekilde verilmektedir.

Şekil-bellekli alaşımların deformasyon karakteristikleri o şekildedir ki gerçekte oldukça kırılğan olan ana faz yapısındaki malzeme martenzitik yapıya dönüştürülerek yumuşak bir hale getirilebilir.

Sertlik değerlerinin incelenmesinde iki numaralı alaşımın sertlik değerinin döküm işleminden sonra 80 HRB olduğu görülmektedir. Dökümden sonraki ısıtıl işlemi sertlik değerinin 84 HRB'ye çıkmasına neden olmuştur. İlk iki ısıtıl işleminden sonra sertlik değerinde düşme görülmektedir (65 HRB ve 62 HRB). Fakat daha sonraki iki ısıtıl işlemde sertlik değerinde artışlar

görülmekte ve 85 HRB'ye ulaşan bir sertlik değeri elde edilmektedir. Alaşım suya atıldığında sertlik değeri kısmen artarak 87 HRB'ye ulaşmaktadır.

Bir numaralı alaşımın su verme işleminden sonraki sertlik değerleri 94 HRB'dir.

ŞEKİL-BELLEK DAVRANIŞININ UYGULAMALARI

Uygulamalar iki esas parametrenin avantajı ile ortaya çıkmaktadır; belirli bir sıcaklık aralığında ısıtılma sonucu oluşan şekil değişikliği ve ısıtılma sonucu geriye dönüşün engellenmesiyle oluşan iç gerilmeler.

Şekil-bellekli alaşımların kullanımını, endüstriyel [1, 3, 4, 6, 7-10] enerji [1, 11] ve dental-medikal [1, 4, 12-14] olmak üzere üç kategoride değerlendirebiliriz.

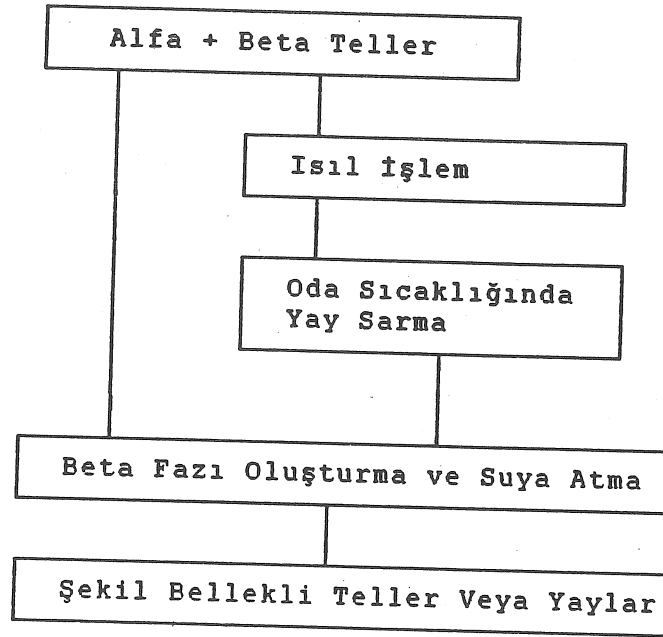
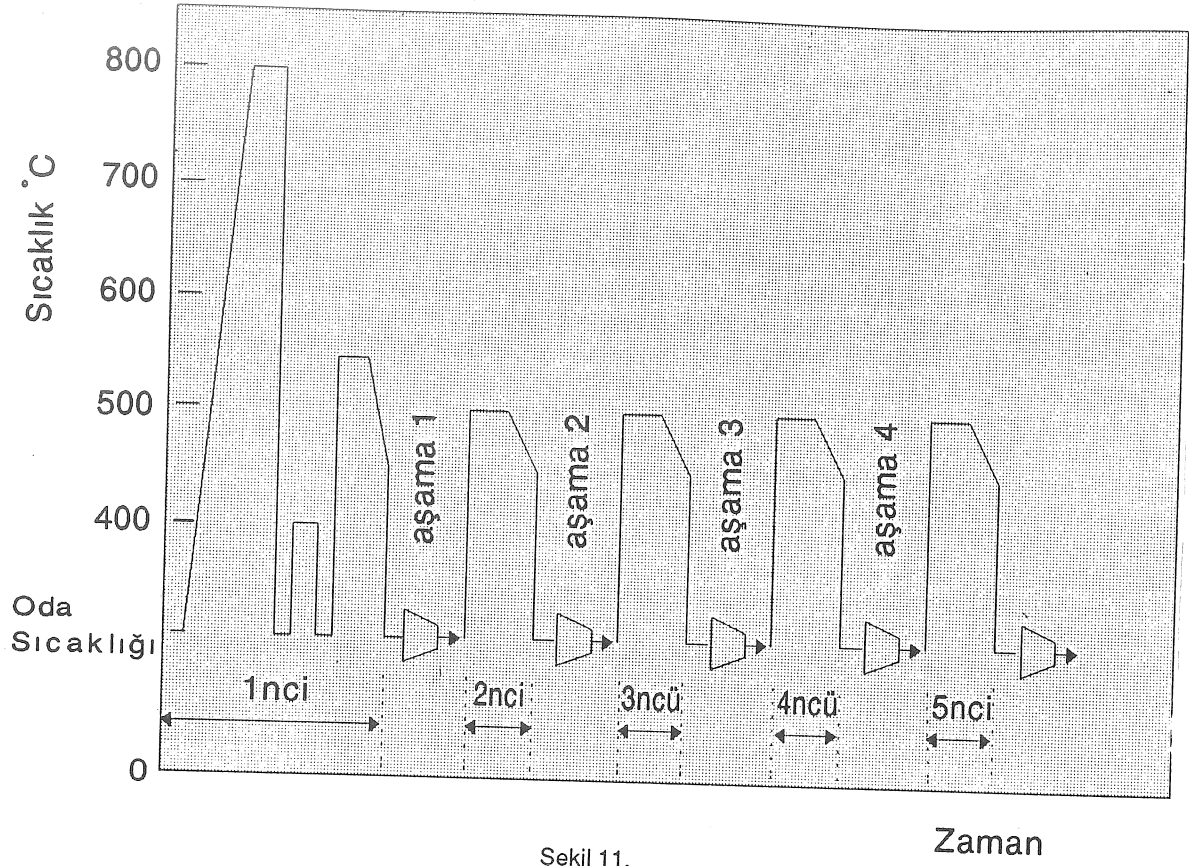
Uygulamalardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

İçten Yanmalı Motorlarda Bulunan Karbüratörler İçin Yakıt Enjeksiyon Lüləsi

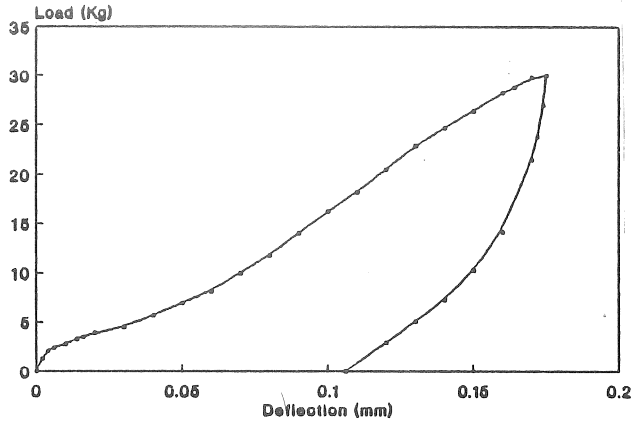
Lüle çıkışının etkili çapı bir şekil-bellek etkisi gösteren eleman kullanımıyla lüle sıcaklığına göre otomatik olarak kontrol edilir (Şekil 14). Bu şekilde, yakıt vizkozitesine göre ayarlama yaparak atmosfer kirliliği azaltılır ve yakıt tüketimi optimize edilir. Sıcaklık arttığında lüle çıkış çapı düşürülür, sıcaklık azaldığında lüle çıkış çapı büyütülür.

Termostatik Kavramalı Soğutma Fanı

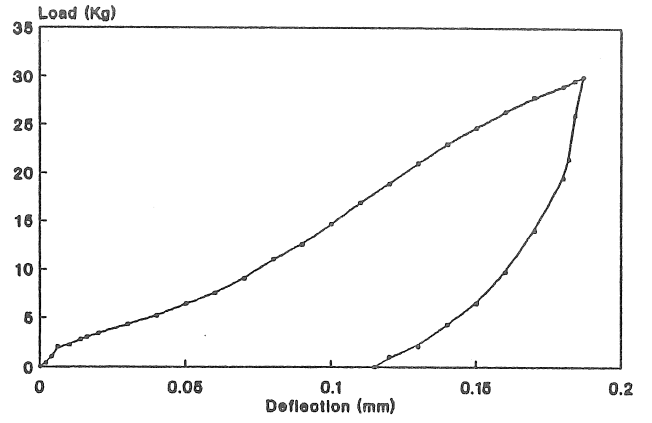
Bu ürün (Şekil 15) otomobillerin ve ticari taşıtların



Şekil 12.

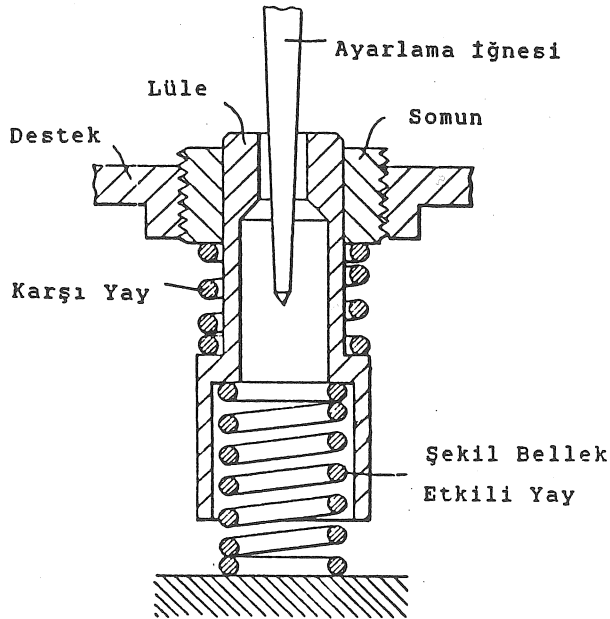


(a)

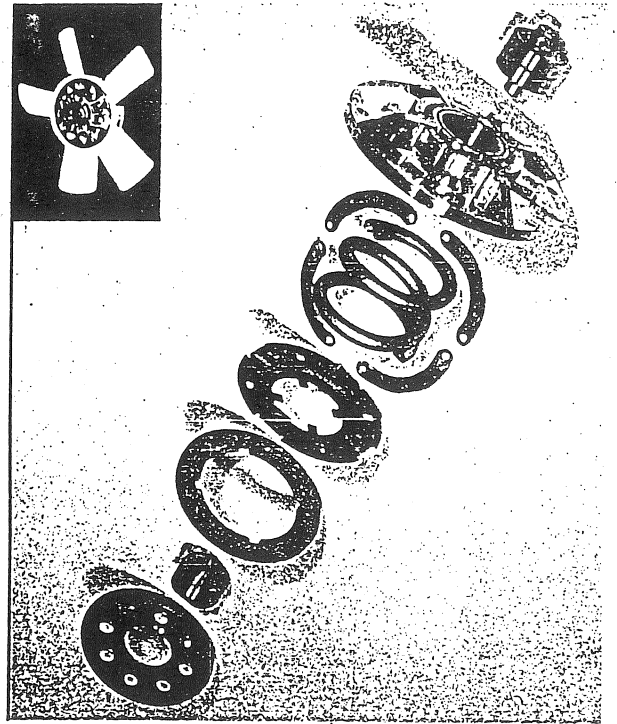


(b)

Şekil 13.



Şekil 14.



Şekil 15.

radyatörlerini soğutmak amacıyla geliştirilmiştir. Şekil-bellek etkisi ile çalışan kontrol cihazı radyatörden geçen hava sıcaklığını algılar ve soğutma gerekmediğinde fan 200-500 rpm arasında serbest olarak döner. Radyatördeki sıcaklık arttığında, radyatörden geçen hava sıcaklığı artar ve şekil-bellek etkisi ile çalışan kontrol cihazı genişleyerek, su pompası hızında dönen hareketli flanşla kavrama plakasının birbirine geçmesini sağlar. Bu durum fan hızının artmasına neden olur ve radyatör soğutulur.

Diğer fanlara göre bu tip bir fanın avantajı sıcaklığa bağlı çalışmasıdır. Hava sıcaklığı arttığında fanın hızı artar, böylece oluşan koşullara göre en fazla soğutma sağlanmış olur. Fanda sızıntı problemi yoktur ve yüksek motor hızlarında; fan hızı, akışkan hareket sistemlerinde oluşan viskozite değişikliği ile azalmaz.

Tipik bir 1300 cc'lik otomobile takılan fan 56 mph'de 2 mpg ve 70 mph'de 2 mpg'nin biraz altında yakıt tüketimi avantajı sağlar. Dinamik ve statik koşullarda sırasıyla 1.4 dB ve 2.5 dB toplam gürültü azalması kaydedilmiştir.

SONUÇ

Şekil-bellek özelliği gösteren Cu-Zn-Al alaşımını üretebilmek mümkün olmuştur. Elde edilen alaşımlar oda sıcaklığında martenzitik yapı içermektedir. Elde edilen alaşımlara oda sıcaklığında çekme deneyi uygulandığında, martenzit ve ana faz arasındaki sınırlar veya iç ikizler gibi hareketli kafes hataları çok düşük yük seviyelerinde (15- 25 N) plastik deformasyona neden olmuştur. 300 N 'a kadar çıkan yük kaldırıldığında, kalıcı bir şekil değişikliği gözlenmektedir. Fakat numuneler ısıtıldıklarında ilk konumlarına dönmektedirler. Martenzitik yapı, kırılğan bir özelliği olan ana fazın tersine oldukça esnektir. Yapılan tasarımlarda tasarım gerilmesi olarak genellikle ana faz gerilmesi alınmaktadır. Ana faz akma gerilmesi martenzitin 10 katı kadardır. Şekil bellekli alaşımlardan yeni tasarımlar, kullanımı ile ilgili yaratıcılıklar ortaya çıktıkça hızla artmaktadır.

PRODUCTION OF SHAPE-MEMORY WIRES AND SPRINGS

Cu-Zn-Al alloy systems are produced for wire and spring applications. Mechanical properties are measured using tension and hardness testing. Some examples of shape-memory applications are given as an indication of the range of possible devices.

KAYNAKÇA

1. Wayman, C.M., Some Applications of Shape Memory Alloys, *Journal of Metals*, 32 (1980) 6, 120-137.
2. Schetky, L.Mc Donald, Shape Memory Alloys, *Scientific American*, 241 (1979), 74-82.
3. Raychem Corporation, Menlo Park, California, 94025, *Shape Memory Actuators Improve Car Performance*, Company Brochure.
4. Raychem Corporation, Menlo Park, California, 94025, *Tinel Shape Memory Alloys*, Company Brochure.
5. Adnyana, Dewa N., A Copper-based Alloy for Shape Memory Wires and Springs, *Wire Journal International*, (1984), 52-61.
6. Raychem Corporation, Menlo Park, California, 94025, *Fabrication and Properties of Nickel-Titanium Shape Memory Alloy Wires*, Company Brochure.
7. Foxboro Corporation, Foxboro, Massachusetts, 02035, *Technical Information Sheets on Nitinol Pen Drive Unit*, Company Brochure.
8. Duering, T.W., and Melton, K.N., Designing with the Shape Memory Effect, *MRS Int'l. Mtg. on Adv. Mats.*, 9 (1989), 581-597.
9. Deleta Memory Metal Company, Ipswich, Suffolk, IP2 OEG, England, *Shape Memory Effect Thermal Actuators*, Company Brochure.
10. Delta Materials Research Limited, Kingsway, London Wc 2B 6xF, England, *German Patent No DE 29 22 402 Al*, 1979.
11. Ginell, W.S., Mc Nichols, J.L., Jr., and Cory, J.S., Nitinol Heat Engines, *Mechanical Engineering*, (1979), 28-33.
12. Andreasen, G.F., and Morrow, R.E., Laboratory and Clinical Analysis of Nitinol Wire, *American Journal of Orthodontics*, 73 (1978) 2, 142-151.
13. Netsu, N., Iwabuchi, T., and Honma, T., A Study of the TINI Intracranial Aneurysm Clip Having the Shape-Memory Effect, *Bulletin of the Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy University, Sendai, Japan*, 34 (1978), 67-73.
14. Sawyer, P.N., et al., Further Study of Nitinol Wire as Contractile Artificial Muscle for an Artificial Heart, *Bulletin of the Texas Heart Institute*, 3 (1976) 1, 65-68.

Bilgin Kaftanoğlu

Profesör

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

06531 ANKARA

Çetin Enöz

ÇİMTEK A.Ş.

ANKARA

Bilgisayar Destekli Spor Ayakkabı Taban Tasarımı ve Analizi

Spor ayakkabıları kullanıldıkları aktivite tiplerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Tenis, basketbol, futbol, koşu ve antrenman tipleri bu sınıflandırmaya birkaç örnektir. Her spor ayakkabı tipinden kullanıldıkları aktiviteye göre birtakım özellikler istenmektedir. Bu nedenle her spor ayakkabı tipi desen yapısı, iç yapısı ve taban kalınlığı bakımından farklılık göstermektedir. Bu çalışmada spor ayakkabılarının taban kısmı gözönüne alınmış, farklı spor ayakkabı tipleri için taban tasarımı yapabilen ve bu tabanı belirli sınır şartları ve yükleme koşulları altında analiz edebilen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program I-deas paketi altında çalışmakta ve kullanıcının seçeneklerine göre istenen spor ayakkabı tabanını yaratılmış bir veri tabanı yardımıyla tasarlayabilmektedir. Tasarımı yapılmış spor ayakkabı tabanlarının analizi sonlu elemanlar programı yardımıyla gerilmeler, uzamalar ve yer değiştirmeler cinsinden yapılabilmektedir.

GİRİŞ

Spor ayakkabıları, spor faaliyetlerinin en önemli araçlarından biridir. Her spor dalı, kullanılan spor ayakkabılarından aktivite gereği, farklı özellikler istemektedir. Dolayısıyla, spor ayakkabıları aktivitelere ve istenilen özelliklere göre farklı sınıflara ayrılmışlardır.

Bir spor ayakkabısı başlıca iki kısma ayrılarak incelenebilir. İlk kısım ayağın büyük kısmını kavrayan ve koruyan üst kısımdır. İkinci kısım ise, ilk kısmın altında bulunan ve taban diye adlandırılan bölümdür. Taban kısmı, kullanıldığı spor dalına göre üç ayrı parçadan meydana gelmiş olabilir. Örneğin, tabana rijitlik veren iskelet kısmı, bazı tabanlarda kullanılabilen yay veya şok önleyici kısım ve esas tabanı oluşturan ana kısım bir tabanı oluşturan kısımların gibi incelenebilir. Bu çalışmada taban kısmı tek bir parça olarak incelenmiştir. Spor ayakkabı tabanlarında, spor tipine göre farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar, taban desen yapısı, desenlerin boyutları, tabanın iç kısmı ve tabanın kalınlığıdır.

Desen yapıları tabanlarda farklılık yaratan en önemli özelliktir. Bu nedenle farklı tür spor dallarında kullanılan ayakkabılar çok farklı türde desen yapılarına sahip olabilmektedirler. Örnek olarak, bir antrenman ayakkabısı basit fakat kalın desenlere sahip olabilirken, tenis ayakkabısı karmaşık fakat çok ince desen yapısına sahip olabilmektedir. Bunun yanında desen yapısı

bakımından yürüyüş ve tenis ayakkabıları çok büyük farklılıklar göstermemektedirler. Bunun nedeni kullanıldıkları alanların birbirine benzer olmasından kaynaklanmaktadır. Desen yapısının, bu kadar farklı ve belirleyici bir faktör olmasına rağmen, farklı spor dalları için desen yapılarını belirleyebilecek, herhangi bir sayısal veya şekilsel standart bulunmamaktadır.

Spor ayakkabı tabanlarında belirleyici bir diğer faktör ise bu desenlerin kalınlıklarıdır. Desen kalınlığı, yüzey ile taban arasındaki sürtünme ve kavrama kuvvetlerini belirleyici bir faktör olduğundan, her spor dalında farklı boyutlarda görülebilmektedir. Eğer spor ayakkabıları ağır koşullar altında kullanılacak ise, örneğin, turmanma, ağır şartlarda koşu, dağcılık vb., desen kalınlıkları da bunlara bağlı olarak arttırılırlar. Bunun yanında desen kalınlığı, basketbol, tenis ve koşu ayakkabılarında daha düşük değerlerde tutulur. Desen yapılarında olduğu gibi, desen kalınlığında da spor tiplerine göre belirleyici nitelikte herhangi bir standart bulunmamaktadır.

Taban kalınlığı ve iç iskelet yapısı da ayakkabı tabanının mukavemetini arttıran diğer belirleyici faktörlerdendir. Ayakkabı tabanlarının kullanıldığı çevre koşulları ve etkileyen kuvvetlerin değerleri arttıkça taban ve iç iskelet kalınlıkları da bunlara bağlı olarak arttırılmaktadır. Bunların yanında ayakkabı taban kalınlığını etkileyen diğer faktörler ise, taban malzemesi, tabanın ağırlığı, aşınması ve tabanın konforudur.

Bütün bahsi edilen ayakkabı tabanlarının belirleyici faktörlerine ek olarak, ayakkabıları numaralandırma sistemlerinde de mevcut standartlar yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ayakkabı numaralandırma sistemlerinin, mevcut ayakkabı boyutlarıyla uyumlu olarak geliştirilmesi ve bununla ilgili bir algoritmanın bilgisayar programına eklenmesi gerekmektedir.

Çalışmada, değişik spor ayakkabı tabanlarının tasarımlarında belirleyici olarak bulunan fakat standartları olmayan faktörlerin, mevcut tabanların taranması ve incelenmesi yardımıyla bir veri tabanında tutulur hale getirilmesine çalışılmıştır. Bu veri tabanından alınan taban desenleri geliştirilmiş bir takım algoritmalar vasıtasıyla istenilen spor ayakkabı tabanının tasarlanmasında kullanılmıştır. Ayrıca, tasarımı yapılan ayakkabı tabanının belirli yüklemeye ve çevre koşulları altında analizinin yapılabilmesine imkan tanınmıştır.

SPOR AYAKKABILARI

Her spor branşı değişik tipte spor ayakkabısı kullanmaktadır. Bunun sebebi, spor dallarının doğası gereği istediği zorunlu özelliklerden kaynaklanmaktadır. Spor ayakkabıları, basketbol, koşu, tenis, antrenman, yürüyüş ve futbol gibi sınıflara ayrılabilir. Bu çalışmada basketbol, koşu, yürüyüş ve antrenman ayakkabıları incelenmiştir [7]. Bu ayakkabı tiplerinde bulunması gereken özellikler, çeşitli kataloglardan, firmalardan alınan bilgilerden ve gerçek ayakkabı tabanlarından derlenmiştir.

Spor Ayakkabılarının Taban Özellikleri

Bazı spor ayakkabılarından istenilen özellikler şöyledir [1];

Basketbol: Kararlılık, sağlamlık, hafiflik, burkulmalara karşı koruma ve konfor bir basketbol ayakkabısından istenilen temel özelliklerdir. Basketbol ayakkabı tabanlarının imalinde kullanılan malzemeler ise, poliüretan, aşınmaz katı kauçuk, yüksek basınçta eritilmiş naylon, kristal kauçuk ve kauçuk bileşenleridir.

Tenis: Kararlılık, esneklik, sağlamlık, hafiflik, çok iyi kavrama, konfor ve çarpışma absorblama özellikleri tenis ayakkabılarından istenmektedir. Taban imalatında kullanılan bazı malzemeler ise, aşınmaya karşı yüksek dayanımlı kauçuk, eritilmiş naylon, poliüretan ve kauçuk bileşenleridir.

Koşu ve yürüyüş: Koşu ayakkabıları ağır koşullar altında çalışacakmış gibi üretilirler. Yüksek performans, mükemmel kararlılık, esneklik, ayağı koruması, yüksek konfor, sağlamlık ve çok iyi destekleme bu ayakkabılardan istenilen en temel özelliklerdir. Taban imalatında kullanılan bazı malzemeler ise, aşınmaya karşı dirençli kauçuk, poliüretan, yumuşak PVC, yüksek basınçta eritilmiş naylon ve kauçuk bileşenleridir.

Antrenman: Yüksek performans, ağır aktivite altında iyi destekleme, mükemmel kavrama, hafiflik, değişken hava koşullarında çok amaçlı kullanım, ayağı dış darbelerle karşı koruması, bu ayakkabı tiplerinden

istenilen özelliklerdir. Bu sınıfa giren ayakkabılar, turmanma, dağ bisikletçiliği, ağır koşullarda yürüyüş ve zor koşullarda kullanılan ayakkabılardır. Ayakkabı tabanının imalatında kullanılan malzemeler ise, eritilmiş naylon, aşınmaya dirençli kauçuk ve poli üreterdir.

TABAN TASARIMI VE ANALİZİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER

Spor ayakkabı tabanlarının tasarım ve analizlerinde karşılaşılan birtakım problemler mevcuttur. Bu nedenle bu çalışmanın amacı tasarım ve analiz problemlerine çözümler veya yaklaşımlar bulabilmektir.

Taban tasarımında çok değişik sorunlarla karşılaşılır. Bunlar, desenlerin şekillerinin kararlaştırılması ve desenler ile tabanın boyutlandırılmasıdır. Bütün bu problemlerin sebebi, mevcut standartlarda bu sorunlara karşı sayısal veya şekilsel değerlerin bulunmamasıdır. Bu sebeple bu problemlerin, CAD teknikleri yardımıyla çözümüne gidilmiştir [3].

Desen yapısı tabanlarda farklılık gösteren en önemli özelliktir. Desen yapısının basitlik veya karmaşıklığına karar verebilecek birtakım kriterler mevcuttur. Desen yapısını etkileyen en önemli faktör taban ile yüzeyler arasında oluşan sürtünme kuvvetleridir. Sürtünme kuvvetlerinin değerleri, her spor dalı için farklı olduğundan, desen yapısının basitliği veya karmaşıklığı da spor dallarına göre değişiklik göstermektedir. Desen yapılarını etkileyen diğer bir faktör de spor ayakkabısının hareket doğrultularıdır. Bu doğrultular spor branşına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, bir tenis ayakkabısının bütün doğrultularda sporcunun hareketine imkan tanınması gerekirken, ağır koşullarda antrenman yapan bir ayakkabının sadece belirli doğrultularda hareket etmesi istenilir.

Taban kalınlığı spor ayakkabılarında değişiklik gösteren bir diğer özelliktir. Mevcut ayakkabı tabanlarının incelenmesi sonucu, taban kalınlığını etkileyen bir takım faktörlerin olduğu belirlenmiştir. Bu faktörler, taban malzemesi, tabanın toplam ağırlığı, tabanın rijitliği, tabanın aşınması ve tabanın konforudur.

Taban tasarımında karşılaşılan bir diğer problem ise, tabanların boyutlarını veren kapsamlı bir standart bulunmamasıdır. Bu sebeple ayakkabı numaralandırması ile ilgili gözlemler yapılmış ve standartlarda verilen belirli ölçülerle uyumlu olacak şekilde algoritmalar geliştirilerek bilgisayar programına eklenmiştir.

Tasarım problemlerinin yanı sıra, analiz aşamasında da bir çok problemle karşılaşılır. Bu problemler, dinamik yüklemeye koşulları, dinamik sınır koşulları ve taban desenlerinin karmaşıklığıdır. Tabanda bulunan çok karmaşık desenler, analiz aşamasında problemle karşılaşma olasılığını yükseltmektedir. Çünkü sonlu elemanlar modeli kurulan nesne (burada ayakkabı tabanı) ne kadar basit ise analiz de o derecede kolay ve hızlı yapılabilmektedir. Karmaşıklık yüzünden karşılaşılan problemler, ağ alanlarının tanımlanmasında, düğüm noktalarının yaratılmasında, ağ yaratılmasında

ve eleman boyutlarının tanımlanmasında ortaya çıkabilmektedir.

Spor aktivitelerinde kullanıcının ağırlığı, bu ağırlığın taban yüzeylerindeki dağılımı ve tabanın sınır (çevre) şartları sürekli değişmektedir. Bu sebeple taban analizinin de bu şartları sağlayacak şekilde yapılması istenmektedir. Ancak kullanıcının ağırlığının ve taban sınır şartlarının zamana göre değişimini bulmak çok güç olduğundan, analiz ancak statik yükleme ve çevre koşulları için yapılabilmektedir. Bu nedenle analiz sonuçları, gerçek sonuçlardan belirli hata paylarıyla farklılıklar göstermiştir.

Sonuç olarak, spor ayakkabı tabanlarının tasarımlarında ve analizlerinde çok sayıda problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için, mevcut tabanlar taranmış, standartlarda verilen belirli ölçüler alınmış ve yeni algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalar, tasarım ve analizi yapabilecek bilgisayar programının temellerini oluşturmuştur.

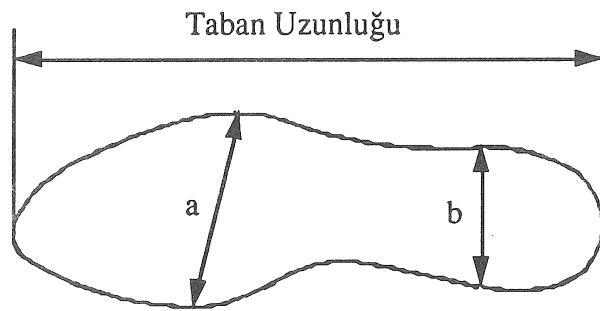
SPOR AYAKKABISI TABAN TASARIMI

Ayakkabıları Numaralandırma Sistemi

İstenilen bir ayakkabı numarası için, çevre eğrilerini geometrik olarak verebilecek herhangi bir standart bulunmamasına rağmen, ayakkabı numaralarına bağlı olarak değişen bir takım parametreler ANSI, DIN ve TSE'ye göre verilmiştir. Değişik ayakkabı numaralarının çevre eğrilerini verebilecek bilgileri oluşturabilmek için, gerçek taban boyutları taranmış ve bu boyutlar mevcut standartlarda verilen bir kaç parametreyle uyumlu olacak şekilde geliştirilmiştir. Ayakkabı numaraları için geliştirilen çevre eğrileri yardımıyla objeler yaratılmış ve bu cisimler daha sonra çağrılmak üzere veri tabanına konulmuştur.

Standartlarda verilen üç parametre Şekil 1'de gösterilmiştir.

Burada a, tabanın orta kısmındaki en büyük genişliği, b ise tabanın topuğundaki en büyük genişliği göstermektedir.



Şekil 1. Ayakkabı Numaralandırma Parametreleri [2].

Tablo 1'de ise bu parametrelerin ayakkabı numaraları için aldığı değerler örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 1'de gösterilen Tip 1 küçük tip ayakkabıları belirlemek için verilmiştir. Standartlarda verilen tipler ise şunlardır:

Tip 1 = Küçük Tip 3 = Büyük
Tip 2 = Orta Tip 4 = Çok büyük

Ayakkabıların Yükleme ve Sınır Koşulları

Yükleme ve sınır koşulları ayakkabı taban geometrisini direk olarak etkileyen iki ana kriterdir.

Koşu ayakkabısı durumunda, yükleme frekansının sabit olduğu ve yük dağılımının zamana göre değişmediği varsayılabilir. Bu nedenle, yük dağılımının altında bulunan noktaların tasarımı bu gerçeğe göre yapılmaktadır. Eğer sürekli koşu durumu gözönüne alınır ise çevrenin de değişmediği varsayılabilir. Bu nedenle koşu tabanı üzerindeki yük değerlerinin belirli sınırları geçmeyeceği varsayılabilir.

Tenis ayakkabısı durumunda da yüklemenin ve çevre koşullarının değişmediği varsayılabilir. Fakat, bununla birlikte taban üzerindeki yük ve yük dağılımı zaman ile değişmektedir. Tennis tabanının bütün doğrultularda hareket etmesi istendiğinden her doğrultudaki yük dağılımı zamanla orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle, tenis ayakkabı tabanlarındaki geometrilerin kullanıcının hareketine kolaylıkla imkan verecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Antrenman ayakkabısı durumunda ise yükleme ve sınır koşulları belirsizdir. Taban üzerindeki yük dağılımı yüzey ve aktivite tipine göre değişmektedir. Tabanın kullanıldığı yüzey, çevre koşullarını sürekli değiştirmektedir. Antrenman ayakkabıları, her türlü yüzey ve hava koşullarında çalışabildiklerinden, geometrik yapıları da bu koşullara uyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Bir basketbol ayakkabısı ise daha çok basınç kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle bu tabanlardan istenilen en önemli özellik basınç kuvvetlerini dengeleyebilmesidir. Basınç kuvvetlerini dengeleyebilmek için yumuşak taban malzemeleri yanında, basınç yayları, şok tutucular vb. sistemler taban ile uyumlu şekilde kullanılmaktadır. Basketbol tabanına uygulanan yüklerin değişken olmasına rağmen, çevre koşullarının değişmez olduğu kabul edilebilir.

Taban Tasarımı

Taban tasarımında kullanılan mevcut standartlar ile gerçek tabanlardan alınan sayısal ve şekilsel bilgiler toplandıktan sonra, bilgisayar programını oluşturacak algoritmaların geliştirilmesi kolaylaşmıştır. Bilgisayar programının tasarım kısmında, üç tür algoritma geliştirilmiştir. Bu tasarım algoritmaları geometrik ve boyutsal uyumluluğu sağlayacak şekildedir. Tasarım işleminde kullanılacak bütün elemanlar bir veri tabanında tutulmuştur. Bu elemanlar ilgili algoritmalar

Tablo 1. Erkek Ayakkabıları Numaraları (TSE 5553).

Ölçüm Yeri (Şekil 1)	Kalıp Ölçüleri (mm)										
	Paris Sistemine Göre Ayakkabı Numarası										
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Ayak boyu	243,3	250,0	256,6	263,3	270,0	276,6	283,3	290,0	296,6	303,0	310,0
Kalıp boyu	253,3	260,0	266,6	273,3	280,0	286,6	293,3	300,0	306,6	313,3	320,0
Tip I											
a	83,5	85,0	86,5	88,0	89,5	91,0	92,5	94,0	95,5	97,0	98,5
b	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0
Tip II											
a	85,5	87,0	88,5	90,0	91,5	93,0	94,5	96,0	97,5	99,0	100,5
b	57,0	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0
Tip III											
a	87,5	89,0	90,5	92,0	93,5	95,0	96,5	98,0	99,5	101,0	102,5
b	58,0	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0
Tip IV											
a	89,5	91,0	92,5	94,0	95,5	97,0	98,5	100,0	101,5	103,0	104,5
b	59,0	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0
Tip V											
a	91,5	93,0	94,5	96,0	97,5	99,0	100,5	102,0	103,5	105,0	106,5
b	60,0	61,0	62,0	63,0	64,0	65,0	66,0	67,0	68,0	69,0	70,0

yardımıyla çağrılarak tasarım işleminde kullanılmıştır. Bilgisayar programının etkileşimli olarak kullandığı veri tabanının içeriği tamamen geliştirilmiş algoritmalarla bağlanmıştır. Veri tabanında, geliştirilen algoritmaların kullandığı yaklaşık 90 adet nesne (taban parçası) bulunmaktadır. Her nesne tasarlanarak taban geometrisini oluşturmak için kullanılmaktadır. Desen yapısı, kalınlıklar ve taban boyutları, bu nesnelerin yaratılması sırasında gözönünde bulundurulmuştur. Veri tabanında bulunan nesneler, basketbol, koşu, antrenman ve futbol ayakkabılarının tasarımı için geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmalar, veri tabanındaki yaratılmış nesneler yardımıyla koşu ve antrenman ayakkabıları için yüzlerce sayıda yeni taban tasarımı yapabilmeye imkan tanımıştır.

Tasarımda Kullanılan Algoritmalar

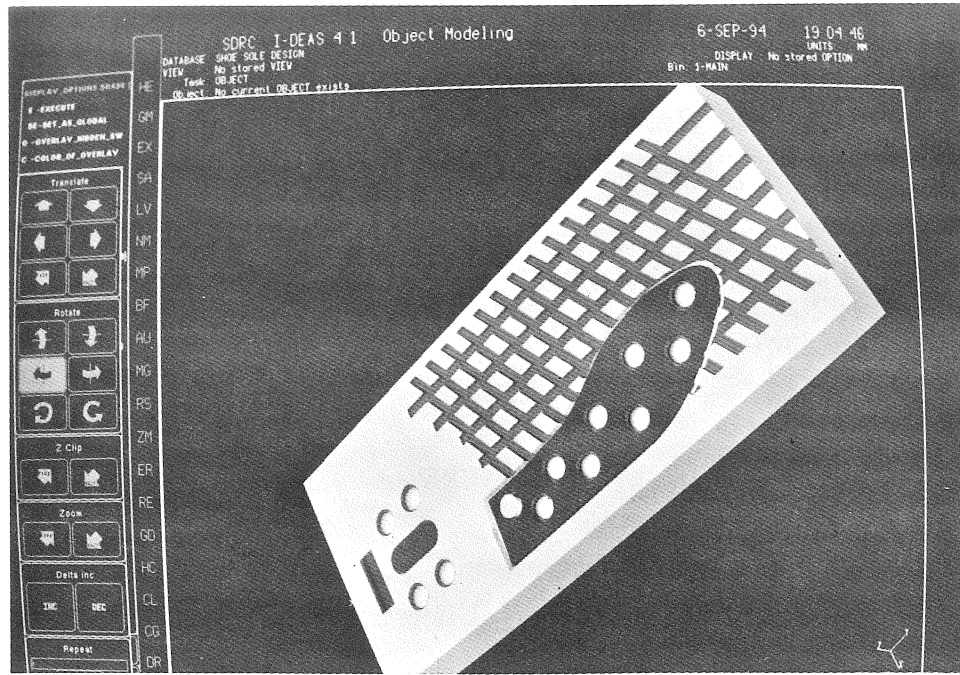
Tasarımda kullanılan algoritmalar, gerçek ayakkabı tabanlarının incelenmesi ve mevcut parametrelerin standartlardan alınması ile geliştirilmiştir. Bu algoritmalar ek olarak, çok sayıda yeni algoritma geliştirmek mümkündür. Taban tasarımında kullanılan bütün nesneler ilgili algoritmaların istediği desen yapısı ve boyutları gözönüne alarak tasarlanmıştır. Algoritmalar program içerisinde belirli komutlar altında bulunmaktadır. Dolayısıyla kullanıcı, komutu seçmekle ilgili algoritmayı da harekete geçirmiş olmaktadır.

İlk algoritmada, kullanıcı istediği tipte ayakkabı

tabanını tasarlamak için veri tabanında bulunan taban bloklarından yararlanmaktadır. Bu taban blokları, her tip ayakkabı için farklı sayıda yaratılmış ve kullanıcının seçeneğine sunulmuştur. Kullanıcıdan istenilen, sadece ayakkabının tipine, numarasına ve iç iskelet yapısına karar vermektir. Şekil 2'de veri tabanında tutulan bir taban bloğu gösterilmektedir.

Geliştirilen diğer iki algoritma sırasıyla, bir ayakkabı tabanının üç ve dört bölgeden oluştuğunu kabul etmektedir. Bu algoritmalar, ilk algoritmaların sınırlamalarını bir ölçüde kaldırabilmek için geliştirilmiştir. Her algoritmanın kullandığı bölgeler için farklı sayıda nesne (bölge) yaratılmıştır. Bu nesneler özellikle koşu ve antrenman ayakkabıları için çok sayıda yaratılmıştır. Bu sayede bu iki tip ayakkabı için yüzlerce yeni taban tasarımı yapabilmek olanaklı hale gelmiştir.

Diğer yandan, tabanın bölümlendirilmesiyle ilgili herhangi bir sınırlama olmadığından, tabanın daha çok sayıda bölgeden oluştuğunu kabul eden yeni bir çok algoritma geliştirmek mümkündür. Ancak bu durumda, boyutsal ve geometrik uyumlulukları dikkatle gözönünde bulundurmak gerekmektedir. Örneğin, eğer bir ayakkabı tabanının 10 farklı bölgeden oluştuğunu kabul eden yeni bir algoritma geliştirilirse, her bölge için yaratılmış nesnelerin birbirleriyle şekilsel ve boyutsal olarak uyumlu olması zorunlu olduğundan bu nesnelerin yaratılması oldukça güçleşecektir.



Şekil 2. Koşu Ayakkabısı Taban Bloku.

Tabanın Üç Bölgeye Ayrılması

Bu tip algoritma sadece koşu ve antrenman ayakkabıları için uygundur. Bu algoritmada bir tabanın üç bölgeden oluştuğu varsayılmış ve her bölge için çok sayıda örnek nesne (taban parçası) yaratılmıştır. Bütün yaratılan nesnelerin boyutları, tasarımda kullanılan en küçük ayakkabı numarası olan 37'ye göre ayarlanmıştır. Böylece kullanıcının istediği büyük numaralar için ölçek komutunun işletilmesi daha kolay hale getirilmiştir. (0, 0, 0) noktası orijin olmak üzere, bölgelerin genişliği x-yönünde 100 mm ve y-yönünde de 280 mm'dir.

Bölgelerin başlangıç ve bitiş koordinatları $x = 100$ ve $z = 0$ alınmak koşuluyla y-doğrultusunda şöyledir:

	Başlangıç (y-de)	Bitiş (y-de)	Veri Tabanındaki Sayısı
Bölge 1	0 (Orijin)	55	7
Bölge 2	55	85	2
Bölge 3	85	280	4

Veri tabanında her bölge için tutulan nesne sayısı, kaç tane yeni tasarım yapılabileceğini belirlemektedir. Bu algoritmada koşu ayakkabısı için yaratılabilecek maksimum taban sayısı $7 \times 2 \times 4 = 56$ 'dır.

Tasarım için gerekli bölgeler seçildikten sonra, kullanıcıdan ayakkabı numarası istenir. Girilen numaraya göre, mevcut nesneler, yeniden boyutlandırılır ve çevre eğrileri diğer nesneler yardımıyla kesilerek oluşturulur.

Bu algoritma ilk algoritmaya göre çok daha fazla sayıda tasarıma imkan tanımakla beraber, tasarlanabilecek taban sayısı gene de veri tabanında tutulan nesnelerin sayısına bağlıdır.

Tabanın Dört Bölgeye Ayrılması

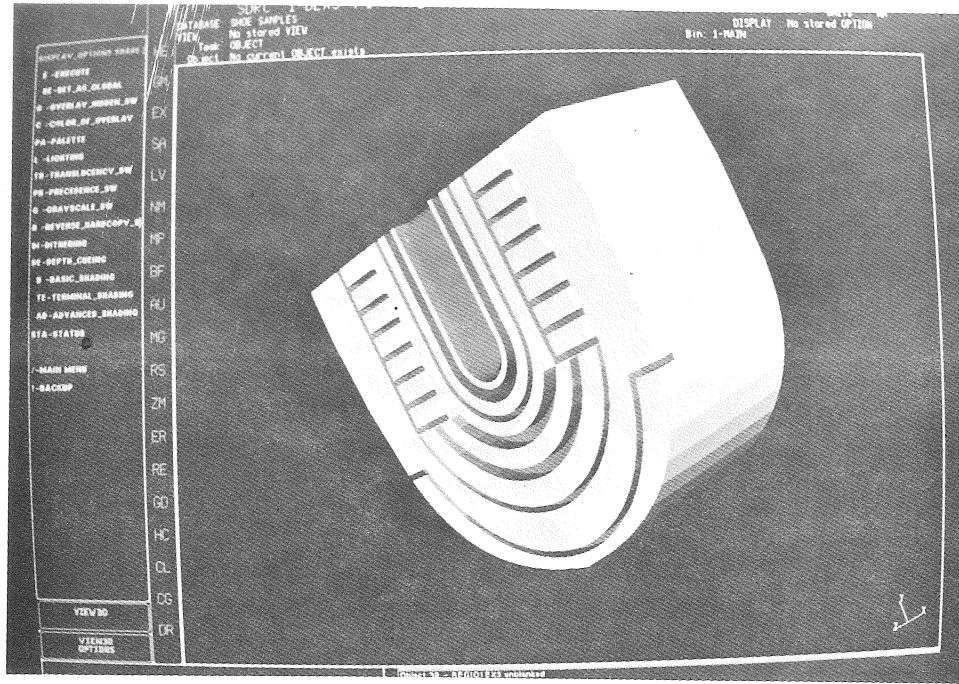
Bu algoritmada bir öncekinde olduğu gibi benzer mantığı taşımaktadır. Tek farklılık bölge sayısının artırılmasıdır. Bu sayede tasarlanabilecek yeni taban sayısı da orantılı olarak artmaktadır. Bölgeler ve bunların başlangıç ve bitiş koordinatları aşağıdaki gibidir.

	Başlangıç (y-de)	Bitiş (y-de)	Veri Tabanındaki Sayısı
Bölge 1	0 (Orijin)	55	7
Bölge 2	55	85	2
Bölge 3	85	235	4
Bölge 4	235	280	6

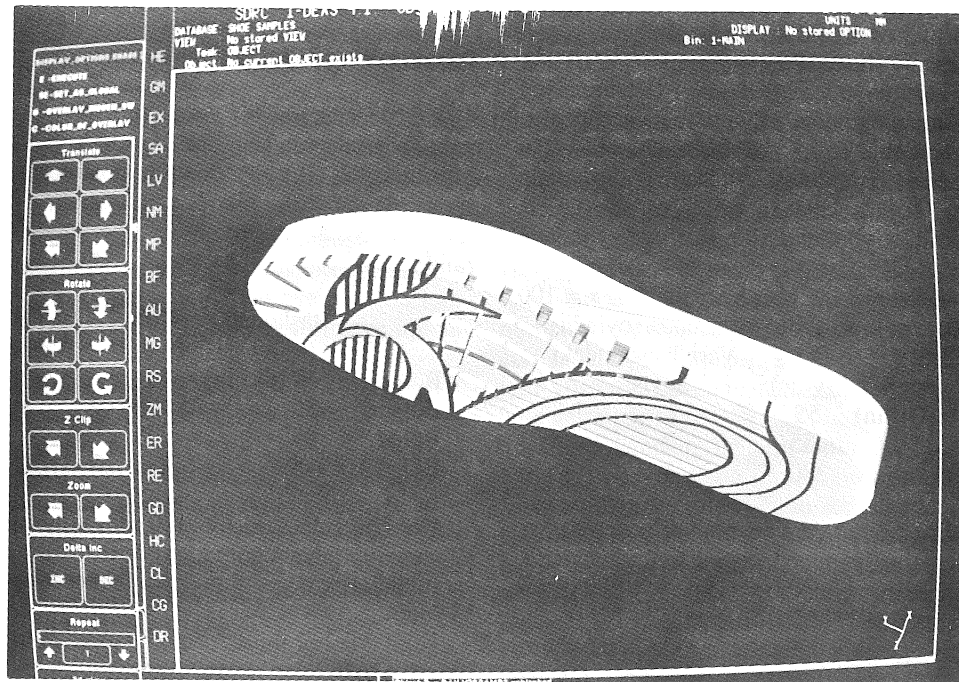
Her bölgenin genişliği 100 mm alınmış ve boyutlar 37 numaralı tabana göre ayarlanmıştır. Bu algoritma ile yaratılabilecek maksimum koşu tabanı sayısı $7 \times 2 \times 4 \times 6 = 336$ 'dır.

Şekil 3'te her iki algoritma içinde yaratılmış olan 1. Bölge'de kullanılan nesne gösterilmektedir.

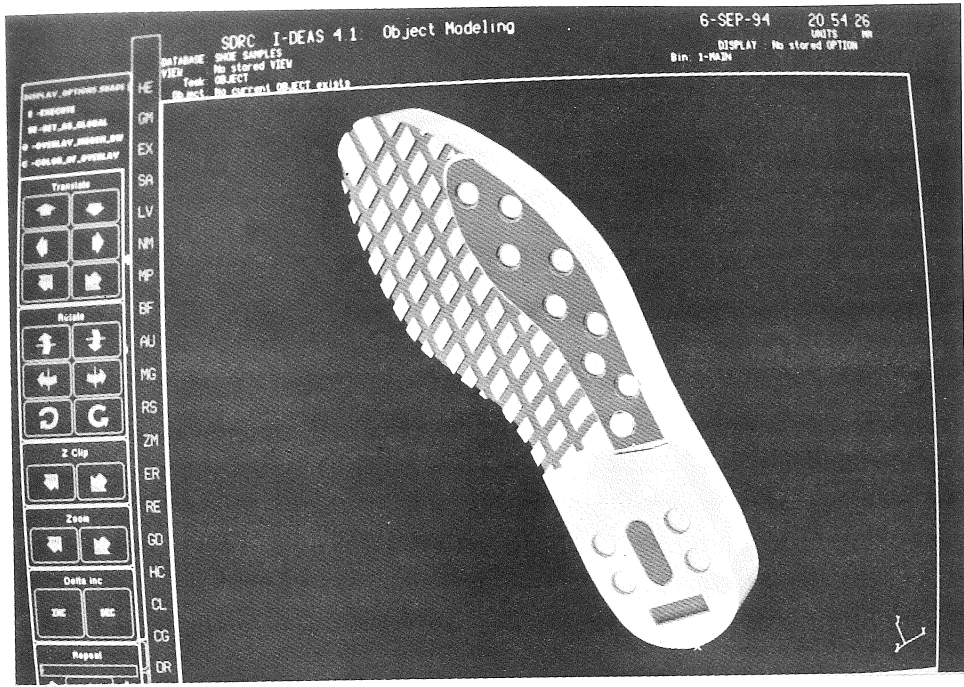
Şekil 4 ve 5'te üç bölgeli ve dört bölgeli algoritmaları kullanarak yaratılan örnek tabanlar gösterilmektedir.



Şekil 3. İkinci ve Üçüncü Algoritmalar için Yaratılmış 1. Bölge (Kesildikten Sonra).



Şekil 4. Koşu Ayakkabısı Tabanı.



Şekil 5. Üç Bölge Algoritma ile Yaratılmış Koşu Ayakkabısı Tabanı.

SPOR AYAKKABI TABANI ANALİZİ

Kullanıcı geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla, tasarımı yapılmış ayakkabı tabanlarının analizini belirli yaklaşımlarla yapabilmektedir. Bilgisayar programı, kullanıcının seçeneklerine göre, analizi yapabilmek için I-deas'ın özellikleriyle etkileşimli olarak çalışabilmektedir. Analizi yapılacak model, öncelikle tasarlandıktan veya seçildikten sonra, sonuçlar, gerilme, uzama veya yerdeğiştirmeler cinsinden kullanıcıya sunulmaktadır. Bilgisayar programı sınır koşulları ve yükleme şartlarını değiştirebilmek için kullanıcıya bir takım olanaklar sunmaktadır. Bilgisayar programı analizin yapılmasında iki durumu gözönünde bulundurmaktadır. İlk durum, kullanıcının daha önce yaratılmış modeller yardımıyla analiz yapabilmesine olanak sağlarken, diğer durum kullanıcının I-deas'ın model yaratma özelliklerini kullanarak, kendi modelini yaratmasına olanak sağlamaktadır [4-5]. İkinci durumda, kullanıcının sonlu elemanlar analiz yöntemi hakkında bilgili olması gerekmektedir.

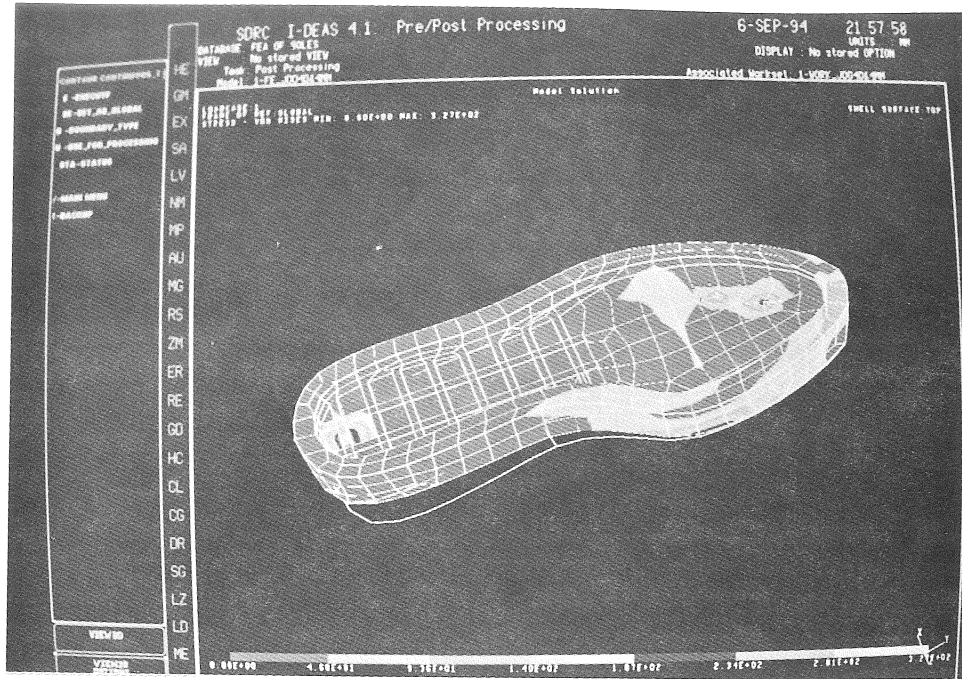
Birinci durumda kullanıcı, daha önce hazırlanmış ayakkabı taban modellerini kullanabilmekte ve verilen sınır koşulları ve yükleme durumlarında değişiklik yapabilmektedir.

Örnek Analizler

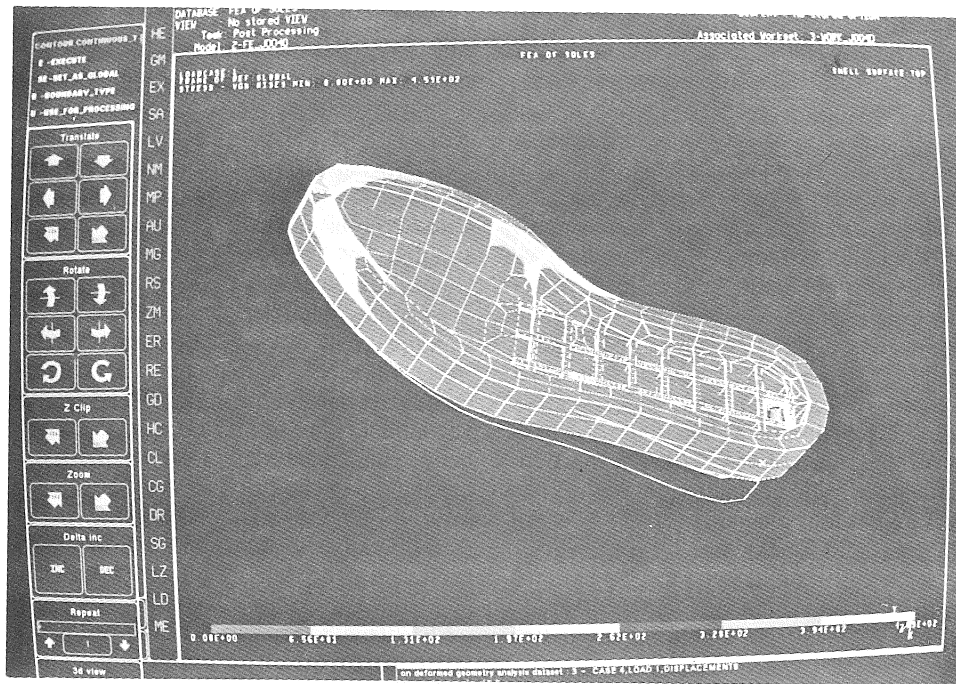
Örnek analizler 40 numaralı koşu ayakkabısının

değişik yükleme koşulları ve sınır şartları için gerçekleştirilmiştir. Bu koşu ayakkabısı iki farklı iç iskelet kalınlığı ve farklı yükleme koşulları için analize tabii tutulmuştur. Öncelikle taban 4 mm'lik iç iskelet kalınlığı için analiz edilmiş, daha sonra iskelet kalınlığı 1 mm azaltularak değişik yüklemeler altında sonuçlar alınmış ve bir önceki analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar gerilme, uzama ve yerdeğiştirmeler cinsinden alınmıştır. Alınan sonuçlar vasıtasıyla bir koşu ayakkabısının, değişik iç iskelet kalınlığı ve yükleme koşulları altındaki davranışı tahmin edilmiştir.

Yapılan analizler statik yükleme durumları için yapılmış ve üç farklı yükleme durumuna uygulanmıştır. Her yükleme durumunda ayakkabının kullanıcı tarafından öne doğru eğilmeye zorlandığı varsayılmış ve kullanıcının ağırlığının tabanın orta kısmındaki belirli elemanlara dağıldığı kabul edilmiştir. Böylelikle tabana kullanıcı ağırlığı ve topuk çekme kuvveti olmak üzere iki tür kuvvet uygulanmıştır. Yükleme durumları da bu iki kuvvetin artırılması ile değiştirilmiştir. Örnek analizlerde üç tür yükleme koşulu uygulanmıştır. Yükleme 1'de topuk kuvveti 3N alınmış, bu Yükleme 2 ve Yükleme 3 için 6 ve 9 N'a çıkarılmıştır. Bu üç farklı yükleme durumu 3 mm ve 4 mm'lik iç iskelet kalınlıkları için ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 6'da 4 mm'lik iç iskelet kalınlığının Yükleme 2 adlı durum için yapılan analizi gerilmeler cinsinden verilmiştir. Şekil 7'de ise 3 mm'lik iç iskelet kalınlığının aynı yükleme



Şekil 6. 4 mm İç İskelet Kalınlığı için 1 no.lu Yükleme Altındaki Gerilme Dağılımı.



Şekil 7. 1 no.lu Yükleme Durumu için 3 mm İç İskelet Kalınlığına Sahip Tabanın Gerilmeler Cinsinden Analiz Sonuçları.

Tablo 2. Örnek Analiz Sonuçları.

	İskelet 4 mm			İskelet 3 mm		
	Gerilme (maks) N/mm ²	Uzama (maks)	Yer Değiştirme (mm)	Gerilme (maks) N/mm ²	Uzama (maks)	Yer Değiştirme (maks)
Yüklemeye 1	327*10 ⁻³	0.148	45.5	459*10 ⁻³	0.11	43.9
Yüklemeye 2	662*10 ⁻³	alınmadı	87.4	923*10 ⁻³	alınmadı	83.4
Yüklemeye 3	997*10 ⁻³	alınmadı	129	1390*10 ⁻³	alınmadı	123

durumu için yapılan analizi gene gerilmeler cinsinden verilmiştir.

Yapılan bütün analizlerde kullanıcının ağırlığının 600 N olduğu varsayılmıştır.

Analiz Sonuçları

Bu çalışmada bir koşu ayakkabısının rijitliğini sağlayan iç iskelet yapısı farklı yüklemeye koşulları altında incelenmiştir. Şekil 6'da 4 mm iç iskelet kalınlığına sahip olan bir koşu ayakkabısı 1 nolu yüklemeye durumu için incelenmiş ve taban üzerinde oluşan gerilme değerleri alınmıştır. Şekilde gösterilen 1., 2. ve 3. bölgelerde gerilme değerleri 1 nolu yüklemeye durumunda maksimum değerlere çıkmıştır. Bunun yanında 4 nolu bölgelerde ise gerilme değerleri düşük kalmıştır.

Aynı ayakkabı tabanı 3 mm iç iskelet kalınlığı ve aynı yüklemeye durumu için analiz edilmiş ve Şekil 7'de gösterilen gerilme dağılımı elde edilmiştir. Burada 1 ve 2 nolu bölgelerde gerilmeler fazla çıkarken 3 nolu bölgede değerler düşük kalmıştır. Bu değerler Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

BİLGİSAYAR PROGRAMI

Spor ayakkabı taban tasarımı ve analizini yapacak olan program I-deas yazılımının I-deal dili ile yazılmıştır. Bu dili kullanmadaki amaç, I-deas ile etkileşimli çalışabilmesinden kaynaklanmaktadır. I-deal bir yüksek seviye dilidir. Birçok eksiklikleri olmasına rağmen, komutları vasıtasıyla dışarıdan I-deas yazılımını uyarabilmesi programın yazımında birçok kolaylık sağlamıştır.

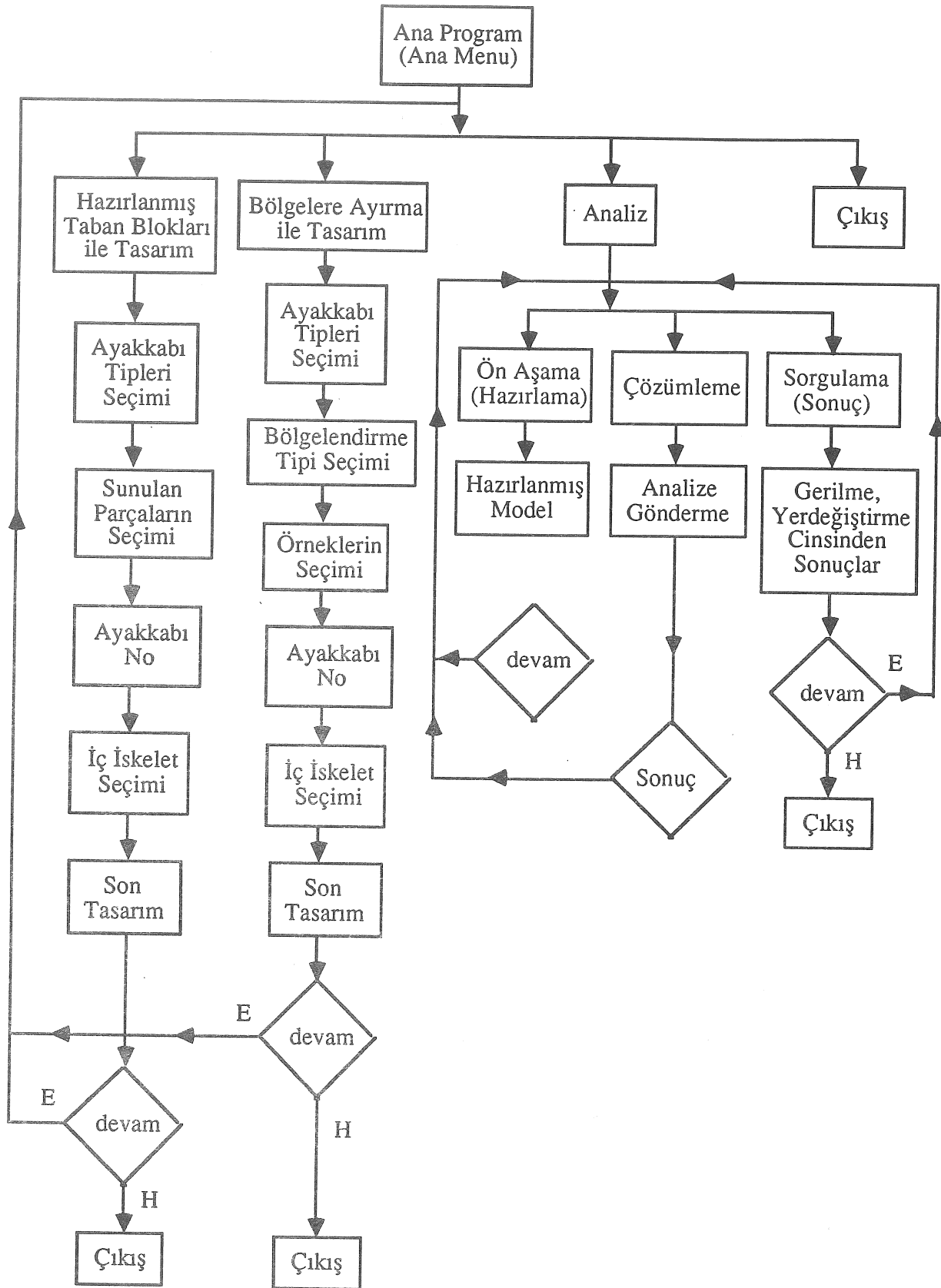
Program Akış Şeması

Bilgisayar programı özet akım şeması Şekil 8'de

gösterilmiştir. Bu şemada kullanıcıya ayakkabı tabanı yaratması için çeşitli olanaklar sunulmuştur. Bu olanakların herbiri ana program altında bir alt programı uyarılmaktadır. Ana menüye gelen kullanıcı, taban yaratmak için, mevcut veri deposunda tutulan ayakkabı taban bölgelerini çağırarak ve her bölge için gerekli desen yapısını seçtikten, ayakkabı numarasına, iç iskelet tipine karar verdikten sonra, tasarım aşamasını başlatmış olmaktadır. Kullanıcı ayrıca, tam olarak yaratılmış tabanları seçerek de tasarımını yapabilmektedir. Ana menüde kullanıcıya, tasarımı yapılan tabanın, sonlu elemanlar yöntemi ile analizinin yapılabilmesi için seçenekler de sunulmuştur. Burada kullanıcı, analiz modelini, ya hazır olarak alabilmekte ya da, kendi modelini kendisi oluşturabilmektedir. Daha sonra, modellenmiş taban analize gönderilip, analiz sonuçları, gerilme, uzama ve yerdeğiştirmeler cinsinden kullanıcıya sunulmuştur.

SONUÇ

Spor ayakkabıları, spor aktivitelerinin en önemli elemanlarını oluşturduklarından, tasarımlarında bir takım faktörleri gözönünde bulundurmak gerekmektedir. Spor ayakkabılarının dış çevre ile temasta bulunan en önemli kısımları taban bölgesi olduğundan, taban tasarımı bir spor ayakkabısının tasarımında büyük öneme sahiptir. Her spor dalının spor ayakkabı tabanından sağlamasını istediği zorunlu şartlar bulunmaktadır. Dolayısıyla tasarımda gözönünde bulundurulması gereken en önemli faktörler, hangi spor branşı için kullanılacağı ve bu spor branşının ayakkabı tabanından istediği şartlardır. Mevcut ayakkabı standartlarında desen seçimi, taban boyutları, desen boyutları ve taban tasarımında uyulması gereken kurallar konusunda herhangi bir bilgi olmamasından veya verilen bilgilerin çok yetersiz olmasından dolayı, taban tasarımını kolaylaştıracak, kullanıcıya tasarım



Şekil 8. Bilgisayar Programının Özet Akış Şeması.

konusunda bir çok seçenek sunabilecek algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Geliştirilen bütün bu algoritmaların kullanıcıya bir bilgisayar programı şeklinde sunulması, hızlı ve yaratıcı tasarımların yapılabilmesi açısından zorunludur. Bu nedenle, değişik spor ayakkabı tipleri için algoritmalar geliştirilmiş, bu algoritmaların kullandığı bir veri deposu oluşturulmuş ve bütün bunların kontrolünü sağlayan ve I-deas altında çalışabilen bir bilgisayar programı yaratılmıştır. Bu program sayesinde, tasarımı yapılan ayakkabı tabanının, belirli sınır şartları ve yükleme koşulları altındaki davranışlarını tahmin edebilmenin imkanı doğmuştur.

COMPUTER AIDED SPORT SHOE SOLE DESIGN

The sport shoes are classified according to the activities in which they are used. Tennis, basketball, soccer, jogging, outdoor are some of the examples. Different kind of attributes are required from each shoe type. Therefore, sport shoes show differences in terms of pattern structure, inner structure and sole thicknesses. In this study the lower part of the sport shoe which is called the sole of the shoe is considered. The program which is able to design and analyze the shoe soles for certain types and for certain loading and boundary conditions developed under the I-DEAS package. The program works depending on the selection of the users and uses a database collecting the samples and parts of the sole. The analysis of the designed soles can be performed for defined loading and boundary conditions. The results of the analysis are given to the user in terms of stresses, strains and displacements.

KAYNAKÇA

1. *Activ Collection*, Activ, 1994.
2. *Shoe Sizes*, Turkish Standart 5553, 1988.
3. *I-DEAS Solid Modeling and Design*, Milford, SDRC, 1988.
4. *I-DEAS Pre/Post Processing*, Milford, SDRC, 1988.
5. *I-DEAS, Model Solution*, Milford, SDRC, 1988.
6. Brandrup, J., Immergut, E.H., *Polymer Handbook*, New York, 1966.
7. Enöz, Ç., *Computer Aided Sport Shoe Sole Design*, Yüksek Lisans Tezi, Makina Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara, 1984.

Ergin Tönük
Araştırma Görevlisi

Y. Samim Ünlüsoy
Profesör

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

Otomobil Lastiklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Şişirme ve Yükleme Analizi

Bu çalışma, sürmekte olan ve tamamlandığında lastiklerin dinamik davranışlarının bilgisayarda modelleneyeceği bir çalışmanın ilk sonuçlarıdır. İzotropik fakat farklı malzemelerden yapılan iki lastik modeli şişirilerek sürtünmesiz bir yüzeye bastırılmış ve ortaya çıkan deformasyon incelenmiştir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerine de kısaca değinilmiştir.

GİRİŞ

Lastik, taşıt ile yer arasındaki bağlantıyı sağlayan tek eleman olması nedeniyle, taşıtın tüm ağırlığını taşımak, taşıtı hareket ettiren ve durduran kuvvetlerle taşıtın doğrultu kontrolünü sağlayan kuvvetleri yere iletmek gibi üç önemli görevi yerine getirir. Günümüzde, artan taşıt hızları ile birlikte daha güvenli araçlar için lastiklerin de hızla geliştirilmesi zorunluluğu doğmuştur. Diğer araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde olduğu gibi lastik konusunda da fiziksel modeller üzerinde yapılan deneylerden önce, iyi bir bilgisayar modeliyle daha kısa bir sürede daha düşük maliyetle bir çözüm aranmakta, bilgisayarla bulunan çözüm model ile de denenmektedir. Bu çalışmanın tamamlanmasından elde edilecek dinamik lastik modeli de bu amaca yöneliktir.

Çalışmanın ilk aşaması olan statik ve izotropik lastik modeli bu çalışmada sunulmuştur. Bu modelde şişirilen bir otomobil lastiğinin sürtünmesiz olarak yere bastırıldığı zamanki davranışı bir paket program kullanılarak [1] incelenmiştir.

LASTİK MODELİ

Bu modelde kullanılan lastik için geometrik veriler 155 R 13 78 S çelik kuşaklı radyal lastikten

alınmıştır ve Tablo 1'de verilmiştir. Bu değerler lastiği üreten firmanın kataloglarından alınmıştır. Tablo 2'de ise bu modelde kullanılan çeşitli lastik malzeme özellikleri sunulmuştur.

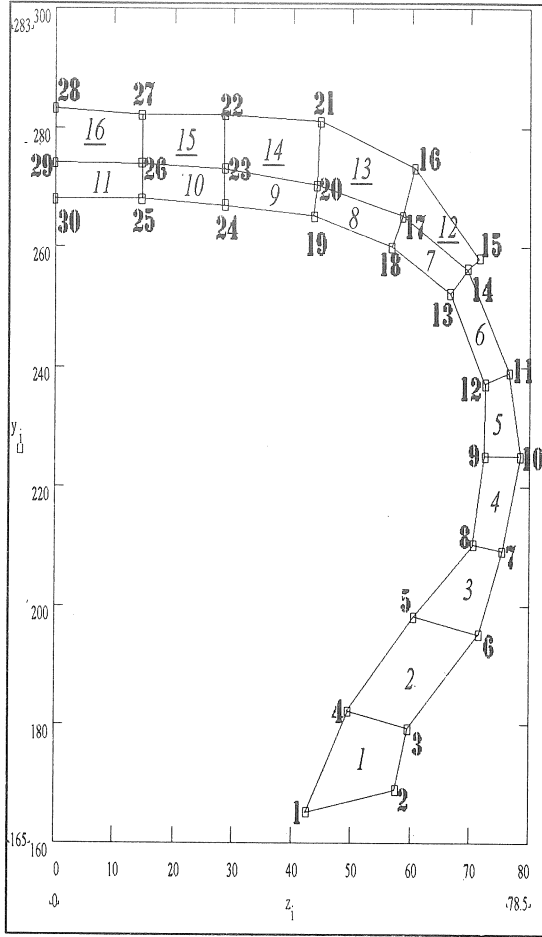
Tablo 1. 155 R 13 78 S Lastiğinin Geometrik Özellikleri.

Tavsiye Edilen Jantlar	4.50x13B veya 5.00Bx13
Şişirilmiş Kesit Genişliği	157 mm
Şişirilmiş Dış Çap	578 mm
Lastik Başına Azami Yük	4220 N (430 kgf)
Azami Yükte Hava Basıncı	220 kPa (32 lb/in ²)

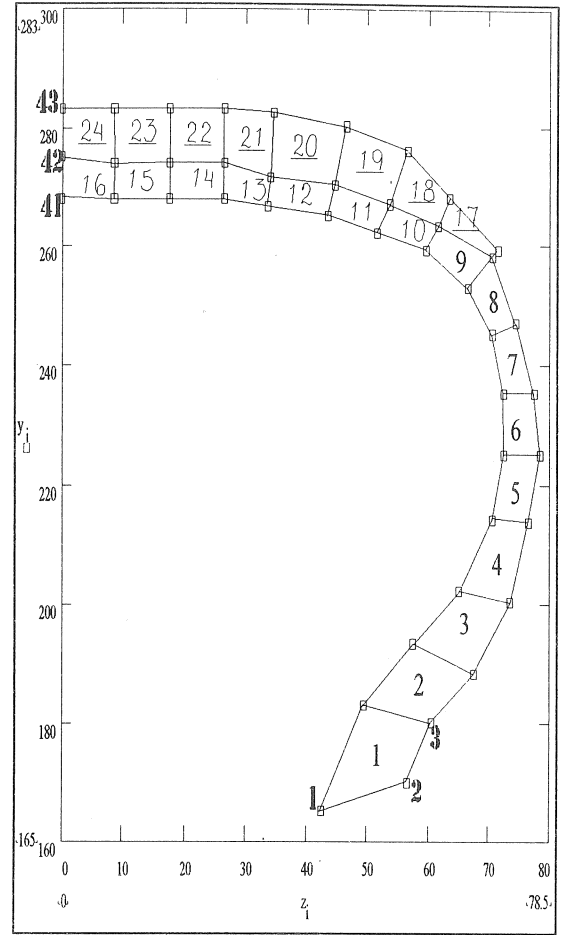
Tablo 2. Lastiğin Malzeme Değerleri.

Elastisite Modülü [MPa]	
Sadece Lastik	1
Kordlar	66.6
Poisson Oranı	0.45

Şekil 1 ve 2'de lastik kesiti için kullanılan iki farklı tip ağ gösterilmiştir. Şekil 1'de 1'den 11'e kadar numaralanan elemanların içinde tekstil ve/veya çelik kuşak olduğu, 12'den 16'ya kadar olanlarınsa yalnızca lastik olduğu varsayılmıştır. Şekil 2'de ise daha sık bir ağ için kullanılan profil gösterilmiştir. Burada da 1 ile 9



Şekil 1. Lastik Profiline Kullanılan Kaba Ağ.



Şekil 2. Lastik Analizinde Kullanılan İnce Ağ.

elemanlar arasında malzemenin lastik içinde tekstil karkası, 10 ile 16 arasında lastik içinde çelik ve tekstil karkası, 17 ile 24 arasındaysa yalnızca lastik olacak biçimde hazırlanmıştır. Şekil 3'de Şekil 1'deki profil kullanılarak elde edilen lastik elemanları gösterilmiştir. Bu model Şekil 1'deki profilin tekerlek dönme eksenini çevresinde önce 5 derece aralıkla altı kez kopyalanmasından, ardından da 30 derece aralıklarla beş kez kopyalanmasıyla elde edilmiştir ve 176 elemandan oluşmaktadır. Şekil 4 ise Şekil 2'deki elemanların tekerlek dönme eksenini çevresinde önce 2 derece aralıkla on beş kez kopyalanmasından, ardından da 15 derece aralıkla on kez kopyalanmasından elde edilmiştir ve 600 elemandan oluşmaktadır. Kullanılan modellerde lastiğin 5.00Bx13 jant üzerinde olduğu varsayılmıştır.

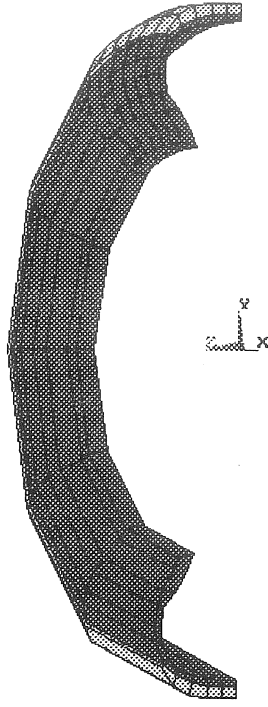
Modelde kullanılan sınır koşulları şunlardır: Jantı modellemek için 1, 2 ve 3 numaralı düğümlerin her üç yöndeki serbestileri kısıtlanmıştır. Profildeki simetriyi sağlamak için Şekil 1'deki profilin 28, 29 ve 30 numaralı düğümleri, Şekil 2'deki profilinse 41, 42 ve 43 numaralı düğümlerinin z yönündeki serbestisi kısıtlanmıştır. Ayrıca lastik yarım çember şeklinde olduğu için serbest yüzeydeki düğümlerin x serbestileri kısıtlanmıştır. Lastiğin iç basıncı ise modelin iç

yüzeyindeki düğümlere bu basıncın sınır koşulu olarak verilmesiyle tanımlanmıştır.

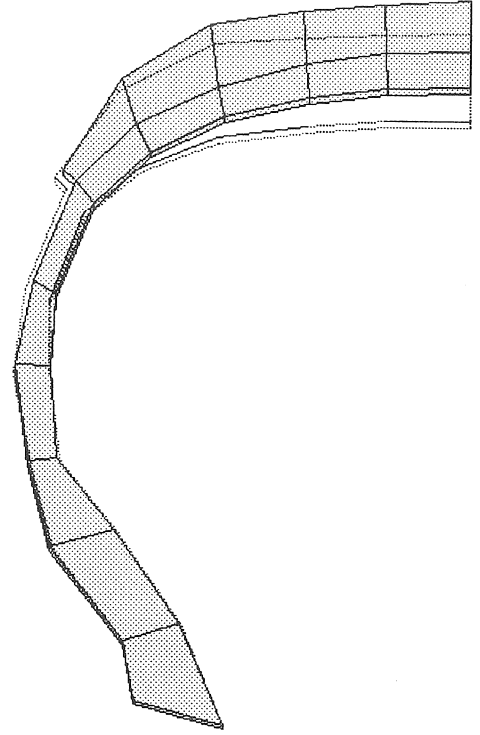
Ridha [2] tarafından hazırlanan, homojen ve izotropik bir lastiğin yer ile temasını inceleyen modelde de aynı sınır koşulları ve bir kesit için 28 eleman, Faria [3] tarafından hazırlanan aynı amaca yönelik anizotropik lastik modelinde ise bir kesit için 18 eleman kullanılmıştır. Her iki modelde de lastikte oluşan deformasyonlar ve temas yüzeyinin şekli incelenmiş Faria lastikteki simetrinin kullanımıyla bilgisayar zamanındaki tasarrufu göstermiştir. Rothert [4] ise kordları olmayan bir lastiği sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiş ve sonuçları deneysel olarak doğrulamıştır. Bu modelde elastisite modülü sabit olmayıp genleme ile artmaktadır.

LASTIĞIN ŞİŞİRİLMESİ

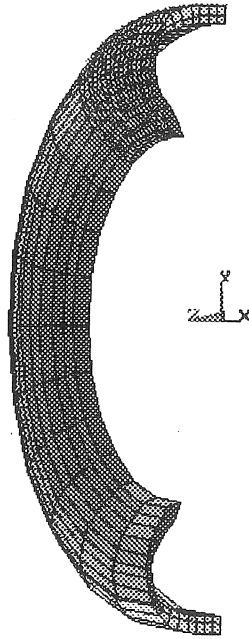
Şekil 1 ve 3'te gösterilen kaba ağı modelde 180 kPa iç basınç uygulandığında büyük deformasyonlu modelde 10 yükleme basamağında ve 43 denge çevriminden sonra, Şekil 5'deki şişirilmiş profil elde edilmiştir. Şekildeki deformasyonlar abartılı biçimde gösterilmiştir ve Tablo 2'de verilen malzeme değerleri kullanıldığında 566 mm olan şişirilmemiş lastik



Şekil 3. Paket Programda Kullanılan Lastik Modeli (Kaba Ağ).



Şekil 5. Lastiğin Şişirilmiş Profili (Normal Profil Noktalı Olarak Gösterilmiştir).

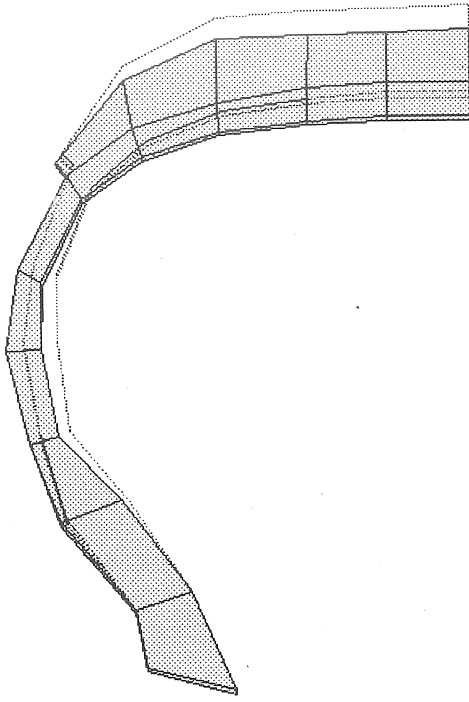


Şekil 4. Paket Programda Kullanılan Lastik Modeli (İnce Ağ).

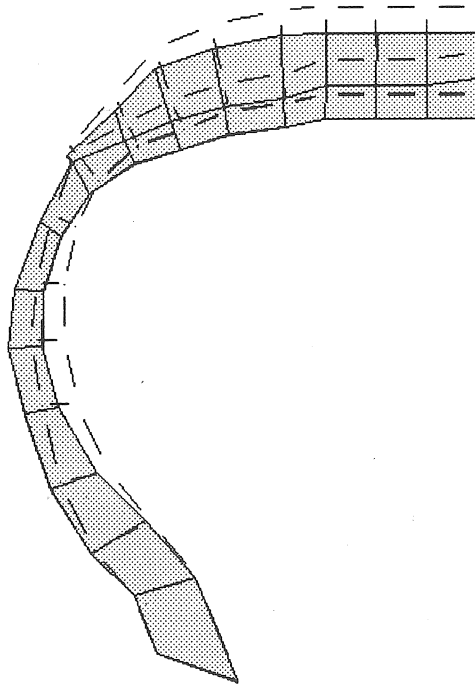
çapından katalog değeri olan 578 mm şişirilmiş lastik çapı elde edilmiştir.

LASTIĞIN YERE BASTIRILMASI

Modelleme çalışmasının ikinci aşaması şişirilmiş lastik modellerinin sürtünmesiz, rijit bir yüzeye bastırılmasıdır. İlk deneme Şekil 1 ve 3'de gösterilen modelin 35 temas elemanı ile ve 180 kPa iç basınçla yere bastırılmasıdır. Yer tekerlek merkezinden 290 mm uzağa yerleştirilmiştir ve tekerleğe doğru 20 mm yaklaştırılmıştır, yani şişirilmemiş lastik profili 14 mm, şişirilmiş lastik profilyse 19 mm bastırılmıştır. Oluşan deformasyon Şekil 6'da abartılı olarak gösterilmiştir. Bu model anılan programla bir deneme olarak yapılmıştır ve böyle kaba bir ağ ile temasın pek de hassas sağlanamayacağı açıktır. Bu nedenle Şekil 2 ve 4'te gösterilen daha ince ağ ile oluşturulan model 126 temas elemanı ile ve 180 kPa iç basınçla yere bastırılmıştır. Bu durumda da yer tekerlek ekseninden 300 mm uzağa yerleştirilmiştir ve tekerlek merkezine 51 mm yaklaştırılmıştır. Bu durumda şişirilmiş lastik profili 40 mm deforme edilmiştir ve temas modeli yine sürtünmesizdir. Bu modelde malzeme yine izotropik kabul edilmiştir ve kullanılan malzeme değerleri Tablo 3'te sunulmuştur. Deforme olmuş lastik ise Şekil 7'de abartılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Kaba Ağılı Lastikte Yere Basma Sonucu Oluşan Deformasyon.



Şekil 7. İnce Ağılı Lastikte Yere Basma Sonucu Oluşan Deformasyon.

Tablo 3. İnce Ağılı Lastik Modelinde Kullanılan Elastik Sabitler.

Elemanlar	Elastisite Modülü [MPa]	Poisson Oranı
Lastik (17-24)	1	0.45
Kumaş Karkaslı Lastik (1-9)	15	0.45
Kumaş ve Çelik Karkaslı Lastik (10-16)	66	0.45

SONUÇ

Bu çalışma otomobil lastiklerinin dinamik davranışlarını modellemede kullanılacak geniş kapsamlı bir modelin oluşturulmasında ilk adımdır. Yukarıda anılan iki model lastiklerin statik modeli olmakla birlikte şu nedenlerden dolayı fazlasıyla basitleştirilmiş modellerdir ve lastiklerin durağan davranışı hakkında da kaba bir fikir vermektedir. Daha gerçekçi bir modelin elde edilmesi için aşağıda sıralanan noktalar da gözönüne alınmalıdır.

1. Lastik ile yer arasında 0.85 ile 1.15 arasında değişen ve lastik ve yer özelliklerine bağlı, ihmal edilemeyecek düzeyde sürtünme vardır [5-7].

2. Lastik, içinde bulunan kumaş ve/veya çelik karkas yüzünden izotropik olmaktan oldukça uzaktır. Nitekim literatürde Walter [8] tarafından çapraz kuşaklı HR78-15 otomobil lastiği için verilen değerler bu durumu açıkça göstermektedir. Anılan çalışmadaki değerler şöyledir: $E_1=1.74$ GPa, $E_2=14.1$ MPa, $G_{12}=2.5$ MPa, $\nu_{12}=0.547$, $\nu_{21}=0.004$, burada 1 lif yönü, 2 ise buna dik yönü göstermektedir.

3. Lastikte oluşan deformasyonlar ve yer değiştirmeler oldukça büyüktür.

Araştırmanın bundan sonraki aşamalarında yapılması tasarlanan çalışmalar ise aşağıda sıralanmıştır:

1. Paket program içinde temas elemanlarıyla birlikte bulunan kuru sürtünme modeli kullanılacaktır.

2. Walter [8] tarafından önerilen ve konuyla ilgili çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Halpin-Tsai denklemleri kullanılarak ortotropik malzeme özellikleri elde edilerek için hesaplanacak ve ortotropik malzeme modeli kullanılacaktır.

3. Büyük deformasyonlar gözönüne alınacaktır.

Yukarıda anılan üç maddenin gerçekleştirilmesiyle daha gerçekçi durağan lastik modeli elde edilecektir. Ancak bu modelin bilgisayarda çözüm süresinin burada sunulandan oldukça uzun olacağı da beklenmektedir. En son aşama ise dinamik lastik modelinin oluşturulması ve deneysel doğrulanması olacaktır. Bu amaçla bir dinamik lastik deney düzeneği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Otomotiv Laboratuvarında kurulmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın yürütülmesi sırasında kullanılan yazılım ve donanımı sağlayan ODTÜ-BİLTİR Merkezine teşekkür eder.

MODELING OF INFLATION AND LOADING OF PNEUMATIC TIRES BY FINITE ELEMENT ANALYSIS

This paper presents a preliminary study to model the dynamic behavior of pneumatic tires. Two finite element, isotropic tire models made of different materials were inflated and pressed to a frictionless ground and the resulting deformations are analysed. Plans for future work are summarized.

KAYNAKÇA

1. ANSYS Swanson Analysis Systems Inc. Sonlu Elemanlar Analiz Programı Versiyon 5.0.
2. Ridha, R.A., Satyamurthy, K., Hirschfeld, L.R., Finite Element Modeling of a Homogeneous Tire Subjected to Footprint Loadings, *Tire Sci. Technol.* 13 (1985) 2, 91-110.
3. Faria, L.O., Oden, T.J., Yavari, B., Tworzydło, W.W., Bass, J.M., Becker, E.B., Tire Modeling by Finite Elements, *Tire Sci. Technol.* 20 (1992) 1, 53-56.
4. Rothert, H., Idelberger, H., Jakobi, W., Laging, G., On the Contact Problem of Tires Including Friction, *Tire Sci. Technol.* 13 (1989) 2, 111-123.
5. Gim, G., Nikravesh, P.E., An Analytical Model of Pneumatic Tires for Vehicle Dynamic Simulations. Part 1: Pure Slips, *Int. J. Vehicle Design*, 11 (1990) 6, 589-618.
6. Fancher, P.S., Bareket, Z., Including Roadway and Tread Factors in a Semi-Emprical Model of Truck Tires, *Proceedings of 1st International Colloquium on Tire Models for Vehicle Dynamics Analysis*, 92-107, Delft, 1991.
7. Maalej, A.Y., Guenther, D.A., Ellis, J.R., Experimental Development of Tyre Force and Moment Models, *Int. J. Vehicle Design*, 10 (1989) 1, 34-50.
8. Walter, J.D., Cord-Rubber Tire Composites: Theory and Applications, *Rubber Chem. Technol.*, 51 (1978) 524-576.

Makina Mühendisliğinde Tasarım ve Tasarım İşlem Modelleri

Hüseyin R. Börklü

Yardımcı Doçent
Makina Eğitimi Bölümü
Teknik Eğitim Fakültesi
Gazi Üniversitesi
06500 Beşevler - ANKARA

Bu makalede, makina mühendisliği tasarım işlemi, içeriği ve tasarım işlem modelleri hakkında yapılan bir araştırma çalışması özetlenmektedir. Tasarım işlemi, fonksiyonel uzayda belirlenen ihtiyaçları fiziki çözüm uzayında en uygun karşılayabilecek ürünün tam bir tasvirini yapabilmek için gerekli faaliyetler bütünüdür. İçerik bakımından tasarım tasnifi; orjinal (veya yeni), adapte edilen, geçiş ve değişken (veya büyültülebilir) tasarım çeşitlerini kapsamaktadır. Karşılaştırmalı bir tarzda incelenen dört formal tasarım işlem modeli ise; sistematik, bilgi-işleme faaliyeti olarak, sınırlandırmaya dayalı ve aksiyometrik tasarım çeşitlerinden oluşmaktadır.

TASARIM İŞLEMİ

Henüz tam anlaşılabilmiş olmamasına rağmen tasarımın, oldukça karmaşık ve yüksek dereceli yaratıcılık gerektiren bir faaliyet şekli olduğuna dair genel bir görüş mevcuttur [1, 2]. Konuyla yeni ilgilenmekte olan birisi, mühendislik tasarımı alanındaki kaynaklara ilk göz atışta çeşitli yazarların farklı ve hatta çelişkili görüşlere sahip olduklarını zannederek şaşırabilir [2, 3, 4]. Ancak dikkatli bir çalışmanın arkasından, tasarımın "öz" bir tasarım tanımından (fonksiyonel tanım veya tasarım ihtiyaç tanımı şeklinde olan), bu fonksiyonel tanımla belirlenen görevleri karşılayabilecek yetenekte "somut" bir sistem, montaj veya parçanın üretimine doğru geliştiğinde pek çok otoritenin fikir birliğinde olduğu anlaşılabilir [1]. Tasarımcının fonksiyonel tanımla belirlediği hususların fiziksel bir mamüle dönüştürülebilmesi için gereken işlem, mamülden mamüle ve tasarımcıdan tasarımcıya değişmektedir. Tasarım işlemine tesir eden pek çok faktör vardır ve bunlardan büyük öneme sahip olduğu genelde kabul edilmiş dördü şunlardır:

- **Tasarım alanı:** Örneğin ürün, makinacılık, elektrik, elektromekanik, kimya, inşaat veya bunların birkaçının bir arada olduğu endüstri dallarından hangisine aittir ?
- **Tasarım seviyesi:** Tasarım, tüm bir sistem, montaj, altmontaj veya parçalardan hangisine aittir ?
- **Tasarımcı tecrübe birikimi ve eğitim düzeyi:** Tasarımcı, daha önce hiç benzer bir sistem

tasarlamış mıdır ?

- **Tasarım içeriği:** Tasarım, yüksek düzeyli orjinallik gerektiriyor mu veya bir civatanın ölçülendirilmesi gibi çok iyi bilinen bir kaç adımın takibini mi icap ettiriyor ?

Bunlardan ilk üç faktör yeterince açık olmakla birlikte dördüncüsü ek açıklama gerektirmektedir.

TASARIM İÇERİĞİ

İçerik bakımından tasarımı dört ayrı tasnifte değerlendirmek mümkündür [2, 3, 4]. Bunlar;

- Orjinal (veya yeni) tasarımlar,
- Adapte edilen tasarımlar,
- Geçiş tasarımları ve
- Değişken (veya büyültülebilir) tasarımlardır.

Bir orjinal (veya yeni) tasarım, teknik bir sistem (fabrika, makina veya montaj) için orjinal bir çözüm prensibinin başarılı bir şekilde uygulanmasını gerektirir [3]. Bu tasarım işlem şeklinde tasarımcı, oldukça fazla yeni fikirler ve yaratıcılık göstermelidir [4]. Top, tüfek, uçak, motorlu araç, uzay gemisi, bilgisayar v.b. gibi pek çok ürünün ilk tasarım ve imali, orjinal tasarımın uygulama örneklerindendir. Orjinal tasarımla ilgilenen bütün tasarımcıların, tasarım ihtiyaçlarını karşılamak için yeni fikir ve çözüm prensiplerini geliştirme yeteneğine sahip olmaları gerekir.

Bir adapte edilen tasarım, bilinen bir sistemin (çözüm prensipleri aynı kalarak) farklı bir görev için adapte edilmesini kapsar [3]. Örneğin, otomobildeki

orjinal tasarımın kamyon veya otobüslere uygulanması; savaş uçağı orjinal tasarımının nakliye uçağı tasarımına uygulanması v.b. gibi tasarımlar adapte tasarımlardır. Gerçekte, orjinal tasarım olarak değerlendirilen pek çok tasarım, doğada mevcut orjinallerinin (canlılar) birer taklitlerinden (adapte tasarım) farklı birşey midir? Adapte edilen tasarımların çoğu, orjinal tasarımlarla geliştirilen parça veya montajları kapsamaktadır.

Geçiş tasarımının amacı, bir dizi ayrıntı düzelmesi ve iyileştirmesi yaparak mevcut bir ürünü geliştirmektir [4]. Böylece, pazara daha iyi ve ucuz endüstriyel tüketim mamülleri sürülebilecektir. Örneğin, son yıllarda çarpıcı bir biçimde PC pazarında gözlenen, piyasa fiyatı az - kapasitesi yüksek mamül sevkiyatı, ilgili alandaki geçiş tasarımının başarılı tatbiki ile mümkün olabilmektedir.

Bir değişken (veya büyütülebilir) tasarım, ya bir extrapolative (bilinen gerçeklere göre yeni bir şey çıkarma) veya bir interpolative (bilinenler arasında bir şey seçmek) işlemine dayanır [4]; seçilen sistemin fonksiyon ve çözüm prensipleri sabit tutulurken, boyut ve/veya fikir oluşumlarından bazılarının değiştirilmesini kapsar [3]. Bu tasarımın esas amacı, tekil bir tasarımın etkisini artırmaktan ziyade ilave tasarımlar üretmektir. Örneğin, çeşitli boyut veya özellikteki elektrik motorları, değişken (veya büyütülebilir) tasarımlarının uygulama alanlarından birisidir.

Yukarıda dört farklı tasarım çeşidinden bahsedilmesine rağmen bunların kesin sınırları tesbit edilebilmiş değildir [3]. Gerçekte her bir tasarım, baştan sona çok açık, orjinal ve oldukça zor problemlerden, çok katı bir tarzda yapılmış, istek uyandırmayan, küçük tasarım değişikliklerini gerektiren, sürekli değişken bir yelpazenin içinde bir yerde olacaktır [4]. Adapte edilen ve orjinal tasarımlar, makine mühendisliğinin kullanıldığı endüstri dallarındaki önemli gelişmeleri sürükleyen tasarımlardır [3]. Böylece, eğer organizasyonlar ürettikleri mamüllerin teknolojik içerik ve özelliklerini yükseltmek istiyorlar ise, yaratıcılık ve esneklik nitelikleri yüksek olan tasarımcılar, çalışmaları gerekir.

TASARIM İŞLEM MODELLERİ

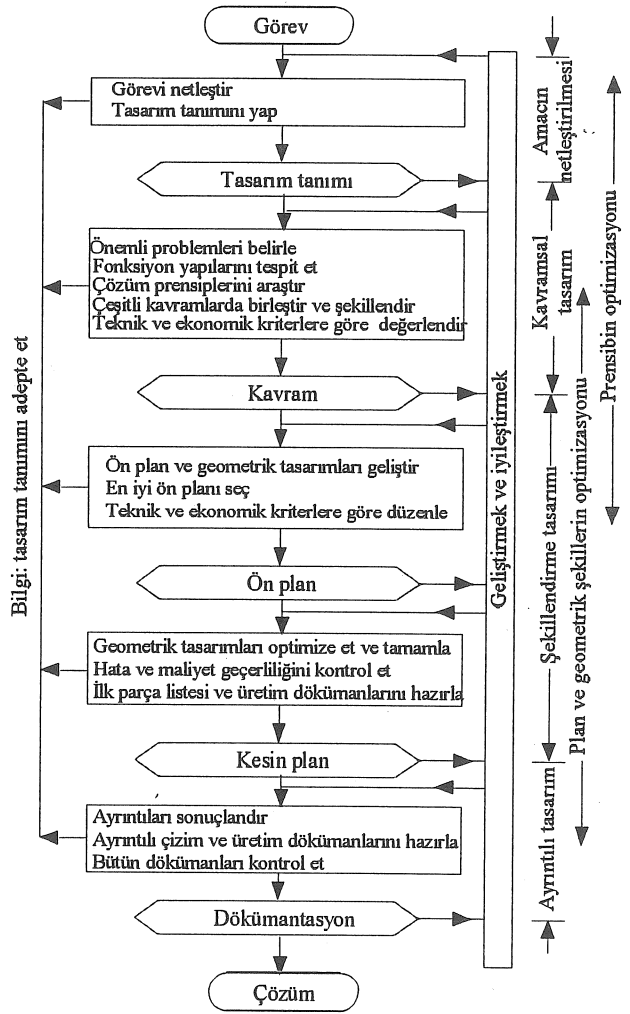
Tasarımın, bir fonksiyonel tanımdan, bunu karşılayabilecek fiziki bir parça veya parçaların montajına doğru geliştiğinde pek çok otoritenin hemfikir olduğunda yukarıda da değinilmişti. Ancak otoritelerin ayrıldığı yer, soyut tanımdan (fonksiyonel tanım), somut tanıma (fiziki yapı) nasıl geçiş yapılacağı hakkındadır. Pek çok otorite anılan bu geçişin, bir görevin belirlenmesinden bu görevi icra edecek bir parça veya standart olmayan montaj parçalarının imaline kadar değişen bir dizi iteratif adımla başarılabileceğini belirtmektedir [5, 6, 7]. Her bir adımda, tasarımın fonksiyonel amacı sabit tutulurken, tam bir geometrik tasvirin oluşturulması sonuçlanana kadar yapısal tasvir, gittikçe artan bir ayrıntıda olur. Tasarım işleminin hedefi, tasarım ihtiyaç tanımını en iyi bir şekilde karşılayabilecek bir sonuca getirmektir. Makina

mühendisliği tasarımı alanındaki kaynaklardan, bir dizi formal tasarım işlem modeli belirlemek mümkündür. Bunlardan önemli dördü şunlardır:

- Sistematik tasarım
- Bilgi işleme faaliyeti olarak tasarım
- Sınırlandırmaya - dayalı tasarım ve
- Aksiyometrik tasarım

Sistematik Tasarım

Sistematik tasarım modeli, diğer modellerden daha fazla kaynak gösterilmektedir ve Pahl ve Beitz tarafından ortaya konulmuştur [3]. Bu otoriteler, makina mühendisliği tasarım işlemini, dört ana basamaklı bir dizi olarak modellemektedir. Anılan adımlar, amacın netleştirilmesi, kavramsal tasarım, şekillendirme tasarımı ve ayrıntılı tasarımıdır. Bu işlem, Şekil 1'de adım adım gösterilmiştir.



Şekil 1. Tasarım İşlemi Basamakları [3].

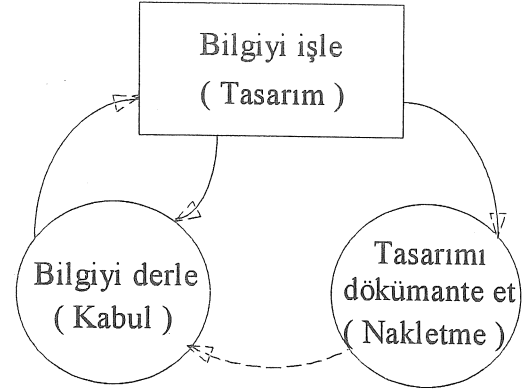
Amacın netleştirilmesi, tasarım problem tanımının (ihtiyaçlar listesi) özenli bir tarzda yapılabilmesi için mümkün olabilen bütün bilgilerin derlenmesini kapsar.

Tasarım problem tanımı (specification), sadece tasarım ihtiyaçlarının başlangıç konumunu belirtmeyip; tasarımın ilerlemesine paralel olarak sürekli değiştirilmek ve geliştirilmek sureti ile güncel bir döküman hizmeti de ifa edecektir. **Kavramsal tasarım** safhası esnasında, bir dizi farklı tasarım çözümleri (tasarım alternatifleri) oluşturulup; aralarından en iyi biri veya daha fazlası, **şekillendirme** tasarımı aşamasında ele alınmak üzere seçilecektir. **Şekillendirme** tasarım safhasında, tasarım oluşumu belirlenecek ve imalat işlemleri tespit edilecektir. **Ayrıntılı tasarım** safhası, tasarım işleminin son aşamasıdır ve burada; geometrik şekil, boyutlar, malzeme, yüzey pürüzlülüğü ve bireysel parçalara ait diğer özellikler belirlenecek ve tasarım montajının genel oluşumu geliştirilecektir. Tasarım işleminin bu bölümü, eğer tasarımda standart parçalar da kullanılacak ise, üretici firma kataloglarından (veya standart organizasyonların kataloglarından - TSE gibi -) parça belirlenmesi ve seçimini de kapsamaktadır.

Bilgi İşleme Faaliyeti Olarak Tasarım

Tasarım, Pahl ve Beitz tarafından bir bilgi işleme faaliyeti olarak da modellenmiştir. Bu model, şu iteratif adımlardan meydana gelmektedir; kabul (toplama), işleme (tasarım) ve nakletme (dökümantasyon) [3]. Bu, Şekil 2'de gösterilmiştir.

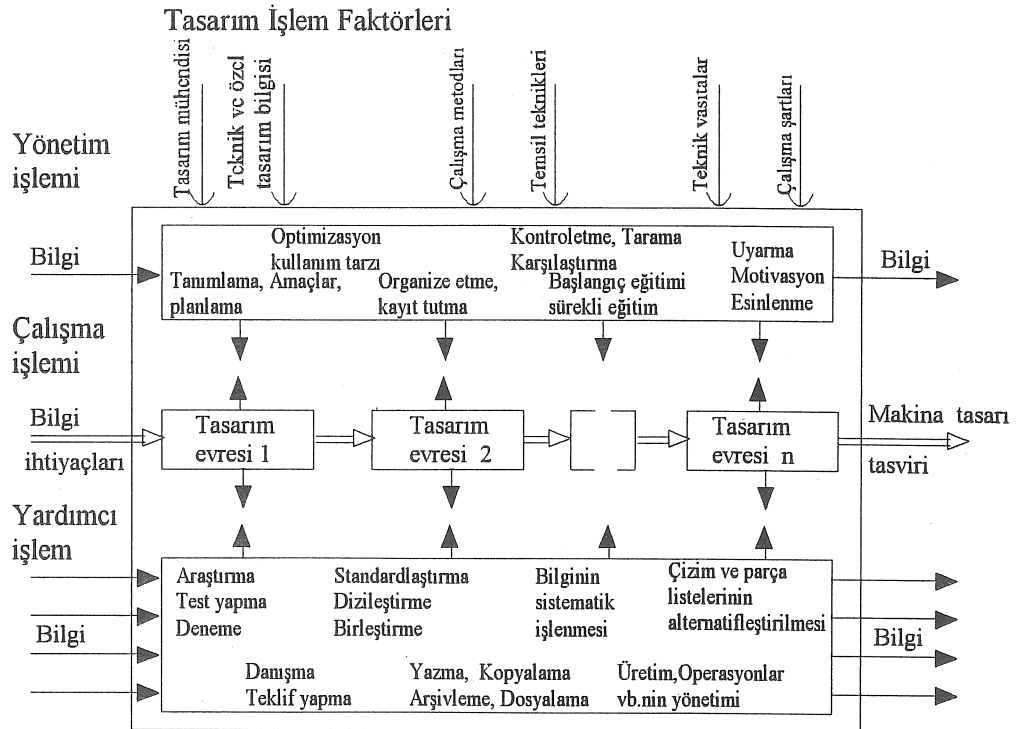
Bilgi toplama esnasında gerekli veri aralarında market analizi, eğitim çalışmaları, patentler, araştırma, tasarım katalogları, tabii ve yapay sistemlerin analizi,



Şekil 2. Bilgi İşleme Faaliyeti Olarak Tasarım.

bilgisayar verileri v.b. gibi pek çok alandan toplanır. Bilgi işleme esnasında tasarım, analiz ve sentez, çözüm fikirlerinin geliştirilmesi, deneysel çalışma, ön kroki çizimlerinin üretimi ve potansiyel çözümlerin değerlendirilmesi v.b. gibi yollar vasıtası ile yapılır. Nakletme sırasında bilgi, çizimler, raporlar, üretim dökümanları, bilgisayar disketleri v.b. gibi yollarla döküman et edilir. Her bir özel tasarım çözümü çeşit ve içerik açısından farklı bilgilere ihtiyaç duyacağı için, yukarıda belirtilen safhalar arasında bilgi değişimi genelde oldukça zor ve karmaşık bir işlemdir.

Hubka'da tasarım işlemini, girdi/çıkışları bilgi olan ve bir dizi "Tasarım İşlem Faktörleri" etkisi altında çalışan teknik bir sisteme benzetmektedir [8]. Anılan bu modeli Hubka, "genel tasarım işlem modeli" olarak adlandırmaktadır, (Şekil 3). Şekil 3, Hubka'nın



Şekil 3. Genel Tasarım İşlem Modeli [8].

mühendislik tasarımını, bir müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesinden, tam bir ürün tasvirine kadar bir bilgi nakli olarak düşündüğünü göstermektedir. Tasarım işlemlerini tesir eden etkilerin, tasarımcı ve tasarımcı çalışma tarzına bağlı olduğu da görülmektedir. Ancak Hubka, tasarımcıya ilave olarak bilgi geçişine etki eden diğer faktörlerden de bahsetmektedir. Bunlar:

- Özel tasarım bilgisini de kapsayan teknik bilginin mevcudiyeti
- Kullanılan çalışma metodları
- Seçilen temsil teknikleri
- Yönetim teknikleri (tasarım işlemi ve tasarım grubunun ikisinde birden)
- Çalışma şartları ve çevresidir.

Sınırlandırmaya - Dayalı Tasarım

Tasarım, bir sınırlandırmayı giderme problemi olarak da modellenmiş bulunmaktadır [9]. Serrano, tasarım işleminin çoğunun, sınırlandırmaların tayin, formülasyon ve giderilmesini kapsadığını belirtmektedir [10]. Bu tasarım işlem modelinde sınırlandırmaların, yeni bir mamül geliştirilmesi esnasında sürekli ilave edildiği, çıkartıldığı ve değiştirildiği kabul edilmektedir. "Sınırlandırma" terimi, üzerinde bir çokluğun tanımlanabileceği bir alan olarak belirtilebilir [11]. Tasarım sınırlandırmaları, tasarım tanımından çıkartılan, bir mamülün fonksiyonel görev olarak karşılması gereken özellik ve şartları belirtir. Bunlar, tasarımın performansını (fonksiyon), fiziksel kanunlara uygunluğunu (fizik) ve geometrik ve topolojik özelliklerini (biçim) niteler [10]. Eğer tasarım, sınırlandırmaya-dayalı bir problem olarak düşünülür ise, bir dizi eşitlik ve eşitsizlik denklemler cinsinden tanımlanması gerekir. Bu matematiksel tanım, "sınırlandırma tasarım modeli" olarak anılır. Bir sınırlandırma tasarım modeli, parametreler arasındaki elemanter ilişkilerden (genelde nümerik denklemler) oluşur [12]. Böylece bu bağlamda, sınırlandırmaya - dayalı tasarım işlemi, "sınırlandırma tasarım modeli" oluşturulması ve elde edilmesi ile "tasarım sınırlandırmaları" tarafından belirlenen bir uzayda bu modelin geliştirilmesine dayanmaktadır [13].

Sınırlandırmaya-dayalı tasarım işlem modelinin tasarım formülasyonu, Şekil 4'te görülmektedir. Burada,

tasarım sınırlayıcıları "tasarım ihtiyaç tanım uzayı" (İ) olarak adlandırılan bir uzayı tanımlarken; tasarım çözümleri, "kavram uzayı" (K) olarak belirtilen bir uzayı tanımlamaktadır. Böylece tasarım, bazı alan-özel kurallar, katalog verisi veya hesap formüllerine dayanan, uygun bir çözümün kavram uzayında belirlenmesi olarak düşünülebilir. Eğer, tasarım ihtiyaç tanım uzayı ve kavram uzaylarına tatbik edilecek bir kesişme operasyonu ile elde edilecek sonuç boş bir küme değilse, tasarım çözümü (X) geçerlidir.

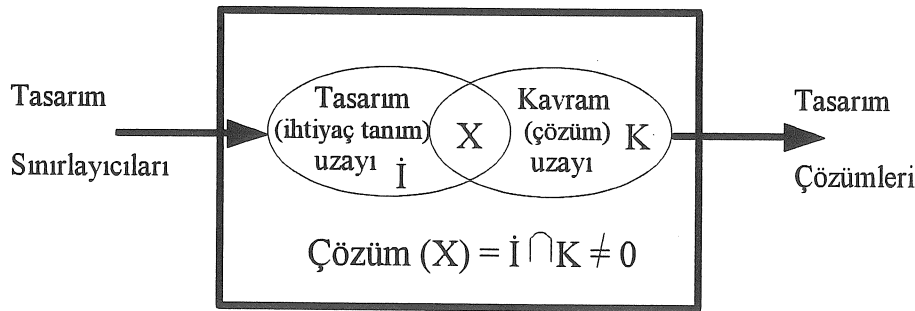
Uzayların oldukça kompleks (genelde lineer olmayan denklem ve eşitsizliklerle tanımlanmakta) olmasından ötürü, iki uzayın kesişmesini içre edebilecek yakın bir çözümün elde edilmesi oldukça zordur (eğer imkansız değilse). Tasarım işlemi süresince, başlangıç tasarım ihtiyaç tanımı, tasarım problemlerinin karışık tabiatından ötürü; ilk teşebbüste genelde geçerli bir çözümce karşılanamaz. Eğer önerilen çözüm, tasarım ihtiyaç tanımını karşılamıyor ise (kavram uzayı ve tasarım ihtiyaç tanım uzayı arasındaki kesişme boş bir küme ise), mümkün olabilecek iki stratejiden birisi kullanılabilir. Ya önerilen kavram (tasarım sınırlayıcıları) değiştirilir (Şekil 5.a da görüldüğü gibi) veya tasarım ihtiyaç tanımı değiştirilir (Şekil 5.b de görüldüğü gibi).

Diğer taraftan, eğer tasarım problemi bir çözüm kavramınca karşılanıyor ise, daha iyi bir çözüm bulmak için bölgenin incelenmesi ve mevcut çözümün geliştirilmesi arzulanabilir.

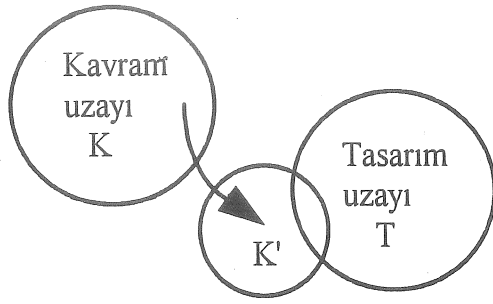
Sınırlandırmaya - dayalı tasarım işlemine kaliteli destek sağlamak için geliştirilecek bilgisayar destekli tasarım sistemleri, sınırlandırıcı formüle etme, giderme ve oluşturma işlemlerinde yeterli kapasiteye sahip olmalıdır. İlaveten, bu tür sistemler, sınırlandırmalar için basit metodlar da sağlamaları gerekir.

Aksiyometrik Tasarım

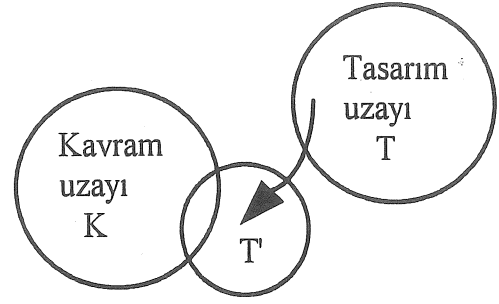
Suh [5] tarafından önerilen aksiyomlara dayalı tasarım işlem modeli, iki farklı uzay (ki bunlar, fonksiyonel uzay ve fiziksel uzay) tanımlamayla birlikte bir tasarım ihtiyacını karşılamak için fonksiyonel uzaydan fiziksel'e geçiş işlemini de kapsamaktadır. Bu modelde herhangi özel bir tasarım amacı, fonksiyonel uzayda belirtilen bir fonksiyonel ihtiyaçlar ve



Şekil 4. Sınırlandırmaya Dayalı Tasarım Modelinde Tasarım Formülasyonu.



(a) Alternatif kavram denetleme



(b) Tasarım tanımını değiştirme

Şekil 5. Sınırlandırmaya Dayalı Tasarım Modelinde Değişiklik İşlemleri [10].

sınırlayıcılar kümesi (Fİ) olarak tanımlanmıştır. Bu problemin müteakip çözümü, fiziki uzayda oluşturulur ve bir tasarım parametreler kümesi (TP) cinsinden belirlenir. Tasarım, tasarım faaliyetinin her hiyerarşik seviyesinde, bu iki farklı ve bağımsız uzayı ilişkilendiren işlem olarak tanımlanır (Şekil 6). Fiziki çözüm uzayında fonksiyonel ihtiyaçları karşılayabilecek birden fazla çözüm olabileceğinden ötürü uzaylar arası geçiş tek değildir. Ancak, tasarım işleminin önemli amaçlarından birisi de, alternatif çözümler arasından en iyi (veya optimum) tasarımı seçmektir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için, Suh'ça önerilen aksiyometrik tasarım yaklaşımı, bilimsel bir temel sağlamayı amaçlamıştır. Aksiyometrik tasarımın dayandığı aksiyomlar şunlardır [5]:

(i) Bağımsızlık Aksiyomu: Bu, fonksiyonel ihtiyaçların bağımsız tutulmasını kapsar.

(ii) Bilgi Aksiyomu: Bu, tasarım bilgi kapsamının en az bir seviyede tutulmasını gerektirir.

Aksiyom 1, her bir özel fonksiyonel ihtiyaç ve buna karşılık gelen tasarım parametresi arasındaki geçişin (veya ilişki) bire-bir olmasını belirtir. Aksiyom 2, bilgi içeriğinin azaltılması ve sadeleştirilmesi sureti ile tasarımın karışıklığı ile ilgilenir. Suh, bu iki aksiyomdan 7 sonuç çıkartmıştır. Bu sonuçlar, özel tasarım kararları vermede çok yararlı olmaları ve gerçek durumlara uygulanmalarının orjinal aksiyomlardan daha fazla kolaylık sağlamalarından ötürü tasarım kuralları

olarak ta düşünülebilir. Anılan sonuçlar şunları kapsamaktadır; birleştirilmiş tasarımların ayrıştırılması, fonksiyonel ihtiyaçların en aza indirgenmesi ve birleştirilmesi ile standardizasyonun kullanımı. Suh'un aksiyomlara dayalı tasarım işlem modeli Şekil 7'de gösterilmiş olup; burada bir iteratif işlem, tasarım döngüsünü belirlemektedir. Tasarım, bir fonksiyonel ihtiyaçlar ve sınırlayıcılar kümesi (tasarım ihtiyaç tanımı) cinsinden tanımlanabilecek bir toplumsal ihtiyacın tayini ile başlar. Bu tanımlama bir kez başarılı bir şekilde yapılırsa, gerekli ürün modelini ortaya koyabilmek için uygun fikirler geliştirilebilecektir. Daha sonra, ürün modeli analiz edilerek, bir geri besleme döngüsü vasıtası ile orjinal ihtiyaçlarla karşılaştırılabilir. Eğer fonksiyonel ihtiyaçlar, geliştirilen ürün modelince tam olarak karşılanamaz ise, iteratif işlem, ya yeni bir fikrin geliştirilmesi ya da fonksiyonel ihtiyaçların değiştirilmesi ile devam ettirilir.

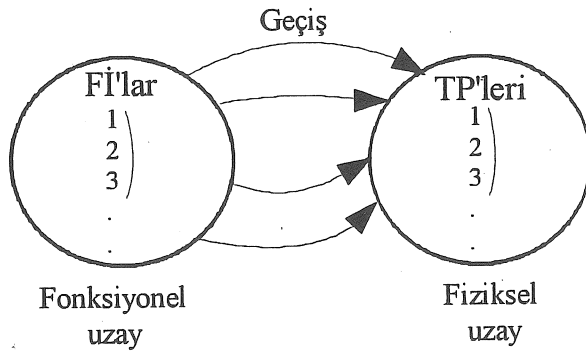
Suh'un aksiyomları ve bunlardan çıkardığı sonuçlar ile kullanılan tasarım işlemi, "iyi tasarımlar" geliştirmeyi amaçlamıştır. Minimum bilgi içeriği, yapısal olarak basit ve bağımsız fonksiyonel ihtiyaçlara sahip olan tasarımları Suh, iyi tasarımlar olarak nitelendirmektedir. İlâveten iyi tasarımlar, bilimsel kanunlara ve mühendislik prensiplerine dayanmalı ve üretilebilirlik özelliğine sahip olmalıdır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

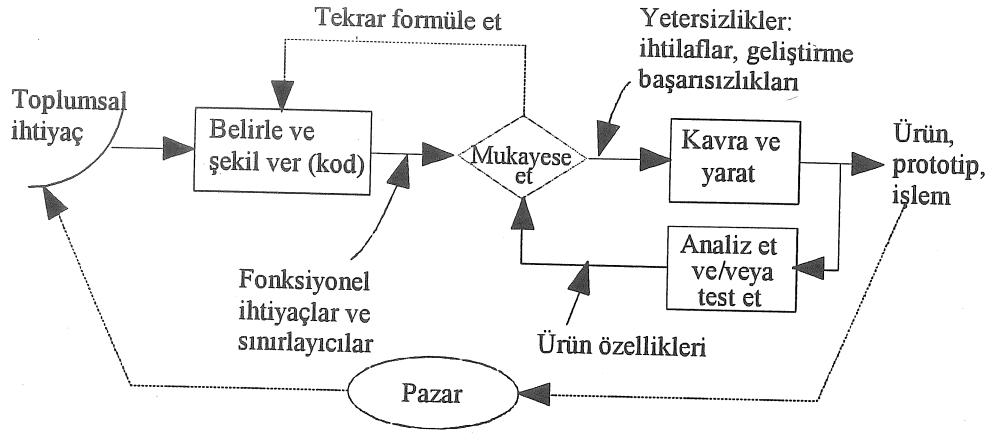
Araştırmacılar tarafından her zaman belirtilmemişse de yukarıdaki bütün tasarım işlem modellerindeki genel tasarım faaliyeti, iç içe girmiş iki uzayda gerçekleşmektedir. Bu uzaylar:

1. Problem tanım (veya fonksiyonel ihtiyaç) uzayı,
2. Tasarım çözüm (veya fiziki çözüm) uzayıdır, (Şekil 8'de de görüldüğü gibi).

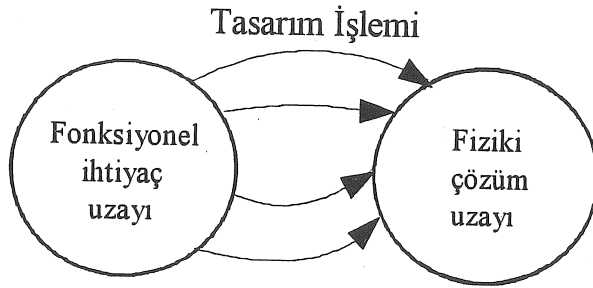
Tasarım işleminin amacı, fonksiyonel ihtiyaç uzayında belirtilen tasarım ihtiyaçlarını karşılayabilecek tam bir ürün tasvirini fiziki çözüm uzayında yapmaktır. Özetlenen bütün metodlar, benzer hususları farklı birer terminoloji kullanarak ifade etmekte, işlemi çeşitli ayrıntılarda irdelemekte ve konuyu farklı bakış açılarından değerlendirmektedir.



Şekil 6. Fonksiyonel Uzaydan Fiziksel Uzaya Geçiş İşlemi Olarak Tanımlanan Tasarım [5].



Şekil 7. Tasarım Döngüsü - Daha Etkili Sentez, Geliştirilmiş Yaratıcılık, Daha Güçlü Analiz ve İyileştirilmiş Karar Temellerine İhtiyaç Göstermektedir [5].



Şekil 8. Fonksiyonel İhtiyaç Uzayını Fiziki Çözüm Uzayına İltibatlandıran Tasarım İşlemi.

Sistematiik tasarım işlem modelinde tasarımcı, bir dizi hazırlanmış kural ve basamakları takip ederek fonksiyonel ihtiyaç uzayından (tasarım ihtiyaç tanımı ile gösterilen), fiziki çözüm uzayına geçiş yapar. Bu model, tasarım işlemini incelenen diğer modellerden daha ayrıntılı olarak ele almaktadır. Tasarım bilgi modelinde "bilgi derleme safhası", fonksiyonel ihtiyaç uzayının gösterimi olarak düşünülebilir. Daha sonra bilgi, bir tasarım çözümü geliştirmek için işleme tabii tutulmaktadır. Hubka, genel tasarım işlem modelinde, tasarım bilgi modelini daha ayrıntılı olarak ele almaktadır [8]. Sınırlandırmaya - dayalı tasarım işlem modelinde, fonksiyonel ihtiyaç uzayı, bir küme tasarım sınırlayıcısı olarak temsil edilmiştir. Çeşitli tasarım çözümleri modellenmiş ve böylece kavram uzayında (Fiziki çözüm uzayı) mevcuttur. Bu iki uzay arasında tatbik edilecek bir arakesit operasyonu, anılan modeldeki tasarım işlemini tanımlamaktadır (veya modellemektedir). Eğer arakesit mümkün değil ise, geçerli bir çözüm elde edebilmek için ya tasarım ihtiyaç tanım uzayında ya da kavram uzayında bir değişiklik

yapılmalıdır. Bu model, arakesit işleminin nasıl yapılacağı hakkında bir öneride bulunmamaktadır. Aksiyomlara dayalı tasarım modelinde, fonksiyonel uzay (veya fonksiyonel ihtiyaç uzayı) ve fiziki çözüm uzayı arasındaki geçiş işlemi, iki aksiyomca desteklenmektedir.

Yukarıdaki tasarım işlemlerinin hepsi, görevlerini yapabilmeleri için yaygın ve önemli bazı stratejik işlemlerden faydalanmaktadırlar. Anılan işlemler şunları kapsamaktadır [8]:

- İterasyon - Tasarım problemlerine direk bir çözüm bulunamaması halinde oldukça sık kullanılır. İterasyon, yaklaşık bir çözüm elde etmek için yapılan bir takım kabullere bağlı olarak ya fonksiyonel ihtiyaç uzayında ya da fiziki çözüm uzayında bazı değişiklikler yapılmasını gerektirir.
- Özleştirme - Tasarımcı, önemli konular üzerinde çalışmasını yoğunlaştırırken, önemsizleri başlangıçta dikkate almaz ise, doğrudan ve çabuk bir tasarım çözümünü geliştirmesi mümkün olabilir.
- Sağlamaştırma - Tasarım işlemi, başlangıç kaba ve yaklaşık çözümlerinden daha hassas çözümlere doğru gelişebilir.
- Geliştirme - Mevcut bir tasarım çözümü, kritik ve değişiklikler yapılması sureti ile geliştirilebilir.
- Problem eksenleri stratejisi - Bir çözüme doğru ileri adımlar atılması veya sebeplere doğru geri gidilmesi ile herhangi bir problemin giderilmesi mümkün olabilir.

ABSTRACT

This paper summarizes the research work conducted on the design process of mechanical engineering, its context and models. The aim of the design process is to embody a full description of a product in the physical solution space that satisfies the specification described in the functional requirement space. The classification of the design made in terms of

its context includes the original (or new), adaptive, transitional (or extensional) design types. The comparative study of four formal models of the design process consists of the systematic, as an information processing activity, constraint-based and axiomatic design types.

KAYNAKLAR

1. B rkl , H.R., *Towards A Language For Mechanical Design*, PhD Thesis, University of Leeds, March 1993.
2. Finger, S. and Dixon, J. R., *A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part I: Descriptive, Prescriptive and Computer-Based Models of Design Process*, Research in Engineering Design, Vol. 1, Nm. 1, pp. 51-67, 1989.
3. Pahl, G. and Beitz, W., *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer - Verlag, 2nd edition, 1988.
4. Juster, N.P., *The Design Process and Design Methodologies*, Technical Report, CAE, Department of Mechanical Engineering, University of Leeds, May 1985.
5. Suh, N.P., *The Principles of Design*, Oxford University Press, 1990.
6. Orelup, F. and Dixon, J.R., *Dominic II: More Progress Towards Domain Independent Design by Iterative Redesign*, In C. R. Liu, A. Requica and S. Chandrasekar, editors, *Intelligent and Integrated Manufacturing Analysis and Synthesis*, Pages 67-80, Boston, December 13-18 1987, The Winter Annual Meeting of ASME.
7. Ulrich T., and Seering, W. P., *Synthesis of Schematic Description in Mechanical Design*, Research in Engineering Design, Vol. 1, Nm. 1, pp. 3-18, 1989.
8. Hubka, V., *Principles of Engineering Design*, Butterworth Scientific, London, 19980.
9. Simon, H., *The Science of the Artificial*, The MIT Press, 1981.
10. Serrano, D., *Constraint Management in Conceptual Design*, PhD Thesis, MIT, October 1987.
11. Buchanan, S. A., *The Use of Constraints in Geometric Modelling*, Technical Report, GMP, Dept. of Mechanical Engineering, University of Leeds, October 1987.
12. Sapossnek, M., *Research on Constraint-Based Design*, In J. S. Gero, editor, *Artificial Intelligence in Design*, Computational Mechanics Publications, Springer-Verlag, 1989.
13. B rkl , H. R., *A Survey of Constraint Based Design Systems*, Technical Report, CAE, Dept. of Mechanical Engineering, University of Leeds, September 1990.

YAKIN GELECEKTEKİ KONGRE VE BİLİMSEL ETKİNLİKLER

KONGRE ADI

TARİH

YAZIŞMA ADRESİ

FLEXIBLE AUTOMATION and
INTEGRATED MANUFACTURING
1993

Haziran 28-30, 1995

Mohammed Munir Ahmad
FAIM'95 Conference Co-Chairperson
University of Limerick
Limerick, IRELAND

Tenth International Conference
AIENG 95
Applications of Artificial Intelligence
in Engineering

Temmuz 4-6, 1995

Sue Owen
Wessex Institute of Technology
Ashurst Lodge, Ashurst
Southampton, SO40 7AA
U.K.

ICCIM / AUTOFACT - ASIA '95
The 3rd International Conference on
Computer
Integrated Manufacturing (ICCIM)

Temmuz 11-14, 1995

Dr. Julian Winsor, Chairman,
Technical Committee
ICCIM / AUTOFACT - ASIA '95
c/o Conf. & Exhibition Management
Services Pte Ltd
1 Maritime Square, # 09-43,
World Trade Centre,
SINGAPORE 0409

17th Boundary Element International
Conference

Temmuz 17-19, 1995

Liz Johnstone
Wessex Institute of Technology
Ashurst Lodge, Ashurst
Southampton
SO40 7AA, U.K.

International Conference on
RECENT ADVANCES IN
MECHATRONICS

Ağustos 14-16, 1995

Prof. Okay KAYNAK
UNESCO Chair on Mechatronics
Boğaziçi University
Bebek, 80815 İSTANBUL

KONGRE ADI**TARİH****YAZIŞMA ADRESİ**

IX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ Eylül 4-8, 1995

Prof. Dr. Esin İNAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
80626 Maslak-İSTANBUL

3rd International Conference on
Die & Mould Technology

Eylül 7-8, 1995

3rd ICDMT Technical Committee
The FADMA Secretariat
15 Kallang Junction
Singapore 1233

1st International Machining & Grinding Conference Eylül 12-14, 1995

Society of Manufacturing Engineers
Attn: Lisa L. Machnacki
One SME Drive, P.O. Box 930
Dearborn, MI USA 48121-0930

BETECH 95
Boundary Element Technology X

Eylül 13-15, 1995

Liz Johnstone-Kerr
Wessex Institute of Technology
Ashurst Lodge
Ashurst, Southampton
SO40 7AA, U.K.

28th International Symposium on
Automotive Technology & Automation

Eylül 18-22, 1995

The ISATA Secretariat
42 Lloyd Park Avenue
Croydon
CR0 5SB
ENGLAND

KONGRE ADI**TARİH****YAZIŞMA ADRESİ**

7. ULUSAL MAKİNA TEORİSİ
SEMPOZYUMU

Eylül 20-22, 1995

Yrd. Doç. Dr. Faruk YİĞİT
Yıldız Teknik Üniversitesi
Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü
UMTS Sekreterliği
80750 Yıldız / İSTANBUL

11th International Conference on
COMPUTER-AIDED PRODUCTION
ENGINEERING

Eylül 20-21, 1995

Corinne Paine
Conference Services Department C509
Institution of Mechanical Engineers
1 Bridge Walk
London SW1H 9JJ
U.K.

Simulation and Design of Microsystems Eylül 26-28, 1995
and Microstructures
MICROSIM 95

Sue Owen
Conference Secretariat
Wessex Institute of Technology
Ashurst Lodge, Ashurst,
Southampton SO40 7AA
U.K.

Bilişim'95
TBD 12. Ulusal Bilişim Kurultayı
TÜBİSAD 2. Bilgisayar Fuarı

Eylül 27 - Ekim 1, 1995

INTERPRO
Yayınçılık Araştırma ve Organizasyon
Hizmetleri A.Ş.
Nüket Çevikoglu
CC 84 Mecidiyeköy, 80300 İSTANBUL

Leistungspotentiale zur
Marktführerschaft

Ekim 4-5, 1995

Fraunhofer-Institut
für Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik (IPK)
Pascalstr. 8-9
D-10587 Berlin

KONGRE ADI**TARİH****YAZIŞMA ADRESİ**

1. Sistem Mühendisliği ve
Savunma Uygulamaları Sempozyumu

Ekim 12-13, 1995

Kara Harp Okulu Öğretim Başkanlığı
1. Sistem Mühendisliği ve
Savunma Uygulamaları Sempozyumu
06654 Bakanlıklar
ANKARA

ASPE 10th Annual Meeting

Ekim 15-20, 1995

American Society for Precision Engineering
1995 Annual Meeting
401 Oberlin Road, Suite 108
P.O. Box 10826
Raleigh, NC 27605-0826

IMCC'95
The Seventh International
Manufacturing
Conference

Ekim 19-21, 1995

Conference Secretariat
IMCC'95
Department of Manufacturing Engineering
Hong Kong Polytechnic University
Yuk Choi Road
Hung Hom, Kowloon, HONG KONG

Birinci Ulusal Zeki İmalat Sistemleri
Sempozyumu
ZİS '95

Kasım 15-17, 1995

Dr. Mustafa Özbayrak
Sakarya Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
54040 Esentepe
ADAPAZARI

Birinci Ulusal Zeki İmalat Sistemleri
Sempozyumu
ZİS '95

Kasım 15-17, 1995
Sakarya Üniversitesi,
Esentepe-Adapazarı

Dr. Mustafa Özbayrak
Sakarya Üniversitesi, Endüstri Müh. Böl.
54040 Esentepe-ADAPAZARI
Tel: 0264-343 12 90
Fax : 0264-343 13 06

KONGRE ADI**TARİH****YAZISMA ADRESİ**

International Conference on Precision
Engineering '95 (2nd ICMT)

Kasım 22-24, 1995

Dr. S. Enomoto, Chairman, Technical
Committee
International Conference on Precision
Engineering '95 (2nd ICMT)
c/o Singapore Exhibition Services Pte. Ltd.
11 Dhoby Ghaut #15-09 Cathay Building
Singapore

3rd International Conference on
Manufacturing Technology
in Hong Kong

Aralık 13-16, 1995
Hong Kong

Ms. Carlinda Sum
Conference Secretariat
3rd International Conference on
Manufacturing Technology in Hong Kong
Phone: (852) 2559 9973
Fax: (852) 2547 9528

The Third World Congress on Expert
Systems

Şubat 5-9, 1996

The Secretariat of WCES-3
c/o INTERCOM Convention Service, Inc.
4Fl. Jisung Bldg.,
#645-20 Yoksam 1-dong
Kangnam-ku, Seoul 135-081, Korea

International Conference on Education
in Manufacturing

Mart 13-15, 1996

Mark J. Stratton, Education Department
Society of Manufacturing Engineers
One SME Drive, P.O. Box 930
Dearborn, MI, 48121 U.S.A.
Telephone: (313) 271-1500, ext. 506
Fax: (313) 271-2861
Internet E-mail: mfg.iec @ sme.org

I.D.M.M.E.'96
First International Conference on
Integrated Design and Manufacturing
in Mechanical Engineering

Nisan 15-17, 1996

Brigitte Renaud
Ecole Centrale de Nantes
1, rue de la Noe 44072 Nantes cedex 03
FRANCE
Tel: (33) 40 37 25 89
Fax: (33) 40 37 25 73
e-mail : idmme@ec-nantes.fr

KONGRE ADI

28th CIRP International Seminar
on Manufacturing Systems

TARİH

Mayıs 15-17, 1996

YAZISMA ADRESİ

CIRP Programme Committee
Professor Zvi Katz
Faculty of Engineering,
Rand Afrikaans Univ.
Po Box 524, Auckland Park 2006
Johannesburg, South Africa
Phone: 27-11-489-2350, Fax:
27-11-489-2532
E-Mail: zk@ingl.rau.ac.za

Twenty-Fourth North American
Manufacturing
Research Conference

Mayıs 21-24, 1996
Univ. of Michigan, Ann
Arbor, Michigan

Kristen Dudash
NAMRI/SME, Society of Manufacturing
Engineers
One SME Drive, P.O. Box 930
Dearborn, Michigan 48121
Telephone: (313) 271-1500, Ext. 532
Fax: (313) 271-2861
I-E-mail : kristen.dudash@online.sme.org

International Conference
on Tribology
BALKANTRIB '96

Haziran 6-9, 1996
Thessaloniki-GREECE

Prof.Dr.-Ing. habil. K.-D. Bouzakis
Laboratory for Machine Tool & Machine
Dynamic
Department of Mechanical Engineering
Aristoteles University of Thessaloniki
540 06, Thessaloniki, GREECE
Tel : (003031) 996079,
Fax : (003031) 996059
E-mail: kotsia@vergina.eng.auth.gr

International Manufacturing
Engineering
Conference

Ağustos 7-9, 1996

Professor Ioan Marinescu
Chairman, IMEC 1996
University of Connecticut
Advanced Tech. Center for Precision
Manufacturing
Longley Building, Route 44, U-119
Storrs, Connecticut 06269-5119
U.S.A.

YAYIN İLKELERİ

Amaç

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

Kapsam

- (a) Dergi amaçları doğrultusunda aşağıda belirtilen konularda veya bunlara yakın konulardaki yazıları yayınlar;

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 incelemeden geçirilecek 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 quartely 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, yazarına 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 özeti İngilizcesi de Türkçe özetten sonra konulmalı ve makale başlığının İngilizcesi de mutlaka yazılmalıdır. Burada 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. Ara 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 üstüste 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 "l" (le) harfi ile "1" (bir) sayısının, "O" harfi ile "0" (sıfır) sayısının karıştırılmamasına özen gösterilmelidir. Metin içindeki bağlantılar 1 (bir)'den başlayarak sıra ile numaralandırılmalı ve bu numaralar eşitliğin 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 basımda sorun yaratmamak için siyah mürekkep ile, düzgün ve yeterli çizgi kalınlığında aydın ve beyaz bir kağıda çizilmelidir. Her şekil A4 boyutunda ayrı 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 1 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 yapılabilecektir.

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, *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, *1. 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 yeteri kadar boşluk bırakılmalıdır. Şekillerin orijinaleri de dahil olmak üzere makale üç kopya gönderilmelidir.

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

Yayınlansın veya yayınlanmasın gönderilen makaleler yazarına geri gönderilmez. Yazılardaki fikir ve görüşler yazarına, 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

Belirtilmemesi durumunda konuyla ilgili yazışmalar birinci yazarın adresine gönderilir.

1. Örnek dip notu