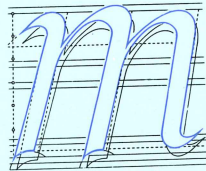


MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt : 1 Sayı : 5 Ekim 1987



matim

Makina Mühendisliği Bölümü
ODTÜ - ANKARA

Sahibi

Makina Tasarım ve İmalat Derneği

Sorumlu Yayın Yönetmeni

Abdülkadir ERDEN, Can ÇOĞUN

ODTÜ-MATİMAREN

Yayın Kurulu

Haluk AKSEL

ODTÜ-MATİMAREN

Ömer Gündüz BİLİR

ODTÜ-MATİMAREN

Abdülkadir ERDEN

ODTÜ-MATİMAREN

Bilgin KAFTANOĞLU

ODTÜ-MATİMAREN

Kemal ÖZGÖREN

ODTÜ-MATİMAREN

R. Orhan YILDIRIM

ODTÜ-MATİMAREN

Danışma Kurulu

Sümeyir AKÇASU

TÜBİTAK

Mustafa AKKURT

İTÜ

Alpay ANKARA

ODTÜ

Özdemir BENGİSU

DEÜ

Ekrem BÖLÜKBAŞ

ÇİMSATAŞ

Mustafa DORUK

ODTÜ

Şükrü ER

Işık Mak. San. A.Ş.

Nuh ERGENEMAN

T. Traktör ve Zir. Mak. A.Ş.

Belgin ERKAN

TPAO

Hadi FEKE

T. Şişe ve Cam Fb. A.Ş.

Günay GÜNGEN

MKEK

Macit KARABAY

ODTÜ

Mahmut MUCUOĞLU

MEPA-RABAK A.Ş.

Ziya ÖZKAN

BMC San. ve Tic. A.Ş.

Ömer SAATÇIOĞLU

ODTÜ

Arslan SANIR

HEMA Dişli San. ve Tic. A.Ş.

Ergin TANBERK

BİMEL A.Ş.

Lutfullah ULUKAN

İTÜ

Orhan YEŞİN

ODTÜ

Necip YÜKSEL

BORUSAN Holding A.Ş.

Yazışma Adresi

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi

Makina Mühendisliği Bölümü

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

06531 ANKARA

Telefon

(4) 223 71 00 / Yayın Yönetim : 2584 / Sekreter : 2544

MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt : 1 Sayı : 5 Ekim 1987

JOURNAL OF
MECHANICAL DESIGN
AND PRODUCTION

Vol : 1 No : 5 October 1987
Yılda 4 Sayı yayınlanır.

TELİF HAKKI

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

Yayınlanan makalelerin yazarlarına makale başına toplam 20.000.-TL. ödenir.

ABONE KOŞULLARI

Yıllık 4 sayı için abone bedeli gerçek kişiler için 6.000 TL, firma ve kuruluşlar için 15.000 TL., öğrenciler için 3.000 TL. dir. Abone olmak için aşağıda verilen banka hesabına abone bedelinin yatırılması ve açık adresiniz ile banka makbuzunun adresimize gönderilmesi yeterlidir.

REKLAM KOŞULLARI

Arka kapak içinde belirtilen Reklam İlkelerine uyması koşulu ile, derginin bu amaçla ayrılan sayfaları firmalara tahsis edilebilir. Reklam ücreti tam sayfa için 200.000 TL. dir. Birden çok sayıda reklam verilmesi durumunda özel indirim uygulanır.

BANKA HESAP NUMARASI

T.İş Bankası
ODTÜ Şubesi ANKARA
Hesap No:6610-235339
(Makina Tasarım ve İmalat Dergisi)

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE UYGULAMA MAKALELERİ

Bileşik Malzemelerin Endüstriyel Kullanımı **202**
Suha ORAL, Bilgin KAFTANOĞLU

Elektro-Erozyon (EDM) ile İşleme Performansının Bilgisayar Yardımı ile Belirlenmesi ve Denetimi **206**
Can ÇOĞUN, Abdülkadir ERDEN

Akışkan Yatak-Dış Duvar Isı Transferi **213**
Birol KILKIŞ

Yatay Dövme Makinalarında Üretilen Parçalar İçin Sınıflandırma ve Kodlama Sistemi (Bölüm 2) **224**
Mustafa GÖKLER

ÖĞRETİM VE EĞİTİM **233**

BİLİMSEL VE TEKNİK TOPLANTILAR **237**

YENİ DERNEK ÜYELERİ **238**

Dizgi : Asuman ERİPEK

Resimler : Ali AKGÜNEŞ

Pikaj ve Montaj : İzzet YAZICI

Sekreteryaya : Müveyla Özarı

 SANEM MATBACILIK SAN. TİC. A.Ş.

Suha ORAL

Y.Doç.Dr.
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ANKARA

Bilgin KAFTANOĞLU

Prof.Dr.
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ANKARA

Bileşik Malzemelerin Endüstriyel Kullanımı

Bu çalışmada fiber takviyeli bileşik malzemelerin katkı maddeleri olan fiber ve matris malzemeleri sınıflandırılarak kısaca tanıtılmakta ve bileşik malzemelerin yapı ve makina mühendisliğindeki uygulamalarına ait örnekler verilmektedir.

GİRİŞ

Bileşik malzemeler iki veya daha fazla katkı maddesinin, herbirinin istenilen özellikleri ön plana çıkartılarak, bir arada kullanılmasıyla elde edilen optimum malzeme formlarıdır. Bileşik malzemelerin en önemli özellikleri katılık/ağırlık oranlarının konvansiyonel malzemelere göre yüksek olması ve değişik yönlerde değişik dayanımlara sahip olacak şekilde tasarlanabilmeleridir.

İkinci Dünya Savaşı sırasında endüstriyel uygulama alanı bulan ve gemi gövdelerinde kullanılan bileşik malzemeler, günümüzde gemi, uçak, roket ve uzay araçlarının gövdelerinde, otomotiv endüstrisinde, elektronikte, takım tezgahlarında ve spor eşyalarında geniş çapta kullanılmaktadır [1-7]. Malzeme teknolojisindeki gelişmelerin bileşik malzemelerin maliyetini düşüreceği ve bu malzemelerin kullanımını daha da yaygınlaştıracığı açıktır. Bileşik malzemeler, sadece yüksek katılık/ağırlık oranına sahip olmalarından dolayı değil, aynı zamanda paslanma ve çürümeye karşı dayanıklı olmaları, çok iyi bir şekilde ses, ısı ve titreşim izolasyonu sağlamaları, yorulma ömürlerinin uzun olması ve yapısal sönümlerinin metalik malzemelere göre çok daha yüksek olması gibi nedenlerden dolayı da kullanılmaktadırlar.

Bir bileşik malzeme genellikle bir sürekli ortam ile bu ortam içerisinde yer alan bir veya birkaç çeşit takviye maddesinden oluşur. Bu çalışmada, sürekli ortam matris olarak anılacaktır. Takviye maddeleri parçacık veya fiber şeklinde olabilir. Parçacıklar genellikle matrisin işlenebilirliğini, katılığını, yüzey sertliğini, yüksek sıcaklıklara dayanımını arttırmak veya ısı ve elektrik iletkenliği özelliklerini değiştirmek amacıyla kullanılırlar. Bu fonksiyonların bir veya birkaçına ek olarak yüksek katılık/ağırlık oranlarına ihtiyaç duyulması halinde ve yöne bağımlı dayanım özelliğinin büyük önem taşıdığı minimum ağırlık

tasarımlarında ise fiber şeklinde takviye maddesi kullanmak gerekir.

Bu çalışmada bileşik malzemelerin taşıyıcı eleman olarak önemine ağırlık verilmiş ve dolayısıyla fiber-matris tipindeki bileşik malzemeler ve bu malzemelerin katkı maddeleri incelenmiştir. Fakat, parçacıklı bileşik malzemelerin yüksek hızlı kesici uçlarda, sıcaklık ölçme cihazlarında, ısı izolasyonunda, elektrik cihazlarında ve daha birçok uygulamada geniş çapta kullanıldıklarını ve mühendislik malzemeleri arasında çok önemli bir yer tuttıklarını belirtmek gerekir.

BİLEŞİK MALZEMELERDE MATRİSİN FONKSİYONLARI VE MATRİS MALZEMELERİ

Matris fiberleri birbirine bağlar ve fiberlerin istenilen yönde yerleştirilmelerini sağlar. Bileşik malzemeye etki eden dış yükler matris vasıtasıyla fiberlere iletilir. Matris aynı zamanda fiberleri birbirinden ayrı tutarak bir fiberde oluşan çatlağın diğer fiberlere yayılmasını önler. Fiberleri dış etkilere karşı koruyan ortam da matristir. Matris bileşik malzemenin tokluğunu da tayin eder.

Günümüzde matris olarak çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir matris maddesi polyesterdir. Polyester bir termoset malzeme olup cam fiberler ile birlikte kullanılır. Diğer matris malzemelerine göre daha ucuz olan polyester 100°C sıcaklığın altında oldukça iyi mekanik ve kimyasal özelliklere sahiptir, fakat ısı işlem sırasındaki çekme payı fazla olup fiberlerde burkulmaya neden olur.

Matris malzemeleri arasında en yaygın olanı epoksidir. Bir termoset malzeme olan epoksi her

rürlü mekanik ve ısıl işleme son derece uygun olup ısıl işlem sırasında çekme payı polyestere göre çok azdır. Birçok fiber çeşidi ile kuvvetli bir bağ sağlayan epoksinin kimyasal direnci de yüksektir.

Matris dayanımının yüksek olmasının gerektiği durumlarda metalik malzemeler de matris olarak kullanılabilir. Metal matrislerin tokluğu ve sıcaklığa dayanımında organik matrislerden fazladır. Metal matrislerin kullanımını sınırlayan en önemli etken, bu matrisler ile uyum sağlayabilecek fiber malzemelerinin azlığıdır. Bunlardan biri olan boron, en pahalı fiber malzemesi olmasından dolayı endüstride çok sınırlı bir şekilde kullanılabilir. En çok kullanılan metal matrisler 2024 veya 6061 alüminyumdur. Bir boron-alüminyum bileşik malzemenin 300°C civarındaki mekanik özellikleri, oda sıcaklığındaki özellikleri ile hemen hemen aynıdır. Karbon fiberleri de önceden nikel veya gümüş ile kaplanmak suretiyle alüminyum matris içerisinde kullanılabilirler.

Yüksek sıcaklığa dayanıklı matris malzemeleri arasında en çok kullanılanlar polimid, fenolik, silikon ve seramiklerdir. Polimid rezinler, 150-300°C arasında kullanılabilir. Üretimleri işlem kontrolünün hassas olmasından dolayı zordur. Fenolik rezinler asbest fiberler ile kullanıldığında geçici olarak 1000°C'nin üstündeki sıcaklıklara dayanabilir. Su ve oksidasyona çok dayanıklı olan silikon rezinler ise 250°C sıcaklıkta uzun süre kullanılabilir. Al₂O₃ fiberleri ile birlikte kullanılan SiC veya Si₃N₄ seramik matrisler 1300°C sıcaklığa dayanabilir. Çok özel uygulamalarda ise karbon matris içerisinde karbon fiber kullanılarak 4000°C sıcaklığa dayanabilen bileşik malzemeler elde edilmektedir.

BİLEŞİK MALZEMELERDE FİBERİN FONKSİYONLARI VE FİBER MALZEMELERİ

Fiberler, bileşik malzemelerin yük taşıyıcı elemanları olup, malzemenin yüksek katılık/ağırlık oranına sahip olmasını sağlayan ve elastik modüllerini asıl tayin eden bileşenleridir. modern uygulamada kullanılan fiberlerin başlıcaları, cam, karbon, boron, aramid ve seramiktir.

Cam fiberler, üretimlerinin kolay ve ucuz olması dolayısıyla halen en çok kullanılan fiber tipidir. Başlıca beş çeşit cam fiber vardır. Bunlardan E-cam ve S-cam olarak anılanlar takviye maddesi olarak kullanılırlar. S-cam'ın dayanımı ve elastik modülü daha yüksektir. C, D ve M-cam olarak bilinen diğer türler ise özel uygulamalarda kullanılırlar. C-cam'ın kimyasal direnci, M-cam'ın ise elastik modülü diğerlerine oranla oldukça yüksektir. D-cam ise çok düşük bir dielektrik sabite sahiptir.

Karbon fiberler, düşük özgül ağırlıkları ve yüksek elastik modülleri ile takviye maddeleri arasında çok önemli bir yer sahiptir. Karbon fiberlerin mekanik özellikleri üretildikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir. 1500°C civarında üretilen karbon fiberlerin dayanımı, 2000°C'de üretilenlerin ise, elastik modülü yüksek olur. Elastik modülü yüksek olan tür, grafit fiber olarak da adlandırılır. Karbon fiberler hem termoset hem de termoplastik matrislerde kullanı-

labilir. Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi alüminyum ve karbon matrisler içerisinde karbon fiber kullanılan uygulamalar da mevcuttur.

Boron fiberler çekme ve basmaya karşı çok dayanıklı olup, yüksek elastik modüle sahiptirler. Her ne kadar çeşitli matrislerle uyum sağlamaktaysalar da günümüzdeki uygulama boron fiberleri genellikle alüminyum matris içinde kullanmak yolundadır. Maliyetin çok yüksek olması boron fiberlerin yaygın olarak kullanımını önlemektedir. Halen uzay mekiğinde ve bazı savaş uçaklarında boron-alüminyum kullanılmaktadır.

Aramid fiberler çekmeye karşı dayanıklı, basmaya karşı ise zayıftır. Bu türün en iyi bilinen örnekleri Kevlar 29 ve Kevlar 49 fiberleridir. Cam fiberlerden daha hafif ve katı olan aramid fiberlerin maliyeti karbon ve boron fiberlerden daha azdır. Bu durum aramid fiberlerin uygulama alanını arttırmaktadır.

Seramik fiberler ise yüksek sıcaklık ortamlarında kullanılmaktadırlar. Bu tür fiberler 1000°C sıcaklıkta mekanik özelliklerini büyük ölçüde korumaktadırlar.

Çeşitli fiber malzemelerinin özellikleri, Çizelge 1'de karşılaştırılmaktadır [8].

Çizelge 1 Fiber malzemelerinin özellikleri

	Dayanım (GPa)	Elastik Modül (GPa)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Kırılma Birim Şekil Değiştirme Yüzdesi (%)
E-cam	3.50	73	2.54	4.5
S-cam	4.65	86	2.49	5.3
C-cam	2.80	70	2.49	4.0
D-cam	2.45	52	2.16	4.5
M-cam	3.50	111	2.89	3.1
Karbon	2.70	270	1.80	0.8
Grafit	2.00	400	1.95	0.5
Boron	3.00	370	2.70	1.0
Kevlar 29	2.60	62	1.44	4.2
Kevlar 49	2.70	130	1.45	2.0

TABAKALI FİBER-MATRİS BİLEŞİK MALZEMELERİN UYGULAMALARINA AİT ÖRNEKLER

Fiber-matris bileşik malzemeler, minimum ağırlıkta yapılar tasarlanabilmesi imkanı sağladıkları için, yapısal açıdan bileşik malzemelerin en önemli grubunu oluştururlar. Minimum ağırlık, yapıdaki gerilme dağılımına göre değişik bölgelerde gerektiği kadar tabaka ve her tabakada uygun fiber açılımları kullanmak suretiyle sağlanır. Bir ileri aşama ise, optimum ağırlık tasarımlarıdır. Bu yaklaşımda ağırlığın azaltılmasının yanı sıra malzeme performansının da yükseltilmesine çalışılır ve optimum çözüm melez bileşik malzemeler kullanılarak sağlanır. Bu tür malzemelerde, değişik cinsten fiberler aynı matris içerisinde kullanılır. Örneğin; yüksek elastik modüle sahip fakat kırılma olan karbon fiberleri ile

elastik modülü düşük fakat tokluğu fazla cam fiberlerin bir epoksi matris içerisinde uygun oranlarda ve açılarda kullanılması ile katılık ve darbe dayanımı açısından gerek karbon-epoksi gerekse cam-epoksi'den daha üstün olan bir melez bileşik malzeme elde edilebilir.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, bileşik malzemelerden maksimum yarar sağlanabilmesi için bu malzemelerin özelliklerini göz önüne alan tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi şarttır.

Günümüzde kullanılan belli başlı izotropik ve bileşik malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 2'de gösterilmektedir [8].

Çizelge 2 Bazı metalik ve bileşik malzemelerin özellikleri

	Çizgül Ağırlık (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (GPa)	Elastik Modül (GPa)
35 NCD16 Çelik	7.9	1.85	200
ASG(6061)T6 Alüminyum	2.7	0.35	70
AU4G1(2024)T4 Alüminyum	2.8	0.59	73
Boron-Epoksi	2.1	2.00	270
Boron-Alüminyum	2.7	1.25	225
Grafit-Epoksi	1.7	1.00	200
Karbon-Epoksi	1.5	1.30	140
Kevlar-Epoksi	1.35	1.50	80
Cam-Epoksi	2.2	1.09	39

Bileşik malzemelerin en geniş kullanım alanlarından biri gemi inşa endüstrisidir [1,2]. Cam takviyeli bileşik levhalar, paslanma ve çürümeye karşı çok dayanıklı olduklarından bu endüstrideki alışılmış malzemelerin yerini hızla almaya başlamışlardır. İmalat ve tamir kolaylığı, bağlantı elemanları sayısının çok azalması ve bakım ihtiyacının minimum olması bu malzemelerin tercih edilmesindeki diğer faktörlerdir. Cam takviyeli bileşik malzemeler, manyetik olmadıklarından dolayı özellikle mayın gemilerinin gövdelerinde kullanılmaktadırlar. Çizelge 3'de 1980-1984 yılları arasında çeşitli ülkelerde inşa edilen veya projesi yapılan mayın gemilerinin gövdelerinde kullanılan malzemeler gösterilmektedir [1]. Çizelgeden de görüldüğü gibi, cam takviyeli bileşik malzemeler önceden kullanılan tahtanın yerini almış durumdadır. Yapılan maliyet analizleri, kalıplar için gereken yatırımın, aynı kalıplar kullanılarak dört adet gemi inşa edildiği takdirde ekonomik olacağını göstermiştir. Bu arada, klasik gemi inşa yöntemlerinde çok sayıda kullanılan şablonlara bileşik malzeme kullanılması halinde ihtiyaç olmadığı da belirtilmelidir.

Karbon fiberli bileşik malzemelerin en büyük uygulama alanı ise, havacılık endüstrisidir. Önceleri giriş panelleri, hız frenleri ve kuyruk parçalarında kullanılan karbon-epoksi bugün gövde, kanat ve kuyrukta giderek artan bir oranda kullanılmaktadır. Bileşik malzeme miktarı ağırlık oranları F14A, F15, F16 ve F18 savaş uçaklarında sırasıyla % 0.8, % 1.6, % 2.5 ve % 9.5'tir. halen geliştirme safhasında olan AV-8B savaş uçağında ise bu oran % 26.3'e ulaşmıştır. Kar-

Çizelge 3

1980-1984 yılları arasında inşaatı veya projesi yapılan mayın gemilerinde kullanılan gövde malzemeleri. Tahta T, cam takviyeli bileşik levha B, manyetik olmayan çelik ise Ç ile gösterilmektedir

	İnşa Halinde	Proje Halinde
ABD	T	B
Avustralya	B	B
Batı Almanya	T	Ç
Belçika	B	-
Danimarka	-	B
Finlandiya	B	-
Fransa	B	-
Hindistan	-	B
Hollanda	B	-
İngiltere	B	-
İsveç	B	-
İtalya	B	-
Japonya	-	B
Malezya	B	-
Mısır	B	-
Norveç	-	B
Nijerya	B	-
Singapur	-	B
SSCB	?	B

bon-epoksi yapı elemanları, bu uçağın ön gövde, kanat, yatay kuyruk ve dümeninde yer almaktadır. Lear Fan uçağında ise, ağırlığın % 70'ini grafit-epoksi ve Kevlar-epoksi elemanlar teşkil etmektedir. Bileşik malzemelerin kullanımı bu uçağın işletme maliyetini % 50 oranında azaltmıştır [7].

Proje safhasında olan savaş uçaklarında ise, karbon-epoksi ağırlık oranının % 40-65 arasında olacağı, bunun ağırlıkta % 25, maliyette ise, % 5-10 azalma sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Kevlar basmaya karşı zayıflığından dolayı birinci derecede önem taşıyan yapı elemanlarında kullanılmamakta bununla beraber iç paneller, giriş kapakçıkları, döşeme, bazı dümen ve gövde parçaları gibi ikinci derece yapı elemanlarında karbon-epoksi'den daha ucuz olduğu için uygulama alanı bulmaktadır.

Bileşik malzemeler, gemi ve uçak endüstrileri dışında otomotiv endüstrisinde ve yüksek hızlı mekanizmaların kullanıldığı makinalarda da metalik malzemelere karşı güçlü bir seçenek oluşturmaktadırlar. Bileşik malzeme kullanımı ile otomobil gövdelerinde % 70'e varan ağırlık tasarrufu sağlandığı [3], doku-ma tezgahlarında ise üretimin % 10 arttığı, mekanizma ömrünün altı kat uzadığı ve gürültünün 3 dB azaltıldığı şeklinde gelişmeler rapor edilmiştir [9]. Özellikle yüksek hızlı mekanizmalarda, matris malzemesinin metallere göre çok daha fazla yapısal sönümlenme özelliği olmasından dolayı, ani manevralar sonucunda oluşan mekanik titreşimler daha kısa sürede sönümlenmekte ve yüksek katılık/ağırlık oranının bir sonucu olarak mekanizma hareketinin hassasiyeti artmaktadır.

INDUSTRIAL USE OF COMPOSITE MATERIALS

In this study, the fiber and matrix materials which are the constituents of fibrous composites are classified and the composite materials applications in structural and mechanical engineering are discussed.

SONUÇ

Bileşik malzemeler özellikle yapı ve makina mühendisliğinin çeşitli uygulamalarında konvansiyonel malzemelere güçlü bir seçenek oluşturmaktadır. Tasarımcılara büyük bir esneklik kazandıran bu malzemelerin verimli bir şekilde kullanılması, uygun çözümlene ve tasarım yöntemlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Bileşik malzemelerdeki gerilme-şekil değiştirme bağlantılarının karmaşıklığı, kayma şekil değiştirme etkilerinin göz önüne alınmasının gerekliliği, tabaka sayısının ve fiber açılarının tayini ve seçeneklerin fazlalığı, bu malzemelerin kullanıldığı yapılar için sonlu eleman ve optimizasyon yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir.

KAYNAKÇA

- 1 deVaal, L.P., GRP and Other Materials for Use in MCMVS, *Military Technology*, 8 (1984), 130-136.
- 2 Fantacci, G., FRP Used as a Construction Material for Military Craft, *Military Technology*, 8 (1984), 138-142.
- 3 Poesch, J.G., Graphite Fiber Composites for the Automotive Industry, *Composite Materials in the Automobile Industry*, Kulkarni, S.V., Zweben, C.H. ve Pipes R.B., ASME Book HOO115, 1978.
- 4 Evans, P.R., Composite Motor Case Design, *AGARD-LS-150*, Section 4, 1987.
- 5 Thompson, B.S., Zuccaro, D., Gamache, D. ve Gandhi, M.V., An Experimental and Analytical Study of a Four-Bar Mechanism with Links Fabricated from a Fiber Reinforced Composite Material, *Mech.Mach.T.*, 18 (1983), 165-171.
- 6 Thompson, B.S. ve Sung, C.K., A Variational Formulation for the Dynamic Viscoelastic Finite Element Analysis of Robotic Manipulators Constructed from Composite Materials, *J.Mech.Trans.ASME*, 106 (1984), 183-190.
- 7 Hadcock, R. ve Huber, J., Specific Examples of Aerospace Applications of Composites, *AGARD-LS-124*, Section 12, 1982.
- 8 Bunsell, A.R., Characteristics and Selection of Fibres for Aerospace Laminates, *AGARD-LS-124*, Section 2, 1982.
- 9 *Magnamite Graphite Fiber Composites-Applications and Technical Information*, Hercules Inc., Magna, Utah.

Can ÇOĞUN

Y.Doç.Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara

Abdülkadir ERDEN

Doç.Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Ankara

Elektro - Erozyon (EDM) İle İşleme Performansının Bilgisayar Yardımı İle Belirlenmesi ve Denetimi

Gerilim vurum zincirlerinin süre ve gerilim karakteristiklerinden faydalanılarak, işleme sırasında işparçası işleme ve elektrot aşınma hızının saptanmasını ve denetimini sağlamak üzere Elektro-Erozyon ile işleme için bir adaptif denetim sistemi geliştirilmiştir. İşleme koşullarının algılanmasında boşalım tipi vurumların gecikme süreleri ile kısa devre, ark ve boşalım tipi olmak üzere 3 ayrı tip vurumun istatistiksel oluşumu kullanılmıştır.

GİRİŞ

Elektro-Erozyon ile İşleme (Electric Discharge Machining-EDM) karmaşık biçimlerin ve alıılmış yöntemlerle sertliği nedeniyle işlenmesi zor olan malzemelerin işlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Son 20 yıldır elekroniğin hızlı gelişimine paralel olarak gelişen adaptif denetim sistemleri, elektro-erozyon ile işleme performansının adaptif olarak değerlendirilmesi ve denetimi yönündeki çalışmalara da hız vermiştir. Elektro-erozyon ile işlemede, işleme performansının göstergesi olarak kullanılan parametreler iş parçasının işleme hızı, elektrot aşınması ve yüzey kalitesidir. Ancak bu parametrelerin işleme anında ölçülebilmesinin günümüz teknoloji seviyesindeki zorluğu, araştırmacıları, bu performans değişkenlerini bazı dolaylı yöntemlerle değerlendirme ve denetime sevk etmiştir. Bu dolaylı yöntemlerden biri işleme ortamından yayılan ve bir anten vasıtasıyla algılanabilen radyo frekansındaki (r.f.) sinyalleri kullanarak değerlendirmeler yapmaktır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar [1,2,3] gerek radyo frekansı sinyallerinin işleme esnasında oluşan 4 ayrı tip oluşumun (açık devre, kısa devre, ark ve boşalım) ayırt edilmesinde yeterince aydınlatıcı olmaması ve gerekse konuyla ilgili olarak geliştirilen denetim sisteminin sadece ark tipi vurumların oluşumunu azaltmaya yönelik olması nedeniyle bir bütün olmaktan uzaktır. Diğer bir dolaylı yöntem, işleme ortamındaki (elektrotlar arası ortam) dielektrik sıvının deionizasyon seviyesinin ortama uygulanacak yeni vurumun zamanlanmasında kullanımıdır. Konu ile ilgili araştırmacılar [4,5] vurumların bitiminden sonra dielektrik ortamdan çok düşük bir akım (30-100 mA) geçirerek ortamın elektriksel geçirgenliğini saptamış ve yeni vurumun ne zaman uygulanması gerektiğini bularak işleme esnasında faydalı yönde malzeme aşındıran boşalım tipi vurumların sürekliliğini sağlamışlardır. Ancak yapılan çalışmaların azlığı ve çalışmalardaki neticelerin birbirinden kopukluğu bu yaklaşımın

daha uzun ve kapsamlı bir araştırmaya gereksinim gösterdiğini açıkça vurgulamaktadır.

Günümüzde elektro-erozyon ile işlemenin adaptif olarak değerlendirilmesi ve denetimi konusundaki çalışmaların büyük bir kısmı işleme esnasında kaydedilebilen gerilim vurum biçimlerinin (voltage pulse waveforms) oluşumlarının sayısının saptanması, anlamlandırılması ve tezgah parametrelerinin bu neticelere göre yeniden ayarlanması doğrultusundadır. Zira gerilim vurum biçimleri, işleme esnasında ölçülemeyen performans verilerini detaylı olarak yansıtabilen belirgin özelliştir. ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde de gerilim vurum biçimlerinin kaydedilmesi ve bazı özelliklerinin incelenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır [6-8]. Vurum zincirlerinin sistem performansının denetiminde kullanımı ile ilgili ilk çalışma 1973'de yayılan Koenig ve Kurr'a [9] ait bir çalışmadır. Bu çalışmada işparçası işleme hızının en üst seviyeye çıkarılabilmesi için boşalım tipi vurumlarının oluşum sayısının en üst seviyeye çıkarılması esas alınmış ve elektrotun ilerleme hızı ayarlanan değişken olarak kullanılmıştır. Boşalım tipi vurumların tanımlanması, sayısının saptanması ve ilerleme hızının yeni değerine karar verilmesi bilgisayar yardımı ile sağlanmış ve işleme hızında oldukça önemli bir artış sağlanmıştır [9]. Bu çalışmayı takiben yürütülen diğer bir çalışmada [10] aktif işleme süresini en üst seviyeye çıkarmada boşalım tipi vurumların gecikme sürelerinin en az seviyeye düşürülmesi mantığı kullanılmıştır. Bunun için her boşalım tipi vurumun gecikme süresi ölçülmüş ve vurum ara süresi önceden belirlenen bir stratejiye uygun olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmaya paralel yürütülen bir çalışmada [11] ise vurum ara süresinin kontrolü yanında ilerleme hızı adaptif kontrol parametresi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalarda işparçası işleme hızı artışı ile beraber elektrot aşın-

masında da önemli seviyede azalma sağlanmıştır. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda ise boşalım tipi vurumlar gecikme sürelerine göre gruplandırılmış ve her gruptaki vurum sayısı ile işparçası işleme hızı ve elektrot aşınması arasında eğilimler belirlenmiştir [12,13]. Bu ön çalışmaları takiben yapılan bir çalışmada [14] saptanan bu eğilimler esas kabul edilerek ve vurum ara süresi, ilerleme hızı ve ilerleme sistemi servo tepki hızı ayarlanarak adaptif bir denetim sistemi geliştirilmiştir. Kurulan sistemin özellikle elektrot aşınmasının en aza indirilmesinde oldukça iyi neticeler verdiği belirtilmiştir [14].

Gerilim vurum zincirlerini kullanarak adaptif denetimi amaçlayan çalışmalarda görülen boşlukların giderilebilmesi için aşağıda belirtilen hususların üzerine eğilinmesi gereklidir.

1. Kaydedilen vurum zincirlerinin analizi ve vurum tiplerinin tanımlanabilmesi ve neticelerin en süratli biçimde karar birimlerine iletilebilmesi için daha hızlı çalışan bir mantık sisteminin geliştirilmesi,

2. Vurum zincirlerinin analizi sonucu elde edilen bilgilerin işleme performansı ile ilgili yeterince bilgiyi içeren indirgenmiş veriler haline sokulması ve böylece karar birimlerinde kararlara daha hızlı varılmasını sağlayacak yaklaşımların oluşturulması,

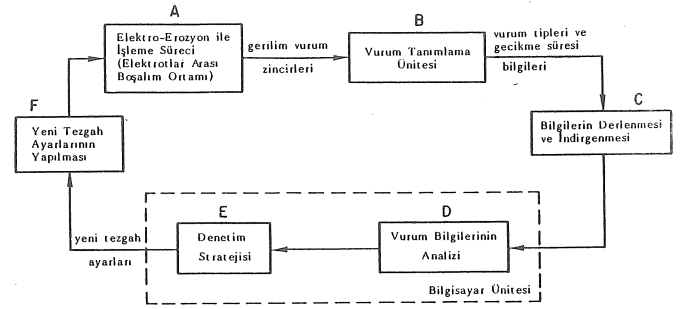
3. Vurum zincirlerindeki çeşitli oluşumların (vurumların) işparçası işleme hızına ve elektrot aşınmasına etkisinin sayısal olarak bulunabilmesi için gerekli deneysel ve matematiksel yöntemlerin geliştirilmesi.

Yukarıda belirtilen hususlarda, ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında SM17 Hayes Sparcatron tipi (SPF30W transistörlü tip sinyal üretçili) bir elektro-erozyon tezgahı kullanarak bir bilgisayar denetimli adaptif kontrol sistemi geliştirilmiş ve denenmiştir. Bu makalede kurulan sistemin çalışma prensipleri ve sistemi oluşturan üniteler tanıtılacaktır.

BİLGİSAYAR DENETİMLİ ELEKTRO-EROZYON SİSTEMİ

İlkeler

Geliştirilen sistemin en basit blok şeması Şekil 1'de görülmektedir. Kurulan sistemde işleme esnasında elektrotlar arası ortamdan alınan gerilim vurum zincirleri işleme performansını yansıtan değişkenler olarak kullanılmaktadır. Analog vurum dalga biçimleri elektronik bir devreden geçirilerek ardışık olarak sıralanan vurumların tipleri (ark, boşalım, kısa devre, açık devre) ve boşalım vurumlarının gecikme süreleri belirlenmektedir (blok B). Daha hızlı bir denetim karar mekanizmasını sağlamak için elde edilen bilgiler ön bir elemenden geçerek detaylı bir analiz için bilgisayar ünitesine yollanmaktadır (blok C). Bilgisayar, gelen bilgileri denetim stratejisi yazılımına yollanacak şekilde istatistiksel olarak derlemektedir (blok D). Denetim stratejisi derlenmiş vurum bilgilerini ve önceden karar verilen denetim esasları dahilinde yeni tezgah parametrelerine karar vermek-



Şekil 1 Bilgisayar denetimli elektro-erozyon sisteminin basit blok şeması

tedir (blok E). Bu yeni değerler tezgah üzerinde ara devreler yardımıyla ayarlanmaktadır (blok F).

Geliştirilen Sistem

Geliştirilen bilgisayar denetimli elektro-erozyon sistemi işlevleri açısından dört ana kısımda incelenebilir (Şekil 2).

1. Komparator ve sayaç ünitesi,
2. Mikro-işlemci ünitesi,
3. Bilgisayar ünitesi,
4. Tezgah parametrelerini ayarlama ünitesi.

Komparator ve Sayaç Ünitesi: Bu ünite elektrotlar arası ortamdan alınan analog gerilim zincirlerini (V_W) önceden belirlenen iki gerilim eşik seviyesinde (V_L ve V_H) karşılaştırır. Vurum tiplerini belirlemede kullanılan bu iki eşik seviyesi, vurum zincirlerindeki değişik vurum tiplerinin saptanması ve bunların gerilim ve zaman karakteristiklerinin belirlenmesi ile ilgili ön çalışmaların neticesinde elde edilmiştir. Komparator devresinde her vurumun başlangıcında ve sönümünde gerilim seviyesi (V_W) eşik seviyeleri ile karşılaştırılmakta ve karşılaştırma anı sinyal üretici sinyallerinin (V_{SG}) tetiklemede kullanılması ile belirlenmektedir. Sayaç devresi ise vurumların gecikme sürelerini ölçmektedir (frekansı 2MHz). Üst eşik seviyesini (V_H) geçen her V_W seviyesi sayaç devresini çalıştırmaktadır. Ölçülebilen en küçük gecikme süresi 0.5 μ s, en uzununu ise 2048 μ s'dir. Komparator devresinde vurumların gerilim karakteristiklerinin digital 1 ve 0 sinyalleri şeklinde belirlenmesini takiben, bu sinyallerin hangi vurum tipine ait olduğunun saptanması için bilgiler mikro-işlemci ünitesine yolları (Şekil 2). Komparator ve sayaç devresinin çalışma prensipleri ve devre şemaları detaylı olarak daha önce verilmiştir [15].

Mikro-işlemci Ünitesi: Mikro-işlemci ünitesinin görevleri aşağıda verilmiştir.

- a) Komparator ve sayaç devrelerinden gelen vurum bilgilerini (4 bitlik tip ve 12 bitlik gecikme süresi) 16 bitlik buffer'a ve depolamayı takiben bellek ünitesine V_H sinyali tarafından tetiklenince

olarak). Ardaşık oluşum diğer bir tip vurum tarafından kesilmeyen bir tip vurumun ardaşık oluşum sayısıdır.

b) Boşalım vurumlarının oluşumunun gecikme sürelerine göre dağılımı (sayısal ve grafiksel olarak).

c) Boşalım tipi vurumların boşalım sürelerinin kaydedilen vurum seti için ortalaması.

d) Toplam kayıt süresi.

Bu yazılımdan elde edilen örnek bir çıktı Şekil 3'te verilmiştir.

DENEY NO	49.4
DENEY TARİHİ	21.6.1986
ELEKTROT MALZEMESİ	BAKIR
ELEKTROT NO	68
ELEKTROT AĞIRLIĞI (İLK)	64.501 g
İS PARÇASI MALZEMESİ	CELİK
İS PARÇASI NO	68
İS PARÇASI AĞIRLIĞI (İLK)	70.743 g
POLARİTE (İS PARÇASI)	POZİTİF
DENEY SÜRESİ	180 S
VURUM SÜRESİ (us)	104
VURUM ARA SÜRESİ (us)	144
İLERLEME HIZI (%)	25
DİELEKTRİK BASINCI (bar)	0.4
BOSALIM AKIMI	30 A'nın % 25'i

TOPLAM VURUM SAYISI	62914
ACIK DEVRELERİN SAYISI	2843 % 4.52
KISA DEVRELERİN SAYISI	7922 % 12.59
ARKLARIN SAYISI	43582 % 69.27
BOSALIMLARIN SAYISI	8556 % 13.60
ORTALAMA BOSALIM SÜRESİ	17.10 us
TOPLAM KAYIT SÜRESİ	9.06 s

ACIK DEVRE VURUMLARIN ARDASIK OLUSUMU

ARDASIKLIK	FREKANS
1	220 I*****
2	62 I*****
3	25 I*****
4	18 I*****
5	15 I*****
6	12 I*****
7	9 I*****
8	12 I*****
9	8 I*****
10	5 I*****
11	7 I*****
12	6 I*****
13	7 I*****
14	1 I*****

KISA DEVRE VURUMLARIN ARDASIK OLUSUMU

ARDASIKLIK	FREKANS
1	4057 I*****
2	4 I*****
3	3 I*****
4	3 I*****
5	0 I*****
6	1 I*****
7	1 I*****
8	0 I*****
9	1 I*****
10	2 I*****

BOSALIMLARIN ARDASIK OLUSUMU

ARDASIKLIK	FREKANS
1	5534 I*****
2	937 I*****
3	252 I*****
4	77 I*****
5	32 I*****
6	12 I*****
7	5 I*****
8	4 I*****
9	3 I*****
10	7 I*****

ARKLARIN ARDASIK OLUSUMU

ARDASIKLIK	FREKANS
1	1716 I*****
2	928 I*****
3	520 I*****
4	371 I*****
5	258 I*****
6	209 I*****
7	170 I*****
8	131 I*****
9	118 I*****
10	95 I*****
11	76 I*****
12	76 I*****
13	68 I*****
14	41 I*****
15	42 I*****
16	40 I*****
17	32 I*****
18	27 I*****
19	26 I*****
20	17 I*****
21	28 I*****
22	25 I*****
23	19 I*****
24	16 I*****
25	16 I*****
26	14 I*****
27	24 I*****
28	15 I*****
29	12 I*****
30	14 I*****
31	13 I*****

BOSALIMLARIN GECIKME SURELERINE GORE OLUSUMU

GEÇİKME SÜRESİ (us)	FREKANS
2	503 I*****
4	626 I*****
6	1822 I*****
8	914 I*****
10	665 I*****
12	503 I*****
14	421 I*****
16	346 I*****
18	290 I*****
20	244 I*****
22	216 I*****
24	185 I*****
26	163 I*****
28	148 I*****
30	119 I*****
32	118 I*****
34	109 I*****
36	84 I*****
38	67 I*****
40	76 I*****
42	74 I*****
44	60 I*****
46	58 I*****
48	47 I*****
50	51 I*****
52	51 I*****
54	54 I*****
56	40 I*****
58	35 I*****
60	41 I*****
62	27 I*****
64	28 I*****
66	24 I*****
68	30 I*****
70	37 I*****
72	19 I*****
74	22 I*****
76	26 I*****
78	21 I*****
80	17 I*****
82	17 I*****
84	16 I*****
86	21 I*****
88	10 I*****
90	12 I*****
92	17 I*****
94	13 I*****
96	22 I*****
98	16 I*****
100	13 I*****
102	10 I*****

Şekil 3 Vurum zincir özelliklerinin istatistiksel analizini gösteren örnek bir çıktı

Elektro-Erozyon İşlemi Denetim Stratejisi: Denetim stratejisi yazılımı bilgisayar denetimli elektro-erozyon sisteminin işlevsel olarak en önemli kısmını oluşturur. Denetim stratejisi işleme sırasında performans değerlerinin belirlenmesini ve işlemeyen önce kullanıcı tarafından belirlenecek bir seçeneğe göre işparçası işleme hızının maksimize veya elektrot aşınmasının minimize edilmesini sağlar. Yazılımın girdileri istatistiksel olarak derlenmiş vurum analiz neticeleri; çıktıları ise tezgahın yeni tezgah parametrelerinin (vurum süresi, vurum ara süresi, boşalım akımı, ilerleme hızı ve dielektrik sıvı basıncı) rakkamsal değerleridir. Yazılım geniş deneysel ön çalışmalar sonucu elde edilen istatistiksel vurum analizleri ve performans değişkenleri (işparçası işleme hızı, elektrot aşınması) arasında kurulan ilişkilerden faydalanılarak hazırlanmıştır. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar neticesinde, kaydedilen vurum zincirlerinin istatistiksel karakteristiklerinden performans verilerinin doğru olarak ve en kısa sürede elde edilebilmesi için vurumların aşağıdaki biçimde gruplandırılmasının ve gruplardaki oluşum sayısının denetim stratejisine girilmesinin uygun olacağı anlaşılmıştır [16].

- GI. Kısa devre vurumların oluşumu,
 GII. Ark tipi ve gecikme süreleri vurum süresinin % 15'ini geçmeyen boşalımların oluşumu,
 GIII. Gecikme süreleri vurum süresinin % 15'inden daha uzun olan boşalımların oluşumu.

Bu üç gruptaki vurumların oluşum sayıları ile performans verileri arasındaki ilişkiler deney neticelerinden faydalanılarak saptanmıştır. Bilgisayar yardımı ile gruplarda bulunan vurumların her birinin işparçası ve elektrottan ne kadar malzeme aşındırdığı tespit edilmiş ve bu değerler çeşitli tezgah parametreleri için matematiksel eşitlikler biçiminde ifade edilmiştir (Çizelge 1). Eşitliklerin geçerli olduğu tezgah ayar aralıkları Çizelge 2'de verilmiştir.

Maksimum işparçası işleme hızı veya minimum elektrot aşınmasının elde edilebilmesi için tezgah ayarlarında yapılması gereken değişiklikler Çizelge 3'de belirtilmiştir. Deneysel olarak elde edilen bu ayarlar da denetim stratejisi yazılımında yer almıştır.

Tezgah Parametrelerini Ayarlama Ünitesi: Denetim stratejisi tarafından saptanan yeni tezgah ayar değerleri CPU tarafından ACIA aracılığıyla Tezgah Parametrelerini ayarlama ünitesine gönderilir. Bu ünite vurum süresi ve vurum ara süresi; ilerleme hızı ve dielektrik sıvı basıncı; ve boşalım akımı kontrol devresi olmak üzere üç ayrı devreden oluşmaktadır. Bu devreler ACIA yoluyla denetim stratejisinden yollanan sayısal (digital) ayar değerlerini analog forma çevirip ayar potlarına yollarlar.

Geliştirilen Sistemin Kabiliyetleri

Bilgisayar denetimli bu sistem 3 ayrı modda

Çizelge 1 Vurum gruplarındaki her bir vurumun işparçası ve elektrot aşınmasına etkisi

$$(C_{Gi}) = K(I)^a(t_s)^b(t_t)^c(P_d)^d(F)^e$$

[$\mu\text{g}/\text{vurum}$] (%) (μs) (μs) (bar) (%)

Sabitler	$K \times 10^{-5}$	a	b	c	d	e
$(C_{GI})_{W.R}$	2.5	1.016	1.003	0.026	0.122	0.063
$(C_{GII})_{W.R}$	17	1.021	1.018	0.008	0.031	0.015
$(C_{GIII})_{W.R}$	16	1.004	1.001	0.002	0.060	-0.063
$(C_{GI})_{E.W}$	6.9	1.560	-0.121	0.870	0.109	0.052
$(C_{GII})_{E.W}$	3.3	1.502	0.118	0.842	0.041	0.040
$(C_{GIII})_{E.W}$	1.2	1.590	0.099	0.880	0.053	-0.058

$(C_{Gi})_{W.R}$: Her bir grup i vurumunun işparçasından aşındırdığı malzeme miktarı (i=I,II,III)

$(C_{Gi})_{E.W}$: Her bir grup i vurumunun elektrottan aşındırdığı malzeme miktarı (i=I,II,III)

- I : Boşalım akımı
 t_s : Vurum süresi
 t_t : Vurum süresi + vurum ara süresi
 P_d : Dielektrik sıvı basıncı
 F : İlerleme hızı

Çizelge 2 Deneylede esas alınan tezgah ayar aralıkları

Vurum Süresi [μs]	Vurum Ara Süresi [μs]	Boşalım Akımı (30 A'nın %'si)	Dielektrik Sıvı Basıncı [bar]	İlerleme Hızı (21 mm/s'nin %'si)
32-152	48-216	25-100	0.2-1.5	18-31

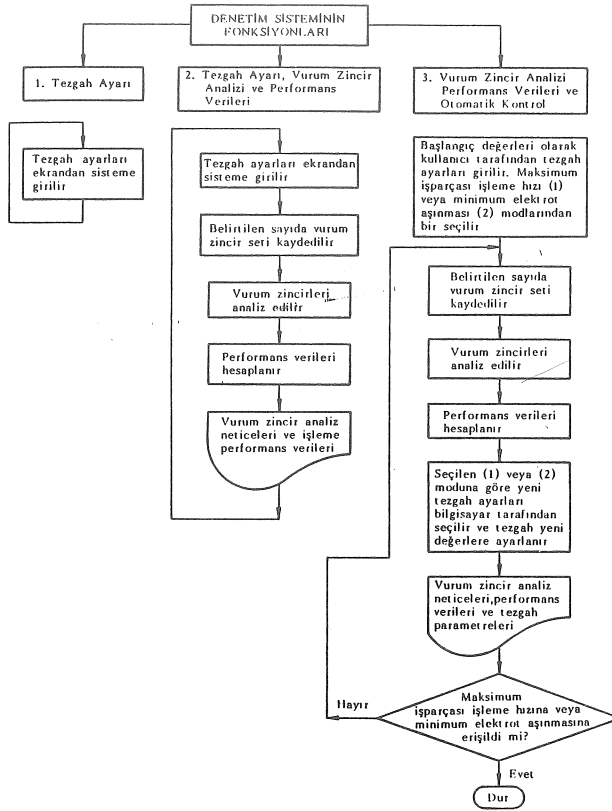
Çizelge 3 Tezgah parametrelerinin işparçası işleme ve elektrot aşınma hızındaki etkisi

Tezgah Parametreleri	Vurum Süresi	Vurum Ara Süresi	Boşalım Akımı	Dielektrik Sıvı Basıncı	İlerleme Hızı
İşparçası İşleme Hızını Artırmak İçin	↗	↘	↗	↗	↗
Elektrot Aşınmasını Azaltmak İçin	↗	↘	↘	↗	↘

fonksiyon gösterebilecek şekilde geliştirilmiştir. Şekil 4'te bu modlar ve ilgili ara işlemler görülmektedir. Şekil 5'te, Şekil 4'deki 2 ve 3 no.lu çalışma fonksiyonlarının çıktısı olarak alınan vurum zincir analizi ve işleme performans verilerine örnek bir deney neticesi verilmektedir.

Denetim Sisteminin Performansı

Geliştirilen bilgisayar denetimli elektro-erozyon sisteminin performansının gerçek işleme şartlarında



Şekil 4 Denetim sistemi yazılımının çalışma modları ve mantığı

İŞLEME PARAMETRELERİ

VURUM SÜRESİ	100 us
VURUM ARA SÜRESİ	140 us
İLERLEME HIZI	% 25
DİELEKTRİK BASINCI	0.5 bar
BOSALIM AKIMI	% 50

VURUM ZİNCİRİ ANALİZİ NETİCELERİ

KAYDEDİLEN VURUM SAYISI	10769
ACIK DEVRE VURUMLAR	% 10.02
GI VURUMLAR	% 4.24
GII VURUMLAR	% 60.75
GIII VURUMLAR	% 5.00

İŞLEME PERFORMANS VERİLERİ

GI VURUMUNUN ELEKTROTTAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	0.650 ug
GII VURUMUNUN ELEKTROTTAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	0.320 ug
GIII VURUMUNUN ELEKTROTTAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	0.080 ug
GI VURUMUNUN İŞPARÇASINDAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	0.148 ug
GII VURUMUNUN İŞPARÇASINDAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	1.156 ug
GIII VURUMUNUN İŞPARÇASINDAN AŞINDIRDIĞI MALZEME	0.656 ug
ELEKTROT AŞINMASI	0.121 g/dak
İŞPARÇASI İŞLENE HIZI	0.495 g/dak

Şekil 5 Vurum zinciri analizi ve işleme performans verilerini gösteren örnek bir çıktı

denenebilmesi için bir seri deney yapılmıştır. Deneylerden elde edilen performans verileri (işparçası işleme hızı ve elektrot aşınması) bilgisayarın hesapladığı performans verileriyle karşılaştırılmıştır. Süresi 180 s olarak alınan deneylerde herbiri 2048 ardaşık vurumdan oluşan 30 set vurum zinciri kaydedilmiş

ve her 5 sette işleme performans verileri bilgisayar tarafından hesaplanmış ve kaydedilmiştir. Deney tamamlandıktan sonra işparçasının ve elektrotun aşınmaları deney öncesi değerleri ile karşılaştırılmış ve deneysel performans verileri elde edilmiştir. Her biri 5'er sete ait 6 adet bilgisayar çıktısı performans değerlerinin ortalaması alınmıştır.

Deneyel ve bilgisayardan hesaplanan veriler karşılaştırıldığında elektrotlar için \pm % 10'luk, işparçası için \pm % 5'lik bir farklılık tespit edilmiştir. Çizelge 4'te tezgah ayarları, deneysel ve bilgisayar verileri ve saptanan farklılıklar verilmektedir.

Çizelge 4 Bilgisayar denetimli sistemin performans verileri ile deneysel neticelerin karşılaştırılması

Test No	Tezgah Ayarları					Malzeme Aşındırma (g/dak)				FARK (%)	
	t_s (us)	t_e (us)	F (%)	P (bar)	I (%)	(a) Bilgisayar Sistemi (ortalama)		(b) Deneysel		$\frac{(b-a)}{a}$	
						Elektrot	İşparçası	Elektrot	İşparçası	Elektrot	İşparçası
1	104	136	25	0.4	25	0.038	0.201	0.041	0.213	7.3	5.6
2	104	136	25	0.4	50	0.126	0.442	0.133	0.455	5.2	2.9
3	104	136	25	0.4	100	0.379	0.930	0.394	0.949	3.8	2.0
4	104	136	25	1.5	50	0.121	0.442	0.110	0.424	-10.1	-4.2
5	104	136	31	0.4	50	0.132	0.452	0.143	0.479	7.7	5.6
6	104	168	25	0.4	50	0.135	0.393	0.129	0.304	-4.6	2.7
7	104	120	25	0.4	50	0.116	0.477	0.108	0.467	-7.4	-2.4
8	48	64	25	0.4	50	0.131	0.346	0.143	0.370	8.4	6.5
9	152	216	25	0.4	50	0.116	0.440	0.130	0.453	10.8	2.9

SONUÇ

Bu çalışmada gerilim vurum zinciri karakteristikleri elektro-erozyon ile işleme (EDM) sürecinin adaptif olarak değerlendirilmesi ve denetiminde kullanılmıştır.

Vurum zincirlerindeki vurumların tanımlanabilmesi için yüksek hızlı vurum tanımlama devresi geliştirilerek vurum tiplerinin ve boşalmalarının gecikme sürelerinin ardaşık olarak kaydedilebilmesi sağlanmıştır. Bilgisayar ünitesine vurumların sadece tip bilgisi yollanarak gerek transfer gerekse bellek alanından önemli bir tasarruf sağlanmıştır. Vurum zincirlerindeki vurumlar, birbirlerine benzer malzeme aşındırma karakteristikleri esas alınarak kaydıyla üç ana gruba toplanmıştır. Bu gruplama sayesinde denetim stratejisine oldukça az sayıda bilgi girilmiş ve böylece çok daha kısa bir sürede yeni işleme parametrelerine karar verilmesi mümkün olmuştur. Deneysel çalışmalar sonucunda her grup vurumun iş parçasından ve elektrottan aşındıracağı malzeme miktarları matematiksel olarak ifade edilmiştir. Böylece malzeme işleme hızının ve elektrot aşınmasının anında değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Bilgisayar denetimli sistemden ve deneylerden elde edilen performans verileri karşılaştırılmış ve geliştirilen sistemin işleme performansını oldukça hassas bir şekilde belirlediği anlaşılmıştır.

Geliştirilen bilgisayar denetimli adaptif kontrol sistemi, kısa devrelerin, arkların, kısa ve uzun gecikme süreli vurumların oluşumlarının malzeme işlemedeki değişiklikleri hassas bir biçimde yansıttığını göstermiştir. Bu çalışma sonucunda vurumların oluşum sayısı ve önceden hesaplanan bu vurumlara ait malzeme aşındırma miktarları kullanılarak yaklaşık olarak gerçek zamanda EDM performans verileri elde edilmiştir.

COMPUTER AIDED EVALUATION AND COMPUTER CONTROL OF ELECTRIC DISCHARGE MACHINING (EDM)

An adaptive control system for Electric Discharge Machining (EDM) process is developed to evaluate and control workpiece removal rate and tool electrode wear during machining by using voltage and time characteristics of voltage pulse trains. Time-lag durations of discharges are measured and statistical occurrences of three types of pulses, namely short circuits, arcs and discharges are used to sense the machining conditions.

KAYNAKÇA

- 1 Bhattacharyya, S.K. ve El-Menshaw, M.F., Monitoring and Controlling the EDM Process, *ASME J. of Engg. for Industry*, 102 (1980), 189-194.
- 2 Bhattacharyya, S.K. ve El-Menshaw, M.F., Controlled Continuous (D.C.) EDM Process, *North Am. Manuf. Res. Conf. Proc.*, 324-328, 1980.
- 3 Bhattacharyya, S.K. ve El-Menshaw, M.F., Identification of the Discharge Profile in EDM, *Sixth North Am. Metal-working Res. Conf. Proc.*, 66-69, 1978.
- 4 Takase, K., Komeji, S. ve Uchishiba, I., Electric Discharge Machining With an Arcless Circuit, *Annals of CIRP*, 22 (1973), 1, 55-56.
- 5 Otto, M.S. ve Vasilev, Yu, V., Automatic Control of EDM Copier-Piercer Machines, *7th Int. Symp. on Electromachining (ISEM7)*, 98-103, 1983.
- 6 Çoğun, C. ve Erden, A., Effect of Pause Time on Pulse Trains in Electric Discharge Machining, *METU J. Pure and Applied Sciences*, 17 (1984), 3, 191-208.
- 7 Çoğun, C. ve Erden, A., Elektriksel Aşınma ile İşleme Vurum Zincirlerinin Özelliklerinin İstatistiksel Modellenmesi, *Doğa Bilim Dergisi*, Seri B, 9 (1985), 2, 149-161.
- 8 Çoğun, C. ve Erden, A., Correlation Between Pulse Train Characteristics and Machining Parameters in Electric Discharge Machining, *Int. Symp. on Measurement and Control (MECO 85)*, 114-119, İstanbul, 1985.
- 9 Koenig, W. ve Kurr, R., *Fundamentals and an Operative System of Adaptive Control in Electro-Discharge Machining*, Tech. Paper, Technical University-Aachen, 18 sayfa, 1973.
- 10 Enning, H.J., Einfluß der Schnellen Prozeßabhängigen Einstellung der Pausendauer auf das Arbeitsergebnis Beim Funkenerosiven Senken, *Industrie Anzieger*, 21 (1978), 93, 36-37.
- 11 Koenig, W. ve Enning, H.J., Verschleißminderung Durch Adaptive Regelung Beim Funkenerosiven Senken, *Industrie Anzieger*, 11 (1979), 55, 19-21.
- 12 Enning, H.J., Ein Beitrag Zur Reduzierung Des Elektroden Verschleisses Bei Der Funkenerosiven Senkbearbeitung, Doktora Tezi, Rheinisch Westfalischen Technischen Hochschule (RWTH)-Aachen, 1980.
- 13 Peuler, H., *Identifizierung Des Entladungprozesses Bei Der Funkenerosiven Senkbearbeitung und Auslegung Von Regelungs Einrichtungen*, Doktora Tezi, RWTH-Aachen, 1981.
- 14 Weck, M., Koenig, W. ve Peuler, H., Automatic Control and Supervision of the EDM-Process, *7th Int. Symp. on Electromachining (ISEM 7)*, 1-8, 1983.
- 15 Çoğun, C. ve Erden, A., Elektro-Erozyon ile İşleme (EDM) İçin Yüksek Hızlı Vurum Tanımlayıcı Tasarımı, *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 1 (1986), 1, 38-42.
- 16 Çoğun, C., *Computer Aided Evaluation and Computer Control of Electric Discharge Machining (EDM) Process by Using Properties of Pulse Trains*, Doktora Tezi, ODTÜ, 1987.

Akışkan Yatak - Dış Duvar Isı Transferi

Bir akışkan yatağın tasarımında veya değerlendirilmesinde yatak-dış duvar ısı transferi önemli bir yer tutar. Isı transfer yüzeyleri yatak duvarlarında bulunan yataklarda ısı transferinin fazla olması, buna karşılık ısı transfer yüzeyleri aslen yatak içersine daldırılmış bulunan yataklarda da dış duvarlardan oluşan ısı kayıplarının en az olması arzulanır. Son yıllarda ısı transfer yüzeylerinin genellikle yatak duvarlarında yer alması çalışmaları bu yönde yoğunlaştırmaktadır. Ancak literatürdeki ampirik denklemler yatak boyunca ortalama bir değer verdiklerinden yetersiz kalmakta, çoğu kez de birbirleri ile oldukça farklı sonuçlara ulaşmaktadırlar. Bu çalışmada önce yatak-dış duvar ısı transfer modelleri özetlenmekte, ampirik denklemlere değiştirilmekte, sonra da geliştirilen bir sayısal yöntem tanıtılarak iki örnek çözüm üzerinde mukayeseler yapılmaktadır.

Bırol KILKIŞ

Doç.Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
ANKARA

TEORİ

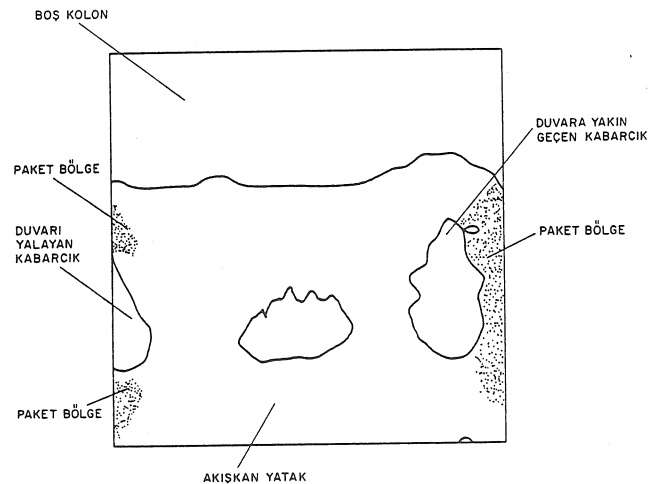
Akışkan yatak ile dış duvar arasındaki ısı transferini açıklamak üzere bir çok model geliştirilmiştir. Bu modeller temel mekanistik varsayımlarına göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar Paket ve İnce Film teorileridir. Ayrıca bu iki teoriyi tümleştiren modeller de vardır. Paket teorisinde yatak içersinde, birlikte hareket eden parçacık kümelerinin (paketlerin) var olduğu, bunların yatak derinliklerinden duvara doğru hareket ettikleri, duvarı yaladıktan sonra geri döndükleri, bu arada da duvarla ısı alışverişinde buldukları varsayılır. İnce film teorisinde ise ısı transferinin duvar ile yatak malzemesi arasındaki çok ince gaz filmi aracılığı ile gerçekleştiği öne sürülmektedir. Paket teorisi grubunda en çok kabul gören model Mickley ve Fairbanks modeli, ikinci grupta ise Zabrodsky modelidir. Zabrodsky modelinde, ince gaz filmine girip çıkan parçacıkların duvara dik hız bileşenlerinin ısı transferinde etken olduğu kabul edilmektedir. Mickley ve Fairbanks modelinde ise, özellikle homojen akışkanlaşmış bir yatakta, dış duvar boyunca aşağıya doğru sürekli hareket eden parçacık kümelerinin var olduğu öne sürülmektedir.

Endüstriyel akışkan yataklarda genellikle kabarcıklı (heterojen) bir akışkanlaşma rejiminin gerçekleşmesi ısı transferi ve diğer süreçlerin iyileştirilmesi için arzu edilir. Yatak içersinde kaynayan bu kabarcıklar aynı zamanda dış duvardaki ısı transferini de etkiler. Özellikle dış duvarı yalayıp geçen kabarcıklar, zamana göre kesintili bir ısı transferi neden olurlar. Bu nedenle duvar yüzeyindeki sabit bir noktada, belirli bir zaman dilimi içersinde üç farklı ısı transfer rejimi gözlenebilir. Bu rejimler ise yöresel boşluk oranının ani değerleri ile kolaylıkla ayırdedilebilir:

1. Akışkan rejim ısı transferi ($\epsilon_l \geq \epsilon_{ma}$)

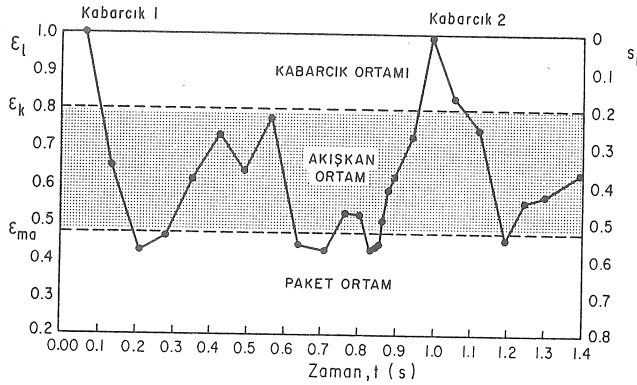
2. Kabarcık geçişindeki ısı transferi ($\epsilon_l \gg \epsilon_{ma}$)
3. Paket yatak rejimi ısı transferi ($\epsilon_l < \epsilon_{ma}$)

Burada ϵ_{ma} minimum akışkanlaşma durumundaki yatak boşluk oranıdır. Genelde kabarcıklar parçacıklardan arınmış gaz kümeleri olarak tanımlanmakta ise de gene bir miktar parçacık içerirler. Tipik bir kabarcığın boşluk oranı ϵ_k , 0.8 veya daha fazladır. Kabarcıklı bir akışkan yatağa ilişkin sayısal çözüm neticesi çizilmiş kabarcık benzetimi [1] Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 Yatak içersinde hareket eden kabarcıkların benzetimi [1]

Duvarı yalayan bir kabarcık yukarıya doğru hareket ederken önüne kattığı parçacıklar sıkışır. Duvara yakın seyreden bir kabarcık için de durum aynıdır. Sıkışan parçacıklar ise bölgesel ve ani bir paket yatak rejimi oluştururlar. Kabarcık belirli bir noktayı terkederken, yatak içlerinden gelen parçacıklar bu boşluğa hücum ederler. Bu sırada hızla duvara doğru hareket ettiklerinden duvara çarpıp sıkışır ve yeniden kısa bir paket yatak dönemi yaşanır. Kabarcığın duvarı yalaması esnasında ise yüzey fiilen parçacıklardan arınmış olur. Bundan sonra ikinci ve yeni bir parçacık gözlem noktasına yaklaşıp dek akışkan yatak rejimi yörede hakim olur. Bu rejim değişikliklerinin periyodik evrimine ilişkin bir sayısal çözüm Şekil 2'de gösterilmiştir [1].



Şekil 2 Yatak dış duvarı üzerindeki bir gözlem noktasında ϵ_l 'nin periyodik değişimi [1]

Bu şekil, bir sıg yatak dış duvarındaki bir gözlem noktasında ϵ_l 'nin 1.2 saniyelik bir zaman içerisindeki ani değişimlerine ilişkin sayısal çözümü göstermektedir. Sayısal çözümler CHEMFLUB bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir [2], [3]. Şekilden 0.05.ci saniyede gözlem noktasını bir kabarcığın terketmeye başladığı anlaşılmaktadır ($\epsilon_l \leq 1$). Kabarcığın duvarı terketmesi ile 0.25-0.35 s. arasında duvara hücum eden parçacıkların sıkışması ile kısa bir paket yatak rejimi yaşanmaktadır ($\epsilon_l < \epsilon_{mo}$). Sonra ise normal akışkan yatak rejimi ikinci bir kabarcık yaklaşıp dek hüküm sürmektedir. 0.6.ci saniyeden itibaren ikinci bir kabarcık yaklaşmaya ve de boşluk oranı azalmaya başlamaktadır. 0.65-0.90 s. arasında kısa bir paket yatak rejimini takiben kabarcık gözlem noktasını yalamaya başlamakta, terkederken de çok kısa bir paket yatak rejimi gözlemlenmektedir. ϵ_l 'nin bu salınımı kabarcık sıklığına bağlı olarak yenilenmektedir. Sözü edilen her bir rejimin etken olduğu zaman dilimi içerisinde ilgili ısı transfer modelleri göze alınmalıdır:

Akışkan Yatak Isı Transferi

Daha öncede belirtildiği gibi iki temel model Zabrodsky [4] ile Mickley ve Fairbanks [5] modelidir.

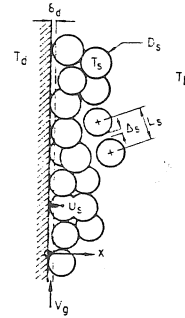
Zabrodsky modeli: Bu model parçacıkların duvara dik (yatay) hareketlerinin hissedilir olduğu ve genellikle

çok ve yaygın kabarcıklı rejimlerde geçerlidir. Ayrıca iri parçacıklı yataklarda daha iyi sonuç verdiği bilinmektedir. Bunun ana nedeni ise, ısı transfer ortamını oluşturan film kalınlığının parçacık çapına bağlı olmasıdır. Zabrodsky'nin ısı transferine ilişkin mekanistik yorumu Şekil 3'de gösterilmiştir.

Bu modele göre ısı transferi duvara komşu parçacık dizisi ile duvar arasında kalan ince gaz tabakasında ısı iletimi şeklinde oluşur. Isı taşınımı ise, ancak iri parçacıklar ($D_s \geq 0.002-0.003$ m) ve yüksek gaz hızlarında ihmal edilemeyecek boyutlara ulaşır. Parçacıkların duvara dik hareketleri bu filmi sürekli zedeleyerek ortalama kalınlığını azaltır ve ısı transferinin artmasını sağlar. Bu teori önceleri Leva ve Grummer [6], Dow ve Jacob [7] ve Levenspiel ve Walton [8] tarafından ortaya atılmış olmakla birlikte, bu modellerde parçacıkların ısı ve fiziksel özelliklerine tam olarak yer verilmemişti. Zabrodsky ince film teorisini geliştirerek, ısı transferinin sadece gazın oluşturduğu sınır tabaka ile kısıtlı olmayıp duvara bakan en öndeki parçacık dizisi ile duvar arasındaki fiziksel boşluk ile bağıntılı olduğunu, diğer bir deyişle parçacıkların karışıma uğradıkları bir türbülanslı bölgenin varlığını öne sürmüştür. Isı transfer katsayısını ise şu şekilde ifade etmiştir:

$$h_d = C_s \rho_s U_s (1 - \epsilon_l) (1 - e^{-\frac{k_g}{[\delta_d C_s \rho_s U_s (1 - \epsilon_l)]^{1/3}}}) \quad (1)$$

Akışkanlaştırıcı gazın hava olduğu veya yüksek C_s ve düşük k_g değerlerine sahip benzer durumlarda eksponansiyel terim açılarak kısaltılabilir.



Şekil 3 Duvara yakın bölgede parçacık hareketleri [4]

$$h_d \approx 1.2 \frac{k_g}{\delta_d} (1 - \epsilon_l)^{2/3} \quad (2)$$

δ_d , duvara bakan en öndeki parçacık dizisi ile duvar arasındaki fiziksel ortalama boşluk olup, Zabrodsky bu boşluk değerini $D_s/6$ olarak vermiştir. Yapılan çalışmalarda ise bu bağıntının yatak hidrodinamiğini yeterince yansıtmadığı görülerek yatak heterojenliğinin de söz konusu edildiği aşağıdaki denklem önerilmiştir [1].

$$\delta_d = D_s/6 - \Delta_s/K_1 \quad (3)$$

Δ_s , parçacıklar arasındaki boşluktur (Şekil 3):

$$\Delta_s = D_s \left\{ \frac{0.807}{(1 - \epsilon_\ell(x))^{1/3}} - 1 \right\} \quad (4)$$

Δ_s değeri duvara bakan ilk parçacık dizisi için hesaplanabileceğinden, bu bölgedeki ϵ_ℓ değeri göz önünde tutulmalıdır. Boşluk oranı ise duvara çok yakın bölgede arttığı ve duvar uzaklığı x ile değiştiği için 4 numaralı denklemde $\epsilon_\ell(x)$ ifadesi kullanılmıştır. Bu bağıntı Gorelik [9] tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\epsilon_\ell(x) = 1.0 - 1.25(1 - \bar{\epsilon}_\ell) \left(\frac{x}{D_s} \right)^{0.378} \quad (5)$$

$$0 \leq x \leq D_s/6$$

Bu denklemde $\bar{\epsilon}_\ell$, gözlem noktası seviyesindeki çap boyunca ortalama yatak boşluğudur. Buradan elde edilecek $\epsilon_\ell(x)$ değeri 1 veya 2 numaralı denklemlerde de ϵ_ℓ terimi yerine kullanılmalıdır. Söz konusu edilen her hangi bir yatakta, δ_d uzaklığındaki $\epsilon_\ell(\delta_d)$ değeri 3,4 ve 5 numaralı denklemlerin ortak çözümünden elde edilir. 3 numaralı denklemdeki K_1 değeri yatak konfigürasyonuna bağlıdır:

$$K_1 = f(\text{yatak yüksekliği/yatak eni, parçacık çapı/yatak eni, gaz itibari hızı/minimum akışkanlaşma hızı}) \quad (6)$$

Yukarıdaki bağıntıyı açıkça veren bir denklem henüz geliştirilmemiştir. Aslen bu (Δ_s/K_1) ek terimi literatürde mevcut değildir. Bu çalışmadaki sayısal çözümlerle yapılan deneme ve karşılaştırmalar sonucunda K_1 değerinin genelde 8 ile 20 arasında değiştiği görülmüş ve çizelgeler hazırlanmıştır. İki örnek çizelge sırası ile Çizelge 1 ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 $V_0/V_{ma}=1.5$ için K_1 değerleri.

D_s/D_t	L_{ma}/D_t							
	1.0	2.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2
0.0005	10.8	11.9	9.8	9.3	9.0	8.6	8.5	8.5
0.0007	11.1	12.4	10.1	9.5	9.2	8.7	8.6	8.6
0.0009	11.3	12.8	10.3	9.7	9.3	8.7	8.6	8.6
0.0012	11.5	13.0	10.9	9.8	9.4	8.8	8.7	8.7
0.0015	12.0	13.2	10.0	10.0	9.5	9.0	8.8	8.8

Çizelge 2 $V_0/V_{ma}=1.2$ için K_1 değerleri.

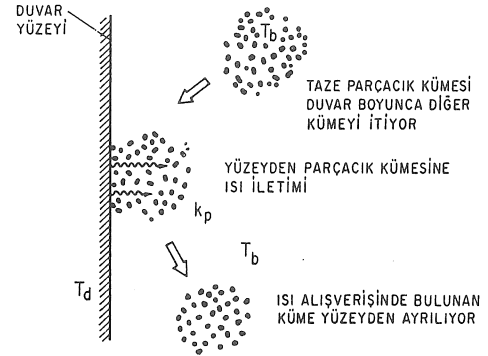
D_s/D_t	L_{ma}/D_t							
	2.0	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2
0.0005	12.5	12.0	11.8	11.7	11.3	10.9	10.8	10.8
0.0007	12.8	12.3	12.0	11.8	11.5	11.1	10.9	10.9
0.0009	13.1	12.5	12.3	12.0	11.7	11.3	11.1	11.1
0.0012	13.5	12.8	12.5	12.2	11.8	11.4	11.2	11.2
0.0015	14.0	13.0	12.8	12.5	12.1	11.5	11.3	11.3

1 numaralı denklemde $\epsilon_\ell(x)$ ve δ_d değerlerinin yanısıra U_s değerinin de bilinmesi gerekmektedir. Sayısal hidrodinamik çözümler bu yerel hız dağılımını verebilmekte ise de analitik olarak U_s 'nin sağlıklı bir biçimde bulunması mümkün değildir. Bu nedenle sayısal çözümlere gerek duyulmakta veya U_s terimini içermeyen 2 numaralı denklemi kullanmakla yetinilmek zorunda kalmaktadır. İri parçacıklar ve yüksek gaz hızları için Zabrodsky ısı taşınımını eşdeğer iletim katsayısı cinsinden şu şekilde vermektedir.

$$k_c = 0.01 V_0 C_g \rho_g D_s \quad (7)$$

Elde edilecek k_c değeri, 1 veya 2 numaralı denklemdeki k_q değerine doğrudan eklenmektedir. Işıma ısı transferinin hesaplanmasında 16 numaralı denklem kullanılmıştır.

Mickley ve Fairbanks Modeli: Bu model küçük parçacıklı, homojen akışkanlaşmış ve genellikle narin yataklarda daha geçerli olmaktadır. Mekanistik yorum Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4 Mickley ve Fairbanks modeli [5]

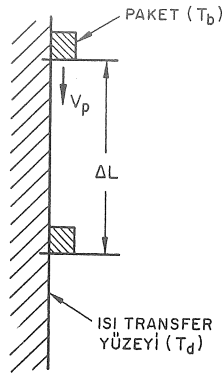
Bu modele göre yatak derinliklerinden gelen parçacık kümeleri (paketleri) duvara yanaşmakta, ısı alışverişinde bulunmakta ve tekrar yatak derinliklerine dönmektedirler. Paketlerin hem yatay hem de dikey yönde hareketleri söz konusu olup, Mickley ve Fairbanks olayı 2 yön için ayrı ayrı idealize etmişlerdir. Narin yataklarda paketlerin dikey hareketleri daha yoğun ve sistematiktir. Bu hareketin modeli Şekil 5'de gösterilmiştir.

Bu modele göre:

$$h_d = \{ 4(1 - \epsilon_{ma}) \rho_s k_p C_s / (\pi t_r) \}^{1/2} \quad (8)$$

Burada k_p paketin ısı iletim katsayısı olup, 18 ve 22 numaralı denklemlerden bulunmaktadır. t_r terimi ise, paketin duvar yüzeyinde oyalanma süresidir. Bu sürenin sağlıklı bir biçimde hesaplanabilmesi için gene yerel sayısal çözümlerle paket hidrodinamiğinin bilinmesi gereklidir. Şekil 5'de görüldüğü üzere t_r paketin dikey yöndeki hızı (V_p) ile orantılıdır. ΔL ise karakteristik temas (oyalınma) boyudur. Çok kısa oyalanma süresinin söz konusu olduğu bir durumda 8 numaralı denklem sonsuza ulaşır. Bu olumsuzluğun giderilmesi amacı ile bazı araştırmacılar ısı transferinde etken olan ikinci bir ısı direncin varlığını öne sürmüşlerdir. Bu direnç paketin ısı iletim katsayısı ile ilgili olup direnç kalınlığı ise, parçacık yarıçapı kadardır. Bu son varsayımın çok dar yataklar ($D_t/D_s < 10$) dışında geçerli olduğu bilinmektedir [10]. Bu fikirlerden hareketle Kondukov [11] bu ek direnci şu şekilde ifade etmiştir:

$$R_2 = \frac{D_s}{2k_p} \quad (9)$$



Şekil 5 Paketlerin duvar boyunca ideal hareketleri [5]

Dolayısı ile;

$$h_d = \frac{1}{R_1 + R_2} \quad (10)$$

şeklinde yazılmalıdır. Burada $1/R_1$ Mickley ve Fairbanks'ın verdiği h_d değeridir (Denklem 8). Isıl kapasitesi fazla olan parçacıkların bulunduğu bir ortamda oyalanma süresi çok kısa ise parçacık sıcaklığı hemen hemen sabit kalır. Bunun koşulu Glicksman ve Decker [12] tarafından şu şekilde verilmiştir:

$$\tau_r \leq \rho_s c_s D_s^2 / (15 k_g) \quad (11)$$

Bu koşul sağlandığında R_2, R_1 'den çok büyük olduğundan 10 numaralı denklemde R_1 ihmal edilebilir:

$$h_d \approx \frac{1}{R_2} \approx \frac{2k_p}{D_s} \quad (12)$$

Endüstriyel yataklarda genellikle çok küçük parçacıklı yataklar dışında 11 numaralı denklem sağlanır.

Bu durumda k_p teriminin yaklaşık ifadesi kullanılarak:

$$k_p \approx 2\pi(1 - \epsilon_{ma})k_g \quad (13)$$

$$h_d \approx 4\pi(1 - \epsilon_{ma})k_g/D_s \quad (14)$$

şeklinde yazılabilir.

Bu denklem ile Zabrodsky denkleminin $\delta_d = D_s/6$ ile ve kısaltılmış hali birbirine benzeşmektedir. $\epsilon_{\rho} = 0.5$ ile Denklem 2:

$$h_d \approx 4.53 k_g/D_s \quad (15a)$$

ve $\epsilon_{ma} \approx 0.47$ ile Denklem 14:

$$h_d \approx 6.6 k_g/D_s \quad (15b)$$

olur.

Çok küçük parçacıklarda 11 numaralı denklemin sağlanması oldukça zordur. Bu durumda R_1 ihmal edilemeyeceğinden 15b numaralı denklem yaklaşık olarak $3.3 k_g/D_s$ şekline dönüşür.

Her ne kadar iki denklem şekilsel olarak birbirlerine benzemekte iseler de, öngördükleri Nusselt sayılarının (sırası ile 4.53 ve 6.6 veya 3.3) oldukça farklı oluşları analitik bir yaklaşımın çok tutarlı olamayacağını bir kez daha göstermektedir. Ayrıca bu denklemler yatak duvarı boyunca ısı transfer katsayısının değişimini vermemektedirler.

Akışkan yataklarda ısıma ısı transferi genellikle düşük sıcaklıklarda ($T_b < 600$ K) rahatlıkla ihmal edilebilir boyuttur. Daha yüksek sıcaklıklarda ise bu terim sadece yatak sıcaklığı kullanılarak aşağıdaki denklemle bulunabilir:

$$h_{dr} = \frac{\sigma}{(1/\Omega_d + 1/\Omega_b) - 1} \cdot T_b^3 \quad (16)$$

Burada Ω_b yatağın ortalama yayılım katsayısıdır:

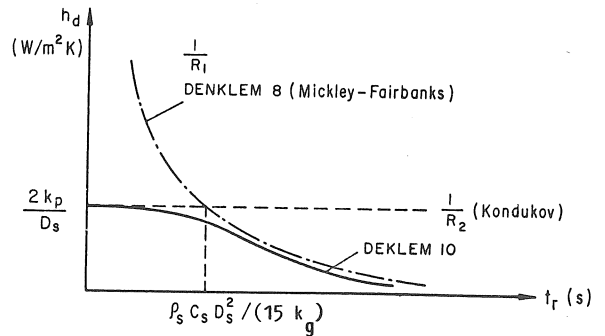
$$\Omega_b = (\Omega_s + 1)/2 \quad (17)$$

Paket Yatakta Isı Transferi

Geçici ve yerel olarak paket yatak rejiminin hüküm sürdüğü anlarda paket yatak ısı transferi bağıntıları geçerlidir. S.Yağı ve D.Kunii [13] bu konuda çok etraflı araştırmalar yapmışlar ve de ısı transfer katsayısını paketin ısı iletim katsayısı olarak tariflemişlerdir:

$$k_p/k_g = k_p^0/k_g + (\alpha\beta)Pe \quad (18)$$

Ani oluşan paket rejiminde paket sıcaklığı hemen hemen değişmediğinden zahiri bir kararlı rejim mevcuttur ve 18 numaralı denklem kullanılabilir. Burada k_p^0 paketin durgun hava koşullarındaki ısı iletim katsayısıdır. α terimi yerel gaz hızı bileşenlerinin bir mutlak ifadesidir:



Şekil 6 Düzeltilmiş Mickley ve Fairbanks modelinde h_d 'nin t_r ile değişimi

$$\alpha = |U_g/V_g| \quad (19)$$

Yerel gaz hızlarının bulunması için gene sayısal yöntemlere gerek vardır. Analitik bir yaklaşım için S.Yagi ve D.Kunii [14] α değerini 0.05 olarak vermektedirler. β değeri için ise 1, çok sıkışık paketler için ise 0.895 sayısı Ranz tarafından verilmiştir [15]. Diğer araştırmalar da genellikle $(\alpha\beta)$ terimi için 0.1 değerini $0.036 < D_s/D_t < 0.24$ aralığında ve silindirik parçalar için geçerli bulmaktadırlar [16]. Botterill ise [17] henüz akışkanlaşmamış yataklar için:

$$\alpha = 0.03/\epsilon_\ell \quad (20)$$

denklemini önermektedir.

Bu bildiriye temel teşkil eden çalışmalarda ise, küresel parçacıklar için önceki araştırmaların [14] deneysel bulguları da göz önünde tutularak aşağıdaki bağıntı çıkarılmıştır:

$$\alpha = 0.065 - D_s \quad (21)$$

S. Yagi ve D. Kunii k_p^0 'ı şu şekilde ifade etmişlerdir:

$$\frac{k_p^0}{k_g} = \frac{\beta(1 - \epsilon_\ell(x))}{\gamma\left(\frac{k_g}{k_s}\right) + \frac{1}{(1/\Phi + D_s h_{rs}/k_g)}} + \frac{\epsilon_\ell(x) D_s \beta h_{rv}}{k_g} \quad (22)$$

$\gamma \cong 2/3$ olup Φ ise:

$$\Phi = 1/2 \frac{\left(\frac{K-1}{K}\right)^2 \sin^2 \theta}{\ln\{K - (K-1)\cos\theta\} - \frac{K-1}{K} (1-\cos\theta)} - \frac{2}{3K} \quad (23)$$

Burada $K=k_s/k_g$ ve $\sin^2 \theta=1/n$ olup, n bir parçacığın yarı yüzeyindeki temas noktası sayısıdır.

Gevşek Paket için; $\epsilon_1=0.470$, $n=1.5$, ile Φ_1 bulunur, Sıkışık Paket için; $\epsilon_2=0.260$, $n=4/3$ ile Φ_2 bulunur.

Bu sınır değerleri ile herhangi bir yatağın $\epsilon_\ell(x)$ değeri için Φ :

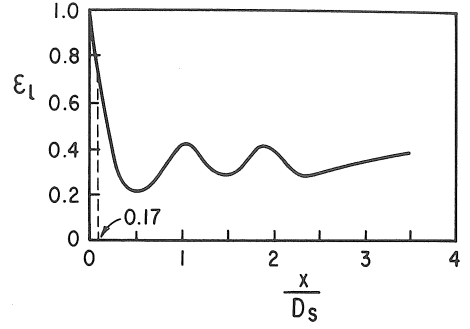
$$\Phi(\epsilon_\ell(x)) = \Phi_2 + (\Phi_1 - \Phi_2) \frac{\epsilon_\ell(x) - \epsilon_2}{\epsilon_1 - \epsilon_2} \quad (24)$$

içdeğerbiçimi veya:

$$\Phi(\epsilon_\ell(x)) = \begin{cases} \epsilon_\ell(x) \geq 0.470 & \text{ için } \Phi_1 \\ \epsilon_\ell(x) \leq 0.260 & \text{ için } \Phi_2 \end{cases} \quad (25)$$

dışdeğerbiçimi kullanılır.

Burada gene $\epsilon_\ell(x)$ 'in duvara çok yakın bir kısmında hesaplanması gerekmektedir. Tipik bir paket yatağında $\epsilon_\ell(x)$ 'in duvar yakınındaki değişimini veren deneysel bulgular Şekil 7'de gösterilmiştir [18]:



Şekil 7 $\epsilon_\ell(x)$ 'in paket yatak içersinde değişimi [18]

Görüldüğü üzere özellikle duvara bir parçacık yarıçapından daha yakın kısımda yerel boşluk oranı büyük ölçüde değişmektedir. Deneysel bulgular ışığı altında gene Roblee [18] tarafından:

$$\epsilon_\ell(x) \cong (\bar{\epsilon}_\ell - 1)\left(\frac{x}{D_s}\right)^{0.25} + 1; \quad (26)$$

şeklinde verilmiştir. Burada $x, D_s/4$ olarak alınır. Aslen silindirik parçalara ilişkin bu deneysel bulgulara çok benzer bir salınım küresel parçalar içinde geçerlidir.

h_{rs} ve h_{rv} terimleri sırası ile parçacıktan ve gaz boşluğundan ışıma ısı transfer katsayılarıdır.

$$h_{rs} = 0.2268\{\Omega_s/(2 - \Omega_s)\}\{T_b/100\}^3 \quad (27a)$$

$$h_{rv} = 0.2268\left\{1 + \frac{\epsilon_\ell(x)}{2(1-\epsilon_\ell(x))} \frac{1 - \Omega_s}{\Omega_s}\right\}\{T_b/100\}^3 \quad (27b)$$

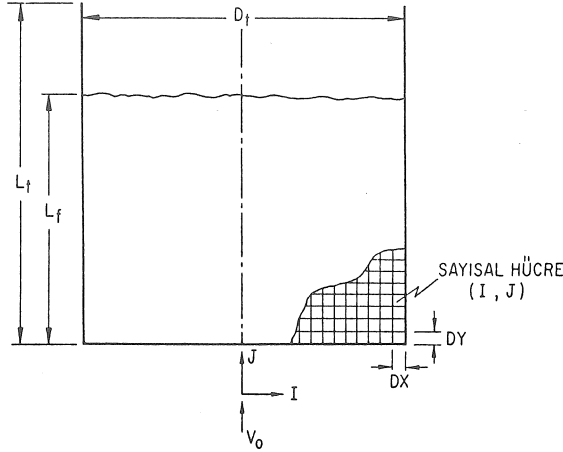
Son olarak 18 numaralı denklem kullanılarak k_p değeri elde edilir. Ancak paket yatağın eşdeğer ısı taşınım katsayısı h_d 'nin de bulunması gereklidir. Bir çok araştırmacı ısı transferinin esas olarak sadece bir parçacık yarıçapı boyunda yer aldığı görüşünden hareketle bu ilişkiyi:

$$h_d = \frac{2k_p}{D_s} \quad (28)$$

şeklinde vermekte olup, yoğun araştırmalar sonunda Dixon [10] bu varsayımın çok ince yataklar ($D_t/D_s < 10$) dışında geçerli olduğunu da belirtmektedir. Wakao ve Kagaei'nin bildirdiği deneysel sonuçlardan parçacık çapı 0.0032 m olan ve 0.0508 m çapındaki bir silindirik yatağa ($D_t/D_s \cong 15.8$) ilişkin ısı transfer ölçümleri Şekil 8'de gösterilmiştir.

Deneyde kullanılan parçacık çapı ve $k_p=0.3 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ değeri için 28 numaralı denklemden h_d değeri $187.5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ olarak bulunmaktadır. Halbuki Şekil 8'den deneysel h_d değerinin $100 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ dolayında olduğu anlaşılmaktadır. 28 numaralı denklem bu araştırmada da kullanılmış ve değerlerin çok

Jaycor bilgisayar hizmetleri tarafından geliştirilen ve yatak hidrodinamik davranışını benzeştiren ve çözen CHEMFLUB sayısal çözüm yöntemi ile yukarıda anılan değişkenler, çok küçük zaman aralıklarında ve yatağı idealize eden her bir sayısal çözüm hücresi için bulunabilmektedir [3]. Tipik zaman aralığı genellikle 0.005 saniye dolayında olmakla birlikte çözümün seyrine bağlı olarak, bu değer program tarafından bir miktar değiştirilmektedir.



Şekil 10 Bir akışkan yatağın idealize edilmesi [3]

Şekil 10'da görüldüğü gibi yatak DX ve DY ölçülerindeki $I \times J$ kadar dikdörtgen elemanlara bölünmektedir. I ve J düğüm koordinat noktaları ile tanımlenen bu elemanların her birinde 35 numaralı denklemdeki değişkenlerin ortalama değerleri ve diğer başka hidrodinamik bilgiler de çözülmektedir. Bu değerlerin en önemlisi her bir zaman dilimindeki yatak rejiminin tanımlanmasında kullanılan ϵ_L değeridir. Bu boşluk oranından yararlanılarak tanımlanan rejime ilişkin ısı transfer hesaplarını yapan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Akışkan yatak rejiminde geniş bir yatak ve heterojen bir akışkanlaşmanın söz konusu olduğu durumlarda Zabrodsky modeli (Denklem 1,3,4,5,6,7 ve 16) kullanılır. Narin yataklarda ve homojen akışkanlaşmada ise Mickley ve Fairbanks modeli kullanılır (Denklem 8,9,20,22,12,16). k_p değeri ise paket yatak denklemlerinden bulunmaktadır. 8 numaralı denklemdeki oyalanma süresi

$$t_r = \frac{DY}{V_p} \quad (36)$$

şeklinde yazılır. Ancak kabarcık geçişi ile paket hareketi kesilmekte olduğundan kabarcık geçiş sıklığı da göz önünde tutulmalıdır. Eğer kabarcık geçiş periyodu t_k kısa ise t_r olarak ($t_k - t_{k0}$) kullanılmalıdır. Ancak Mickley ve Fairbanks modeli zaten homojen yataklar için tavsiye edildiğinden uygulamada bir sorun çıkmamaktadır. Parçacık çapı da modelin seçiminde etken olup, $D_s \geq 0.002 - 0.003$ m koşulunda Zabrodsky modeli tercih edilebilir. Mukayese yapılmak istendiğinde program her iki modelin sonuçlarında vermektedir.

Massimila ve Westwater [21] yaptıkları deneylerde küme içersindeki parçacıkların hep birlikte hareket ettiklerini ve ortak davranış içersinde olduklarını deneysel olarak göstermiştir. Bu nedenle parçacık kümelerini temsil etmesinde istenen sayısal hücrelerin uygun ve olduğunca küçük ölçülerde seçilmesi koşulu ile hücrelerdeki ortalama değerlerin yerel değerlere özdeş olduğu kabul edilmiştir. Paket yatak rejimi için ise, 18,19 (veya 21) ve 22'den 30'a kadar olan denklemler ile 10 numaralı denklem kullanılmaktadır. Kabarcığın duvarı yaladığı anlar için ($\epsilon_L(x) > 0.8$) 31,32,33 ve 34 numaralı denklemler kullanılmaktadır. Sabit bir h_d değerine ulaşılan dek ani ve yerel ısı transfer katsayılarının sayısal integrali alınarak ortalaması hesaplanmaktadır. Bu değerlerin yatak boyunca ortalaması da ortalama duvar ısı transfer katsayısını vermektedir.

Sayısal yöntemle ilgili etraflı bilgi daha önceki bir bildiriye verilmiş olup [22] belli bir gözlem noktasındaki yerel ısı taşınım katsayısının zamana göre değişimine ilişkin örnek bir çözüm Şekil 13'de gösterilmiştir. Bu şekilde her üç rejiminde var olduğu gözlenmektedir. Tepe noktalar akışkan yatak ısı transferini, ara değerler paket yatak, minimum değerler ise, kabarcık temasındaki ısı transferini göstermektedir. Mickley ve Trilling yatağına [23] ilişkin ve ısıtılan duvar bölgesindeki bir gözlem noktasındaki ($I=10, J=30$) bu değerlere göre h_d değeri yaklaşık $600 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ değeri ile $140 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ değeri arasında değişmektedir. İlk 1.3 saniye içersinde 5 adet paket yatak rejimi, 3 kabarcık teması ve 5 adet akışkan rejim oluşmuş olup, her bir kabarcık temasının öncesi ve ardında paket yatak rejimi yer almaktadır. Doğrudan kabarcık teması olmasa bile akışkan yatak-paket yatak rejimi salınımı olabilmektedir. Bu, yakından geçen fakat duvarı yalamayan kabarcıkların bir sonucudur. Bu fikirden hareketle 0.2 saniye dolayında bir kabarcığın duvara yakın geçtiği sonucuda ortaya çıkmaktadır.

AMPİRİK DENKLEMLER

Literatürde yatak-dış duvar ısı geçişine ilişkin bir çok deneysel bulgu ve ampirik denklem mevcut olmakla birlikte büyük bir çoğunluğu çok küçük parçacık ve narin yataklar için geçerlidir. Bu deneylere ilişkin ortak parçacık çapları 0.0001-0.00013 m ($D_s/D_t \approx 0.001$) Reynolds sayısı 0.01-100, L_{ma}/D_t ise en az 4'tür. Sayısal çözüm yönteminin bir değerlendirilmesini yapmak için çözülen örnek problemlere en uygun olan iki ampirik denklem seçilmiştir. Bunlardan ilki, Wen ve Leva [24] tarafından önerilen denklemdir:

$$Nu = a [C_s \rho_s D_s^{1.5} g^{0.5} / k_g]^{0.4} \cdot [GD_s (\eta - 1) / (\mu_g R_b)]^{0.36} \quad (37)$$

Burada, a küçük Reynolds sayıları için 0.10 ($Re < 20$), daha büyük Reynolds sayıları için ise 0.08 alınmalıdır.

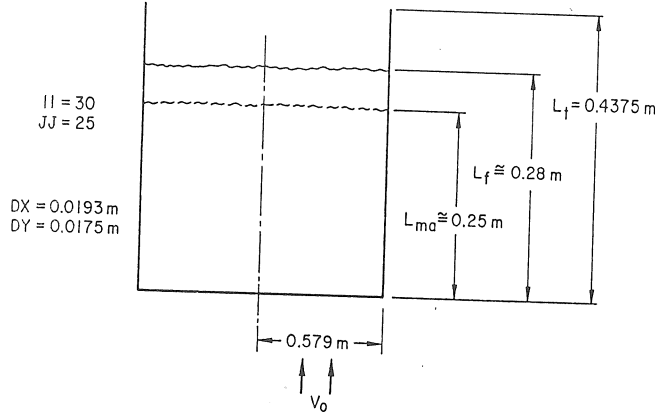
İkinci denklem ise Van Heerden ve diğerleri tarafından önerilmiştir [25]:

$$Nu = 0.58(C_g \mu_g / k_g)^{0.5} (a G D_s / \mu_g)^{0.45} (C_s / C_g)^{0.36} \{\rho_s (1 - \epsilon_{ma}) / \rho_g\}^{0.18} \quad (38)$$

Bu denklemde ise a , 0.39-0.58 arasında bir değere sahiptir.

ÖRNEK ÇÖZÜMLER

Bu çalışmada, her türlü yatak konfigürasyonunu kapsayabilmek, özellikle Mickley ve Fairbanks ile Zabrodsky modellerini mukayese edebilmek için birisi çok sığ diğeri ise çok narin iki yatak ele alınmış ve sayısal olarak çözülmüştür.



Şekil 11 Sığ yatak geometrisi

Sığ Yatak

Örnek çözüm için ele alınan sığ yatak Şekil 11'de gösterilmiştir. Yatak içerisinde 0.001676 m çapında kömür tanecikleri bulunmakta olup, yanma öncesi soğuk yatak olarak modellenmiştir. Yatak 30x25 adet hücre ile idealize edilmiş, sayısal çözüm 2.7 saniye sonra dengeye ulaşmıştır. Yatağa ilişkin diğer sayısal veriler ise Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3 Sığ yatak sayısal verileri

$k_s = 0.26$	$C_s = 0.63 \times 10^3$	$\rho_s = 1200$	$D_s = 0.001676$
$k_g = 0.0277$	$C_g = 0.82 \times 10^3$	$\rho_g = 1.1$	$\mu_g = 1.94 \times 10^{-4}$
$\epsilon_{ma} = 0.47$	$G = 1.397$	$\eta = 1.14$	$R_b = 1.12$
$L_{ma}/D_t = 0.2158$	$D_s/D_t = 0.00144$		$T_b = 300 \text{ K}$

Bu sığ yatakta çok az kabarcıklanma görüldüğünden Mickley ve Fairbanks modeli kullanılmıştır. Isıma ısı transferi ihmal edilmiştir. Sayısal yöntemle etkin yatak boyunca ortalama Nusselt sayısı 6.65 olarak bulunmuştur. Ampirik denklemlerle bu sonuç karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Aynı hidrodinamik çözüme Zabrodsky modeli uygulanmış ($K_1 = 11.7$), Nusselt sayısı 4.65 olarak bulunmuştur. Bu farklılığın nedeni yatakta kabarcıklanmanın çok az olması, ($\eta = 1.14$) sonucu Zabrodsky modeline temel teşkil eden duvara dik parçacık hareketinin bulunmamasıdır.

Çizelge 4 Sayısal çözümün mukayesesi (sığ yatak)

	Sayısal Çözüm (Mickley ve Fairbanks)	Denklem 37 ($a=0.08$)	Denklem 38 ($a=0.40$)	Analitik Sonuç (Denklem 15b)
Nusselt Sayısı	6.65	6.83	7.19	6.6

Narin Yatak

Mickley ve Trilling'in 1949 yılında 0.1016 m çapında ve toplam 2.54 m yüksekliğindeki bir narin yatakta gerçekleştirdikleri dikkatli deneylere ilişkin bulgular bugüne araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır [23]. L_{ma}/D_t oranı 15.45 olan bu yatağın orta yüksekliğindeki yaklaşık 0.6 m'lik bölümü dış duvardan çevresel olarak ısıtılmış ve değişik deneylerde, çaplarını 0.00026 ve 0.000154 m arasında değiştirdikleri cam küreler kullanmışlardır. Elde ettikleri 61 adet veriyi kullanarak aşağıdaki ilişkiyi kendi yatakları için geçerli bulmuşlardır.

$$h_d = 0.64485 \left(\frac{\rho_m G}{D_s^3} \right) \cdot 10^{-12} \quad (39)$$

Bu verilere ilişkin deneysel Nusselt sayısı 0.71 ile 2.07 arasında değişmektedir.

Bu yatakta sayısal çözüm için idealize edilmiş ve 0.00508 m x 0.02037 m ölçülerinde 10x85 adet sayısal hücre kullanılmıştır. Isıma ısı transferi hesaplarına katılmış ve gene Mickley ve Fairbanks modeli kullanılmıştır. Bunun nedeni hem yatağın narin olması hem de kabarcıklanmanın çok az olduğunun rapor edilmiş olmasıdır. Çözümde kullanılan ve yatağa ilişkin diğer sayısal veriler Çizelge 5'de gösterilmiştir. Sayısal çözüme ilişkin model Şekil 12'de gösterilmiştir. Şekil 13'de ise, bir gözlem noktasındaki ısı transfer katsayısının ani değişikliklerini gösteren sayısal çözüme ilişkin bilgisayar grafiği görülmektedir.

Çizelge 5 Mickley ve Trilling yatağı sayısal verileri

$k_s = 0.726$	$C_s = 0.8 \times 10^3$	$\rho_s = 2440$	$D_s = 0.000154$
$k_g = 0.04$ (500 K sıcaklıkta)	$C_g = 1.03 \times 10^3$	$\rho_g = 0.691$	$\mu_g = 2.67 \times 10^{-4}$
$\epsilon_{ma} = 0.487$	$G = 0.39$	$\eta = 2.36$	$R_b = 1.1$
$L_{ma}/D_t = 15.45$	$D_s/D_t = 0.00151$		$T_b = 510 \text{ K}$

Mickley ve Fairbanks modeli kullanılarak ısıtılan duvar yüksekliği boyunca ortalama Nusselt sayısı 1.55 olarak bulunmuştur. Kullanılan deney koşulları için bu değeri Mickley ve Trilling 1.28 olarak vermektedirler. Sayısal çözüm deney bulguları ve diğer ampirik ve analitik çözümlerle Çizelge 6'da karşılaştırılmıştır.

K	k_s/k_g (-)
K_1	bölen sabit (denklem 3) (-)
L	yatak yüksekliği (m)
L_s	komşu iki parçacık merkezleri arasındaki mesafe (m)
l_s	parçacık çapının ısı iletiminden etkilenen bölümü (m)
l_v	boşluktaki gaz tabakasının ısı iletiminden etkilenen kalınlığı (m)
n	tek bir parçacığın yarı yüzeyindeki temas noktası sayısı (-)
Nu	Nusselt sayısı ($h_d D_s/k_g$) (-)
Pe	Pecklet sayısı ($\rho_g D_s V_g C_s/k_g$) (-)
Pr	Prandtl sayısı ($\mu_g C_s/k_g$) (-)
R	gaz sabiti (J/kgmolK ⁴)
R_b	yatak genişleme oranı (L_f/L_{ma}) (-)
R_1	ısı transferinde yatak ısı direnci (W/m^2K) ⁻¹
R_2	ısı transferinde ek duvar direnci (W/m^2K) ⁻¹
Re	parçacık Reynolds sayısı ($\rho_g D_s V_o/\mu_g$) (-)
s	yatak doluluk oranı (-)
T_b	yatak sıcaklığı (K)
t	zaman (s)
t_{ko}	kabarcık oyalanma süresi (s)
t_k	kabarcık geçiş periyodu (s)
t_r	paketin duvarda oyalanma süresi (s)
U_g	gazın yatay yöndeki hız bileşeni (m/s)
U_s	parçacığın yatay yöndeki hız bileşeni (m/s)
V_g	gazın dikey yöndeki hız bileşeni (m/s)
V_{ma}	minimum akışkanlaşma hızı (m/s)
V_o	boş kolondaki itibari gaz hızı (m/s)
V_p	paketin dikey yöndeki hızı (m/s)
V_s	parçacığın dikey yöndeki hız bileşeni (m/s)
x	duvardan olan uzaklık (m)

SEMBOLLER

Δ_s	parçacıklar arasındaki açıklık (m)
ΔL	paketin duvardaki karakteristik temas boyu (m)
α	$ V_g/U_g $ (-)
β	L_s/D_s (-)
γ	l_s/D_s (~2/3) (-)
Φ	boşluktaki gaz tabakasının ısı transferinden etkilenen kalınlık oranı (l_v/D_s) (-)
δ	sınır tabaka kalınlığı (m)
δ_d	duvar ile duvara bakan ilk parçacık dizisi arasındaki ısı iletim tabakası kalınlığı (m)

η	V_o/V_{ma} (-)
ϵ	boşluk oranı (-)
Ω_s	parçacık yüzeyi ışıma yayılım katsayısı (-)
Ω_d	duvar yüzeyi ışıma yayılım katsayısı (-)
Ω_b	yatak ortalama ışıma yayılım katsayısı (-)
σ	Stephan-Boltzman sabiti (5.67×10^{-8}) (W/m^2K^4)
μ	viskozite (kg/m.s)
ρ	yoğunluk (kg/m ³)

Alt Simgeler

b	yatak
c	ısı taşınımı
d	duvar
f	akışkanlaşma
g	gaz
k	kabarcık
l	bölgesel
m	ortam
ma	minimum akışkanlaşma
o	boş kolondaki itibari değer
p	paket
r	ışıma, oyalanma
rs	parçacıktan ışıma
rv	boşluktan ışıma
s	parçacık
t	yatak kolonu

Üst Simgeler

-	ortalama
°	durgun koşul

FLUIDIZED BED TO WALL HEAT TRANSFER

Bed to wall heat transfer plays an important role in the design or evaluation of a fluidized bed. When the heat transfer surfaces are on the vessel walls, a high transfer rate is desirable. For fluidized-beds where heat transfer surfaces are directly immersed into the bed, this time minimization of heat losses is required. Increasing trend of placing the heat transfer rods on the vessel walls concentrates attentions to bed-external wall heat transfer studies. However, vast amount of experimental data and various correlations available in the literature is far from providing local heat transfer predictions and are usually not accurate enough. Instead, they can only provide an average heat transfer coefficient for the heat transferring wall. In this paper, prominent bed to wall heat transfer models are discussed, relevant empirical equations are summarized and a numerical method is presented with two case studies.

KAYNAKÇA

- 1 Kılkiş, B., Calculation of Local Bed to Wall Heat Transfer in a Fluidized Bed, U.S. Morgantown Energy Technology Center, Technical Report, August 1985.
- 2 Kılkiş, B., Development of a Computer Program to Predict the Wall to Bed Heat Transfer in Co-Operation with the S³ code, U.S. Morgantown Energy Technology Center, Technical Report, August 1982.
- 3 Chen, P.J. ve diğerleri, Computer Modelling of Coal Gasification Reactors, U.S. Dept. of Energy, Technical Report, No. DOE/ET/10242-T1, vol.1-4, 1981.
- 4 Zabrodsky, S.S., Hydradynamics and Heat Transfer in Fluidized Beds, MIT Press London, 1986.
- 5 Mickley, H.S. ve Fairbanks, D.F., Mechanism of Heat Transfer to Fluidized-Beds, *AICHE J.*, 3 (1955), 374-384.
- 6 Leva, M. ve Grummer, M., A Correlation of Solids Turnover in Fluidized Systems, *Chem.Eng.Prog.*, 48 (1952), 6, 307-312.
- 7 Dow, M.W. ve Jakob, M., Heat Transfer Between a Vertical Tube and a Fluidized Air Solid Mixture, *Chem.Eng.Prog.*, 47 (1951), 12, 637-648.
- 8 Levenspiel, O. ve Walton, J.S., *Chem.Eng.Prog.Symp.*, Series, 50 (1950), 9, 1-3.
- 9 Gorelik, A.G., Mechanism of Heat Exchange Between Surfaces and Fluidized Bed, *J.Eng.Phys.*, 13 (1967), 6, 495-498.
- 10 Dixon, A.G., Thermal Resistance Models of Packed Bed Effective Heat Transfer Parameters, *AICHE J.*, 31 (1985), 5.
- 11 Kondukov, L.I. ve diğerleri, Inv. on Hydrodynamics of Fluidized-Bed as a Component determining Heat and Mass Transfer, *Fifth Int.Heat T.Conf.Proceedings*, 54-58, Soc. of Chem.Eng., Tokyo, 1974.
- 12 Glicksman, L.R. ve Decker, N.A., Design Relationships for Predicting Heat Transfer to Tube Bundles in Fluidized Bed Combustors, *Sixth Int.Conf.on Fluidized-Bed Combustion Proceedings*, 1152-1158, 1980.
- 13 Yagi, S. ve Kunii, D., Studies on Effective Thermal Conductivities in Packed Beds, *AICHE J.*, 3 (1957), 3, 373-381.
- 14 Yagi, S. ve Kunii, D., Studies on Heat Transfer Near Wall Surface in Packed Beds, *AICHE J.*, 6 (1960), 1, 97-104.
- 15 Ranz, W.E., Friction and Transfer Coefficients for Single Particles and Packed-Beds, *Chem.Eng.Prog.*, 48 (1952), 5.
- 16 Hatto, S. ve Maeda, S., *Kagaku Kogaku*, 12 (1948), 56.
- 17 Botterill, J.S.M. ve Denloye, A.O.O., A Theoretical Model of H.T. to a Packed or Quiescent Fluidized-Bed, *Chem.Eng. Sci.*, 33 (1978), 509-515.
- 18 Roblee, L.H.S. ve diğerleri, Radial Porosity Variations in Packed Beds, *AICHE J.*, 4 (1958), 6, 460-464.
- 19 Bunnell, D.G. ve diğerleri, *IEC*, 41 (1979), 1977.
- 20 Wakao, N. ve Kagueli, S. *Heat and Mass Transfer in Packed Beds*, Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1982.
- 21 Massimila, L. ve Westwater, J.W., Photographic Study of Solid Gas Fluidization, *AICHE J.*, 6 (1965), 1, 134-138.
- 22 Kılkiş, B., Akışkan Yatak-Dış Duvar Isı Transferi Açısından Bilgisayar Yardımı ile Hidrodinamik Yatak İşletimi Tasarımı, 1. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, *Bildiri Kitabı*, 247-254, ODTÜ, 1984.
- 23 Mickley, H.S. ve Trilling, A.C., Heat Transfer Characteristics of Fluidized-Beds, *Ind.Eng.Chem.*, 41 (1949), 6, 1135-1147.
- 24 When, C.Y. ve Leva, M., Fluidized Bed Heat Transfer: A Generalized Dense Phase Correlation, *AICHE J.* 2 (1956), 4, 482-488.
- 25 Heerden Van, C. ve diğerleri, Mechanism of Heat Transfer in Fluidized-Beds, *Ind.Eng.Chem.*, 45 (1953), 6, 1237-1242.

Yatay Dövme Makinalarında Üretilen Parçalar İçin Sınıflandırma ve Kodlama Sistemi (Bölüm II)

Mustafa İlhan GÖKLER

Y.Doç.Dr.

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Yatay dövme makinalarında üretilen parçaların işlem ve kalıp tasarımında sistematik yaklaşımlara temel oluşturmak amacıyla üç basamaklı yeni bir sınıflandırma ve kodlama sistemi geliştirilmiştir. Birinci basamak kodlaması ile birinci basamak değeri 0,1,4 ve 5 olan parçalar için ikinci ve üçüncü basamak kodlaması daha önce tanıtılmıştı. Bu bildiride diğer birinci basamak değerleri için ikinci ve üçüncü basamak kodlamaları örneklerle beraber sunulacaktır.

GİRİŞ

Yatay dövme makinalarında üretilen parçalar için geliştirilen üç basamaklı sınıflandırma ve kodlama sisteminin birinci basamak kodlaması ile eksen boyunca değişmeyen tip kesite sahip eksenel simetrik parçaların (birinci basamak değeri 0,1,4,5) ikinci ve üçüncü basamak kodlamaları daha önce sunulmuştu [1]. Bu makinalarda üretilen parçalar bununla sınırlı kalmayıp, çok çeşitlidir. Eksen boyunca dairesel ve çokgen kesitlerin birlikte olduğu parçalar (birinci basamak değeri 2,6), dişli, kamalı mil, zincir dişlisi gibi ürünleri içeren karmaşık kesitli parçalar (birinci basamak değeri 3,7) ve eksenel simetrik olmayan veya 2. derece eksenel simetrik veya bükülmüş eksenli parçaların (birinci basamak değeri 8,9) da üretimleri mümkündür [2,3]. Bu parça gruplarının herbiri için farklı özelliklerin önemli olması nedeniyle ayrı çizelgeler hazırlanmıştır. Bu çizelgelerde kullanılan bazı kavram ve tanımlar için kaynak 1'e başvurulması yararlı olacaktır.

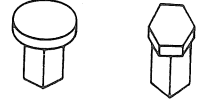
BİRİNCİ BASAMAK DEĞERİ 2,6 OLAN PARÇALAR İÇİN İKİNCİ VE ÜÇÜNCÜ BASAMAK SINIFLANDIRMASI

Eksen boyunca dairesel ve çokgen kesitlerin birlikte olduğu parçaları içeren bu grup için ikinci ve üçüncü basamak sınıflandırması Çizelge 1'de verilmektedir. Birinci basamak değeri 0,1,4,5 olan parçaların sınıflandırılmasındaki benzer özellikler [1] ancak bazı farklılıklarla beraber dikkate alınır. Bu grup parçalar birden çok çeşit kesit tipini içerdiklerinden çubuk kesitini belirleyici olarak öncelikle en büyük uzunluğa sahip kesit tipi belirlenmelidir. Bu kesit tipi **birincil kesit** olarak tanımlanır.

Birincil kesitin dairesel olup olmaması önemlidir (Şekil 1) ve bu ikinci basamakta belirlenir. Delikli



Birincil Kesiti
Dairesel Parçalar



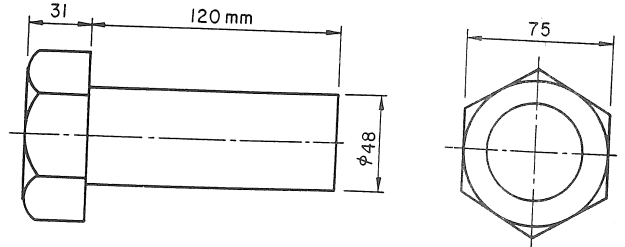
Birincil Kesiti
Çokgen Parçalar

Şekil 1 Parçaların birincil kesitlerine göre ayrımı

ve deliksiz parçalar yine ikinci basamakta ayrılır. Üçüncü basamakta ise, farklı olarak birincil kesit tipine sahip geometrik elemanın çapının temel silindirik zarfın çapına, D [1], eşit olup olmadığı kontrol edilir, bu da şişirilecek bölgenin hangi kesitte olduğunu gösterir.

Kodlama Örneği

Şekil 2'de anahtar ağız açıklığı 75 mm olan bir civata görülmektedir. Eksenel simetrik olan, dairesel ve altıgen kesite sahip bu parçayı içine alabilecek temel silindirik zarfın ölçüleri $L=151$ mm ve $D=86.6$ mm, böylece $L>D$ 'yi sağlayan uzun bir parçadır. Buna göre ilk basamak kodu "6" olacaktır [1]. Parça bir

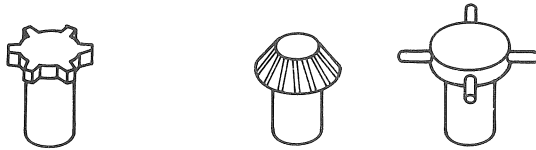


Şekil 2 Kodlaması yapılacak bir civata

uca doğru azalan kesitli ve deliksizdir. Dairesel kesite sahip geometrik elemanın boyu (120 mm), altıgen kesitli geometrik elemanın boyundan (31 mm) büyüktür, bu durumda parçanın birincil kesit tipi daireseldir ve ikinci basamak değeri "0"'dır. İki paralel profilli geometrik elemandan oluşan parçanın en küçük çevresel çaplı elemanın uzunluğu (120 mm), 0.7 L (105.7 mm)'den büyüktür böylece en büyük çevresel çaplı geometrik eleman bir uca yakındır. En küçük çevresel çap (48 mm) 0.5 D (43.3 mm)'den büyüktür. Bu özellikler üçüncü basamak değerini "1" olarak göstermektedir. Böylece "601" kodu bu parçayı tanımlamaktadır.

BİRİNCİ BASAMAK DEĞERİ 3,7 OLAN PARÇALAR İÇİN İKİNCİ VE ÜÇÜNCÜ BASAMAK SINIFLANDIRMASI

Dişli, kamalı mil, zincir dişlisi gibi karmaşık kesitlere sahip parçalar için bu özelliklerin ayrıntılı olarak dikkate alınması ile oluşturulmuş ikinci ve üçüncü basamak sınıflandırması Çizelge 2'de görülmektedir. Düz diş profilli parçalar (Şekil 3) için ikinci basamak değerleri "0-5" ayrılmıştır. Düz dişliler, iç ve dış kama milleri, zincir dişlileri bu grupta yer almaktadır. Diğer diş profillerine ve özelliklere sahip parçalar içinse "6-9" değerleri kullanılmıştır. Bu ayırımdan sonra ikinci basamakta eksen boyunca parça profilindeki değişim ve parçada delik olup olması da belirlenmektedir.



Düz Diş Profilli Parçalar

Diğer Diş Profilli ve Özellikli Parçalar

Şekil 3 Karmaşık kesitli parçalar

Üçüncü basamakta diş profilli geometrik elemanların sayısı, diş profilini çevreleyen çapla temel silindirik zarf çapının karşılaştırılması ve diş profilli geometrik elemanın oransal uzunluğu dikkate alınarak kodlama yapılır. Tek diş profilli geometrik elemanlı parçalara daha çok rastlanılması sebebiyle üçüncü basamağın sekiz değeri "0-7", diğerleri içinse iki değer "8-9" ayrılmıştır.

Kodlama Örneği

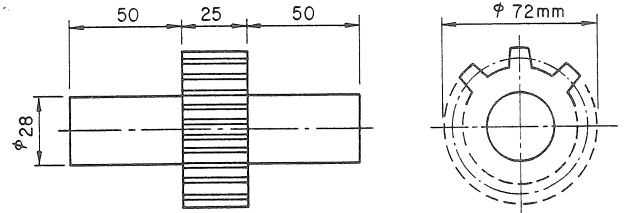
Üzerinde düz dişli bulunan bir shaft Şekil 4'de görülmektedir. Eksenel simetrik olan bu parçayı içine alabilecek temel silindirik zarfın ölçüleri $L=125$ mm ve $D=72$ mm olduğundan $L>D$ 'dir. Bu özellikler göz önüne alındığında birinci basamak kodu "7" olacaktır [1]. Parçanın düz diş profilli bir geometrik elemanı içermesi, iki uca doğru azalan kesitli deliksiz oluşu ikinci basamak kodunun "2" olmasını gerektirir. Parça üzerinde diş profilli sadece bir geometrik eleman vardır. Diş profilli geometrik elemanı çevreleyen çap temel silindirik zarf çapına,

D, eşittir. En büyük çevresel çaplı geometrik eleman ortaya yakındır. Diş profilli geometrik elemanın uzunluğu (25 mm), 0.3 L (37.5 mm)'den küçüktür. Bu durumda üçüncü basamak değeri "1" ve böylece parçayı tanımlayan kod "721" olur.

BİRİNCİ BASAMAK DEĞERİ 8,9 OLAN PARÇALAR İÇİN İKİNCİ VE ÜÇÜNCÜ BASAMAK SINIFLANDIRMASI

Bu gruptaki parçalar için ikinci ve üçüncü basamak kodlamaları Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. İkinci basamakta "0-3" değerleri 2. derece eksenel simetrik parçalar için ayrılmışken "4-9" değerleri eksenel simetrik olmayan ve/veya bükülmüş eksenli parçalar için kullanılmıştır. Bu gruplardaki parçaların karmaşıklığı sebebiyle üçüncü basamak sınıflandırılmasında göz önüne alınan ikincil özellikler ve oranlar her bir ikinci basamak değeri için farklılıklar gösterir.

2. derece eksenel simetrik parçaların deliksiz olanları için "0" değeri, delikli olanlar için ise "1-3" değeri ayrılmıştır. Delikli parçalarda 2. derece eksenel simetri Şekil 5'de görüldüğü gibi parçanın diş profili ve/veya delik profilinden (iç profil) dolayı olabilir. Diş profili eksenel simetrik ve iç profili 2. derece eksenel simetrik parçalar için ikinci basamak kodu "1" ayrılmıştır. Dış profili 2. derece eksenel simetrik olan parçalardan delik açıklığı silindirik zarf eksenine dik yüzeyde olanlar için ikinci basamak kodu "2" kullanılır ve genellikle bu delik zımbayla şekillendirilir. Delik açıklığı bu eksene dik olan yüzeyde değilse kod olarak "3" alınır ve genellikle bu delik profilleri kavrayıcı kalıbın kayar kısmı ile şekillendirilir, ancak bu işlem bazı yatay dövme makinelerinde mümkündür [4].



Şekil 4 Kodlaması yapılacak üzerinde düz dişli bulunan bir shaft

İkinci basamak değeri "0" olan 2. derece eksenel simetrik deliksiz parçalar için üçüncü basamak kodlaması parçaları öncelikle üç ana gruba ayırır (Şekil 6):

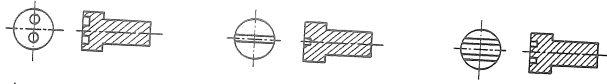
- Dikdörtgen ve/veya eşkenar dörtgen kesitli parçalar (üçüncü basamak değeri 0-3),
2. derece eksenel simetrik çıkıntılı parçalar (üçüncü basamak değeri 4,5),
2. derece eksenel simetrik özelliklere sahip, ancak yukarıdaki iki şıkta içermeyen parçalar (üçüncü basamak değeri 6-9).

Çizelge 1: Birinci basamak değeri 2,6 için ikinci ve üçüncü basamak kodlaması

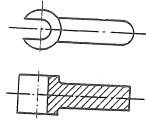
		SADECE PARALEL PROFİLLİ GEOMETRİK ELEMANLI										TÜM PROFİLLER	
		2 GEOMETRİK ELEMANLI					2'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMANLI					EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\geq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $< 0,7 L$
		EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $> 0,7 L$	EN KÜÇÜK ÇEVRESEL ÇAPLI GEOM. ELEMANIN BOYU $\leq 0,7 L$
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
BİR UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	0											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	1											
BİR UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	2											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	3											
İKİ UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	4											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	5											
İKİ UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	6											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	7											
DİĞER FİTÜRALİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	7											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	8											
DİĞER FİTÜRALİ PARÇALAR	DEĞİŞİZ PARÇALAR	9											
	BİRİNCİL KESİTİ DAİRESEL PARÇALAR												
	BİRİNCİL KESİTİ ÇUKEN PARÇALAR	9											

Çizelge 2 : Birinci basamak değeri 3,7 için ikinci ve üçüncü basamak kodlaması

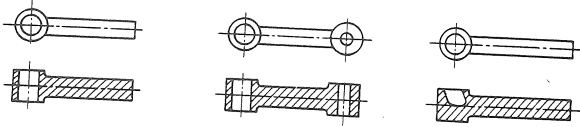
		SADACE BİR GEOMETRİK ELEMANI DİŞ PROFİLLİ								BİRDEN ÇOK GEOM. ELEMANI DİŞ PROFİLLİ		
		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0				DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0				DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANLARIN TOPLAM BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANLARIN TOPLAM BOYU > 0,5 L	
		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN ORTAYA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN BİR UCA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN ORTAYA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN BİR UCA YAKIN				
		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,8 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,8 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DİŞ DİŞ PROFİLLİ PARÇALAR	BİR UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DELİKSİZ PARÇALAR	0									
		DELİKLİ PARÇALAR	1									
	İKİ UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DELİKSİZ PARÇALAR	2									
		DELİKLİ PARÇALAR	3									
DİŞ DİŞ PROFİLLİ PARÇALAR	İKİ UCA DOĞRU ARTAN KESİTLİ PARÇALAR		DÜZENSİZ FATURALI PARÇALAR				İKİ UCA DOĞRU ARTAN KESİTLİ PARÇALAR				DÜZENSİZ FATURALI PARÇALAR	
			DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0			
			DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DİŞ DİŞ PROFİLLİ PARÇALAR	DELİKSİZ PARÇALAR	4										
	DELİKLİ PARÇALAR	5										
İKİNCİ BASAMAK - KESİTE	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0				DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0				DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANLARIN TOPLAM BOYU ≤ 0,5 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANLARIN TOPLAM BOYU > 0,5 L
			EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN ORTAYA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN BİR UCA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN ORTAYA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEMAN BİR UCA YAKIN			
			DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,8 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,8 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
İKİNCİ BASAMAK - KESİTE	BİR UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR	DELİKSİZ PARÇALAR	6									
		DELİKLİ PARÇALAR	7									
	İKİ UCA DOĞRU AZALAN KESİTLİ PARÇALAR		8									
	DİŞ DİŞ PROFİLLİ PARÇALAR	İKİ UCA DOĞRU ARTAN KESİTLİ PARÇALAR		DÜZENSİZ FATURALI PARÇALAR				İKİ UCA DOĞRU ARTAN KESİTLİ PARÇALAR				DÜZENSİZ FATURALI PARÇALAR
		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI = 0		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN ÇEVRESSEL ÇAPLI < 0				
		DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU ≤ 0,3 L	DİŞ PROFİLLİ GEOM. ELEMANIN BOYU > 0,3 L			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
DİŞ DİŞ PROFİLLİ PARÇALAR	DİĞER FATURALI PARÇALAR		9									



a) Dış Profilli Eksenel Simetrik İç Profili 2. Derece Eksenel Simetrik Parçalar



b) Dış Profili 2. Derece Eksenel Simetrik ve Delik Açıklığı Silindirik Zarf Eksenine Dik Yüzeyde Olan Parça



c) Dış Profili 2. Derece Eksenel Simetrik Olan ve Delik Açıklığı Silindirik Zarf Eksenine Dik Yüzeyde Olmayan Parçalar

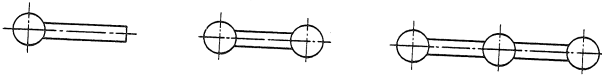
Şekil 5 Delikli 2. derece eksenel simetrik parçalar



a) Dikdörtgen ve Eşkenar Dörtgen Kesitli Parçalar



b) 2. derece Eksenel Simetrik Çıkıntılı Parçalar



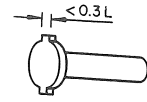
c) 2. derece Eksenel Simetrik Diğer Parçalar

Şekil 6 Deliksiz 2. derece eksenel simetrik parçalar

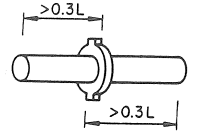
Üçüncü basamakta ayrıca geometrik eleman sayısı, en geniş çevresel çaplı geometrik elemanın uçlara göre konumu ilk ana grup için düşünülür. İkinci ana grupta Şekil 7'de görüldüğü gibi 2. derece eksenel simetrik çıkıntılarının konumu dikkate alınır. Üçüncü ana grupta ise uçlarda çap değişimi (Şekil 8) ve en geniş çaplı geometrik elemanın konumuna bakılır.

İkinci basamak değeri "1" olan parçaların üçüncü basamak kodlamasında parça üzerinde Şekil 9'daki gibi kanal olup olmadığına bakılır. Diğer özellikler ise, eksenel simetrik parçalar için dikkate alınmaz gibidir.

İkinci basamak değeri "2" olan parçalar için ise, üçüncü basamakta öncelikle Şekil 10'daki gibi

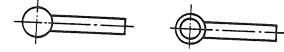


a) Çıkıntılı Eleman Bir Uca Yakın

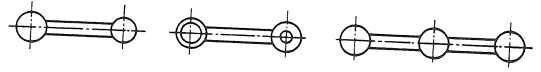


b) Çıkıntılı Eleman Ortaya Yakın

Şekil 7 Çıkıntılı elemanın konumu

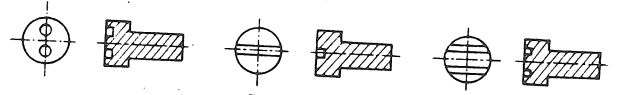


a) Bir Uçta Çap Değişimi



b) İki Uçta Çap Değişimi

Şekil 8 2. derece eksenel simetrik parçalarda çap değişimi

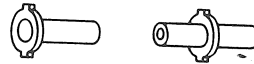


a) Kanal Dışında

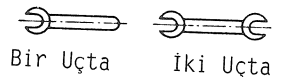
b) Kanallı Parçalar

2. Derece Eksenel Simetrik delikli Parçalar

Şekil 9 Birinci basamak değeri 8,9, ikinci basamak değeri 1 olan 2. derece eksenel simetrik parçalar



a) Çatal Dışında Özellikli Parçalar



Bir Uçta İki Uçta

b) Çatalı Parçalar

Şekil 10 Birinci basamak değeri 8,9, ikinci basamak değeri 2 olan 2. derece eksenel simetrik parçalar

çatalı olup olmadıkları belirlenir. parça üzerindeki deliğin silindirik zarf eksenine göre simetrik olup olmaması da dikkate alınır (Şekil 11).

İkinci basamak değeri "3" olan parçalar için deliklerin uçlara göre konumu, çap değişikliklerinin uçlarda olup olmadığı, deliklerin eksenel simetrik durumları üçüncü basamakta incelenir.

Eksenel simetrik olmayan ve/veya bükülmüş eksenli parçalar (ikinci basamak değeri 4-9), ikinci basamakta öncelikle düz eksenli ve bükülmüş eksenli olarak iki ana gruba ayrılır. (Şekil 12a,b). Ancak bü-

Çizelge 3 : Birinci basamak değeri 8,9 ve ikinci basamak değeri 0 – 3 için ikinci ve üçüncü basamak kodlaması

		ÜÇÜNCÜ BASAMAK - İKİNCİL ÖZELLİKLER VE ORANLAR													
		DİKDÖRTGEN VE/VEYA EKSENLER DÖRTGEN KESİTLİ PARÇALAR				2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK ÇIKINTILI PARÇALAR		DİĞER PARÇALAR							
		1-2 GEOMETRİK ELEMANLI		3'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMANLI		ÇIKINTILI ELEMAN BİR UÇTA YAKIN	ÇIKINTILI ELEMAN İKİ UÇTA YAKIN	ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK BİR UÇTA		ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK İKİ UÇTA					
		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN			EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. İKİ UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
İKİNCİ BASAMAK - KESİTLER VE DELİKLER	2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK PARÇALAR	DELİKSİZ PARÇALAR	0												
		KANAL DIŞINDA 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK DELİKLİ PARÇALAR						KANALLI PARÇALAR							
		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN						EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN							
		DELİK DERİNLİĞİ ≤ DELİK ÇAPI			DELİK DERİNLİĞİ > DELİK ÇAPI			DELİK DERİNLİĞİ ≤ DELİK ÇAPI			DELİK DERİNLİĞİ > DELİK ÇAPI			EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VE İKİ UÇTA YAKIN
		EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP ≤ 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP > 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP ≤ 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP > 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP ≤ 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP > 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP ≤ 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP > 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP ≤ 0,5 D	EN KÜÇÜK ÇEVRESSEL ÇAP > 0,5 D				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
		DİŞ PROFİLLİ EKSENSEL SİMETRİK İP PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK PARÇALAR	1												
		CATAL DIŞINDA ÖZELLİKLİ PARÇALAR						CATALLI PARÇALAR							
		2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK VEYA EKSENSEL SİMETRİK DELİKLİ PARÇALAR						EKSENSEL SİMETRİK OLMAYAN DELİKLİ PARÇALAR							
		DİŞ PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN			DİŞ PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN			DİŞ PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN		DİŞ PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN		EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN		
EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA VEYA İKİ UÇTA YAKIN										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENDE DİK YÜZEYDE OLAN PARÇALAR	2														
UÇLARDA DELİKLİ PARÇALAR						ORTADA DELİKLİ PARÇALAR									
ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK BİR UÇTA						ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK İKİ UÇTA									
SİLİNDİRİK ZARF EKSENDE GÖRE SİMETRİK DELİKLİ PARÇALAR			EKSENSEL SİMETRİK OLMAYAN DELİKLİ PARÇALAR			SİLİNDİRİK ZARF EKSENDE GÖRE SİMETRİK DELİKLİ PARÇALAR			EKSENSEL SİMETRİK OLMAYAN DELİKLİ PARÇALAR			ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK BİR UÇTA	ÇEVRESSEL ÇAPTA DEĞİŞİKLİK İKİ UÇTA		
EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. İKİ UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. BİR UÇTA YAKIN	EN GENİŞ ÇAPLI GEOM. ELEM. ORTAYA YAKIN						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
DİŞ PROFİLLİ 2. DERECE EKSENSEL SİMETRİK PARÇALAR	3														
DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENDE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR															

Çizelge 4 : Birinci basamak değeri 8,9 ve ikinci basamak değeri 4 – 9 için ikinci ve üçüncü basamak kodlaması

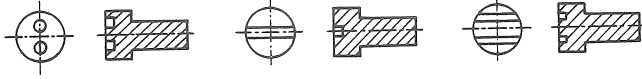
		ÜÇÜNCÜ BASAMAK - İKİNCİL ÖZELLİKLER VE ORANLAR									
		EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. BİR UCA YAKIN					EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. İKİ UCA YAKIN				
		1-2 GEOMETRİK ELEMENLİ		2'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMENLİ			3 GEOMETRİK ELEMENLİ			3'DEN ÇOK GEOM. ELEMENLİ	
DELİKSİZ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
İZ EKSENELİ PARÇALAR		DİŞ PROFİLLİ EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN PARÇALAR									
		DİŞ PROFİLLİ EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN PARÇALAR					DİŞ PROFİLLİ EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN PARÇALAR				
DELİKLİ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR					İKİ UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR				
		1-2 GEOMETRİK ELEMENLİ		2'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMENLİ			EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. BİR UCA YAKIN		EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. İKİ UCA YAKIN		
DELİKSİZ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR									
		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR					DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR				
DELİKLİ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR					İKİ UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR				
		1-2 GEOMETRİK ELEMENLİ		2'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMENLİ			EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. BİR UCA YAKIN		EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. İKİ UCA YAKIN		
DELİKSİZ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR									
		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR					DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR				
DELİKLİ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR					İKİ UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR				
		1-2 GEOMETRİK ELEMENLİ		2'DEN ÇOK GEOMETRİK ELEMENLİ			EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. BİR UCA YAKIN		EKSENEL SİMETRİK OLMAYAN GEOM. ELEM. İKİ UCA YAKIN		
DELİKSİZ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BİR UÇTA BÜKÜLMÜŞ PARÇALAR		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR									
		DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR					DELİK AÇIKLIĞI SİLİNDİRİK ZARF EKSENİNE DİK YÜZEYDE OLMAYAN PARÇALAR				
DELİKLİ PARÇALAR		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

külen kısmın uzunluğu, toplam eksen uzunluğuyla karşılaştırılır (Şekil 12c):

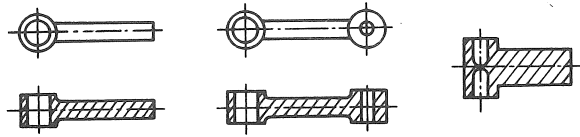
$$l_1 / (l_1 + l_2) \leq 0.1 \text{ ise parça düz eksenli}$$

$$l_1 / (l_1 + l_2) > 0.1 \text{ ise parça bükülmüş eksenli}$$

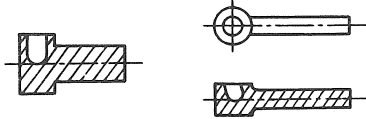
olarak kabul edilir.



a) 2. Derece Eksenel Simetrik Delikli Parçalar

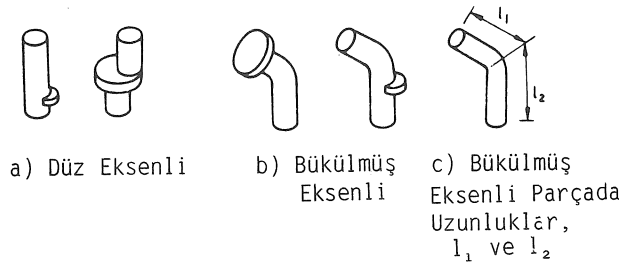


b) Silindirik Zarf Eksenine Göre Simetrik Delikli Parçalar



c) Eksenel simetrik Olmayan Delikli Parçalar

Şekil 11 Delikli parçalar

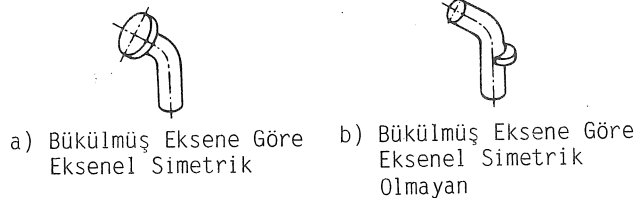


a) Düz Eksenli

b) Bükülmüş Eksenli

c) Bükülmüş Eksenli Parçada Uzunluklar, l_1 ve l_2

Şekil 12 Eksenel simetrik olmayan parçalar



a) Bükülmüş Eksene Göre Eksenel Simetrik

b) Bükülmüş Eksene Göre Eksenel Simetrik Olmayan

Şekil 13 Bükülmüş eksene göre eksenel simetri

Bükülmüş eksenli parçalar yine iki ayrı grupta incelenir (Şekil 13):

a) Bükülmüş eksene göre eksenel simetrik parçalar: Bu parçaların işlem sıraları eksenel simetrik parçalar ile aynıdır, ancak ayrıca bir bükme işlemini sonradan gerektirir.

b) Bükülmüş eksene göre eksenel simetrik olmayan parçalar: Bu parçaların işlem sıraları düz eksenli eksenel simetrik olmayan parçalar ile aynıdır ve yine en sonunda bir bükme işlemini gerektirir.

İkinci basamakta 4,6,8 değerleri deliksiz 5,7,9 değerleri delikli eksenel simetrik olmayan parçalara ayrılmıştır. İkinci basamak değeri 4 olan parçaların üçüncü basamak kodlamasında eksenel simetrik olmayan geometrik elemanın konumu, oransal boyu gibi özellikler dikkate alınır.

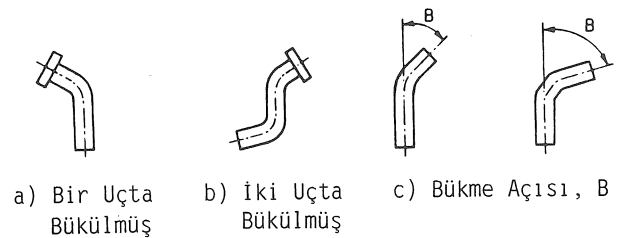
İkinci basamak değeri 5 olan parçalar öncelikle üçüncü basamakta eksenel simetrik olmayışın kaynağına göre ayrılırlar:

- Parçanın iç profilinden dolayı,
- Parçanın dış profilinden dolayı.

Delğin parça eksenine göre konumu, delğin eksenel simetrik olup olmaması, eksenel simetrik olmayan geometrik elemanın oransal boyu ve uçlarda olup olmaması, en geniş çaplı geometrik elemanın konumu yine üçüncü basamakta göz önüne alınan özelliklerdir.

İkinci basamak değeri "6" olan parçalar üçüncü basamakta iki ana gruba ayrılırlar (Şekil 14):

- Bir uçta bükme gerektiren parçalar,
- İki uçta bükme gerektiren parçalar.



a) Bir Uçta Bükülmüş

b) İki Uçta Bükülmüş

c) Bükme Açısı, B

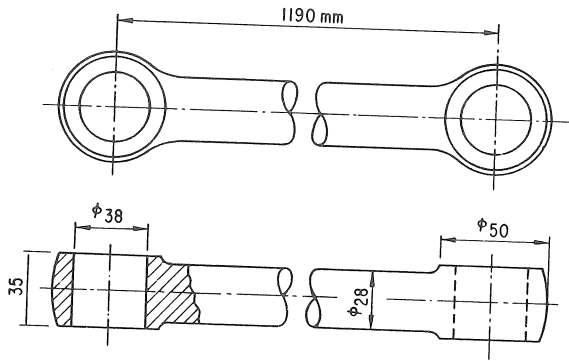
Şekil 14 Uçlarda bükme ve bükme açısı

Bu ana gruplar içinde bükülme açısı (Şekil 14) da diğer özelliklerin yanısıra bükme işleminin zorluğunun göstergesi olarak göz önüne alınır. Geometrik eleman sayısı bükülmüş eksenin düzleştirildiği düşünüldükten sonra belirlenir.

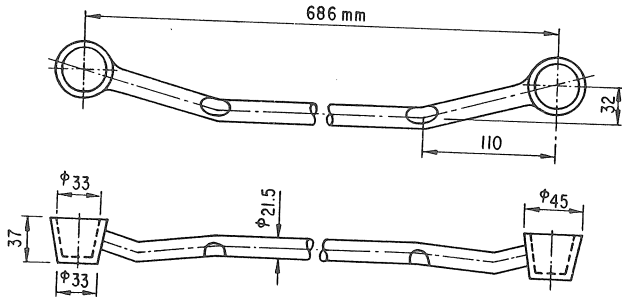
İkinci basamak değeri 7,8 ve 9 olan parçalar için de üçüncü basamakta Çizelge 4'de görüldüğü gibi daha önce tartışılanlara benzer özellikler belirlenir.

Kodlama Örnekleri

Şekil 15'de 2. derece eksenel simetrik bir dövme parçası görülmektedir. Parçanın geometrisi göz önüne alınır silindirik zarfın çapının 61 mm ve uzunluğunun 1240 mm olduğu hesaplanabilir. Bu durumda birinci basamak değeri "9" olarak belirlenir. Dış profili açısından 2. derece eksenel simetrik olan bu parça üzerindeki delik açıklıkları parça eksenine dik yüzeylerde olmadığından ikinci basamak değeri "3"dür. Parçanın iki ucunda da delik ve parçanın sapına göre çapta büyüme vardır. Böylece iki uçta da şişirme gerekmektedir. parça üzerindeki delikler silindirik zarf eksenine göre 2. derece eksenel simetrik değildir. En geniş çevresel çaplı geometrik elemanlar uçlara yakındır. Bu özellikler üçüncü basamak değerini "4" olarak belirlerken "934" kodu da parçayı tanımlar.



Şekil 15 2. derece eksenel simetrik bir parça



Şekil 16 Eksenel simetrik olmayan bir parça

Şekil 16'da eksenel simetrik olmayan ve bükülmüş eksenli bir dövme parçası görülmektedir. Parçanın geometrisine göre silindirik zarf boyutları, eksenin düzleştirildiği düşünülerek hesaplanır. Silindirik zarfın uzunluğu 740.1 mm, çapı ise 54 mm olarak

bulunur ve birinci basamak değeri "9" olarak belirlenir. Eksenel simetrik olmayan geometrik elemanlar içeren, delikli olan ve bükülmüş eksene göre eksenel simetrik olmayan bu parça için ikinci basamak değeri "9"dur. Deliklerin açıklıkları silindirik zarf eksenine dik yüzey üzerinde değildir. İki uçta bükme gerektiren bu parçadaki bükme açısı 16.2° olarak hesaplanır ve bu da 45°'den küçüktür. Bunların yanı sıra eksenel simetrik olmayan geometrik elemanların toplam boyları olan 90 mm, silindirik zarf uzunluğunun 0.3'ü olan 222 mm'den küçüktür. Böylece üçüncü basamak değeri "6" olarak bulunurken, parçayı tanımlayan kod "996" olur.

SONUÇ

Yatay dövme makinalarında üretilen parçaların çok çeşitli oluşu, mevcut sınıflandırma ve kodlama sistemlerinin sakıncaları göz önüne alınarak işlem ve kalıp tasarımı sistematik yaklaşımları kolaylaştırma amacıyla üç basamaklı yeni bir sınıflandırma ve kodlama sistemi geliştirilmiştir. Çizelgeler ve açıklayıcı notlardan oluşan bu sistem sıcak ve soğuk şekillendirilen parçalar için kullanılabilir. Aynı kod numarasına sahip parça grupları benzer işlem ve kalıp tasarımlarını gerektirirler. Sistemin kullanılması oldukça kolay olmakla beraber, bilgisayar yardımıyla kodlama yapmaya olanak sağlayan bir yazılımın geliştirilmesi bu çalışmanın devamı olarak düşünülmektedir.

CLASSIFICATION AND CODING SYSTEM FOR PARTS PRODUCED ON HORIZONTAL FORGING MACHINES (PART 2)

A new classification and coding system with three digits for parts produced on horizontal forging machines has been developed to provide a basis for systematical approaches in operations sequence and die design. The first digit classification and the second and third digit classifications for the first digit values 0, 1, 4, 5 have been previously introduced. In this paper, the second and third digit classifications for the other first digit values will be presented together with sample codings.

KAYNAKÇA

- 1 Gökler, M.İ., Yatay Dövme Makinalarında Üretilen Parçalar İçin Sınıflandırma ve Kodlama Sistemi (Bölüm 1), Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 1 (1987), 2, 77-84.
- 2 Etchells Product Charts (Ticari Broşürler), Etchells Machinery Limited, Stafford Road, Dorlaston, Wednesbury, West Midlands, England, 1979.
- 3 Covmac (Ticari Broşürler), Covmac Coventry Machine Tool Works Ltd., Halifax, England, 1979.
- 4 Nunnington, F.T., Multiforge Horizontal Upsetters, SME Paper No: MF72-534, 1972.

ODTÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE 30 YIL (1957-1987)

1987 yılı biterken, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü 30 uncu çalışma yılını geride bırakmaktadır. Bölümün 30 yıllık çalışma hayatında gerçekleştirdiklerini, Ülkemiz insan gücüne ve sanayiine katkıları ve şimdiki durumunu aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Üniversitenin ikinci Mühendislik Fakültesinin ilk bölümü olarak Mart 1957 yılında 22 öğrenci ile eğitim ve öğretime başlamıştır. Türkiye Büyük Millet Meclisinin arkasındaki bina ve barakalardan şimdi A ve B blokları diye anılan binalara Ekim 1963'te taşınmıştır. Bölümün kapalı alanı o günden bu yana yapılan binalar ile 1987 yılında 8924 m² ulaşmıştır.

Makina Mühendisliği Bölümünün ilk yöneticileri ve öğretim üyeleri, öğretim üyesi yetiştirilmesi üzerinde önemle durmuşlar ve bölümün başarılı öğrencilerini öğretim üyesi olarak yetiştirmek üzere yurt dışına gitmelerini teşvik etmişlerdir. Daha sonra bu kadroların da katkıları ile çağdaş eğitim anlayışı içerisinde yüksek lisans ve doktora eğitimine devam edilmiş ve yetenekli öğrenciler bu kere hem bölümde hem yurt dışında yetiştirilerek öğretim üyesi kadrosuna katılmaya başlamışlardır.

Makina Mühendisliği Bölümünün en büyük özel-liklerinden biriside 30 yıl zarfında bir çok bölümün kurulması ve çeşitli eğitim programlarının başlatılmasında kurucu rolü oynamasıdır. 1967 yılında Metalurji Mühendisliği Bölümü Makina Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve asistanları tarafından kurulmuştur. 1968 yılında kurulan Endüstri Mühendisliği, 1971 yılında kurulan Mühendislik Bilimleri Bölümü, 1973 yılında Eğitim ve Öğretime başlayan ODTÜ Gaziantep Makina Mühendisliği Bölümüne kuruluşunda katkıda bulunmuş, öğretim üyelerimizden bazıları bu bölümlere geçmişlerdir. 1981'de ODTÜ Havacılık Bölümünün kurulmasında Makina Mühendisliği öğretim üyeleri ve Bölüm Başkanlığı görev yapmıştır. Makina Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, 1983 yılında Nükleer Mühendislik yüksek lisans programını başlatmışlar ve bir çok değişik çağdaş teknolojilerin ülkemizde öğrenilmesinde öncülük etmişlerdir.

Makina Mühendisliği Bölümünün halen Makina Mühendisliği lisans eğitimini gören 1330 öğrencisi mevcuttur. Bölümün yüksek lisans programlarına kayıtlı 162, doktora programına kayıtlı 26 öğrencisi vardır. Yüksek lisans ve doktora öğrencileri Makina Mühendisliğinin çeşitli konularında temel ve teknolojik araştırmalar yürütmekte dizayn teknolojileri geliştirmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Makina Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesinin çeşitli bölümlerinin yaklaşık 1700 öğrencisine teknik resim, termodinamik, imalat mühendisliği, turbomakinalar, gaz türbinleri gibi dersleri vermektedir.

Makina Mühendisliği Bölümünün akademik personeli 1987 yılı sonu itibarı ile 6 profesör, 22 doçent, 10 yardımcı doçent, 3 öğretim görevlisi, 7 ek görevli öğretim elemanı, 38 araştırma görevlisi ve 3 uzman olmak üzere 87 kişidir. Bölümün, akademik ve araştırma faaliyetlerine yardımcı olan 30 teknisyen ve idari personeli mevcuttur.

Makina Mühendisliği Bölümü'ne giren öğrenciler birinci sınıfta temel fen dersleri yanında teknik resim ve İngilizce dersleri alırlar. İkinci ve üçüncü sınıflarda makina mühendisliğinin temel dersleri öğretilir. Dördüncü sınıfta ise, temel bilgilerin sentezinin yapıldığı meslek dersleri ve öğrencinin kendi arzusuna göre seçebileceği özel konulardaki dersler verilir. Temel ve meslek dersleri genel olarak makina teorisi ve dinamiği, makina tasarımı ve imalatı, mekanik, ısı, akışkanlar ve enerji konularındadır.

Makina Mühendisliği yüksek lisans ve doktora programlarına giren öğrenciler belirli kredide lisansüstü dersler aldıktan sonra bilimsel ve teknolojik bir araştırma içeren bir tez hazırlar ve tezlerini bir jüri önünde savunurlar. Tez konularının Makina Mühendisliğinin güncel önemi olan ve endüstriye uygulanabilecek konular arasından seçilmesine özen gösterilmektedir. Yüksek lisans ve doktora programlarını başarıyla tamamlayanlara makina yüksek mühendisi (M.Sc) ve Makina Mühendisliğinde doktora (Ph.D) diplomaları verilmektedir. Makina Mühendisliği Bölümünün 1983 yılında başlattığı lisansüstü programındaki dersleri ve tez çalışmalarını başarı ile tamamlayanlar nükleer yüksek mühendisi (M.Sc) diploması almaktadırlar.

Türkiye'nin endüstriyel kalkınması için gerekli ve önemli olan konuların çoğu Makina Mühendisliği Bölümü'nün faaliyet alanına girmektedir. bu konular: Isı Tekniği ve Enerji Konuları, Bilgisayar Yardımı ile Tasarım ve İmalat, Takım Tezgahları, Üretim Yöntemleri, Üretim Planlaması, Motorlar ve Otomotiv Mühendisliği, Akışkanlar Mekaniği ve Uygulamaları, İç Aerodinamik, Gaz Türbini Motorları, Uygulamalı Mekanik ve Malzeme, tekstil Makinaları, Tarım Makinaları, Mekanizmalar, Sistem Dinamiği ve Kontrol, Robotlar, Mekanik Titreşimler ve Gürültü, Radyoizotopların Endüstride Uygulanması, nükleer Teknoloji olarak özetlenebilir. Bölümün bu konularda gelişmiş laboratuvarları mevcuttur. Bu laboratuvarlardan lisans ve lisansüstü eğitim yanında endüstriye yapılan deneyler ve uygulamalı araştırma projelerinde de yararlanılmaktadır.

Endüstriyle ilişkilere büyük önem verilen Makina Mühendisliği Bölümü'nün bünyesinde Makina Tasarım ve İmalat Araştırma Merkezi (MATİMAREN), Isıl Çevre ve Isıl İşlemler Mühendisliği Araştırma Merkezi (ISILMAREN) ve Aerodinamik ve Elektronik Sistemler Araştırma Merkezi kurulmuştur. Bu merkezlerde kamu ve özel sektöre ait bir çok kuruluşun önemli mühendislik problemlerine çözüm getiren projeler yapılmaktadır.

Bölümün öğretim üyeleri tarafından çeşitli ko-

nularda düzenlenen seminer, kongre, simpozyum ve yaz okulları gerek diğer akademik kuruluşlarla gerekse endüstriyel kuruluşlarla yakın ilişkiler kurulmasında çok yararlı olmaktadır.

Makina Mühendisliğini ilgilendiren konularda çalışan teknik elemanların arasındaki iletişimi, bilgi ve deneyim aktarımını sağlamak üzere, Makina Mühendisliği Bölümü'nün öğretim üyelerinin öncülüğünde kurulan "Türk İsy Bilim ve Tekniğı Derneğı" ile "Makina Tasarım ve İmalat Derneğı"nin merkezleri bölümün bünyesinde bulunmakta, dernek yönetim kurullarında bölümün öğretim üyeleri de görev almaktadır.

Üst düzeyde başarılı akademik faaliyetleri ve yetiştirdiğı kıymetli mühendislerle yurt içinde ve yurt dışında önemli bir eğitim, öğretim ve araştırma kurumu olarak tanınan ve övgü kazanan Makina Mühendisliği Bölümü'nün daha nice yıllar Türkiye'ye ve dost ülkelere hizmet vermesini diliyoruz.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ'NDE DOKTORA VE YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ (1982 - 1987)

1982 senesinden bu yana lisansüstü eğitimini, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yönetiminde gerçekleştiren Makina Mühendisliği Bölümü 1987-1988 öğretim yılına kadar dört programda yüksek lisans ve doktora eğitimini sürdürmüştür.

1987-1988 öğretim yılından itibaren Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde eğitimin İngilizce olarak devam etmesi üzerine, Makina Mühendisliği Bölümü de İngilizce lisans üstü eğitimine geçmiş ve aşağıda verilen 5 programda eğitime devam etmektedir:

1. Konstrüksiyon İmalat
2. Malzeme Bilimleri
3. Makina Teorisi ve Dinamiğı
4. Mekanik
5. Termodinamik Enerji

Yukarıda verilen 5 programda 1987-1988 senesi için yüksek lisansta 46, doktora da 19 kontenjan ilan edilmiştir.

Makina Mühendisliği Bölümünün lisans üstü programlarının hepsinde "uygulamalı matematik" dersi ortak zorunlu ders olarak yer almaktadır. Diğer dersler programın dayandığı bilim dalına göre zorunlu ve seçmeli derslerden oluşturulmaktadır.

Yüksek lisans eğitimi sırasında en az 20, doktora eğitiminde yine en az 15 kredilik ders almak zorunda olan öğrenciler bu dersleri başarı ile verdikten sonra tez çalışmasına geçmektedirler.

Genellikle öğrencilerin tamamının almış olduğu derslerden biri de MEE 500 kodlu seminer dersidir. Bu dersin sonunda öğrenciler danışmanlarıyla birlikte yürüttükleri çalışmalarını, Haziran ayı içerisinde bölümün ilan ettiği tarihlerde, tüm öğretim üyelerine, öğrencilere ve diğer dinleyicilere açık seminerlerde sunmaktadırlar.

Makina Mühendisliği Bölümü'nde yapılan tez çalışmalarının büyük bir çoğunluğunu gerekli teorik bilgilerle desteklenmiş deneysel çalışmalar oluşturmaktadır. Tez konularının bir kısmının endüstri'den gelmesine rağmen, Endüstri-Üniversite ilişkilerinin yeterince gelişmemesi nedeniyle, bu alanda da istenilen düzeyin elde edilmediğı söylenebilir. Enstitü kurullarını yerine getirecek aynı zamanda endüstrimizin problemlerinin çözümünü sağlayacak tez çalışmalarının daha büyük oranda gerçekleşmesi için gerek bölümün gerek endüstrimizin çabaları gerekmektedir.

Yapılan tez çalışmalarının özeti şeklinde bir makale öğrenciler tarafından Enstitüye teslim edilmekte ve bu makaleler Araştırma Raporu adı altında yayınlanmaktadır. Şimdiye kadar yayınlanmış 11 adet Araştırma Raporu aşağıda verilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmaların sonuçları birçok Ulusal ve Uluslararası toplantılarda sunulmuşlardır.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ARAŞTIRMA RAPORLARI FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINLARI

Kompleks Hidrokinetik Güç Ayırıcı ve Kavuşturucunun Standart Elemanlarla Yapımı ve Verimin Deneysel Araştırılması, MAK-85 AR 001, 1985, 28 s. (Ercüment USLU)

Kesmeye Zorlanan Civatalı Bağlantıların Yorulması, MAK-85 AR 002, 1985, 25 s. (Süleyman ADIYAMAN)

Taneli Tarımsal Ürünlerin Geometrik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, MAK-85 AR 005, 1985, 25 s. (Gazanfer HARZADIN, Macit TOKSOY, Barış ÖZERDEM)

Taneli Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, MAK-85 AR 006, 1985, 11 s. (Macit TOKSOY, Gazanfer HARZADIN, Barış ÖZERDEM)

Hot Machining of High Manganese Steel and Optimization of Cutting Condition, MAK-85 AR 009, 1985, 33 s. (ALİ ÜNÜVAR)

Trombe Duvarında Tek Boyutlu, Zamana Bağlı, Homojen Olmayan Isı İletim Probleminin İntegral Transform Tekniğı Kullanılarak Çözümü, MAK-86 AR 015, 1986, 18 s. (Macit TOKSOY, Onur DEVRES)

The Behaviour of Tractor Draught Control To Random Variations in Draught and its Effect on the Performance of the Tractor-Implement Combination, MAK-86, AR 016, 1986, 27 s. (Erdoğan ÖZGÜRBÜZ)

The Effect Of Grain Distribution On Metallurgical Structure and Mechanical Properties in Basic Refractories, MAK-86 AR 017, 1986, 29 s. (Remzi ÇETİN)

Su Doldurmalı Isı Boruları Performansında Eğim Açısının Etkisi, MAK-86 AR 019, 1986, 10 s. (Ali Çetin GÜRSES, Levent TEZCAN)

Austenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağında Karbür Çökmesinin İncelenmesi, MAK-87 AR 30, 13 s. (Taner YÖNET)

Karbonlu Yapı Çeliklerinde Bauschinger Etkisinin İncelenmesi, MAK-87 AR 33, 1987, 8 s. (Özgür KİLİT)

DEÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE 1982 YILINDAN İTİBAREN TAMAMLANAN DOKTORA TEZLERİ

Değişik Eğimlerle Çalışan Helezon İleticilerde Çalışma Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Deneylerle Belirlenmesi ve Özgül Kapasite Yardımı ile Optimum Çalışma Koşullarının Araştırılması

Kalıp Geometrisi, Sertliği ve Yüzey Kalitesinin Çeliğin Sıcak Ekstrüzyonunda Kalıp Ömrüne Etkisi

Yerli Çeliklerin Yorulma Dayanımlarının İstatistik İncelenmesi

Yarı Dairesel Çentikli Trapez Plaklarda En Düşük Gerilmeli Çentik Konumunun Bulunması ve Çentik Etkisinin Azaltılması

Katlaşmakta Olan Bir Sb-Sn Alaşımında Permeabilite Değişiminin İncelenmesi

Kompleks Hidrokinetik Güç Ayırıcı ve Kavuşturucunun Standart Elemanlarla Yapımı ve Verimin Deneysel Araştırılması

Kesmeye Zorlanan Civatalı Bağlantılarda En-3 Çelik Lamaların Yorulması

Çeki Kuvvetinde Meydana Gelen Rasgele Değişimlere Karşı Traktör Çeki (Draught) Kontrolunun Tepkisi ve Bu Tepkinin Traktör-Alet Sisteminin Davranışına Etkileri

Yüksek Manganlı Çeliklerin Sıcak Talaşlı İşlenmesi ve Kesme Koşullarının Optimizasyonu

Batık Refrakterlerde Tane Dağılımının Metalurjik Yapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi

Reaktif Kule İmali Kaynağında Çatlak İlerlemesi ve Önleme Yöntemleri

Takım Tezgahlarında Yapı Dinamiğinin Chatter Üzerindeki Etkileri

Ülkemizde Üretilen Bir Torna Tezgahının Sayısal Kontrollü Hale Dönüştürülmesi ve Hassasiyetinin Araştırılması

Dönen Ortotropik Disklerde Gerilme Dağılımının Sonlu Eleman Metodu ile İncelenmesi

Yüksek Sıcaklıkta (1050° C) Semantasyonlu Yüzey Sertleşmesinin Yorulma Mukavemetine Etkisi

Al Cu 4 Li x Mgl (Etibank Etial 24+Li x) Alüminyum İşlem Alaşımının (Vakumlu Vakumsuz Dökümünde) Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Değişimi

Alın Dişli Çarklarda Pitting Dağılımının Evolvent Geometrisine Bağımlılığının Deneysel Etüdü

DEÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE 1983 YILINDAN İTİBAREN TAMAMLANAN YÜKSEK LİSANS TEZLERİ

AlSi 304 Paslanmaz Çeliğin Kaynak İşlemi ve Isıl İşlemlerin Kaynak Yerine Etkisi

Al-Mg, Si Alaşımında Yaşlanma Sertleşmesinin Malzemede Elektrik ve Mekaniksel Özelliklere Etkisi

Kızıldere Jeotermal Buhar Kaynaklarının Kullanımı ile Buhar Ejektörlü Yöntemle Soğuk Üretiminin Araştırılması ve Kompresörlü Sistemle Karşılaştırılması

Kalın Saçların Çok Katlı Kaynağı ve Kaynak Yerinin Metalografik ve Mekanik İncelenmesi

Farklı Toprak Şartlarında Toprak-Alet İlişkisindeki Fiziksel Olaya Benzeşim Teorisinin Uygulanması

Bir Pasif Güneş Enerjisi Sistemine Ait Deneysel Çalışma:İzmir Duvarı

Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal Jeolitlerin Kullanımıyla Soğutmanın Sağlanması

Katlaşmada Sıcak Yırılma Mekanizmasının Deneysel Modellenmesi

Klima Sistemlerinin Akustik Dizaynı ve Düz Kanallarda Ses İletimi

Toprak-Tekerlek İlişkilerinin Toprağın Deformasyonu Yönünden İncelenmesi

Alternatif Dizel Motoru Yakıtı Olarak Etaol'un İncelenmesi

Takım Tezgahlarının Dijital Mantık Devreleri ile Kumanda ve Kontrolü

Piezoelektrik Malzemeler ve İvmemetre Dizaynına Etki Eden Faktörler

Sıcak Yırılmanın Metal Dökümlerinde İncelenmesi

Bilgisayarla Redüktör Dizaynı

Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal Jeolitlerin Kullanımı ile Isıtma ve Isı Depolama

Tünel Fırınlarda Isıl Verim Analizi

Güneş Destekli Toprakaltı Isı Depolama ve Panel Isıtma Sistemi

Tahıl Kurutulması: Analitik Yöntemler, Mısırın Düşük ve Yüksek Sıcaklıkta Kurutulması Üzerine Deneyler

Üzerine Sıkı Geçme Yapılmış Bir Milde Plastik Deformasyonun Bulunması

Cam Keçe Takviyeli Polyesterde Mikroskopik Kırılma Mekanizması Uygulamaları

Farklı Yapıdaki Boruların Su Koçunun Verimi ve Frekansı Üzerine Etkileri

Türkiye'de Üretimi Yapılan İkinci Ürünlerin Temizleme ve Kurutmaya Esas Fiziksel Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma

Pasif Sistem Uygulamasında Analitik Çözüm

Tahıl Kurutulmasında Bilgisayar Simülasyonu

Akışkan Yataklı Sistemlerde Kurutma

Bitki Makina İlişkilerinin Makina Dizaynına Etkilerinin Araştırılması

Virajda Frenlenen Otomobil-Romork İkilisinin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi

Adım Motor Tahrikli Bir Kontrol Sisteminin Araştırılması ve Uygulanması

Tarım Ürünlerinin Kurutulması için Isıtıcı Tasarımı

Su Işını ile Metal Kaynağı

Mopet Tipi Bir Motorsikletin Değişik Yol Şartlarına Göre Dinamik İncelenmesi

Isı Borulu Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Kanatlı Boruda Doğal Konveksiyonla Isı Geçişi

Su Işını ile Metal Kaynağı

Karbonlu Yapı Çeliklerinde Bouschinger Etkisinin İncelenmesi

Füzyon-Fisyon Hibrid Reaktörlerinin Nükleer Enerji Sürecindeki Yeri ve Hibrit Blanketler

Austenitik Çeliklerin Kaynağında Karbür Çökmesinin İncelenmesi

Kapalı Yağ Hidroliği Sistemlerinde Dönen ve Ötelenen Kütleler ile Yağ Hacimlerinin Sistem Titreşimlerinin Frekans ve Genliğine Etkisi

Dönen Bir Silindir Üzerinde Faz Değişimi

Panel Tipi Isıtma Sistemlerinde Sıcaklık Dağılımının Teorik Modellenmesi

Adsorpsiyonlu Isı Pompaları

Bir Prototip İyon Nitrürleme Güç Ünitesinin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Adsorpsiyonlu Isı Pompaları Üzerine Teorik ve Deneysel Bir Çalışma

Sfero Dökümün Vakum Altında Nitrürasyonu

İnşaat Çeliklerinin Sıcak Basınç Kaynağı ile Birleştirilmesinde Birleşme Mekanizmasına Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi

İnce Disklerin Radyal Doğrultusundaki Kalınlık Değişimlerinin Doğal Frekanslarına Etkileri

DEÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE DEVAM ETMEKTE OLAN DOKTORA TEZLERİ

Otomobil Saçlarında Birleşmenin Sert Lehim + Punta Kaynağı ile Yapılmasının İncelenmesi

Lastik Bandlı İleticilerin Gerdirme Sistemleri

İki ve Üç Boyutlu Ses Radyasyonunun Sınır Elemanları Metodu ile Hesaplanması

Yatay Duran Kanatlı Borular Etrafında Doğal Konveksiyonlu Isı Geçişinde Kanat Parametrelerinin Etkisi

Vakumda Nitrürleme Yoluyla Titandan Yapılan Kalem Uçlarının Aşınmaya Karşı Dayanımı

Kompozit Malzemelerden İmal Edilmiş Küresel Kabuklarda Gerilme Dağılımının İncelenmesi

Az Karbonlu Çeliklerde Sıcak Deformasyonda Süper Plastik Özellikten Faydalanarak Yuvarlak Çubuk İmali

Adsorbentlerin Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde Kullanımı Üzerinde Teorik ve Deneysel İnceleme

Austenitik-Feritik Çeliklerin Sürtünme Kaynağı Tekniği ile Birleştirilmesi Etüdü

Çeliğin Sıcak Haddelenmesi

Gerçel Gazların, Özgül Isı ve Joule Thomson Etkisinden Yararlanarak Entalpi ve Entropi Değerlerinin Belirlenmesi

DEÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE DEVAM ETMEKTE OLAN YÜKSEK LİSANS TEZLERİ

Alaşım Elementlerinin ve Isıl İşlemlerin Alüminyum Alaşımının Gerilmeli Korozyonu Davranışlarına Etkileri

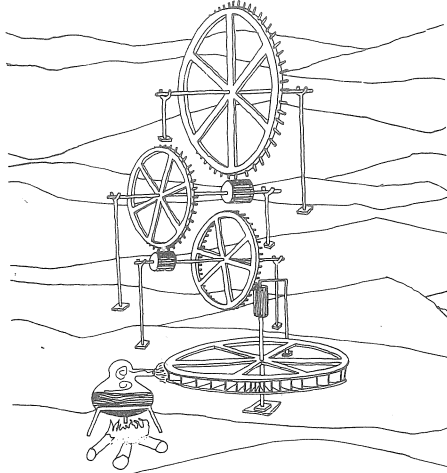
Metallerde Homojen Plastik Deformasyon Bölgesindeki İnhomojenitenin İncelenmesi

Adsorpsiyonlu Sistemlerde Enerji Depolama

BİLİMSEL VE TEKNİK TOPLANTILAR

KONGRE ADI	TARİH-YER	YAZIŞMA ADRESİ
International Conference on Computer Integrated Manufacturing	Rensselaer 23-25 Mayıs 1988	Professor Alan Desrochers Program Chairperson Rensselaer Polytechnic Institute Electrical, Computer and Systems Eng. Troy, NY 12180-3590
International CAD-Congress Data Processing in Design'88	Munich 27-28 Ekim 1988	VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb (VDI-EKV) Postfach 1139, 4000 Düsseldorf 1
First World Conference on Experimental Heat Transfer Fluid Mechanics and Thermodynamics	Dubrovnik, YUGOSLAVYA 4-9 Eylül 1988	Dr. E.N. Ganic Department of Mechanical Engineering University of Sarajevo 71000 Sarajevo, YUGOSLAVIA
International Conference on Engineering Design	Budapest, MACARİSTAN 23-25 Ağustos 1988	Dr. Vladimir Hubka ETH HG-F-48, CH-8092 Zürich, Swiss or Prof. J. Baratossy GTE, PF. 451 H-1372 Budapest, HUNGARY
Bilgisayar Dergisi 5. Türkiye Bilgisayar Kongresi	İSTANBUL 25-27 Mayıs 1988	Bilgisayar Dergisi Ataç 1. Sokak No: 21 Yenişehir-ANKARA
Ülkemizin Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu	Yıldız-İSTANBUL 20-24 Haziran 1988	Ülkemizin Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu Düzenleme Kurulu Yıldız Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi 80750 Yıldız-İSTANBUL

3. ULUSAL MAKİNA TASARIM VE İMALAT KONGRESİ



21-23 Eylül 1988
ANKARA

MATİMAREN
(Makina Tasarım ve İmalat Araştırma Merkezi)
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

KAPSAM VE AMAÇ

Makina tasarımı ve imalatı konularında teknoloji üretimine yönelik her türlü kuramsal ve uygulamalı çalışmalar kongrenin kapsamı içindedir. Bu kapsam içinde çeşitli güncel uygulamalar ve sorunlar çağdaş teknolojik çalışmalar, araştırmalar ve ileriye dönük gelişmeler sunulacak ve tartışılacaktır. Kongre, üniversitelerden, endüstriden ve yurt dışından katılımlara açıktır.

3. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi'nin temel amaçları şunlardır:

- ◆ Makina tasarımı ve imalatında teknoloji üretimine katkıda bulunmak,
- ◆ Bu konudaki çalışmalarını toplamak ve duyurmak,
- ◆ Teknolojik gelişmeler konusunda çalışma ortamı yaratmak, ilgili konularda çalışma yapan kişi ve kuruluşları bir araya getirmek; böylece bilgi alışverişini, yakınlaşma ve işbirliği ortamını geliştirmek,
- ◆ Üniversitelerde geliştirilen yüksek teknoloji ürünleri endüstriye aktarılması için sürekli mekanizmaları oluşturmak,
- ◆ Savunma sanayinin geliştirilmesi ve Avrupa Ekonomik Topluluğu'na girişte sanayimizin karşılaştığı sorunları tartışmak.

KONULAR

- ◆ Makina Tasarımı; Alışılmış ve Çağdaş Yöntemler, Uygulama Örnekleri
- ◆ Mekanik Sistemlerin Tasarımı ve Analizi
- ◆ Makina Elemanları Tasarımı
- ◆ Malzeme Seçimi ve Malzeme Sorunları
- ◆ İmalat Yöntemleri; Alışılmış ve Çağdaş Yöntemler, Uygulama Örnekleri
- ◆ Makina İmalatında Teknolojik Sorunlar ve Çözümler
- ◆ Bilgisayar Yardımıyla Tasarım ve İmalat; Yöntem ve Uygulamaları
- ◆ Robotların İmalatta Kullanımı ve Esnek İmalat Yöntemleri
- ◆ Makina Tasarım ve İmalatında Yapay Us ve Uzman Sistem Uygulamaları
- ◆ Makina Tasarım ve İmalatında Verimlilik, Ekonomik Yaklaşım ve Kalite Kontrolü
- ◆ Fabrika Organizasyonu ve Üretim Planlaması
- ◆ Bakım ve Onarımın Tasarım ve İmalata Etkisi

BİLDİRİ ÇAĞRISI VE DEĞERLENDİRME

Yukarıda belirtilen konularda bildiri sunmak isteyenlerin, en çok 250 kelimelik bildiri özetlerini 1 Mart 1988 tarihinden önce elimize geçecek şekilde göndermeleri gerekmektedir. Özetleri "konu ve kapsam" olarak kongre amaçlarına uygun olan bildiriler için yazım düzeni ile ilgili bilgiler Nisan 1988 başında bildiri yazarlarına gönderilecektir. Bildirilerin tam metinleri en geç 1 Temmuz 1988 tarihinde düzenleme kuruluna ulaşmış olmalıdır.

Bildiri değerlendirme sonuçları Temmuz 1988 içinde yazarlara gönderilecektir.

Gelen her bildiri metni içerik ve şekil olarak konunun uzmanlarıca değerlendirilecektir. Değerlendirme sonuçlarına göre bildiriler üç gruba toplanacaktır.

- a) Kongrede sunulacak ve bildiri kitabında basılacak bildiriler,
- b) Kongrede sunulacak bildiriler,
- c) Şekil ve içerik olarak kongre kapsamı dışında kalacak bildiriler.

Yukarıda a ve b grubuna giren tüm bildiri yazarlarının bildirilerini kongrede sunmaları veya sunulmasını sağlamanın gerekmektedir.

ÜRÜN VE TEKNOLOJİ SERGİSİ

Kongre paralelinde bir pano ve ürün sergisi de düzenlenmektedir. Ürün, teknoloji, kuruluş ve firma tanıtımının amaçlandığı bu sergi için açık ve kapalı alanlar ayrılmıştır. İlgilenen firma ve kuruluşların telefon veya yazı ile düzenleme kuruluna başvurmaları gerekmektedir.

KONGRE YERİ VE KAYITLAR

Kongre, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde yapılacaktır. Katılımlara ODTÜ yurtlarında konaklama imkanı sağlanabilecektir.

Kongreye katılanlardan bildiri kitabı, kongre yemeği ve kokteylin giderlerini kusmen karşılamak üzere daha sonra belirlenecek bir ücret alınacaktır. Bildiri yazarlarına bildirilerinin 20 kopyası ücretsiz olarak ayrıca verilecektir.

DANIŞMA KURULU

Sümeir AKÇASU (ETİ Mak. San. T.A.Ş.)

Özdemir BENGİSU (DEÜ)

Ekrem BÖLÜKBAŞ (ÇİMSATAS)

Mustafa DORUK (ODTÜ)

Şükrü ER (İŞİK Mak. San. A.Ş.)

Yücel ERCAN (GÜ)

Abdülkadir ERDEN (ODTÜ)

Mümin ERKUNT (Ankara Sanayi Odası)

Hadi FEKE (T. Şişe ve Cam Fab. A.Ş.)

Günay GÜNGEN (MKEK)

Bilgin KAFTANOĞLU (ODTÜ)

Meriç KARABAY (ODTÜ)

Ömer SAATÇIOĞLU (ODTÜ)

B. Arslan SANIR (HEMA Dişli San. ve T.A.Ş.)

Ahmet Ş. ÜÇER (ODTÜ)

DÜZENLEME KURULU

Metin AKKÖK

Tuna BALKAN

Can ÇOĞUN

Mustafa I. GÖKLER

Ahmet C. KAYA

Y. Samim ÜNLÜSOY

YAZIŞMA ADRESİ

3. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi
Makina Mühendisliği Bölümü - MATİMAREN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 - ANKARA

Tel : (4) 223 71 00/2590,2589,2587

Telex : 42761 odık tr

Telefax : (4) 223 30 54

YENİ DERNEK ÜYELERİ

Mehmet AKYURT
JEDDAH
S.ARABİSTAN

Merdan UYAR
SARKUYSAN A.Ş.
GEBZE

İhsan ERCAN
ÇUMİTAŞ
TARSUS

Özcan KANBUROĞLU
ANKARA

Ahmet ŞATIR
CONCORDIA Univ.
KANADA

Orhan B. ALANKUŞ
TOFAŞ A.Ş.
BURSA

Ali İNAN
Fırat Üniv.
ELAZIĞ

Salim Melih ŞAHİN
GÜR-İŞ A.Ş.
Gölbaşı-ANKARA

Teoman KURTAY
İTÜ
Gümüşsuyu-İSTANBUL

Basri KÖSELER
TÜLOMSAŞ
ESKİŞEHİR

Enver ERLER
ADANA

Niyazi BÜKE
DESIYAB A.Ş.
ANKARA

Hüseyin ARICI
MİTAŞ T.A.Ş.
ANKARA

Hasan Basri KOL
TEMSAN A.Ş.
ANKARA

Nihat ÖZDEN
GÜROK A.Ş.
KÜTAHYA

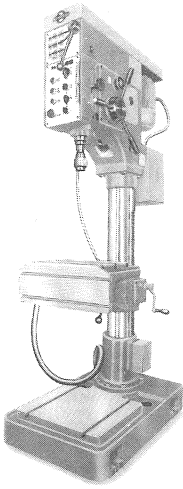
DÜZELTME

Dergimizin Cilt 1 Sayı 4 Temmuz 1987 sayısında sayfa 174 ve 184'te yayınlanan makalelerde Prof.Dr. A. Erkan ENGİN' in adresi olarak yanlışlıkla ikinci yazarın adresi verilmiştir. Yazarın şu andaki adresini Ohio-State University olarak düzeltiriz.



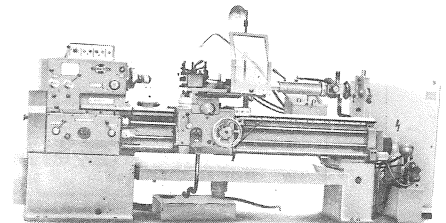
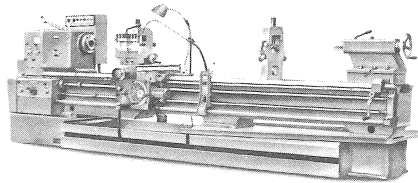
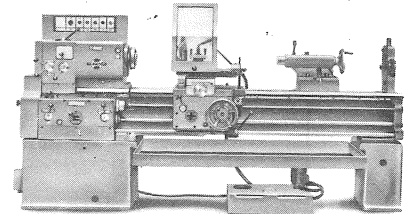
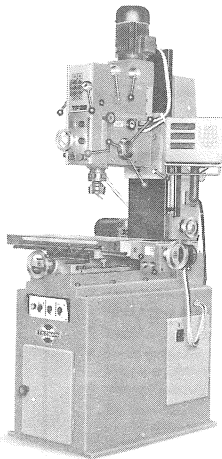
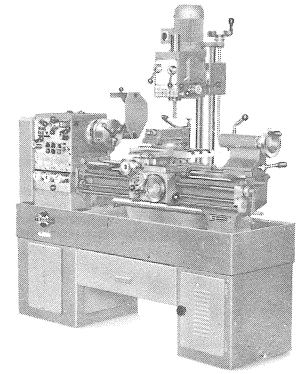
1969'dan bu yana güvenilir, verimli ve kaliteli 15000 tezgah üretti.

Ülkemizin takım tezgahları üretiminde önde gelen kuruluşu TEZSAN, ayrıca 3000'i aşkın tezgah ihraç etmenin gururunu taşımaktadır.



Üretim Programı:

- Orta tip universal torna tezgahları
SN 50 C / 1000 - 1500 - 2000
- Ağır tip universal torna tezgahları
SN 71 B / 1500 - 3000 - 4000
- Otomatik çevrimli kopya
torna tezgahları
Kopimat 500 / 1000 - 1500
- Mekanisyen torna tezgahları
MAS 165 S
MAS 165 F (Freze ve delme teçhizatı)
- Universal freze tezgahı
FG 32 U
- Sütunlu matkap tezgahları
SM 35 A
M 35 ES
M 20 MS
- Kalıpcı freze ve delme tezgahı
TF 32
- Özel amaçlı tezgahlar
- Takım tezgahları teçhizatı



ACENTESİ:



TEZSAN PAZARLAMA A.Ş.

Necatibey Cad. No: 255 P.K. 403 Karaköy-İstanbul

Telefon: 149 19 91 (3 hat) Telex: 25648 cnc tr Telefax: 144 83 19

TEZSAN PAZARLAMA A.Ş. ve TEZSAN TAKIM TEZGAHLARI SANAYİ VE TİCARET A.Ş. TÜRKİYE \$ BANKASI KURULUŞLARINDANDIR.

TS

Makina Tasarım ve İmalat Derneği
Yönetim Kurulu Başkanlığına

Makina Tasarım ve İmalat Derneği çalışmalarına ilgi duyuyor ve dernek faaliyet-
lerinizden yararlanmak istiyorum.

Dernek üyeliğine başvuru formunu göndermenizi rica ederim

İsim. İmza

Açık Adres :

.....
.....
.....
.....

MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ ABONE KARTI
(Makina Tasarım ve İmalat Derneği Üyesi Olmayanlar İçin*)

Abone Türü [] Kişisel (6000 TL/yıl) [] Kuruluş olarak (15.000 TL/yıl)

İsim :
Ünvan :
Telefon :
Adres :
.....

Makina Tasarım ve İmalat Dergisine [] kişisel [] Kuruluş olarak abone
olmak istiyorum. Abone bedeli olan [] 6000 TL [] 15.000 TL'yi banka hesa-
bınıza yatırdım. Banka dekontunun Kopyası ekte sunulmuştur.

Derginin yukarıda verdiğim adrese gönderilmesini rica ederim.

* Dernek üyelerine Makina Tasarım ve İmalat Dergisi ücretsiz olarak gönderilmek-
tedir.

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

YAYIN İLKELERİ

Amaç

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

Kapsam

a) Dergi amaçları doğrultusunda aşağıda belirtilen konularda veya bunlara yakın konulardaki yazıları 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) 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 amaçlamış-

tır. 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.

Derginin yönetimi ile ilgili "Dergi Danışma Kurulu" ve "Dergi Yayın Kurulu" olmak üzere iki organ vardır.

Dergi Danışma Kurulu olağan olarak yılda bir kez toplanır ve geçen yılın yayın politikasını belirler. Danışma Kurulu her yıl yeniden oluşturulur.

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.

REKLAM İLKELERİ

Derginin arka kapaktan önceki sayfaları reklam amacı ile firma ve kuruluşlara ayrılır. Bu sayfalarda yayınlanacak reklamlar aşağıdaki ilkeleri sağlamalıdır.

- Firmanın kendisini teknolojik, personel, ekonomik vb., açıdan tanıtan, ürünlerini ve ürünlerinin uygulama alanlarını belirten, firmanın uzmanlık konularını vurgulayan yazılar.
- Firma tarafından geliştirilen yeni bir ürün ya da teknolojiyi tanıtan yazılar.
- Makina tasarım ve imalatında kullanılacak ve firmaya özgü cetvel, abak, resim vb., bilgiler.

Yukarıda belirtilen ilkeler içinde hazırlanan reklam yazıları, yayın kurulu tarafından incelenir ve dergi yayın kalitesine uygun bulunursa basılır. Yayın kurulu gerekli gördüğü durumlarda düzeltme önerileri getirebilir.

Journal of MECHANICAL DESIGN AND PRODUCTION

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

MAKALE GÖNDERME KOŞULLARI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisine yurt içinden ya da yurt dışından iste-
yen 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 yayınlanabi-
lir.

- Araştırma Makaleleri,
- Uygulama Makaleleri,
- Derleme Makaleleri: Belirli bir konu üzerinde bilimsel ve teknolojik
son gelişmeleri zengin bir kaynakçaya dayanarak aktaran ve bunla-
rın 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 ve
ya bu dergide yayınlanan bir makaleyi tartışan yazılardır.

MAKALE KABUL İLKELERİ

Makaleler içerik ve şekil olarak aşağıda belirtilen biçimde hazırlanmalı-
dır.

Yazım Dili

Kullanılan dilin olabildiğince basit, anlaşılır ve kesin olmasına özen gös-
terilmelidir. İleri düzeyde teknik ya da alışılmamış kavramlar kullanmak ge-
rektiğinde, 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 bu-
lunduğu 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 öz-
geçmişleri ile birlikte belirtilmelidir.

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

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

Teşekkür kısmında gerekiyorsa kişi, kuruluş ya da firmalara teşekkür edilebi-
lir. Özellikle firma adlarının bu bölümünün dışında başka bir yerde verilme-
mesine özen gösterilmelidir.

Başlıklar

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

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

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

Ara Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harfle yazılmalıdır.

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

Matematiksel Bağıntılar

Matematiksel bağıntılar, daktilo ile veya elle anlaşılır şekilde açık ve se-
çik olarak yazılmalı, Türkçe alfabenin dışındaki karakterleri sayfanın sol tara-
fındaki boşlukta ayrıca ne oldukları yazı ile belirtilmelidir. Üst ve alt harf veya
rakamlar belirgin bir şekilde yazılmalıdır. Özellikle daktilo kullanımında "1"
(le) harfi ile "1" (bir) sayısının, "0" harfi ile "0" (sıfır) sayısının karıştırılmama-
sına özen gösterilmelidir. Metin içindeki bağıntılar 1 (bir)'den başlayarak sıra
ile numaralandırılmalı ve bu numaralar eşitliğin bulunduğu satırın sağ kenarı-
na 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 ve-
rilmelidir.

Şekiller ve Çizelgeler

Şekiller küçültme ve basımda sorun yaratmamak için siyah mürekkep
ile, düzgün ve yeterli çizgi kalınlığında aydın ve beyaz bir kağıda çizil-
melidir. Her şekil A4 boyutunda ayrı bir sayfada olmalıdır. Şekiller 1 (bir)'den
başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her şeklin altına alt yazılarıyla birlik-
te yazılmalıdır. Çizelgeler de şekiller gibi, 1 (bir)'den başlayarak ayrıca nume-
ralandırılmalı 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. Dergi-
lerde yayınlanan makaleler kitaplar, raporlar, tezler kongre ve sempozyum-
larda sunulan makaleler aşağıdaki örneklerde verilen şekilde yazılmalıdır.

Dergi Makalesi

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

Kitap

2. Shigley, J.E. ve Mitchell, L.P., **Mechanical Engineering De-
sign** 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 Associ-
ated with Low Rail Joint**, AAR Technical Center, Technical Re-
port, No. R-462, October 1980.

Kongre Makalesi

4. Adalı, E. ve Tunali, F. Bilgisayar Denetimli Tezgaha Geçiş **1 Ulusal
Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı**, 287-
293, ODTU, 1984

Makalenin Uzunluğu ve Yazımı

Makaleler yaklaşık 4000 kelimeyi ve 10 adet şekli ve çizelgeli aşmaya-
cak şekilde hazırlanmalıdır. Makaleler daktilo ile A4 kağıdının tek yüzüne, iki
aralıklı olarak yazılmalı ve sayfa kenarlarında yeterli kadar boşluk bırakılmalı-
dır. Şekillerin orjinalleri de dahil olmak üzere makale üç kopya gönderilmeli-
dir.

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

Yayınlanın veya yayınlanmasın gönderilen makaleler yazarına geri
gönderilmez. Yazılardaki fikir ve görüşler yazarına, çeviriden doğacak so-
rumluluk 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 ya-
yınlanamaz ve çoğaltılamaz.

YAZIŞMALAR

Belirtilmemesi durumunda konuyla ilgili yazışmalar birinci yazarın adre-
sine gönderilir.

1. Örnek dip notu