

Silindirik Tip Çapaksız Dövme Kalıplarının Tasarımında Bir Uzman Sistem Uygulaması

Necip Fazıl Yılmaz
Y. Doç. Dr.

Ömer Eyercioğlu
Prof. Dr.

Gaziantep Üniversitesi
Makine Mühendisliği Bölümü
27310 Gaziantep

Bu çalışmada, silindirik tip parçaların çapaksız dövmeciliğinde kullanılan kalıpların tasarımı için bir uzman sistem geliştirilmiştir. Bu amaçla, C++ dilinde ileriye zincirleme yöntemi kullanılarak özel bir çıkarım mekanizması hazırlanmıştır. Bu çalışma, genelde bilgi tabanlı özde ise kural tabanlı bir yapıya sahiptir. Grafik ekranı olarak AutoCAD kullanılmaktadır. AutoCAD çizimi DXF formatına dönüştürülmekte ve çizimdeki tüm noktaların koordinatları ilgili veritabanına aktarılmaktadır. Parçanın dövülebilirlik kontrolü yapıldıktan sonra dövme yükü hesaplanmaktadır. Belirlenen bu dövme yükü ile birlikte kalıp malzemesinin seçilmesi sonucunda program, kalıp iç geometrisinin ve sıkma halkası çapının olması gereken boyutunu hesaplamaktadır. Son aşamada ise bir kalıpta bulunması gereken tüm parçalar ile birlikte zımbanın 2D çizimi kullanıcıya sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uzman Sistem, Dövme, Kalıp Tasarımı

GİRİŞ

Firmaların rekabet üstünlüğü sağlamak için imalat sistemiyle ilgili temel kararları alırken imalat stratejilerinin belirlenmesi önemli bir karar modelini oluşturmaktadır. Literatürde kullanılan modellerin ileri teknolojilerde kullanılmasının yeterli olup olmaması ya da uygulamada karşılaşılan sorunlar halen tartışılmakta olan bir konudur. İşletmeler yaşamsal kararlarını alırken, genelde o ana kadar elde edilen tecrübeler ışığında kararlar almaktadır. İşte bu amaçla karar destek sistemleri ile uzman sistemin birleştirilmesi çabaları ortaya çıkmaktadır. Turban'a [1] göre uzman sistem, özel bir takım problemlerin çözümünde uzmanların bilgisini ve çıkartım sürecini taklit etmeyi amaçlayan uzman programlardır.

En eski ve temel metal şekillendirme işlemlerinden biri olan klasik dövmecilik, malzemenin kontrollü şekillendirilmesi ve tanelerin uygun yönlendirilmesi nedeniyle, mukavemet/ağırlık oranı yüksek parçaların üretiminde yaygın olarak kullanılır. Ancak, dövmecilik işlemleri genellikle operatörün becerisine ve tecrübesine bağlıdır [2]. Sanayileşmiş ülkelerdeki üretim sistemlerinin ileri üretim teknolojilerinin endüstriyel alanda kullanılması sonucu hızlı bir değişim sürecine girdiği görülmektedir. Özellikle 1990'lı yıllardan bu yana "Yapay Zeka (YZ)" teknikleri mühendislik uygulamalarında geniş bir yer bulmuştur. Dövme kalıplarının tasarımında ise YZ tekniklerinden birisi olan "Uzman Sistem (US)" kullanımını bu alanda büyük faydalar sağlayacaktır [3].

UZMAN SİSTEM

Bilgi tabanlı sistem olarak ta kabul edilen uzman sistem, konusunda uzman kişilerin bilgilerini sorgulama tekniği kullanarak problemleri çözmeye kullanılan akıllı bilgisayar programları olarak tanımlanabilir. Yapay zeka problemlerinde uzman sistemler kullanılarak çok başarılı sonuçların alındığı görülmüştür. Uzman sistemi ilk kullananlardan birisi olan Feigenbaum da [4], uzman sistemi "konusunda uzman kişilere ihtiyaç duyulan zor problemlerde çıkarım mekanizmasını ve bilgiyi kullanan zeki bilgisayar programı" olarak tanımlamıştır.

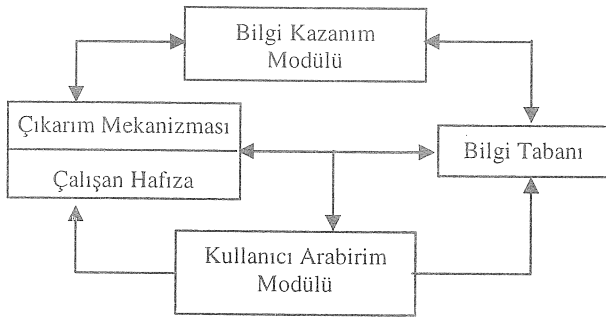
Uzman sistemler, yapay zekanın bir uygulama alanı olup, problemlerin çözümünde özelleştirilmiş bilgiyi kullanarak bir uzman kişinin düzeyinde çözüm sunmaktadır [5]. Uzman sistemleri diğer bilinen bilgisayar programlarından ayıran en önemli özellik, uzman sistemlerin esnek bir yapıya sahip olması ve yeni oluşan bilgi ya da kuralların programın ana yapısına herhangi bir müdahalede bulunmadan sisteme kolaylıkla eklenebilmesidir. Çünkü, bilgi tabanlı programın algoritmasından ayrıdır ve istenildiği zaman algoritmadan bağımsız olarak bilgi tabanına ulaşılabilir [6].

Uzman sistem oluşturulurken bilgi tabanlı (knowledge based) bir sistem oluşturulabileceği gibi kural tabanlı (rule based) bir sistem de oluşturulabilir. Sebep sonuç ilişkisinde bilgi tabanını oluşturmak için kullanıcıya sorulan sorular ve bunlara ait cevaplara katsayı (confidence factor) uygulaması yaparak bilgi

tabanında değerlendirilir. Bu işlem kural tabanlı uzman sistemlerde, EĞER-SONRA (IF-THEN) çıkarımlarıyla yapılır. Bir uzman sistemde bulunan elemanlar aşağıda belirtilmektedir.

UZMAN SİSTEMİN ELEMANLARI

Uzman bilgisi gerektiren problemleri çözmeye kullanılan uzman sistemler, Şekil 1'de görülen elemanlardan oluşmaktadır. [7]



Şekil 1. Uzman Sistemin Genel Yapısı

Kullanıcı Arabirim Modülü: Kullanıcı ile uzman sistemin iletişimi bu modül sayesinde sağlanır. Çıkarım mekanizması ve çalışan hafıza ile birlikte bilgi tabanındaki bilgi ve kuralların uygulanmasını sağlar. Uzman sistemin önerdiği sonuçlara NEDEN-NASIL (WHY-HOW) sorularını sorarak sonucun sorgulanmasına imkan tanır.

Çıkarım Mekanizması: Geçerli olan bilgi ve kuralların uygulanmasını sağlar. Çıkarımda genel olarak "ileriye zincirleme" (forward chaining) ve "geriye zincirleme" (backward chaining) yöntemleri kullanılır [8]. İleriye zincirleme, bilgi tabanındaki EĞER (IF) ile ifade edilen önermelerin THEN (SONRA) ile karşılığının olup olmadığına bakarak sebepten sonuca doğru gidilen zincirlemedir. Geriye zincirleme ise bunun tam tersi bir yöntem olup bilinen bir sonuçtan bilinmeyen sebeplere ulaşmayı amaçlayan bir zincirlemedir.

Çalışan Hafıza: Probleme ilişkin şartları içerir. Bilgi tabanı ile karıştırılmamalıdır. Bilgi tabanında var olan verilerin aktif hale getirildiği hafızadır.

Bilgi Tabanı: İlgili alana özel tecrübeye dayalı bilginin saklandığı veri tabanıdır. Bilgi ve kurallardan meydana gelir. Bilgi; nesnel arasındaki ilişki, sınırlama ve açıklamalardan oluşur. Kurallar ise; problem alanı ile ilgili kavramlar arasındaki mantıksal ilişkileri tanımlar [9].

Bilgi Kazanım Modülü: Bu modül, bilgi tabanındaki bilgi ve kuralları değiştirmek, yenisini eklemek veya çıkarmak için kullanılabileceği gibi bazı gelişmiş

uzman sistemlerde örnekler yardımıyla öğrenip otomatik olarak ta kurallar türetilmektedir.

DÖVME KALIP TASARIMINDA UZMAN SİSTEM (EX-FOR)

Bu çalışmada kullanılan kullanıcı ara birim modülü, kullanıcı ile çıkarım mekanizması arasındaki çift yönlü iletişimi sağlamaktadır. Bu ara birim modülü, uzman sistem yapısını oluşturmak ve veri tabanına bilgi girişini sağlamak için kullanılmaktadır. Şekil 2'de kural girişinin yapıldığı yazı ekranı görülmektedir.

Kalıp tasarımında ilk işlem, ürün geometrisinin sistem tarafından algılanmasıdır. İmal edilecek parçanın grafik tabanlı bir CAD programında çizimi yapılmalıdır. Bu çalışmada CAD programı olarak AutoCAD kullanılmıştır. İmal edilecek parçanın dövülebilir bir geometriye sahip olup olmadığını belirleyebilmek için AutoCAD'te hazırlanan çizim, DXF formatına dönüştürülmekte ve program tarafından çizimdeki tüm unsurların bilgileri ilgili veritabanına aktarılmaktadır.

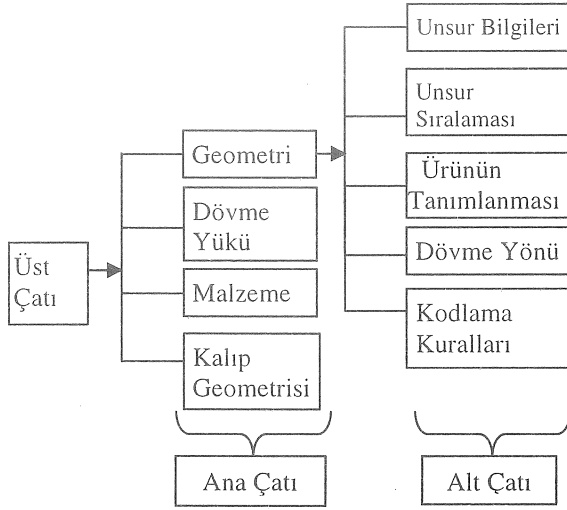
Statement	Antecedent	Equation	Consequent
IF	X1	=	X2
THEN	Entity	=	Vertical Line
IF	Y1	=	Y2
THEN	Entity	=	Horizontal Line

Şekil 2. Kural Girişi

EX-FOR ÇATI YAPISI

EX-FOR çatı yapısı (framework) bir semantik ağ yapısı şeklinde oluşturulmuştur. Ürün geometrisi, dövme yükü, kalıp geometrisi, kalıp montajı ve malzeme gibi **ana çatılar**, **üst çatıya** bağlanmıştır. Ayrıca her bir ana çatının değerlerini oluşturan **alt çatılar** bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3'de EX-FOR genel çatı yapısı görülmektedir.

Ana çatılar objelerin genel olarak sınıflandırması için kullanılmaktadır. Veri tabanındaki bilgilere ulaşmak için, kayıtlı bilgilerin herhangi bir veri taramasında nasıl bulunacağını ve hangi şartlarda işleme konulacağını kuralları ana çatıda belirtilir. Bununla birlikte ana çatıların değerlendirilmesi ancak alt çatıya girilen verilerin değerlendirilmesiyle mümkündür.



Şekil 3. EX-FOR Genel Çatı Yapısı

Bu çalışmada, imal edilmesi istenen ürün için gerekli olan kalıp geometrisi oluşturulmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla, üst çatıya kalıp tasarımı oluşturmaktadır. Üst çatıya ulaşabilmek için çıkarım mekanizmasında ileriye zincirleme yöntemi kullanılmıştır. Sisteme girilen ilk veri ürün geometrisinin CAD ortamındaki çizimidir. Bu çizim dosyası kullanılarak ürünün dövülebilir bir geometriye sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir. Dövülemez bölgelerin olması durumunda sistem bunu tanımlayabilmekte ve dövülebilir geometriyi oluşturmaktadır.

GEOMETRİ ÇATISI

CAD dosyasından alınan verilerden, dövülebilir geometrinin elde edilmesine kadar olan süreçteki çıkarım mekanizması, çalışan hafıza ve bilgi tabanı Şekil 4'te görülmektedir.

Unsur Bilgileri çatısı, AutoCAD ortamında çizilen ürüne ait tüm verileri içermektedir. Ekranın sınır ayarları, katmanlar, çizgi tipleri ve renkleri gibi, doğrudan çizgi ve yaylardan oluşan geometrinin koordinatları ile ilgisi bulunmayan veriler de yine unsur bilgilerinde yer almaktadır.

Unsur Sırası çatısı ise, ürün geometrisini oluşturan çizgi ve yayların saat yönünde belirli bir sıraya konulmasını sağlamaktadır. Çizimi yapan kişi çizimleri oluştururken belirli bir sırayı takip etmek zorunda değildir. Ancak kural tabanlı bir uzman

sistemde mutlaka bu unsurlar belirli bir sırada olmalıdır. Bu çalışmada, kullanıcıdan bunu istemek yerine oluşturulan unsur bilgi tabanı ile bu sorun kendiliğinden çözülmektedir.

Ürünün Tanımlanması çatısında elde edilen unsur bilgileri ve unsur sıraları ile birlikte ürünün geometrik yapısı sisteme entegre edilmektedir.

Dövme Yönü çatısı, uygulamada karşılaşılabilecek bir sorunu çözmek amacıyla geometri algılama sürecine dahil edilmiştir. Dövülecek parçanın kalıbını yaparken, iş parçasının kalıp içerisinde pozisyonlanması ve dövme esnasındaki malzeme akışının belirlenmesi, dövme yükü açısından çok önemlidir.

Ayrıca, dövülmüş parçanın kalıptan çıkarılması dikkate alınması gereken bir diğer konudur. Bu nedenle geniş olan yüzey dövme yüzeyi olarak seçilmiştir.

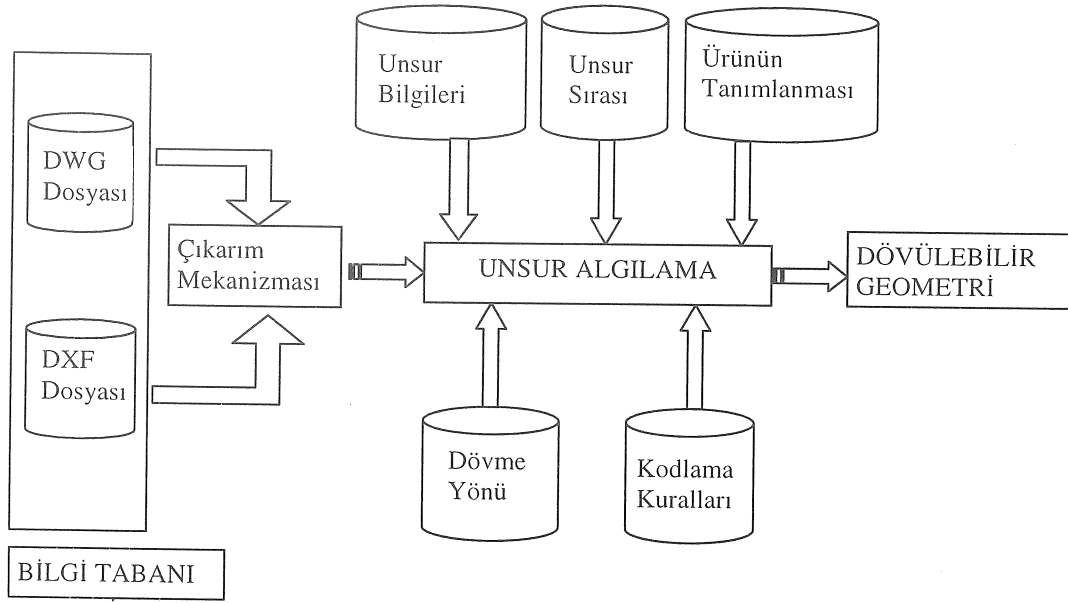
Kodlama Kuralları çatısı, dövülebilir geometrinin oluşturulması zincirindeki son halkayı temsil etmektedir. Her bir unsura 1'den 9'a kadar kod numarası atanmış olup dövülemez bölgelerin neler olabileceğine dair bütün kurallar sisteme girilmiştir. Şekil 5'te unsurlara verilen kod numaraları görülmektedir. Kodlamaya ilişkin kurallar zinciri çalıştıktan sonra dövülebilir geometriye ait çizgi ve yayların koordinatları belirlenmektedir. Böylelikle elde edilen geometri daha sonra yük ve gerilme hesaplarını yapmak üzere veritabanında saklanmaktadır.

DÖVME YÜKÜ ÇATISI

Dövmecilikte en önemli parametrelerden birisi de dövme yükünün belirlenmesidir. Kalıbın tasarımı ancak dövme yükünün belirlenmesi ile mümkün olabilir. Özellikle karmaşık şekilli parçaların dövme yükünün belirlenmesi için analitik bir çözüm mevcut değildir.

Ampirik ve sayısal çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır [16-20]. Mielnik'e [21] göre eksenel simetrik dövmede en iyi çözümü Elementel Üst Sınır Teorisi vermektedir.

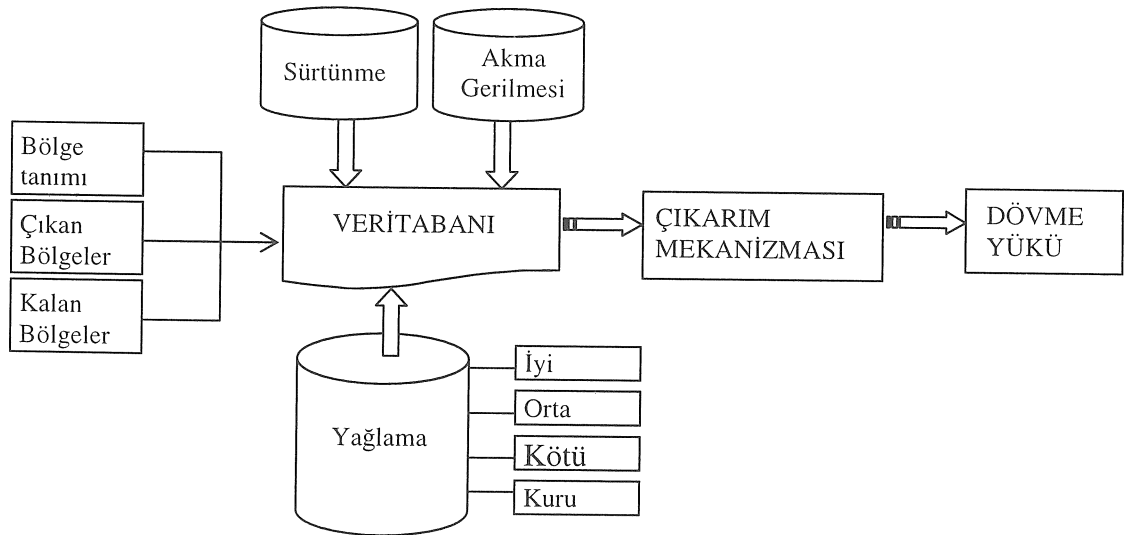
Bu çalışmada Elementel Üst Sınır Teorisi (Upper Bound Elemental Technique) kullanılarak dövme yükü tahmin edilmeye çalışılmıştır. Şekil 6'da dövme yükü çatısını oluşturan alt çatılar ile dövme yükünün belirlenmesi sırasındaki çıkarım mekanizması, çalışan hafıza ve bilgi tabanı görülmektedir.



Şekil 4. Geometri Algılama Süreci

Unsur lar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kod No	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Şekil 5. Unsurlara Ait Kod Numaraları



Şekil 6. Dövme Yüğü Çatısı

Elementel Üst Sınır Teorisi kullanılarak, dövülecek geometri 8 ana bölgeye ayrılmış (Şekil 7) ve her bir bölgeye gereken dövme yükü hesap edildikten sonra bunlar toplanarak toplam dövme yükü bulunmuştur (Şekil 8).

Ortalama kalıp hızının 1m/sn alındığı bu çalışmada deformasyon yükü, sürtünme yükü ve kayma yükleri toplanarak her bir bölge için toplam dövme yükü hesap edilmiştir [3,10].

$$P = \dot{E}_d + \dot{E}_f + \dot{E}_s$$

Birim şekil değiştirme hızları:

$$\dot{\varepsilon}_R = \frac{\partial \dot{u}}{\partial R} \quad \dot{\varepsilon}_Z = \frac{\partial \dot{w}}{\partial z} \quad \dot{\varepsilon}_\theta = -\left(\dot{\varepsilon}_R + \dot{\varepsilon}_Z \right)$$

Toplam enerji:

$$\dot{E} = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma_y \int \left(\dot{\varepsilon}_R^2 + \dot{\varepsilon}_\theta^2 + \dot{\varepsilon}_Z^2 + \frac{1}{2} \dot{\gamma}_{RZ}^2 \right)^{1/2} dV + \sigma_y \int_S \dot{m} \dot{S} ds$$

σ_y : Malzemenin akma gerilmesi

$\dot{\varepsilon}_R, \dot{\varepsilon}_Z, \dot{\varepsilon}_\theta$: R, Z, ve θ yönündeki birim şekil değiştirme hızları

$\dot{\gamma}_{RZ}$: R-Z düzleminde birim kayma hızı

m: Sürtünme faktörü

Buradan toplam dövme yükü:

$$P = \pi R^2 \sigma_y \left(1 + \frac{2}{3\sqrt{3}} m \frac{R}{H} \right)$$

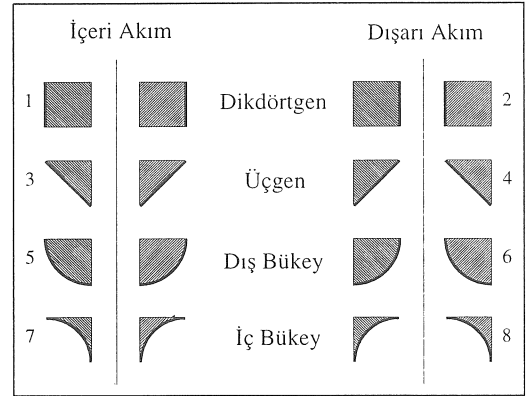
Buradaki formülün $\left(\frac{2}{3\sqrt{3}} m \frac{R}{H} \right) \pi R^2 \sigma$ kısmı sürtünme etkisini,

$\pi R^2 \sigma$ kısmı ise dövme yükünü ifade etmektedir.

Bölge Tanımı Çatısı, Geometri çatısındaki DXF dosyalarından yararlanarak ürün geometrisinin dış hatlarını oluşturan çizgi ve yay parçalarını tanımlar. Şekil 7'de verilen bölgeleri tanımlayabilme görevini bölge tanımlama çatısı gerçekleştirmektedir. Bu nedenle çizgilerin yatay, dikey, sola yatık ya da sağa yatık olmaları ile yay parçalarının saat yönünde veya tersinde iç bükey ya da dış bükey olmaları önemlidir.

Çıkan Bölgeler Çatısı, ürün geometrisinin dış hatlarındaki dikdörtgen olmayan bölgeleri ana geometriden ayırarak ayrı bir veritabanında saklamak için kullanılmaktadır. Dövme işlemi sırasında metal

akışı değişik yönlerde olabilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda [11-13] ürün geometrisi yine bölgelere ayrılmış ancak her bir bölgenin bir diğer bölge ile tam temas edip etmediği pek dikkate alınmamıştır. Oysaki bu durum, başta sürtünme etkisi olmak üzere dövme yükünün belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada geliştirilen algoritma ile ürün geometrisindeki dikdörtgen olmayan bölgeler geometriden çıkartılarak geriye sadece düzgün bölünebilen geometriler bırakılmıştır. Böylelikle Üst Sınır Teorisine göre bölünen her bir bölgenin bir diğeri ile tam temas halinde olması sağlanmıştır.



Şekil 7. Temel Bölgeler

Kalan Bölgeler Çatısı, ürün geometrisindeki dikdörtgen olmayan bölgeler çıkartıldıktan sonra, geriye kalan geometriyi her bir köşeden bir diğerine yatay ve dikey çizgiler çizerek dikdörtgen bölgeler oluşturmak ve bu bölgelere ait verileri veritabanında depolayabilmek için kullanılmaktadır.

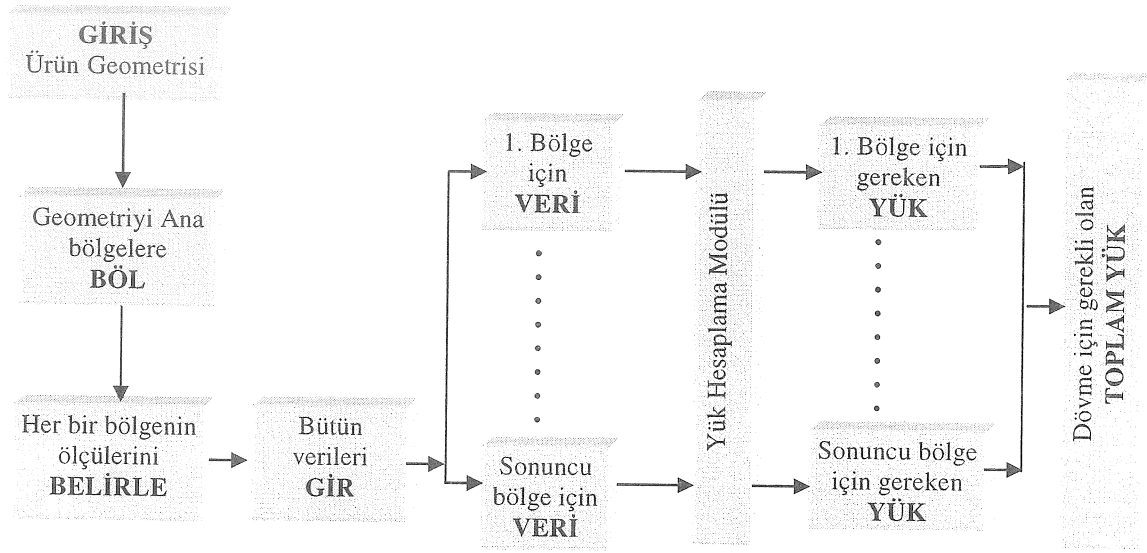
Sürtünme Çatısı, sürtünme yükünü hesaplayabilmek için kullanılan bir çatıdır. Ürün geometrisi bölgelere ayrıldıktan sonra her bir bölgenin kalıba, prese yada bir diğer bölgeye temasının olup olmadığı kontrol edilmelidir. Sürtünme katsayısı atanırken bu durum göz önünde bulundurulmaktadır.

Akma gerilmesi Çatısı, her bir malzemenin deformasyon özellikleri farklı olduğundan değişik deformasyon şartlarında malzemelerin akma gerilmelerinin depolandığı bir çatıdır. Hangi şartlarda gerilme değerinin ne olacağı bu çatıdaki değerlendirmeler neticesinde oluşmaktadır.

Yağlama Çatısı, sürtünme çatısındaki bilgileri alıp yağlama çatısındaki bilgileri ekleyerek dövme yükünün hesabına yardımcı olmaktadır. İyi, ortalama, kötü ve kuru (yağlamasız) olmak üzere dört yağlama şartı bulunmaktadır. Hangi şartlarda yağlama yapıldığı kullanıcı tarafından belirtilmelidir.

MALZEME ÇATISI

Dövme yöntemiyle imalat, geniş bir bilgi birikimi gerektirdiğinden imalatın her aşamasında bu bilgilerin değerlendirilmesi ve sisteme entegre



Şekil 8. Toplam Dövme Yüğü Algoritması

edilmesi gerekmektedir. Geliştirilen sitemdeki bilgi tabanı ve kurallar, oluşturulan algoritmadan ayrı olduğundan yeni kuralların eklenilmesi veya çıkartılması programdan bağımsız bir şekilde yapılabilmektedir. Malzeme çatısı tam olarak uzman sistemin gereksinimlerini yerine getirmektedir. 29 farklı grupta, her bir grupta yer alan pek çok malzeme ve her bir malzeme için 27 farklı özelliğin bulunduğu geniş bir malzeme veri tabanı oluşturulmuştur.

Malzeme veritabanının birinci bölümünde 29 farklı malzeme tanımlanmıştır (Şekil 9). Ürünün malzemesi bu grup içinden seçilmektedir. Seçilen malzemeye ait normlar ve 27 farklı malzeme özelliklerini belirten bilgiler yine malzeme veritabanı ekranında görülmektedir.

İstenildiği takdirde yeni malzeme girişi yapılabildiği gibi şifreye bağlı olarak mevcut bilgilerin de değiştirilmesi mümkündür. Malzeme grupları ve bunlara ait özelliklerin bir kısmı aşağıdaki Şekil 10 ve Şekil 11'de görülmektedir.

GROUP	MATERIAL
1	Carbon Steels
2	Low Alloy Steels
3	HSLA Steels
4	Gray Cast Irons
5	Ductile Cast Irons
6	Malleable Cast Irons
7	Corrosion-resistant Cast Irons

PROPERTY NAME	PROPERTIES
Type of Processing	HR
Tensile Strength (Mpa)	300
0.2% ofset Yield Strength(Mpa)	170
Elongation in 50mm %	30
Reduction Area %	55

GROUP	MATERIAL
1	Carbon Steels
2	Low Alloy Steels
3	HSLA Steels
4	Gray Cast Irons
5	Ductile Cast Irons
6	Malleable Cast Irons
7	Corrosion-resistant Cast Irons
8	Aluminium Alloys
9	Copper Alloys
10	Pure and Low Alloy Nickels
11	Ni-Cr and Ni-Cr-Fe Alloys
12	Fe-Ni-Cr Alloys
13	Controlled Expension Alloys
14	Magnesium Alloys
15	Tin base solders

Şekil 10. Malzeme Grupları

PROPERTY	PRONAME
1	Type,Class or Grade
2	Alloy Name
3	Alloy Number
4	Product Forms
5	Condition
6	Type of Processing
7	Tensile Strength (Mpa)
8	Ultimate Tensile Strength (Mpa)
9	Ultimate Strength (Mpa)
10	0.2% ofset Yield Strength(Mpa)
11	Tensile Yield Strength (Mpa)
12	Elongation in 200mm%
13	Elongation in 50mm %
14	Elongation in 25mm %
15	Reduction Area %
16	Hardness

Şekil 11. Malzeme Özellikleri

KALIP GEOMETRİSİ ÇATISI

Kalıp malzemesinde meydana gelen gerilme, dövme sırasında yüksek düzeydeki iç basınçtan kaynaklanmaktadır. Kalıp cidarında meydana gelen basınç tüm yüzeyde ve dövme işlemi boyunca sabit değildir. Kalıp geometrisini ve boyutlarını etkileyen faktörler (Şekil 12) mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Kalıp geometrisini ve boyutlarını etkileyen faktörler şunlardır [14,15,16]:

a) *Elastik kalıp genişmesi*: Dövme yükü altında kalıp elastik olarak genişler ve dolayısıyla kalıp yarıçapı (R_1), ilk yarıçapına (R_0) göre U_e miktarı kadar fazla olmalıdır.

$$R_1 = R_0 + U_e$$

b) *Isıl kalıp genişmesi*: Sıcak dövmeceilikte kalıp, ön ısıtmaya tabi tutulmalıdır. Dolayısıyla kalıp U_t miktarı kadar ilk yarıçapından daha büyük olmalıdır.

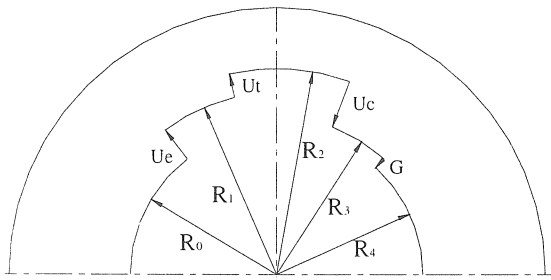
$$R_2 = R_0 + U_e + U_t$$

c) *Ürün büzülmesi*: Ilık (warm) ve sıcak dövmeceilikte, soğuma sırasında ürünün boyutlarında küçülme meydana gelmektedir. Meydana gelen bu küçülme miktarı (U_c), boyut hesabı yapılırken ilk yarıçaptan çıkartılmalıdır.

$$R_2 = R_0 + U_e + U_t - U_c$$

d) *Kıvılcım boşluğu*: Kalıp boşlukları genellikle elektro erozyon makineleri kullanılarak imal edilmektedir. İmalat sırasında erozyon cihazının kullandığı elektrot çapına göre meydana gelen kıvılcım nedeniyle kalıp yarıçapı ile son yarıçap arasında kıvılcım boşluğu (G) oluşur. Bu miktar ilk yarıçaptan çıkartılmalıdır.

$$R_2 = R_0 + U_e + U_t - U_c - G$$



Şekil 12. Kalıp Geometrisi Boyut Düzeltme Faktörleri

Kalıp iç geometrisi ve sıkma halkasının ölçülerinin belirlenmesi de kalıp tasarımında çok önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada Lamé

denklemlerinden [13] yararlanılarak Şekil 13'teki ölçüler parametrik hale getirilmiştir.

$$b = \frac{a}{Q_1}$$

$$c = \frac{a}{Q}$$

$$Q = Q_1 \cdot Q_2$$

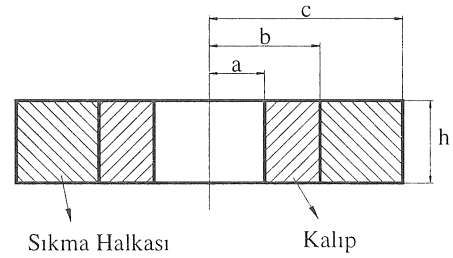
$$Q_2 = Q_1 \cdot \sqrt{K_1}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{K_1} \right) - PP}$$

$$PP = \frac{P_i}{S_{ydie}}$$

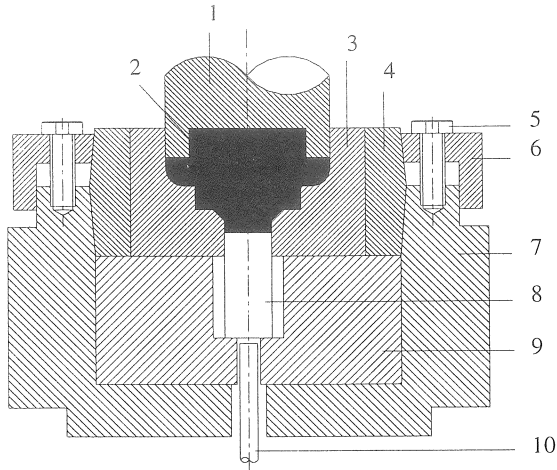
$$K_1 = \frac{S_{yhalka}}{S_{ykal}}$$

a = Kalıp iç yarıçapı
b = Kalıp dış yarıçapı
c = Sıkma halkası dış yarıçapı
 P_i = İç basınç



Şekil 13. Kalıp ve Sıkma Halkası

Kalıp geometrisi 10 ana parçadan meydana gelmektedir (Şekil 14). Şekil 14'teki ana kalıp parçalarından zımba, tek bir blok halinde gösterilmiş olup detayları verilmemiştir. Zımba, kalıp boşluğunun üst kısmını oluşturmaktadır. Ürün geometrisinin üst yüzeyine göre zımba düz bir yüzeye sahip olabileceği gibi ürün geometrisindeki bölüm çizgisinin (parting line) ürünün en üst yüzeyi olmaması durumunda şekilli de olabilir. Şekil 14'te bölüm çizgisinin üst yüzeyde olmadığı ve dolayısıyla ürüne verilecek şeklin bir kısmının zımba yardımıyla verildiği görülmektedir.

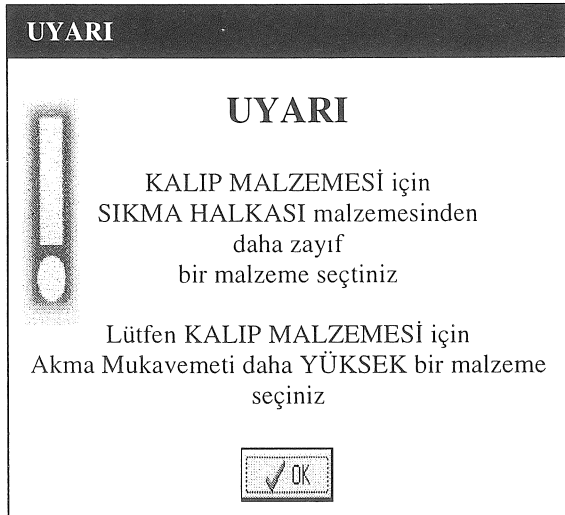


Şekil 14. Ana Kalıp Parçaları

1. Zimba 2. İş parçası 3. Kalıp 4. Sıkma Halkası 5. Cıvatalar 6. Kalıp tutma halkası 7. Kalıp yatağı 8. Alt zimba 9. Alt tabla 10. İtici

Kalıp iç boşluğu ve sıkma halkasına ait boyutlandırma yukarıda verilmiştir. Kalıp iç boşluğu imal edilirken dikkate alınması gereken faktörler yine yukarıda ifade edilmiştir. Kalıp ve sıkma halkası için seçilecek malzemenin de boyutların belirlenmesinde büyük önemi vardır.

Kalıp malzemesinin mukavemetinin, sıkma halkasının mukavemetinden daha fazla veya en azından eşit seçilmesi gerekir. Kullanıcının yanlış malzeme seçmesi durumunda geliştirilen uzman sistem gerekli uyarıyı yapmaktadır (Şekil 15).

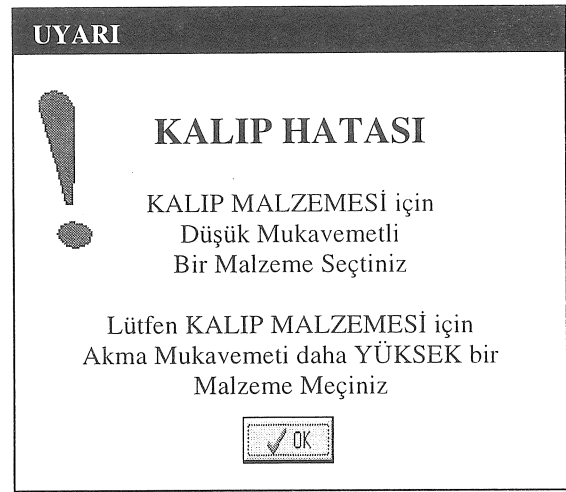


Şekil 15. "Malzeme Seçim Hatası" Ekranı

Aynı şekilde, ürünü dövme yoluyla elde etmek için gerekli kalıp malzemesinin mukavemeti düşük bir malzemeden seçilmesi durumunda yine sistem gerekli uyarıyı yapmaktadır (Şekil 16).

Şekil 14'te görülen ana kalıp parçalarından alt zimba, dövme sonrasında iş parçasını kalıptan çıkarmak ve oluşan yağlayıcı artıkları kolaylıkla dışarıya alabilmek için kullanılmaktadır. Ayrıca, ürünün alt kısmına şekil vermek gerektiğinde de alt zimbadan yararlanılmaktadır.

Ana parçalardan olan kalıp, en önemli elemanlardan birisidir. Dövme sırasında kalıp, dövme yükü, sürtünme ve sıcaklık etkisinde kaldığından kalıp malzemesi de bu şartlara uygunluk gösterecek bir malzeme olmalıdır. Dövme yükü nedeniyle oluşan iç basınca karşı mukavemeti artırmak için bir yada birden fazla sıkma halkası kullanılabilir.



Şekil 16. "Kalıp Malzemesi Hata" Ekranı

SONUÇ

Bu çalışma ile kapalı kalıpta dövme yaparak nete yakın şekilli aksenal simetrik ürünlerin elde edilmesine yönelik bir uzman sistem geliştirilmiştir. Makalenin hacmi göz önüne alınarak bu çalışmada kullanılan hesaplamalara ilişkin detaylar verilmemiş, detaylar için ilgili kaynaklara atıfta bulunularak sadece tasarım için gerekli faktörler açıklanmıştır. Oluşturulan bilgi tabanı ile dövme kalıplarının tasarımında uzman olmayan kişilere kullanım kolaylığı sağlanmış ve yanlış yapılabilecek seçimlere karşı uyarı mekanizmaları konulmuştur.

Sisteme girilmesi gereken ilk veri bitmiş ürünün geometrisidir. Genellikle ticari olarak en yaygın CAD programlarında birisi olan AutoCAD ürün geometrisini oluşturmakta kullanılabilir. Ürün geometrisinin algılanabilmesi için CAD dosyası DXF formatına çevrilmektedir.

İstenildiği takdirde Uzman sistem menüsü kullanıcıya geometrik tüm verileri tablo halinde sunabilmektedir. Sistem kural tabanlı olduğundan, bütün çizgi ve yayların değerlendirilebilmesi için gerek çizim nesnelere gerekse de nesnelere çizim sırası belirli kurallar zincirine bağlanmıştır. Bütün işlemler geliştirilen bir modül sayesinde yapıldığından, CAD dosyasının nasıl oluşturulduğunun sistem açısından önemi kalmamaktadır.

Bir sonraki aşamada bitmiş ürün geometrisinin kapalı kalıpta dövülüp dövülemeyeceği kontrol edilmektedir. Eğer dövülemez bölgeler varsa, geliştirilen kodlama modülü sayesinde bu bölgeler tanımlanmakta ve dövülebilir geometri oluşturulmaktadır. Her bir çizgi ve yay çeşidine göre oluşabilecek dövülemez alanlar için pek çok alternatif değerlendirilerek bunlara ilişkin bütün kurallar uzman sistem hafızasına konulmuştur. Dövülebilir geometri kullanıcıya sunulduğunda sistem, NASIL-NİÇİN sorularına ilgili kuralı çalıştırarak cevap verebilmektedir.

Kalıp tasarımının en önemli unsurlarından birisi de dövme yükünün bilinmesidir. Bu çalışmada üst sınır teorisi kullanılmıştır. Ürün geometrisi, metal akışının birbirine kesintisiz geçebilecek şekilde olabilmesi için yeni bir alanlara bölme yöntemi geliştirilmiştir. Böylelikle, işlem kolaylığı sağlandığı gibi, sürtünmeden kaynaklanan yükün ve toplam dövme yükünün gerçeğe daha yakın bulunması sağlanmıştır.

Kalıp ve sıkma halkalarının malzemesinin seçimi için çok geniş bir malzeme veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veritabanı uzman sistem mantığı içerisinde hareket etmektedir. Dolayısıyla sadece bu çalışmada değil, malzeme seçimi gerektiren tüm çalışmalarda kullanılacak bir yapıya sahiptir. Meydana gelen yük ve gerilim değerlerine göre en uygun kalıp malzemesinin seçilmesi bu veritabanı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kullanıcının yanlış bir seçim yapması halinde ise uyarı mekanizması devreye girmektedir.

Kalıp montajını gösteren sonuç ekranında ise tasarıma ilişkin bütün bilgileri görülebilmektedir. Ayrıca filtreler sayesinde ana kalıp parçalarından sadece bir yada birkaçını görüntülemek ve bunların geometrik bilgilerini görebilmek mümkündür.

AN EXPERT SYSTEM APPLICATION FOR AXISYMMETRIC FORGING DIE DESIGN

In this study, an expert system has been developed for axisymmetric forging die design. For this aim, special inference engine has been developed by using forward chaining method in C++ language. This study has knowledge base structure in general

and rule base in particular. AutoCAD is used as a graphical environment. AutoCAD drawing is converted into DXF file and all coordinates related to drawing are recorded into database. Forgeability control of the part is carried out and then forging load is calculated. Developed program, determines the required dimensions of the die insert and shrink ring diameters by considering the forging load and selected die material. Finally, 2D drawing of all die components and punch are presented to the user.

Key Words: Expert System, Forging, Die Design

KAYNAKÇA

1. Turban, E., "Decision Support and Expert Systems", Macmillan Pub., USA, 1990.
2. Huang, S.H., Xing, H., Wang, G., "Intelligent Classification of the Drop Hammer Forming Process Method", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, V: 18, Issue 2 Pages 89-97, 2001.
3. Yılmaz, N. F. "An Expert System for Near Net Shape Axisymmetric Forging Die Design", Doktora tezi, Gaziantep Üniversitesi, 2002.
4. Feigenbaum, E., "Knowledge Engineering in the 1980's", Department of Computer Science, Stanford University, CA, 1982.
5. Aslan, E., "Uzman Sistem Yardımıyla Son İşlemci Tasarımı", Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1995.
6. KES PS El Kitabı, SoftwareArchitecture and Engineering Inc., 1990.
7. Huang, S.H. and Zhang, H.C., "Neural-Expert Hybrid Approach for Intelligent Manufacturing: A survey", Computers in Industry, V:26, 1995.
8. Luce, T., Using VP-Expert in Business, McGraw-Hill, Watsonville, 1992.
9. Ozkan, M.T., Gulesin M., "Uzman Sistem Yaklaşımı ile Cıvata ve Dişli Çark Seçimi", Turk. J. Engin. Environ. Sci. 25, 169-177, Tubitak, 2001.
10. Yılmaz, N.F., Eyercioğlu, Ö., "Application of UBET in the Prediction of Forging Load for Axisymmetric Forging", Int. J. Advanced Manufacturing Systems, V.6, I.1, 1-11, 2003.
11. Tang, J., OH, S., Altan, T., Miller, R. A Knowledge Based Approach to Automate Forging Design, J. Mater. Shaping Technology, p 7-17. (1988).
12. Lange, K. Handbook of Metal Forming, McGraw Hill. (1985).
13. Kim, H., S., Im, Y.,T. Expert System for Multi-Stage Cold-Forging Process Design with a Re-designed Algorithm, Journal of Material Processing Technology. V.54, 271-285. (1995).

14. Eyercioğlu, O. Developments and Performance Analyses of Precision Forged Spur Gears. *Ph.D. Thesis*, University of Birmingham. (1995).
15. Sadeghi, M.H. Precision Forging Axisymmetric Shapes, Straight and Helical Spur Gears. Ph.D. Thesis, University of Birmingham. (1989).
16. Őenalp, Z.A., Kaftanođlu, B., Metal Şekillendirme Alanında kullanılan Çözüm Yöntemleri, Makine Tasarım ve İmalat Dergisi, C:3, S:5, (2000).
17. Lee, J.H., Kim, Y.H., Bae, W.B. A Study on Flash and Flashless-Precision Forging by the Upper Bound Elemental Technique. *Journal of Materials Processing Technology*, V.72. (1997).
18. Lin, Y.T., Wang, J.P. A new Upper Bound Elemental Technique Approach to Axisymmetric Metal Forming Processes. *Int. Journal of Machine Tools Manufacture*, V.33, N.2. (1993).
19. Oyekanmi, B.O., Bramley, A.N. Osman, F.H. The Validation of the Upper Bound Elemental Technique (UBET) in the Prediction of Strain Distributions in Forgings. *Journal of Materials Processing Technology*, V.30. (1992).
20. Bramley, A.N. UBET and TEUBA: Fast Methods for Forging Simulation and Preform Design. *Journal of Materials Processing Technology*, V.116. (2001).
21. Mielnik, E.M. *Metalworking Science and Engineering*. McGraw-Hill, Inc. (1991).