



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ KALIPÇILIĞINDA KALIP TASARIMI OTOMASYONU

Coşkun SABAH

Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK  
(DANIŞMAN)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ KALIPÇILIĞINDA KALIP TASARIMI OTOMASYONU

Coskun SABAH

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 02./07/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Ferruh ÖZTÜRK  
Danışman

Prof.Dr. Nurettin Yavuz

Prof.Dr. Recep Eren

**ÖZET**

Günümüz global pazar ihtiyaçlarına cevap verebilecek ve rekabet edebilecek ürünlerin otomotiv endüstrisinde üretilebilmesi için ürün tasarım maliyetlerinin ve pazara çıkış sürelerinin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Geliştirilen yaklaşım ile teknoloji kullanımı açısından önemli konumda olan kalıp üretiminin iyileştirilmesi bağlamında, kalıp tasarım sürecinde geçen sürenin uzman gereksiniminin ve tasarımcı hatalarının en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Projenin hedefi, ofis ortamında atelyeye entegre, kalıp tasarımını kolaylaştırıcı ve geliştirmeye açık bir metodun uyarlanması yönünde, tasarım kuralları ve parametrik tasarım tekniği ile geliştirilen, tasarımcıya yardımcı bir sistemin devreye alınmasıdır. Günümüz rekabet ortamına ayak uydurabilmek için kalıp tasarım süreci çalışmalarının uzman sistemler, benzetimler ve parametrik tasarım tekniği kullanılarak geliştirilmiş sistemler ile desteklenmesi gerekmektedir. Sac kalıpcılığında tasarım kurallarının kullanımı, simülasyonlar ve algoritma tabanlı bilgiyi kullanan kodların yazılması kalıp tasarım sürecinin eniyilemesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışma ile otomotiv endüstrisinde sac kalıp tasarımlarının, kalıp tasarım kuralları ve parametrik tasarım tekniği kullanılarak hazırlanan bir ara yüz ile kontrolü ve standartlaştırılması ile tasarım sürecinin eniyilemesi anlatılmaktadır. Geliştirilen uzman sistem ile elde edilen kazanımlar endüstriyel bir kalıp tasarım uygulama çalışması ile anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CATIA V5, Kalıp Tasarım Kuralları, Parametrik Tasarım, Standart Kalıp Elemanları, Uzman Sistem

**ABSTRACT**

In today's global markets, the key for competing of automotive manufacturers is to produce low-priced, high quality and reliable products in a short time. In this research, rule based die design techniques, parametric modelling and computer aided design techniques are employed to reduce the time required for die design process with the goal of manufacturing high quality sheet metal parts through a cost effective approach by reducing dependency on human expertise. The project aims to implement an integrated die design and manufacturing system for the use of workshop and office environments to produce cost efficient dies in shorter lead times. In today's stamping die industry majority of the design tasks are not yet defined in an algorithmic way. Therefore, die design process must be supported by advanced techniques like expert systems, virtual simulations, parametrical modelling. The use of rule based design techniques, parametric modelling and computer aided design techniques helps to improve the optimization of the die design process. In this study it is aimed to show how the die design process can be standardized and optimized through an interface created by use of design rules and parametric design techniques. The effectiveness and validity of the proposed approach are shown with die design case study in the automotive industry.

**Key Words:** CATIA V5, Die design rules, Parametric design, Standart die components, Expert System

**İÇİNDEKİLER**

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>7</b>
<b>4. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ SAC KALIPLARI.....</b>	<b>8</b>
<b>5. KALIP TASARIM KURALLARI VE TASARIM YAKLAŞIMLARI .....</b>	<b>12</b>
3.1. Kesme Kalıbı Tasarımı İşlem Adımları .....	14
3.2. Kalıp Tasarım Kuralları.....	16
<b>6. UZMAN SİSTEMLER ve PARAMETRİK TASARIM.....</b>	<b>20</b>
<b>7. KALIP TASARIMI OTOMASYONU .....</b>	<b>23</b>
7.1. Kalıp Standart Parça Kütüphanesi Programı.....	23
5.2. Kalıp Tasarım Otomasyon Programı.....	32
<b>8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>47</b>
KAYNAKLAR .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	51
TEŞEKKÜR.....	52

## **KISALTMALAR DİZİNİ**

CAD - Computer Aided Design / Bilgisayar destekli tasarım

VB - Visual Basic 6.0

CATIA - Catia V5 CAD Katı model tasarım Programı

OOP - Object-Oriented Programming . Program geliřtirmek için kullanılan teknoloji

Pro/E - Pro Engineer CAD Katı model tasarım Programı

API - Veri tabanı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Mevcut durumda kalıp tasarım süreci .....	1
Şekil 1.2. Otomasyon eniyileme çalışması ile hedeflenen kalıp tasarım süreci.....	2
Şekil 2.1. Otomobil lastiği oluşturma arayüzü (Chu ve ark. 2004) .....	5
Şekil 2.2. Kural örneği (Skarka 2006) .....	6
Şekil 2.3. Otomasyon çalışmalarında kullanılan öğeler .....	6
Şekil 4.1. Açınım kalıbı .....	8
Şekil 4.2. Çift etkili derin çekme kalıbı .....	9
Şekil 4.3. Tek etkili derin çekme kalıbı .....	9
Şekil 4.4. Ütüleme kalıbı.....	10
Şekil 4.5. Çevre kesme kalıbı.....	11
Şekil 5.1. Kesme kalıbı alt kalıp elemanları.....	12
Şekil 5.2. Kesme kalıbı ust kalıp elemanları 1 .....	13
Şekil 5.3. Kesme kalıbı ust kalıp elemanları 2.....	13
Şekil 5.4. Kesme kalıbı metodu .....	14
Şekil 5.5. Mevcut durumda kesme kalıbı tasarımı işlem adımları .....	15
Şekil 5.6. Uzman sistem yaklaşımı ile hedeflenen kesme kalıbı tasarımı işlem adımları	16
Şekil 5.7. Kalıp kaldırma döküm eklentileri şartname değerleri (Fiat Kalıp Yapım Şartn. 2001).....	17
Şekil 5.8. Ana standart elemanların montajı .....	18
Şekil 5.9. Burçların eksene göre farklı tasarlanması.....	18
Şekil 5.10. Sıyırıcı baskı kuvveti hesaplanması .....	19
Şekil 6.1. Uzman sistem yaklaşımı .....	20
Şekil 7.1. Kalıp Standart Parça Kütüphanesi Programı.....	23
Şekil 7.2. Parça çağırma şekli, seçim bölümü .....	25
Şekil 7.3. Parçayı tanımlayan etiketlerin program ve catia görünümü.....	25
Şekil 7.4. Parametre atma ve okuma menüsü .....	26
Şekil 7.5. Excell programında yazdırılmış malzeme listesi.....	26
Şekil 7.6. Autocad programında oluşturulmuş montaj balonları .....	27

Şekil 7.7. Düz stoper seçim penceresi .....	27
Şekil 7.8. Standart Parça Kütüphane Programı Temel Algoritması (“OLUSTUR” butonu Tıklandığında) .....	28
Şekil 7.9. Standart Parça Kütüphane Programı Temel Algoritması (“GURUBU OLUSTUR” butonu Tıklandığında).....	29
Şekil 7.10. Azot silindiri ve kullanım yeri .....	30
Şekil 7.11. Azot silindiri ile ilgili kullanıcı girdi verileri.....	31
Şekil 7.12. Azot silindiri gerekli kuvvet hesabı .....	32
Şekil 7.13. Hesaplanan azot silindirleri listesi .....	32
Şekil 7.14. Baz kalıp seti.....	34
Şekil 7.15. Kalıp tasarım otomasyon programının bölümleri .....	36
Şekil 7.16. Pres bilgileri bölümü .....	37
Şekil 7.17. Baba bilgileri bölümü .....	37
Şekil 7.18. Göbek – Sıyırıcı bilgileri bölümü .....	38
Şekil 7.19. Otomasyon programı iş akış diyagramı .....	39
Şekil 7.20. Kalıp tasarımı için önerilen uzman sistem yapısı .....	40
Şekil 7.21. Döküm ölçüleri bölümü kısımları.....	41
Şekil 7.22. Standart parça konumları bölümü.....	41
Şekil 7.23. Veri girişi ile renk değişimi .....	42
Şekil 7.24. Baz kalıp setinin ölçülerinin okunması .....	43
Şekil 7.25. Baz kalıp setinin güncellenmesi.....	44
Şekil 7.26. Baz kalıp setinin güncel hali .....	44
Şekil 7.27. Pres bilgileri.....	45
Şekil 8.1. Kalıp tasarım otomasyon programı ve standart parça kütüphane programı kullanılarak tasarlanan kamlı delme kalıbı .....	48

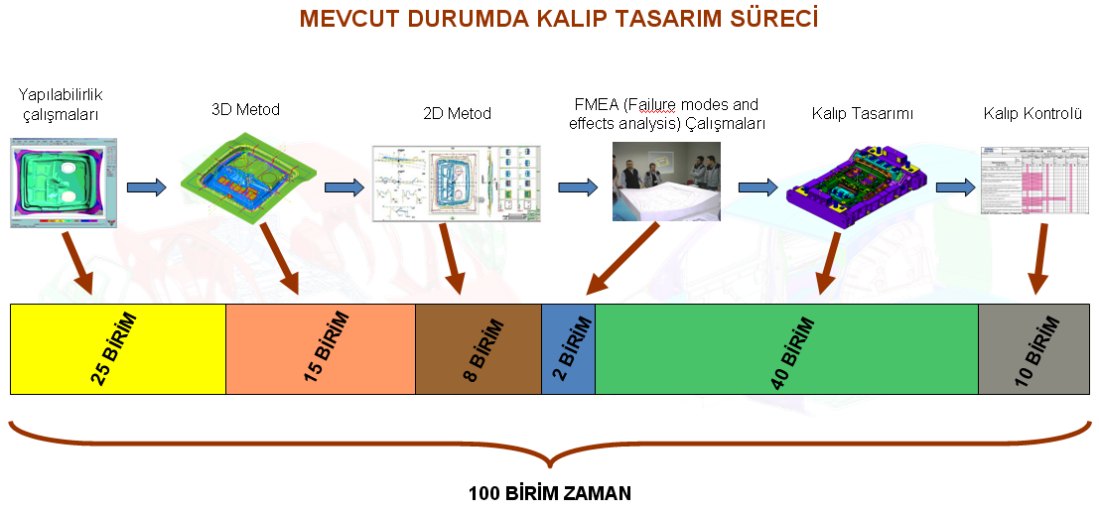


## 1. GİRİŞ

Otomotiv üretim sektöründe kalıp geliştirme süresi ürün geliştirme performansının önemli bir faktörüdür. Kalıp tasarımı ve imalatı sektördeki en karmaşık ve pahalı üretim aşamalarından birisidir. Kalıp tasarım adımlarında yapılan hata veya sürenin uzaması, yeni bir ürünün maliyetini ve termin sürelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Kalıp tasarım işlemlerinde yapılan iyileştirmeler, büyük oranlarda kalıp termin sürelerini etkilemektedir.

Endüstride kalıp üretim sürecini incelediğimizde, çoğu işlemin algoritmik olarak tanımlanamaması, sebebi ile tecrübeye dayalı sezgisel yaklaşımların bir çok işlem adımında yer aldığı görülmektedir. Bu yüzden, özellikle tasarım aşamasında ön plana çıkan tecrübe gereksinimi farklı tasarımcıların farklı kalıp tasarımlarına ve termin sürelerinin uzamasına sebep olabilmektedir. Bu çalışma ile kalıp üretim sürecinin önemli adımlarından biri olan kalıp tasarımının iyileştirilmesi ile hata kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir..

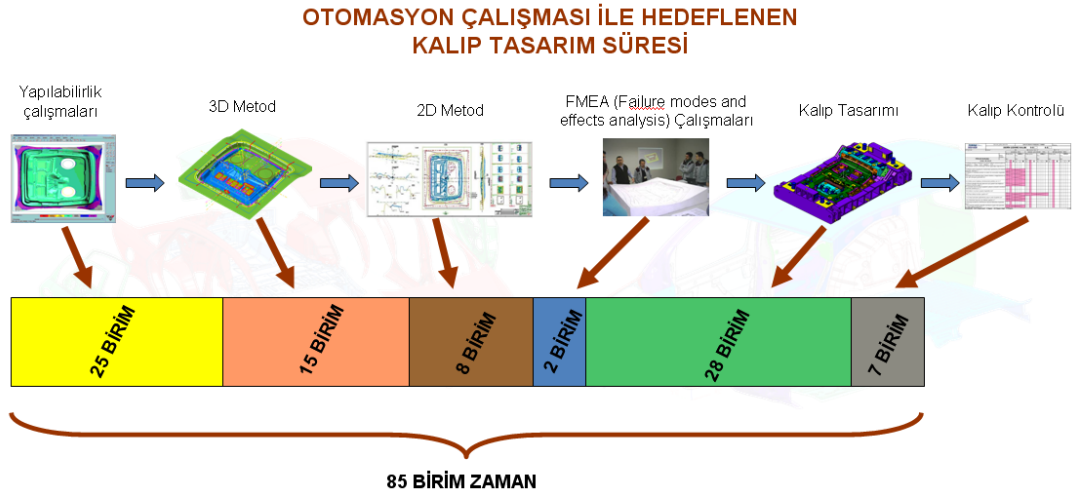
Kalıp tasarım zamanları ve tasarım kalitesi, yapılacak olan kalıp setlerinin maliyetini etkileyen en önemli unsurlardır. Tasarım süreleri yapılacak olan kalıbın çeşidine, parçanın büyüklüğüne, parçanın simetrisine ve kullanılan sac malzemeye göre değişmektedir. Kalıp tasarım sürecinin olabildiği kadar hatasız ve verimli geçmesi, parça maliyetlerini düşürmektedir. (Bakınız Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Mevcut durumda kalıp tasarım süreci

Bu çalışmada geliştirilen sistem ile kalıp tasarımlarında %25 ve kalite bazında %15 iyileşme olacağı öngörülmüştür (Bakınız Şekil 1.1). Kalite kriteri örnek çalışmada tezgah operatörü, strafor model operatörü ve dökümcü memnuniyeti olarak alınabilir. %15 ile en çok iyileşmenin sağlandığı “Kalıp Tasarımı” kalıp tasarımı sürecinde en çok zaman alan ve en çok dikkat edilmesi gereken evredir. (İyileşme değerleri yapılan çalışmalardan alınmıştır.)

Literatürde kalıp tasarım ve imalat sürecini iyileştirmek ve maliyetleri azaltmak için yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Uzman gereksiniminin ön plana çıktığı tasarım işlemlerinin algoritmik olarak tanımlamada zorluk çekilen, matematiksel model tanımlamalarında eksikliklerin görüldüğü konularda ve özellikle kural tabanlı yaklaşımların uygulandığı alanlarda uzman sistemler, tasarımcılara yardımcı araçlar olarak kullanılmaktadır. Parametrik tasarım tekniği de araştırmacılar tarafından tasarımcılara yardımcı yaklaşım olarak bilgisayar destekli teknikler ile birlikte kullanılmışlardır.



Şekil 1.2. Otomasyon eniyileme çalışması ile hedeflenen kalıp tasarım süreci

İlerleyen bölümlerde uzman sistem parametrik tasarım ve programcılık tekniği kullanılarak oluşturulan uzman sistem arayüzü ile kalıp tasarım sürelerinin ve toplam

sürecin iyileştirilmesi anlatılacaktır. Çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır. “Kalıp Tasarım Otomasyon Programı” ve “Standart Parça Kütüphane Programı”.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Üretime dayalı çalışan firmalar üretim yapmak ve üretim kalitelerini artırmak için her geçen gün yeni optimizasyon tekniklerini denemekte ve problemlerine düşük maliyetli, çabuk ve optimum çözümler üretmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Yalın üretim, tam zamanında üretim, eşzamanlı mühendislik, esnek üretim ve iş süreçlerinin iyileştirilmesi gibi sistemler temelde üretim süreçlerindeki israfların ortadan kaldırılmasını amaçlar. Kaliteli üretim yapmak, süreçleri iyileştirmek ve optimum çözüm bulabilmek için kullanılan tekniklerden birisi de programcılık tekniğidir. Bu tekniğin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır.

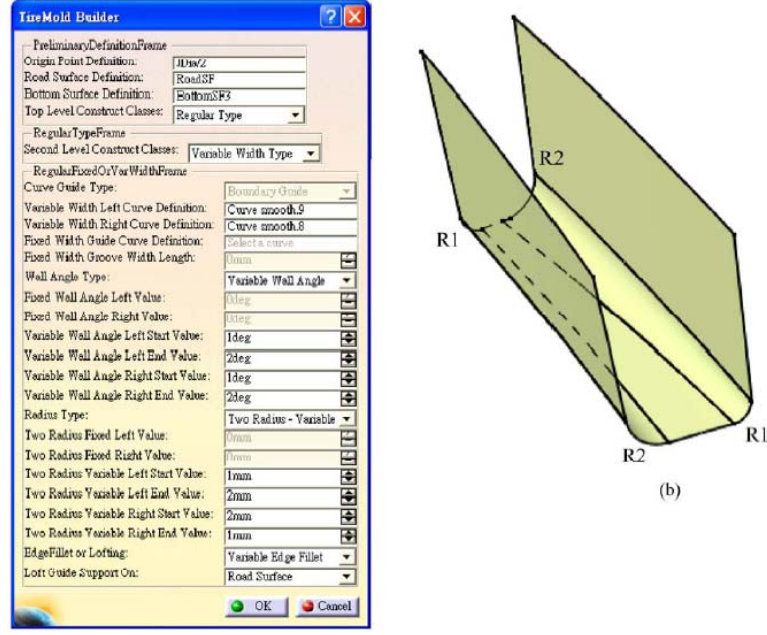
Lee ve ark (1997) hazırladıkları bir baz kalıp setine çeşitli montaj ilişkileri vermiş, bu ilişkileri parametrelere atamışlardır. Bu sayede kalıbı güncelleyebilmiş, yeni durumlara adapte edebilmişlerdir. Hazırladıkları parametrelere standart elemanların bilgilerini de girmişler böylece hızlı bir şekilde malzeme listesi oluşturabilmişlerdir. Yaptıkları bu teknikle kalıp tasarımı modülleri oluşturmuşlardır. Çalıştıkları bu teknik, bilgisayar destekli parametrik dizayndır.

Myung ve Han (2001) makina elemanlarını hazırladıkları veri tabanı (API) ile montajlamışlardır. Bunu yapabilmek için uzman sistem yaklaşımı tekniğini kullanmışlardır.

Duffey ve Sun (2003) progresif kalıpların tasarımı için bilgisayar programcılığını kullanmışlardır.

Kumar ve Singh (2004) tarafından hazırlanan bir kullanıcı arayüzü ile, progresif kalıplarını "AUTOCAD" ortamında çizimine yardımcı olacak iskelet oluşturulabilmiştir.

Chu ve ark. (2004), otomobil lastiğinin kalıp tasarımı hazırlanmadan önce gerekli eleman resmini, bir kullanıcı arayüzü ile tasarıma hazır hale getirebilmiştir. (Bakınız Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Otomobil lastiği oluşturma arayüzü (Chu ve ark. 2004)

Lin ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada hazırlanan çekme kalıbı setine kurallar atanmış, bu sayede olabilecek yeni durumlara kalıp adapte edilebilmiştir. “Pro/E” katı model tasarım programında hazırlanan bu set, pres ile ilgili bilgiler ile diğer kalıp tasarım için gerekli bilgileri cad programının bir özelliği olan parametrelerden almaktadır. Kullanılan bu teknik bilgisayar destekli parametrik dizayn yaklaşımıdır.

Kim ve ark. (2006) hazırladıkları bir arayüz ile küçük ve basit bir kesme kalıbını kontrol etmeyi başarmışlardır. Yapılan çalışmada “Visual Basic 6.0” programlama dili kullanılmıştır. Bu çalışma ile kalıp seti standart hale getirilmiştir. Kalıp bilgileri “Ms Access” veri tabanına girilmiştir. Kalıbın basitliği yapılan çalışmanın etkili olmasındaki en önemli etkidir. Yaptıkları çalışmada parametrik dizayn yaklaşımını kullanmışlardır.

Skarka (2006) yaptığı çalışmada CATIA programının özel bir eklentisi olan “Knowledge” modülünü kullanmıştır. Bu modül istenilen işlemler için kurallar yazılmasına olanak sağlamaktadır. Yapılan çalışma katı model programlarının geliştirilebilmesine örnek niteliğindedir. Kullanılan teknik uzman sistem yaklaşımıdır. (Bakınız Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Kural örneği (Skarka 2006)

Özetle yapılan çalışmalar, kullanılan teknik, kullanılan CAD programı kullanıldığı kalıpcılık sektörü ve kullanılan programlama dili farklılıklarından oluşmaktadır. Standart elemanların program tarafından oluşturulması yani bir dizinden çağırılmaması daha önce yapılmamış bir yeniliktir. Uzman sistem yaklaşımının otomotiv sac kalıpcılığında uygulanma örneğine literatürde rastlanmamıştır.

<p style="text-align: center;"><b>KULLANILAN TEKNİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI</li> <li>■ BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARAMETRİK DİZAYN YAKLAŞIMI</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>KULLANILAN PROGRAMLAMA DİLİ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CAA</li> <li>■ C++</li> <li>■ VBA</li> <li>■ Visual Basic</li> <li>■ CATIA Knowledge Advisor module</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>KULLANILAN CAD PROGRAMI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CATIA V5</li> <li>■ Pro Engineer</li> <li>■ UG</li> <li>■ Solid Works</li> <li>■ AUTOCAD</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>KULLANILAN KALIPÇILIK SEKTÖRÜ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Enjeksiyon kalıpcılığı</li> <li>■ Otomotiv Sac Kalıpcılığı</li> <li>■ Küçük Sac Kalıpcılığı</li> <li>■ Progresiv Kalıpcılığı</li> </ul>

Şekil 2.3. Otomasyon çalışmalarında kullanılan öğeler

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Günümüzde tasarım otomasyonu, süreçlerin iyileştirilmesinde ki en önemli etkenlerden biridir. Karşılaşılan zorlukların tekrar engel teşkil etmemesi için bilgisayara öğretilmesi , maliyetlerin düşürülmesinde oldukça önemlidir. Bu amaçla kullanılan teknikler firmalara büyük avantaj sağlamıştır.

Bu çalışmada anlatılacak olan kalıp tasarım otomasyon programı maliyeteri düşürmüş hata riskini en aza indirmiştir. Programın hazırlanmasında “Visual Basic 6.0” programlama dili ile CATIA katı model tasarım programı kullanılmıştır. Kullanılan teknik programlama tekniğidir. Yapılan çalışmanın daha iyi anlaşılması için sac kalıplılığının bölümleri bilinmeli, programlama tekniğinin mantığı kavranmalıdır.

Kalıp tasarım ve imalat sürelerinin azaltılması çalışmasının temelinde kalıp tasarım kurallarının ve parametrik tasarım tekniğinin kullanımı yer almaktadır. Bu çalışmada geliştirilen sistem;

- 1) CATIA ortamında parametreler aracılığı ile oluşturulan baz kalıp seti,
- 2) CATIA Visual Basic Application (VBA) programlama dili ile oluşturulan sistem arayüzü,
- 3) Kalıp tasarımlarında kullanılan standart elemanların parametrik tasarım tekniği ile CAD ortamında oluşturulması,

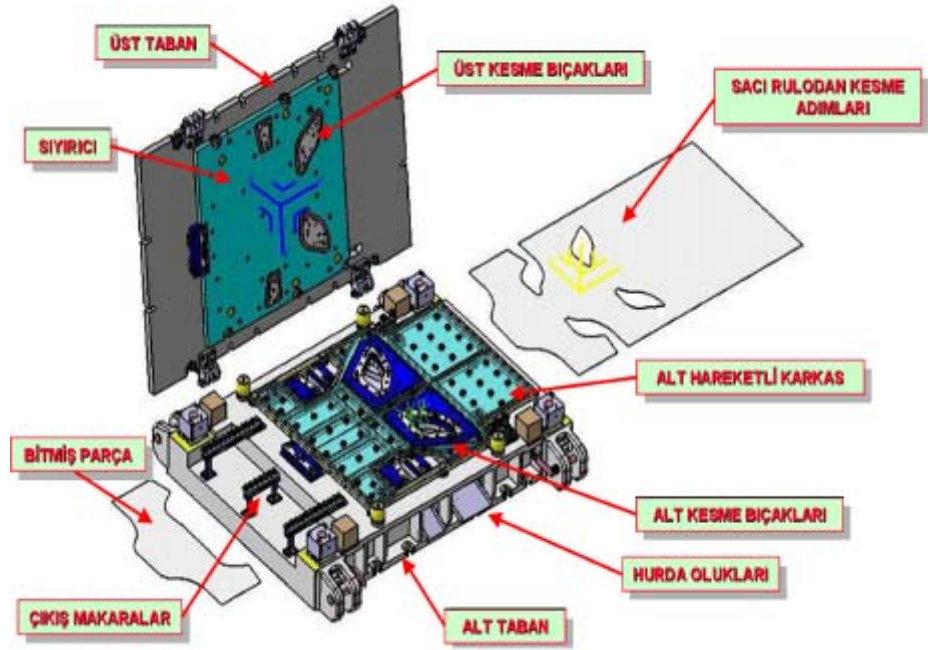
adımlarını içermektedir. Geliştirilen sistem ile elde edilen kazanımlar, otomotiv endüstrisinde endüstriyel bir kalıp tasarım uygulama çalışması ile anlatılmıştır. Yapılan çalışmanın en önemli avantajı örnek olarak bahsedilen endüstriyel kalıbın, literatürde bahsedilen diğer projelerden çok daha karmaşık ve eleman sayısının çok daha fazla olmasıdır. Böylece tasarım kurallarının ve parametrik tasarım yaklaşımının çok daha karmaşık projelerde etkin bir şekilde kullanılabileceği anlaşılmıştır.

#### 4. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ SAC KALIPLARI

Bu bölümde otomotiv endüstrisinde araç sac parçalarının üretilmesi için tasarlanan kalıplar hakkında genel bilgiler verilmiştir.

##### Açınım kalıpları:

Önceden tespit edilen parçanın ön açılım şekline ve ölçüsüne göre sacın rulodan kesilmesini sağlayan kesme kalıbıdır. (Bakınız Şekil 4.1.)

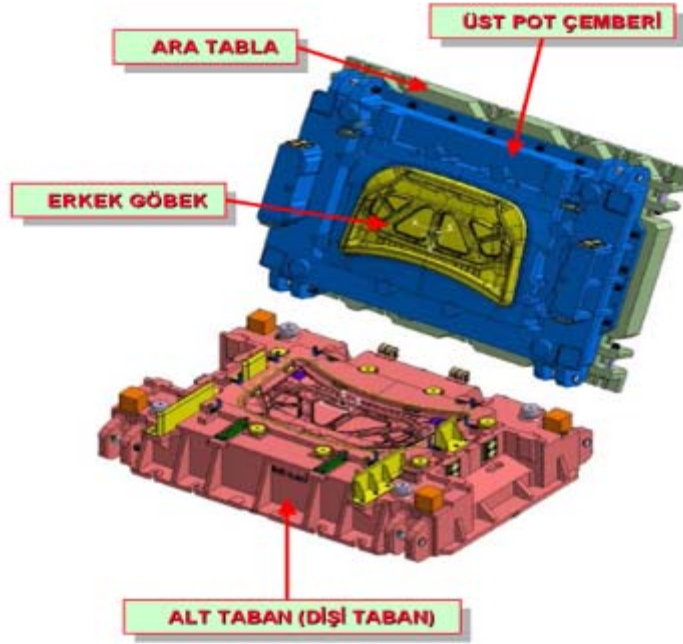


Şekil 4.1. Açınım kalıbı

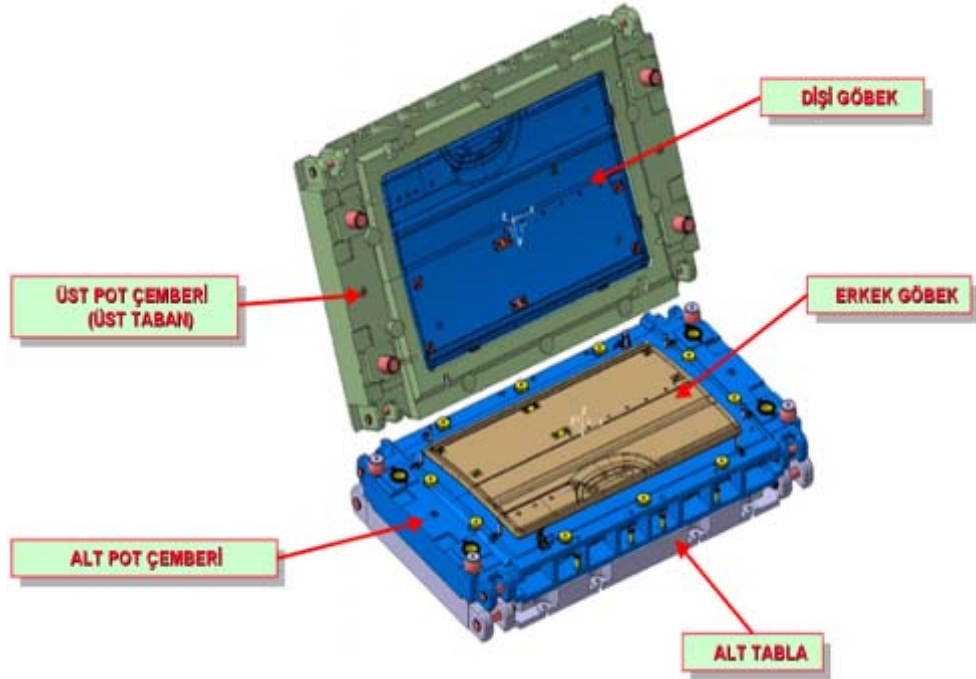
##### Derin çekme kalıpları:

Derin çekme kalıpları istenilen yarı mamulün ilk formunun verildiği kalıplardır (Bakınız Şekil 4.2. ve 4.3.)





Şekil 4.2. Çift etkili derin çekme kalıbı

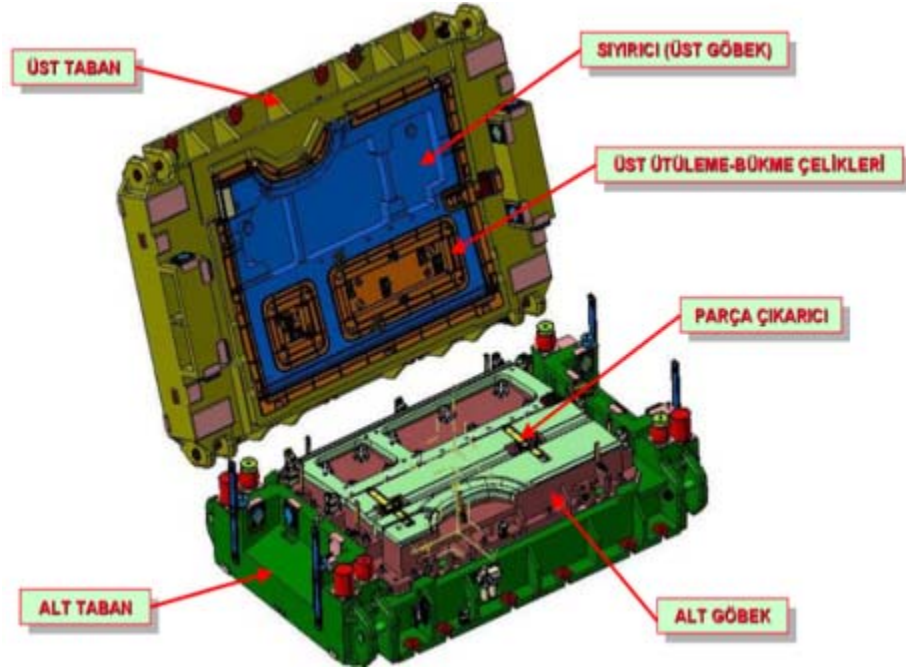


Şekil 4.3. Tek etkili derin çekme kalıbı

### Bükme ve ütüleme kalıpları:

Sac parçaların çekme operasyonları için büyütülen radyüsleri ve değiştirilen formlarının son şeklinin verilmesi, yarı mamul resminde belirtilen kopya yüzeylerinin istenilen ölçü toleransı içinde olması için yapılan işlemlere ütüleme (kalibre) işlemi, bu işlemin yapıldığı kalıplara ütüleme (kalibre) kalıpları denir.

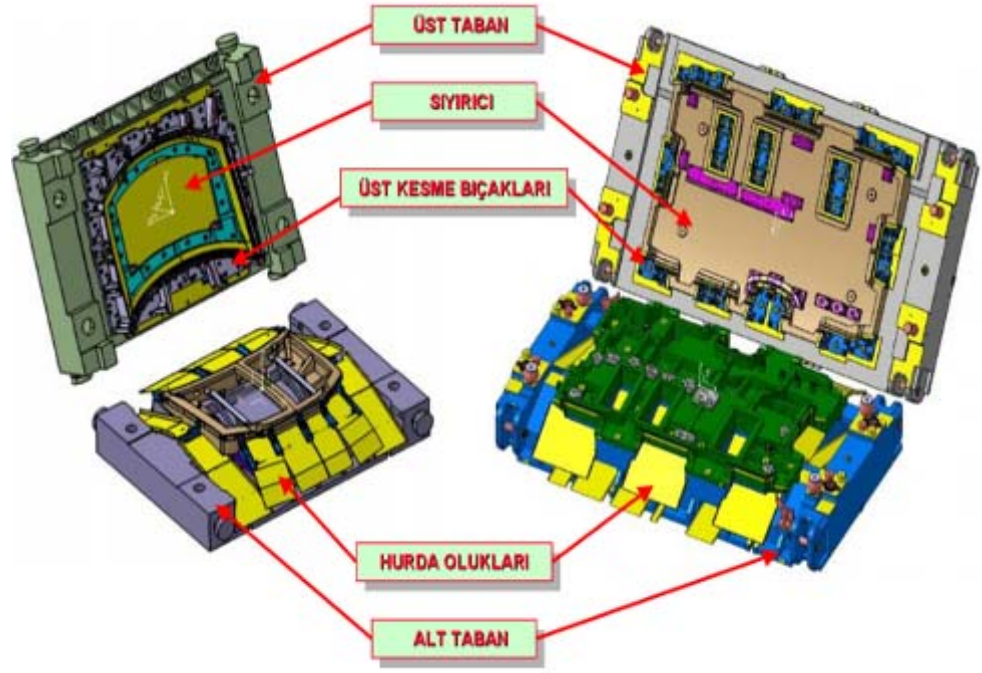
Bükme kalıpları bükme işleminin yapıldığı kalıplardır (Bakınız Şekil 4.4.)



Şekil 4.4. Ütüleme kalıbı

### Kesme ve delme kalıpları:

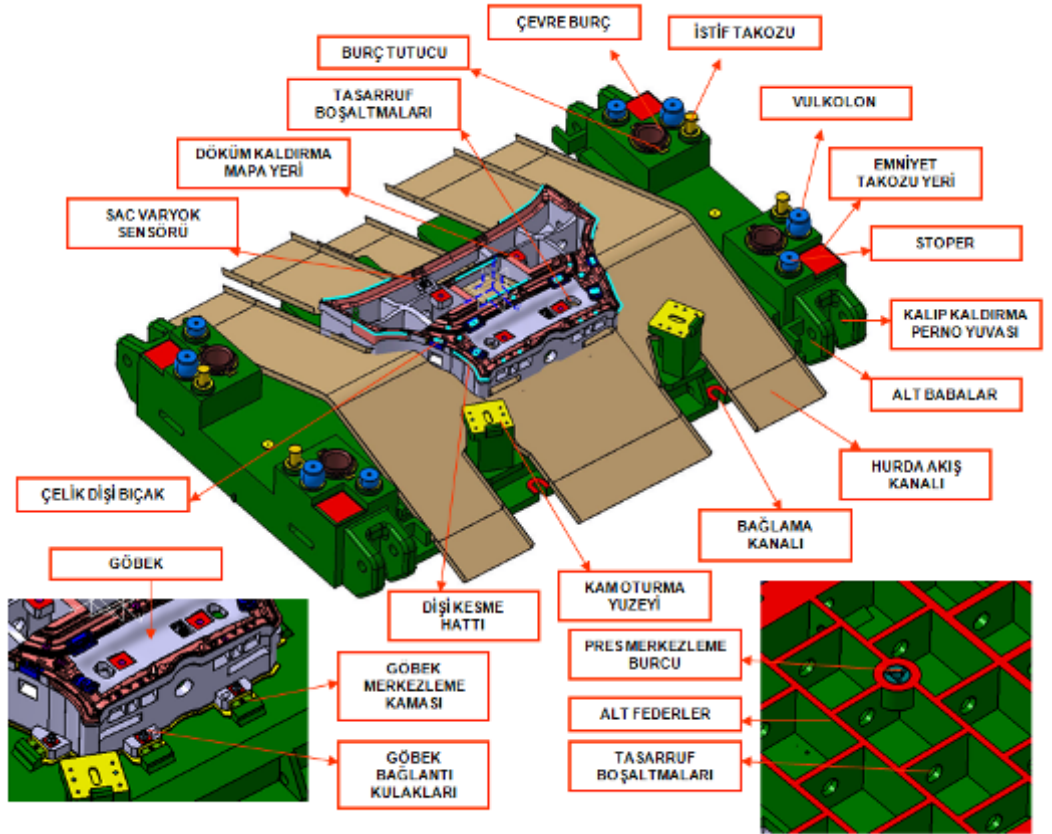
Bu kalıplar üç grupta incelenir. Bunlar, çevre kesme kalıpları, ayırma ve yarma kalıpları, delik delme ve pencere açma kalıplarıdır. Çoğunlukla bu kalıpların fonksiyonları tek bir kalıpta toplanır. Buna örnek olarak bir kalıbın hem çevre kesme hem de delik delme işlemini bir arada yapmasıdır (Bakınız Şekil 4.5.)



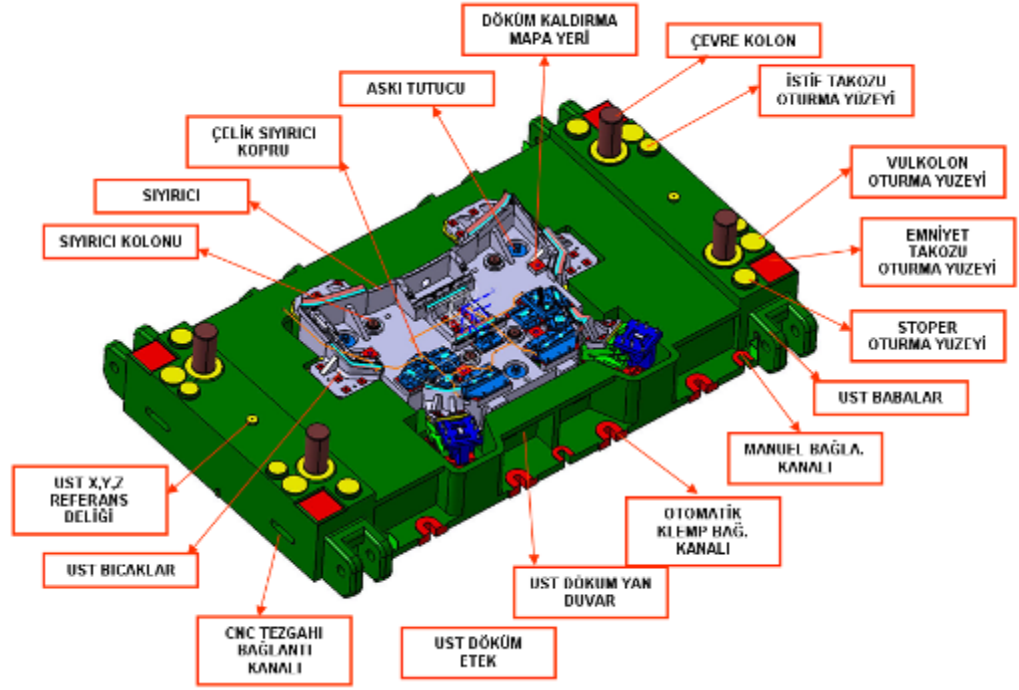
Şekil 4.5. Çevre kesme kalıbı

## 5. KALIP TASARIM KURALLARI VE TASARIM YAKLAŞIMLARI

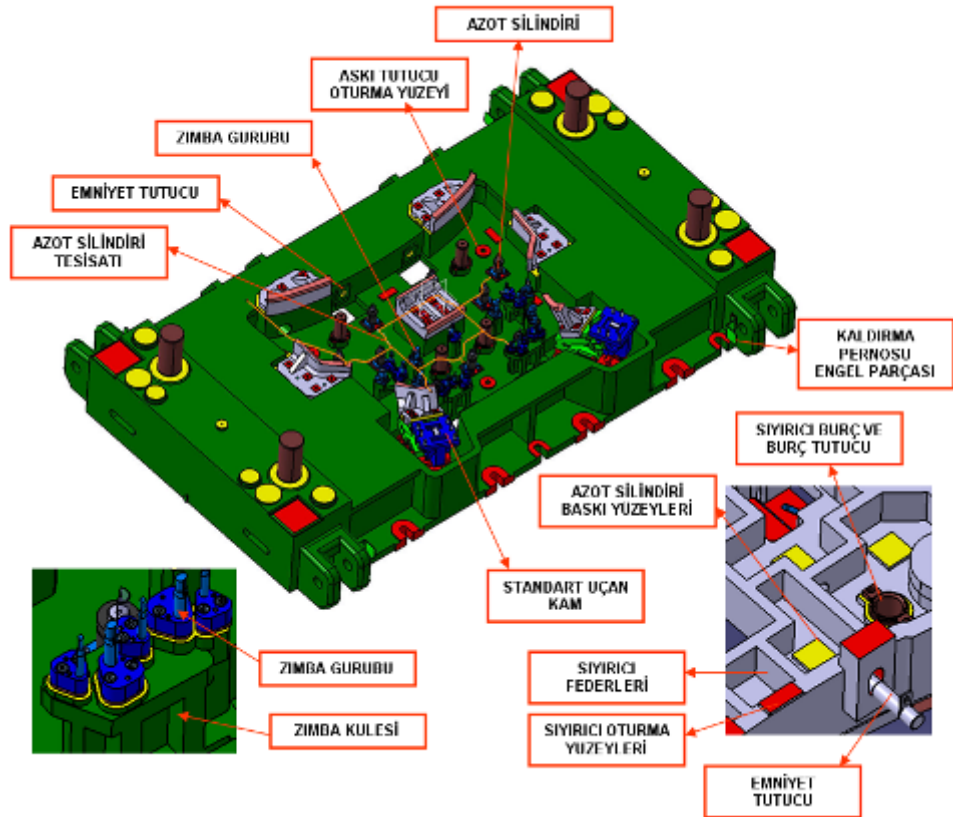
Otomasyon çalışması kalıp tasarımı evresinde neleri etkileyecektir veya iyileştirecektir, bu sorunun cevabını mevcut durumda ki ve otomasyon çalışmasından sonra ki kalıp tasarım işlem adımlarını karşılaştırarak yapabiliriz. Fakat önce yapılması gereken kesme kalıbı elemanlarının tanımlanmasıdır. Yapılan otomasyon çalışması otomotiv sac kalıplarının bütün çeşitlerinde kullanılabilir fakat çalışmanın anlatılması açısından bundan sonra anlatılacak bölümlerde kesme kalıpları baz alınacaktır. (Bakınız Şekil 5.1 – Şekil 5.2 – Şekil 5.3– Şekil 5.4).



Şekil 5.1. Kesme kalıbı alt kalıp elemanları

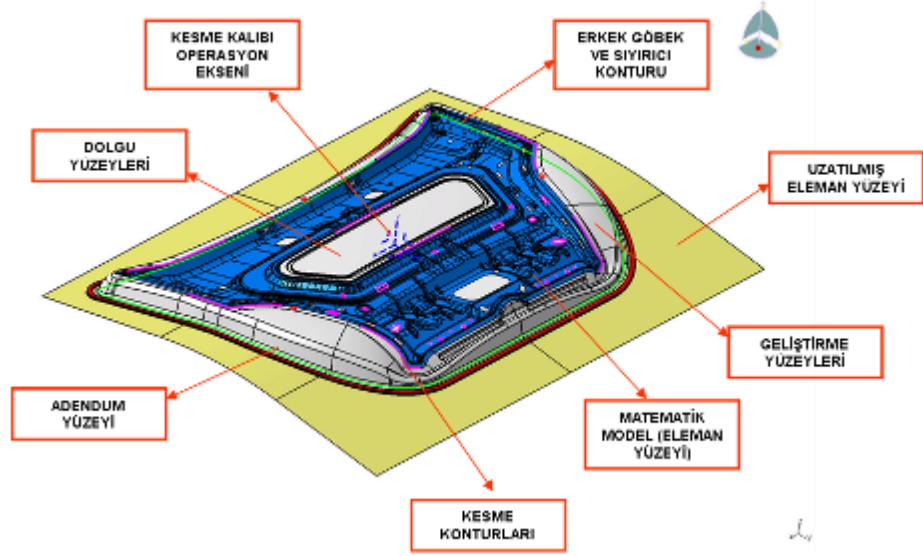


Şekil 5.2. Kesme kalıbı ust kalıp elemanları 1



Şekil 5.3. Kesme kalıbı ust kalıp elemanları 2





Şekil 5.4. Kesme kalıbı metodu

### 5.1. Kesme Kalıbı Tasarımı İşlem Adımları

Görüldüğü gibi kesme kalıpları derin çekme kalıpları kadar basit değildir, eleman sayısı fazladır. Bu durumda yapılacak çalışma ile, tasarımcıya çok zaman kaybettiren işlemlerin otomatize edilmesi sağlanmalıdır. Bu tanımlamalardan sonra mevcut kesme kalıbı tasarımı ve otomasyon çalışmasından sonra hedeflenen kesme kalıbı tasarımı işlem adımlarını inceleyebiliriz. (Bakınız Şekil 5.5 – Şekil 5.6).



Şekil 5.5. Mevcut durumda kesme kalıbı tasarımı işlem adımları



Şekil 5.6. Uzman sistem yaklaşımı ile hedeflenen kesme kalıbı tasarımı işlem adımları

Mevcut durumda 100 birim zamanda tasarlanan kalıp, uzman sistem yaklaşımı ile 85 birim zamana indirilmesi hedeflenmiştir.

## 5.2. Kalıp Tasarım Kuralları

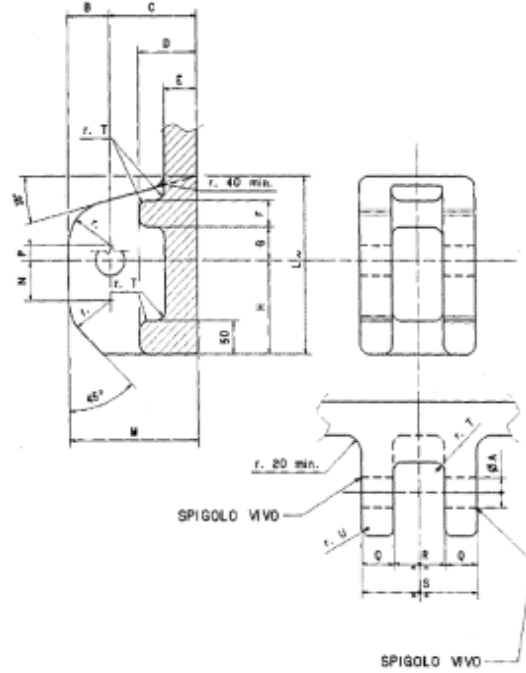
Tasarım sürecinde kullanılan kurallar genelde firma şartnameleri ile belirlenmiştir. Her firma kendi şartnamesine göre tasarımını gerçekleştirmektedir. Şartnameler



firmaların belirlediği kurallar bütünüdür. Tofaş kalıp üretim müdürlüğünde kullanılan bazı kurallar ve sınırlamalar aşağıda verilmiştir:

1-) Pres bilgilerine dayalı kurallar; Kalıp kapalı yüksekliği, bağlama kanalları, otomatik klemp kanalları, robotun parçayı alabilmesi için alt döküm yüksekliği, pres merkezleme burcu konumu, kalıbın pres tablaları dışına çıkmaması kuralları pres hattı seçimine göre değişmektedir.

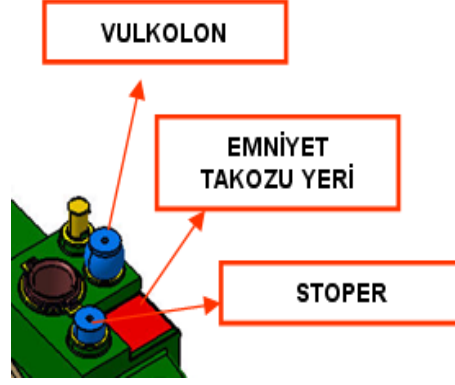
2-) Kalıp kaldırma döküm eklentileri; Kalıp kaldırma için gerekli döküm eklentileri kalıbın ağırlığına göre seçilir. (Bakınız Şekil 5.7.)



PORTATA Kg	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	N	P	Q	R	S	T	U
5000	45	65	135	90	50	40	50	140	226	200	60	23	50	80	180	15	15
8000	55	80	165	110	60	50	60	190	345	245	70	28	60	100	220	15	15
12000	65	100	190	125	60	50	70	230	417	290	90	33	80	120	280	25	20
30000	81	125	230	150	80	60	85	290	521	355	110	40	100	140	340	25	20

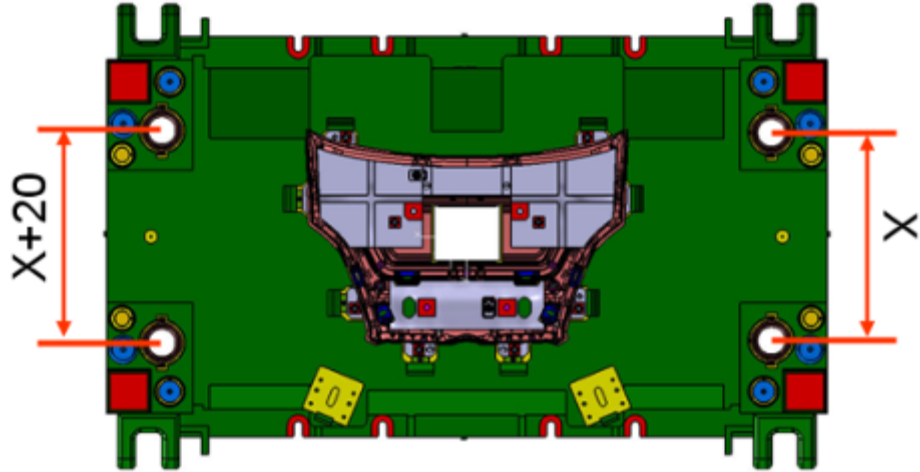
Şekil 5.7. Kalıp kaldırma döküm eklentileri şartname değerleri (Fiat Kalıp Yapım Şartn. 2001)

3-) Alt döküm vulkolon, burç, istif takozu ve stoper oturma yüzeyleri; Uygulanan kural bu elemanların birbirlerine geçme yapmadan çalışabilmeleri, arıza sırasında kolay sökülebilmeleri, imalat sırasında kolay işlenebilmeleri gerekliliğidir. (Bakınız Şekil 5.8.)



Şekil 5.8. Ana standart elemanların montajı

4-) Ana kolon burç takımının simetri eksenine göre farklı tasarlanması; bu sayede üst ve alt kalıp ters çalıştıramayacaktır. (Bakınız Şekil 5.9.)

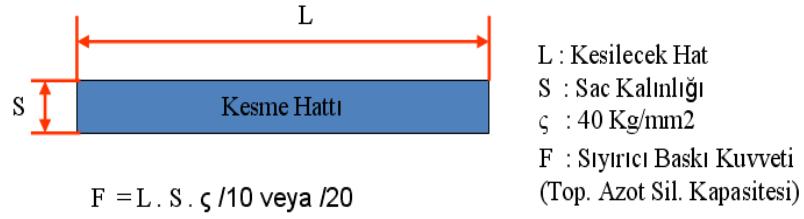


Şekil 5.9. Burçların eksene göre farklı tasarlanması

5-) Döküm kalınlıkları; döküm kalınlıkları firma şartnamelerine göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca gelişen teknoloji döküm kalitelerini arttırmıştır. Yapılan

çalışmada kalınlıklar kullanıcıya sorulmaktadır. Yaygın kullanılan kalınlıklar örnek olarak gelmektedir.

6-) Azot silindiri seçimi; seçilen azot silindirleri kesme hattının uzunluğuna ve şekiline, kesilecek saçın malzemesine, seçilecek azot silindirinin temin süresine, tesisat bağlantı giriş şekline, bağlanma şekline, matematik modelin şekline bağlıdır. Ayrıca toplam azot silindiri kapasitesi veya sıyırıcı baskı kuvveti sac kalınlığına, malzemeye ve kesme hattı uzunluğuna bağlıdır. (Bakınız Şekil 5.10.)



Şekil 5.10. Sıyırıcı baskı kuvveti hesaplanması

7-) Standart elemanların seçimi; her firma kendi şartnamesinde hangi standart parçaların kullanılacağını tanımlamıştır.

8-) Askı tutucu ve emniyet tutucu seçimi; sıyırıcı ağırlığına göre kataloglardan seçilir.

9-) Döküm kalitesine bağlı kurallar; dökümden gelecek iki parçanın işlenmeyen yüzeyleri arasında bir boşluk bulunmalıdır. Dökümde oluşacak bir atıklık iki parçanın birbirine çarpmasına sebep olabilir.

10-) Hurda kanallarına göre kalıp; kesilecek hurdalar kalıp tasarımlarındaki önemli kısıtlardan birisidir. Hurdaların belli bir dereceden akıtılması, hurda ebatlarından daha geniş hurda kanalı tasarlanması gerekir. Hurda ebatları da eleman matematik modeline ve metoda göre değişmektedir.

11-) Konik stoper kullanımı; konik stoper kullanımı kesme kalıplarında nadir görülür, kullanılma sebebi ise tek taraftan gelecek kuvvetin absorbe edilebilmesi ve bu sayede kalıbın esnemesinin önlenmesidir.

12-) Kam kullanımı; metod safhasında karar verilir, tasarım konstrüksiyonu elvermiyor ise istisna çözümler uygulanır.

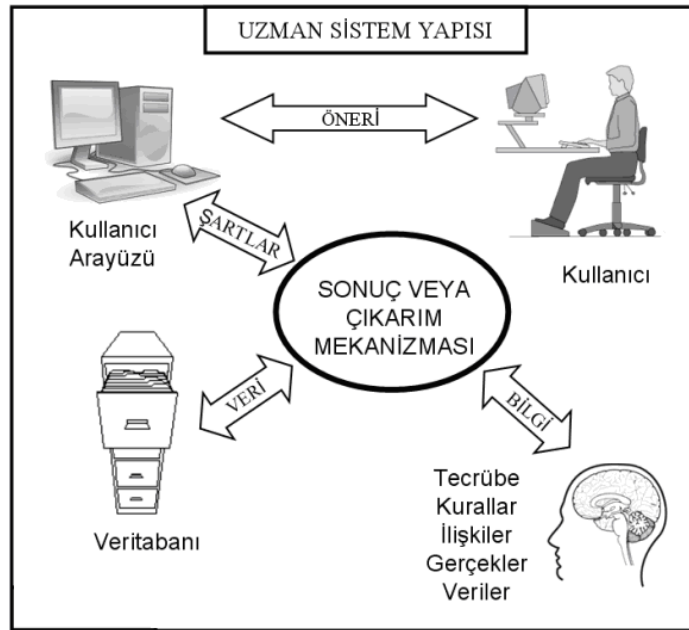
## 6. UZMAN SİSTEMLER ve PARAMETRİK TASARIM

Yapılan bu çalışmada tasarım kuralları ve parametrik tasarım teknikleri kullanılmıştır. Tasarım kuralları ve parametrik tasarım tekniği kullanılarak kalıp tasarımı için bir uzman sistem öngörüsü bir örnek ile açıklanacaktır. Uzman sistem kurallarının oluşturulması için yapılacak ön çalışma sonrasında uzman sistem yaklaşımının kalıp tasarımına ne şekilde katkısı olabileceği belirlenecektir.

### Uzman Sistemler:

Uzman sistemler, belirli bir uzmanlık alanında, gerçek kişilerden derlenen bilgileri temel alarak, mevcut olasılıkları bir kullanıcı arayüzü ile kullanıcıya sunan sistemlerdir. Uzman sistemde öğrenme davranışı olmayabilir fakat her uzman sistem geliştirildikten sonra gerçek problemler karşısında insan uzmanla aynı sonuca varmalıdır.

Uzman sistemler 1970'lerde yapay zeka alanındaki araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve ticari olarak 1980'lerde uygulanmaya başlanmıştır. Bu programlar, belirli bir problem hakkındaki bilgiyi çözümleyen, problemlere çözümler sağlayan, tasarımına bağlı olarak, düzeltmeleri yapmak için bir iş dizisi öneren programlardır. (Bakınız Şekil 6.1.)



Şekil 6.1. Uzman sistem yaklaşımı

### **Parametrik tasarım:**

Pazar ihtiyaçlarına cevap vermek için eski seri imalat yöntemi günümüzde kütleli özel üretim yöntemine dönüşmüş ve farklı ürünlerin az miktarda üretimi söz konusu olmuştur. Bu nedenle birbirine benzeyen ancak geometrik ölçüleri farklı olan parçaların tasarımlarının kısa sürede yapılarak üretime geçilmesi gerekir. Bunun için bir şeklin tanımlanmasında gerekli olan parametrelerin kullanımına imkan veren tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Böyle bir ihtiyacın sonucunda parametrik tasarım olarak nitelendirilen tasarım teknikleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca yeni bir konstrüksiyon daha tasarım aşamasında iken bile statik, dinamik ve gerilme hesapları gerektirdiğinden dolayı da sık sık değişikliğe uğrar. Bu durumda mevcut bir ürünün çabucak yeniden şekillendirilmesine ve mühendislik analizlerinin sonucuna göre hızlı tasarım değişikliklerine gerek duyulabilir.

Kalıp tasarımlarının önemli bir kısmında standart elemanlar veya parçalar kullanılmasına rağmen bazen de kalıba özel elemanlar veya kalıba özel ölçüler kullanılabilir. Parametrik tasarım ile değişebilen elemanların yeni ebatlara güncellenmesi kolaydır.

Parametrik tasarım yöntemi, CAD/CAM sistemlerinde kısıtlılık (constraint) kavramı ile uygulanmaya başlamıştır. Kısıtlılık bir nesne veya nesnelere grubunun davranışını sınırlandıran bağıttır. Çizgilerin paralel veya dik olmaları, bir çizginin bir eğriye teğet olması, dairelerin eş merkezli olmaları, bir boyutun başka bir boyuttan küçük olması veya bir boyutun bir başka boyutun belirli bir katı olma zorunluluğu kısıtlılığa örnek olarak verilebilir. Her kısıtlılık alternatiflerin sayısını bir basamak azaltır. Tasarımda bütün kısıtlılıkların yerine getirilmesi gerekir, yani modelin serbestlik derecesi sıfır olmalıdır.

Kısıtlılık, geometrik ve mühendislik kısıtlılığı olmak üzere iki grupta incelenir. Parallellik, diklik, teğetlik ve boyutlar geometrik kısıtlılığa girer. Fakat bir modelin belirli bir kısmı Alan=Kuvvet/Basınç formülüne dayanabilir. Bazı kısıtlılıklar  $D1 + D2 > D3$  ise  $D1=10$  cm olacak, değilse  $D1=20$  cm.dir, şeklinde şartlı bağıntılarla tanımlanabilir. Bunlar da mühendislik kısıtlılığına örneklerdir.

Parametrik kalıp yaklaşımı ile oluşturulan tek bir kalıp seti sayesinde, farklı olasılıkları içeren kalıp kombinasyonu oluşturmak mümkün olmuştur. Oluşturulan ve

bahsi geçen tek kalıp, baz kalıp setidir. Baz kalıp seti ileride bahsedilecek birçok kısıttan (Geometrik ve Mühendislik) oluşmaktadır. Baz kalıp seti sisteme adını veren parametreler ile kontrol edilecektir. Parametrelerin kontrolü ise kullanıcı arayüzü yardımı ile yapılacaktır.

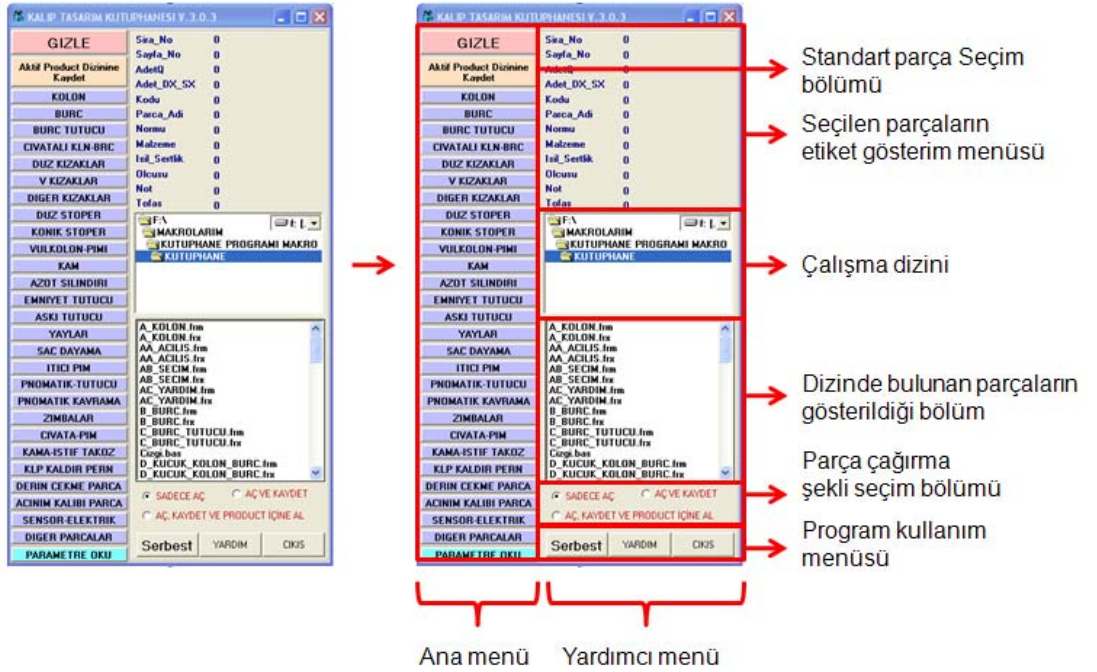
CAD sistemlerinden tasarımın şekillendirme, detaylandırma, imalat ve montaj aşamalarında mühendise yardımcı olması beklenir. Mühendislik sistemlerinin tasarımı aşamasında bilgisayar ne kadar önemli bir araç ise bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarının kullanımları da o kadar kaçınılmazdır. Tasarımcı değişik yer ve disiplinlerden gelen bilgiye ihtiyaç duyduğundan, sadece kullanılan CAD programı, tasarımcının ihtiyaçlarına cevap veremeyebilir. Bunun için CAD programını, aranan bilgiyi ihtiva eden bir bilgi bankasıyla birlikte çalıştırmak gerekebilir. Bu gerekçeyle bilgi, diğer dillere göre oldukça kolay olan VBasic veya Excel dillerinde yazılabilir. Bu çalışmadaki uygulama, CATIA VBA programlama dilinde yazılmıştır.

## 7. KALIP TASARIMI OTOMASYONU

### 7.1. Kalıp Standart Parça Kütüphanesi Programı

Otomotiv sac kalıpcılığında kullanılan standart parçaların seçimi kalıp tasarımının en önemli konularından biridir. Bilindiği gibi dünyada birçok firmanın aynı işlevi gören farklı parçaları mevcuttur. Tasarımcı için bunca çeşit arasından en uygun parçayı seçmek gerçekten çok zordur. Kalıp maliyetinde önemli bir faktör olan standart parçaların minimum maliyette işlevsel olması önemlidir. Bu doğrultuda parçaların tek tek incelenmesi ve standartlaştırılması şarttır. Standartlaşma dediğimizde bunun döküman olarak standartlaşması önemlidir fakat direk uygulamaya yönelik standartlaşma işlevine pek rastlanmaz. “Kalıp Standart Parça Kütüphanesi Programı” (Bakınız Şekil 7.1) kullanıcıya karar verilen standartları uygulama imkanı getirdiği gibi uzman sistem yaklaşımı ile bazı standart parçaları kullanıcıya önerebilir.

Genel olarak kütüphane programı, kalıp tasarımlarında kullanılan standart parçaların montaj tasarımına hızlı ve belirlenen şartlarda çağırılmasını kolaylaştıran bir programdır.



Şekil 7.1. Kalıp Standart Parça Kütüphanesi Programı

### **Standart parça programının avantajları**

Standart parça kataloğu ile otomatik kalıp tasarımının bilinen diğer yöntemlerden farklarını ve programın özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

1-) Standart parça programı, CATIA katı model tasarım programı ile birlikte çalışan bir programdır.

2-) Program standart parçaları herhangi bir dizinden çağırılmakta tamamen kendisi oluşturmaktadır.

3-) Program standart parçaları, Tofaş Kalıp Üretim Müdürlüğünün belirlediği kriterlere göre oluşturur.

4-) Bir standart parçanın montaj dosyasına çağırılması yaklaşık iki saniye sürmektedir.

5-) Program tasarıma yerleştirilen standart parçaların daha sonra farklı ebatlara değiştirilmesine olanak tanır.

6-) Program, birlikte olması istenen standart parça gruplarını tek bir montaj dosyası içine toplayabilir.

### **Standart parça programının özellikleri**

1-) Program kullanım menüsü

Bu menüde kullanıcı "SERBEST" butonu ile programın her zaman en üstte kalmasını sağlar. Bu buton yapışkan tuş özelliğindedir. Tekrar basıldığında program her zaman üstte kalmayacaktır. "YARDIM" butonu ile kullanıcı program hakkında genel bilgiye sahip olabilir ve program kullanımını öğrenebilir. "ÇIKIŞ" butonu ile program kendini kapatır.

2-) Parça çağırma şekli, seçim bölümü

Bu bölümde çizdirilecek olan parçanın sadece CATIA ekranına mı çağrılacağı, CATIA ekranına çağırılıp belirtilen dizine kayıt mı edileceği yoksa CATIA ekranında



açık olan montaj dosyasına mı çağırılacağına karar verilir. (Bakınız Şekil 7.2)



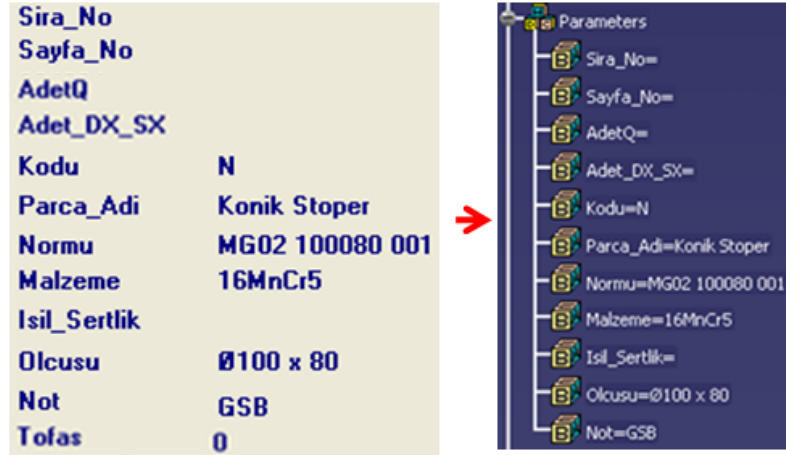
Şekil 7.2. Parça çağırma şekli, seçim bölümü

### 3-) Dizinde bulunan parçaların gösterildiği bölüm

Bu bölümde parçanın, çağırıldığında kayıt edilmesi istenilen dizin seçilebilir. Ana menüde bulunan “AKTİF PRODUCT DİZİNİNE KAYDET” butonu seçildiğinde dizin aktif product dosyasının kayıtlı olduğu dizin olarak seçilir.

### 4-) Etiket gösterim bölümü ve etiket oluşturma özelliği

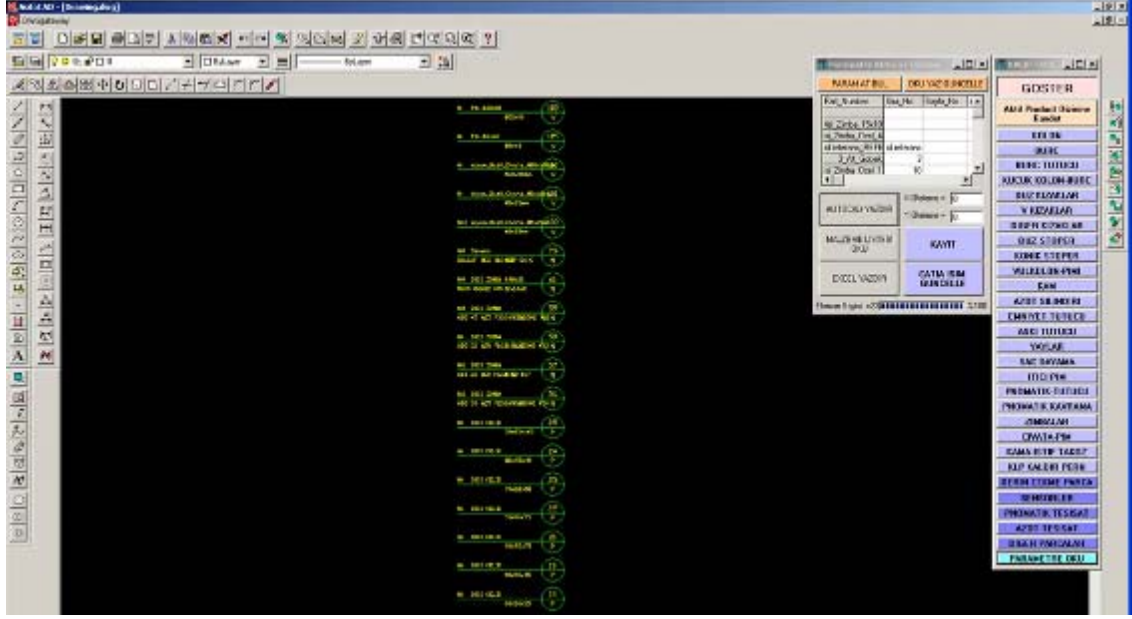
Kalıp standart parça kütüphane programı ile çağrılan parçalar şartnamede belirlenen kriterlere göre etiketlenir. ( Bakınız Şekil 7.3 )



Şekil 7.3. Parçayı tanımlayan etiketlerin program ve catia görünümü

Bu etiketler programın ana menüsünden açılan “PARAMETRE OKU” butonu ile çağırılan menüden oluşturulabilir. Bütün kalıp elemanlarının bu şekilde hazırlanmış etiketleri olmalıdır. Bu sayede kalıp malzeme listesi ve aynı menüde bulunan balon atma fonksiyonu ile montaj resmi için gerekli balonlar, EXCELL ve AUTOCAD programının içinde oluşturulabilir. ( Bakınız Şekil 7.4 , Şekil 7.5, Şekil 7.6)

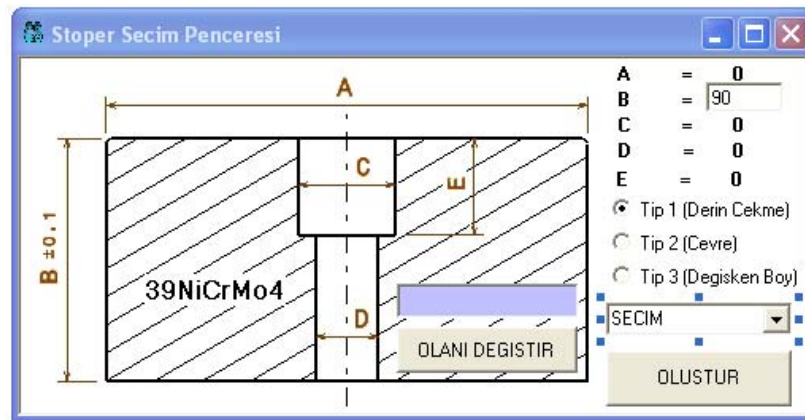




Şekil 7.6. Autocad programında oluşturulmuş montaj balonları

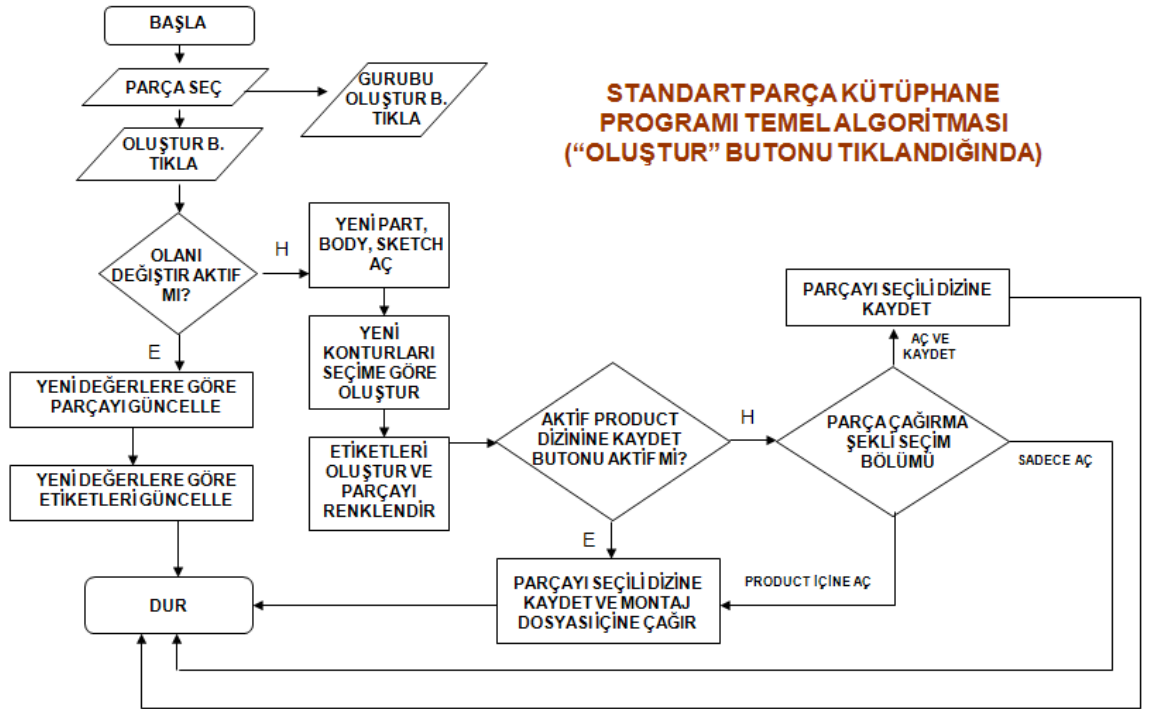
#### 5-) Standart parça seçim menüleri

Ana menünün “PARAMETRE OKU” bölümü hariç neredeyse tamamını standart parça seçim menüleri oluşturur. Bu menüler ile istenen standart parçanın seçim penceresi açılır. Her standart parçanın bir seçim penceresi bulunur. Bu seçim penceresinde, parçanın seçildiği “SEÇİM KUTUSU”, parçanın oluşturulduğu “OLUŞTUR” butonu ve tasarımda daha önceden oluşturulmuş parçayı, farklı ebatlara değiştirebildiğimiz “OLANI DEĞİŞTİR” butonu mevcuttur. Şekil 7.7 ile “DUZ STOPER” butonu ile açılan pencere gösterilmektedir.

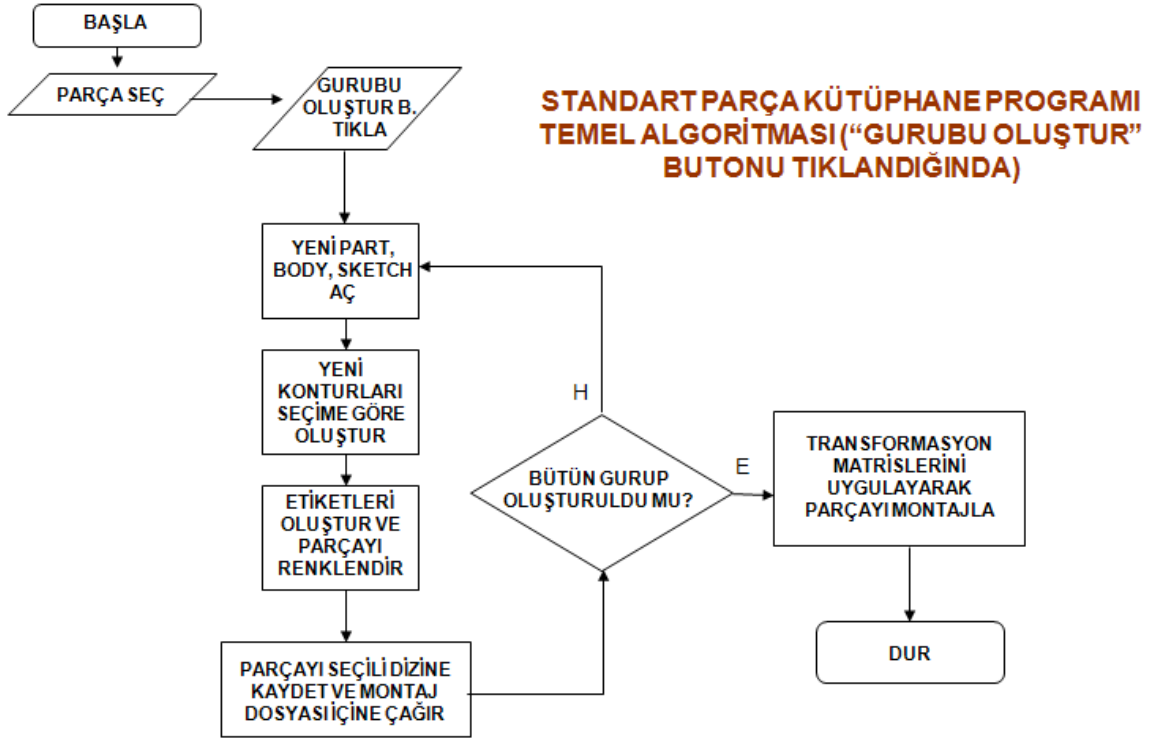


Şekil 7.7. Düz stoper seçim penceresi

Standart parça kütüphane programının algoritmaları Şekil 7.8 ve Şekil 7.9 ile gösterilmiştir. Program fonksiyonları kullanılarak ihtiyacımız olan standart eleman manuel olarak menüden seçilebilir, “OLUSTUR” butonu ile CATIA programında oluşturulabilir veya daha önce kullanılan standart eleman “OLANI DEĞİŞTİR” butonu ile farklı ebatlarına dönüştürülebilir. Bazı standart elemanların bir grupta toplanması istenir (Pnömatik ve eklemleri gibi) bu durumda program menüsünden seçilen elemanlar “GURUBU OLUŞTUR” butonu ile oluşturulur. Bazı standart elemanların seçimi tamamen kullanıcıya bağlıdır, (dayamalar, konik stoperler, yaylı iticiler, vs..) bazıları ise uzman sistem yaklaşımı ile programa seçtirilebilir (azot silindirleri, zımbalar vs..) . Kullanılacak standart eleman birçok parametreye bağlıdır. Malzemenin stok miktarı, maliyeti, kapasitesi bu parametrelere örnek verilebilir. Uzman sistem yaklaşımı ile standart elemanların sadece kullanım amacı dikkate alınmıştır. Bu yaklaşım bize seçilmesi gereken eleman veya eleman alternatiflerini gösterebilir.



Şekil 7.8. Standart Parça Kütüphane Programı Temel Algoritması (“OLUŞTUR” butonu Tıklandığında)



Şekil 7.9. Standart Parça Kütüphanesi Programı Temel Algoritması (“GURUBU OLUŞTUR” butonu Tıklandığında)

Bu algoritmalarda uzman sistemin yeri “Parça Seç” adımı gizlidir. Uzman sistem yaklaşımı ile ihtiyacımız olan eleman program tarafından seçilir. Programın bu seçimi yapabilmesi için bazı soruların cevaplarını bilmesi gerekir. Bu sorular uzman sistemin adımlarından biri olan “Kullanıcı Arayüzü” vasıtasıyla kullanıcı tarafından cevaplanır.

### Uzman sistem yaklaşımı ile parça seçimine ve oluşturulmasına bir örnek

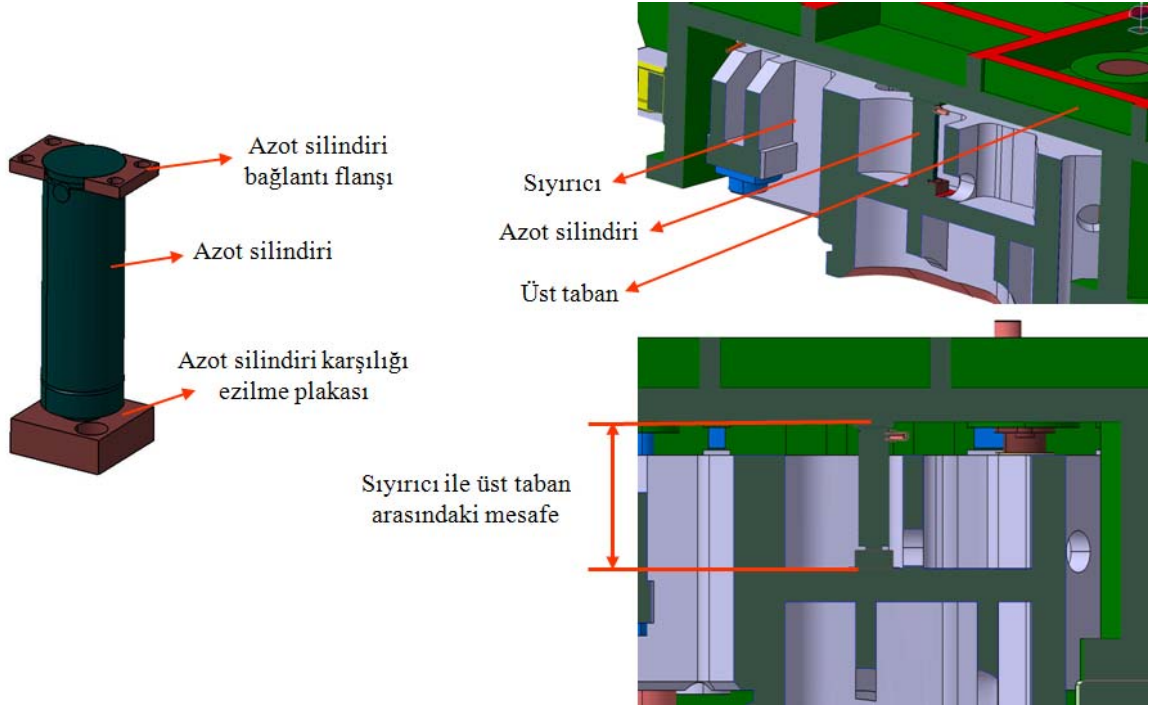
Uzman sistem yaklaşımı ile parça seçiminin ve oluşturulmasının en güzel örneğini kalıp sıyrıcısında kullanılan azot silindiri seçiminde görebiliriz. Azot silindiri seçimi

- 1) Kuvvet hesaplama sonucu çıkan bilgilere
- 2) Sıyrıcı ile üst taban arasındaki mesafeye

göre yapılmaktadır.



Kalıp kapalı yüksekliğinde sıyırıcının yüksekliği, kalıp tamamlandığında netleşir. kalıp tamamlanmadan bir seçim yapılabilmesi için program bize, sıyırıcı ile üst taban arasındaki mesafeyi soracaktır (Bakınız Şekil 7.10). Bu soruya bir değer girerek cevap verebileceğimiz gibi boş geçerek programın bütün olasılıkları bize sunmasını da sağlayabiliriz.



Şekil 7.10. Azot silindiri ve kullanım yeri

Sıyırıcı ile üst taban arasındaki mesafe ve sıyırıcı kursu sorularının cevabına göre azot silindiri tipi belirlenir. Azot silindiri tiplerinde kısa tip ve iso tipi olmak üzere iki tip, birçok standart tip arasından uygun görülüp kurallaştırılan tiplerdir. Aralarındaki fark sadece gövde uzunluğudur. Uzman sistem yaklaşımının azot silindiri seçimi yapabilmesi için kesme kalıplarında Şekil 7.11 da sıralanan soruların uzman sistem arayüzünden cevaplanması gerekir.

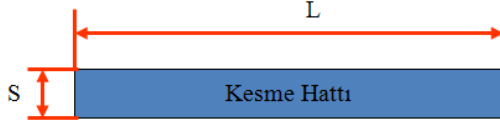
Azot silindiri toplam kuvvet kapasitesi Şekil 7.12 ile gösterilen hesaplama yöntemine dayanır. Toplam kuvvet, kullanılacak azot silindiri adedine bölünür ve bir silindirin kuvveti hesaplanır. Uzman sistem yaklaşımının çıkarım mekanizması vasıtası ile bu bilgiler harmanlanır ve tasarımcının ihtiyacı olan seçenekler arayüz vasıtası ile kullanıcıya sunulur. (Bakınız Şekil 7.13)

The image displays four sequential screenshots of a software dialog box titled "Azot silindiri". Each screenshot shows a different question and its corresponding user input:

- First screenshot:** The question is "Azot silindir kursu nedir?". The input field contains the value "95".
- Second screenshot:** The question is "Sıyırıcı ile üst taban arasındaki mesafe nedir?". The input field contains the value "167".
- Third screenshot:** The question is "Kesme ve bükme konturlarının toplam uzunluğu nedir?". The input field contains the value "1900".
- Fourth screenshot:** The question is "Kullanılacak azot silindiri adedi nedir?". The input field contains the value "5".

Each dialog box includes "OK" and "Cancel" buttons and a close button (X) in the top right corner.

Şekil 7.11. Azot silindiri ile ilgili kullanıcı girdi verileri



$$F = L \cdot S \cdot \zeta / 10$$

L : Kesme ve bükme hattının toplam uzunluğu (mm)

S : Sac Kalınlığı (mm)

$\zeta$  : Sac malzemesine göre kopma mukavemeti (Kg/mm<sup>2</sup>)

F : Sıyırıcı Baskı Kuvveti (Top. Azot Sil. Kapasitesi)

Şekil 7.12. Azot silindiri gerekli kuvvet hesabı



Şekil 7.13. Hesaplanan azot silindirleri listesi

## 7.2. Kalıp Tasarım Otomasyon Programı

Otomotiv sektöründe kullanılan kalıpların tasarımları uzmanlık gerektiren bir konudur. Gelişen teknoloji ile birlikte çıkartılan yeni model sayısı gün geçtikçe artmakta, dolayısı ile otomotiv sac kalıp tasarımlarını, hızlı hatasız ve düşük maliyetli yapmak önem arz etmektedir.

Klasik kalıp tasarım adımlarında gözlenen sezgisel esaslı karar verme yapısından dolayı işlemlerin algoritmik olarak tanımlanmasında karşılaşılan zorluklar, tasarım sürelerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu tür yaklaşımların getirdiği zorluklar ve işlemlerin tasarımcının tecrübesine bağımlı olması gibi etkenler kural tabanlı bilgiyi kullanan tasarım yaklaşımıyla giderilmeye çalışılmaktadır.

Günümüz rekabet ortamında süreçlerin kazandığı önem ve standartlaşma ihtiyacı,



şirketlerin kendi gereksinimlerini karşılayacak programlar yazmaları gerekliliğini ortaya koymuştur. Şirketlerin, yazılım firmaları ile ihtiyaçlarına uygun programı geliştirebilmeleri, zaman kazandırmış olsa da maliyeti yüksektir.

### **Baz kalıp seti ile kalıp tasarım otomasyonu:**

Baz kalıp seti, tasarımı yapılacak kalıpların ortak elemanlarını üzerinde bulunduran örnek kalıp tasarımıdır. Baz kalıp seti, kalıp tasarımlarının %30-%40 lık bölümünü oluşturur (Bakınız Şekil 7.14). Bu set oluşturulan bir arayüz ile kontrol edilmektedir.

Baz kalıp seti tasarım kuralları şu şekilde özetlenebilir.

- Verilen ölçüler mümkün olduğunca merkezden verilmiştir.
- Bir nesne, birlikte yer değiştirmesi istenen diğer nesneye bağlanmıştır.
- Ölçüler CATIA programının özelliği olan parametrelere bağlanmıştır.
- Standart parçalar farklı ebatlara dönüştürmeye imkan verecek şekilde tasarlanmıştır.
- Baz kalıp setinde “Design Table” (parçaların ölçülerinin okunduğu excel tablosu) kullanılmamıştır. Tasarımlar tamamen programa göre hareket edeceği için yıllar sonra açılan kalıplara bu sayede müdahale edilebilecek, baz kalıp seti kayıp dosya hatası vermeyecektir.
- Kalıp yükseklikleri atanan eksenlere tanımlanmıştır.
- Kalıp kaldırmak için gerekli döküm kısımların bütün ölçüleri parametrelere atanmıştır.
- Tasarımda bağımsız olması istenilen gövdeler bağımsız tasarlanmış ve tasarım sonunda ana gövdeye eklenmiştir.
- Alt tabla ve üst tabla tamamen bağımsız tasarlanmıştır.
- Montaj ilişkileri (Kalıp elemanlarının birbirine veya kalıp merkezine göre konumlarını belirleyen ilişkiler) dışında parçalara herhangi bir ilişki verilmemiştir. Bu sayede data boyutu büyümemiş çalışırken karşılaşılabilecek hafıza problemleri nispeten önlenmiştir.

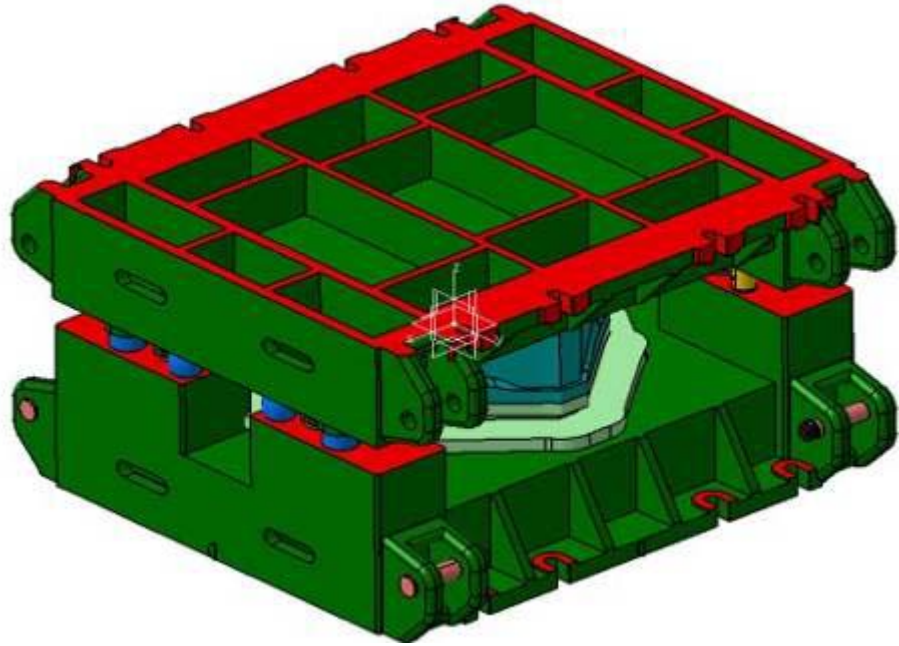
- Standart parçalar yer değiştirdiğinde parçaya bağlı oturma yüzeyleri ve civata boşlukları da yer değiştirecek şekilde tasarlanmıştır.

- Baz kalıp seti oluşturulurken ürün ağacı numaralandırılmıştır. Bu sayede dizinden parçayı bulmak kolaylaşmıştır. Ayrıca program kodlarında bu numaralardan faydalanılmıştır.

- Baz kalıp seti tasarlanırken ileride üzerine konacak ilave parçalar da düşünülmüştür.

- 

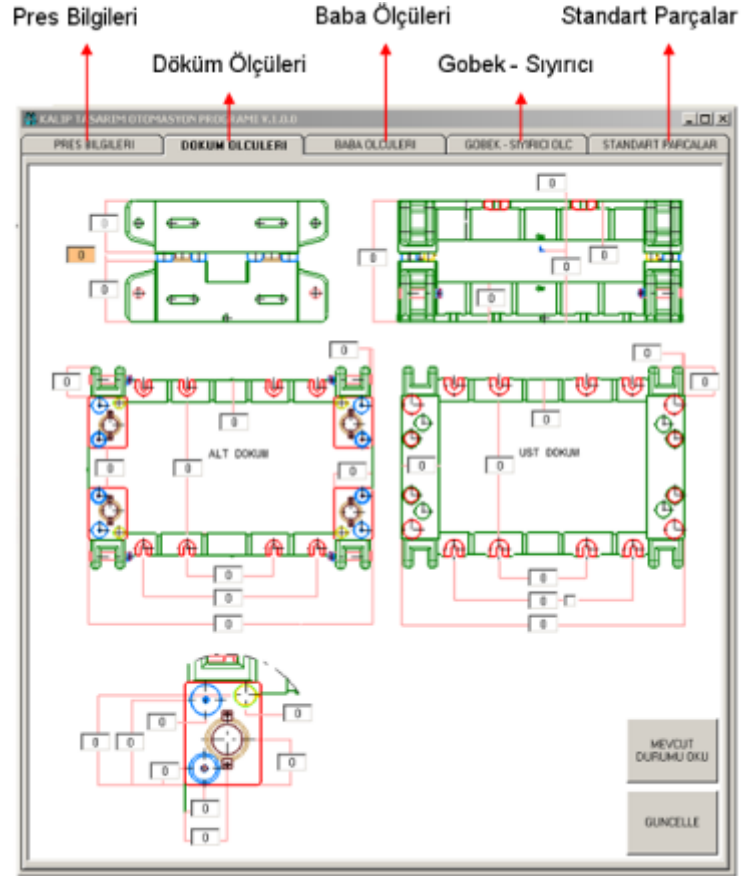
Baz kalıp seti oluşturulurken kalıbın ölçüleri CATIA programının bir özelliği olan ve şekil 7.3 de gösterilen parametrelere benzer parametrelere atanır. Bu işlem basit olarak “burada yazan ölçü, bu parametrede yazan değere eşittir” veya “burada yazan ölçü bu parametrede yazan değer yarısına eşittir” gibi kurallar ile ifade edilir. Yapılan bu çalışma parametrik çalışma yöntemine bir örnektir. Baz kalıp setinin ölçüleri oluşturulan parametre değerlerine atanmıştır yani parametrik çalışma yöntemi ile oluşturulmuştur. İleride anlatılacak otomasyon programı bu parametreleri kontrol eder. Parametre oluşturma CATIA kullanımı ile ilgili bir konudur, daha geniş bilgi için CATIA kullanım kitaplarından faydalanılabilir.



Şekil 7.14. Baz kalıp seti

### **Kalıp tasarım otomasyon programı**

Kalıp tasarım otomasyon programı oluşturulan baz kalıp setinin kontrolünü yapan programdır. Program, pres bilgileri bölümü, döküm ölçüleri bölümü, kalıp kaldırmak için gerekli eklentiler (baba ölçüleri) bölümü ve standart parçalar bölümünden oluşmaktadır. (Bakınız Şekil 7.15). Hazırlanan arayüz ile kalıbın en, boy yükseklik gibi temel özelliklerinin yanında, kullanılacak bazı standart elemanların (kolon, burç, stoper, istif takozu) konumları da ayarlanabilmektedir. Pres bilgileri bölümünden seçilen pres bilgisine göre bağlama kanalları, kalıbın prese otomatik bağlanabilmesi için otomatik klemp bağlantı yuvaları, kalıbın maksimum ölçüleri gibi prese özel durumlar güncellenebilmektedir. (Bakınız Şekil 7.16) Baba ölçüleri bölümünde ise kalıbı kaldırmak için gerekli pernoların bağlanacağı babaların ebatları ayarlanabilmektedir. İstendiğinde kalıbın perno seçimi otomatik olarak hesaplanabilir. Bu hesaplama ampirik bir formüle dayanmaktadır. (Kalıbın hacmi x Yoğunluğu / 3 = Kalıbın yaklaşık ağırlığı). (Bakınız Şekil 7.17). Göbek sıyırıcı blümünde kalıbın göbek ve sıyırıcısının oturma yüzeylerinin detaylarına müdahale edilebilmektedir. (Bakınız Şekil 7.18)



Şekil 7.15. Kalıp tasarım otomasyon programının bölümleri

Kalıbın Ölçülerinin tespiti firma şartnamelerinde verilmektedir. Özel durumlarda şartnamenin dışına çıkılabildiği de bir gerçektir. Yapılan çalışmada program en uygun durumu önerir ancak uygulama işini kullanıcıya bırakır, bu durum programın esnekliği ve birçok olasılığı farklı kalıplara yansıtabilmesi açısından önemlidir.

KALIP TASARIM OTOMASYON PROGRAMI V.1.0.0

PRES BILGILERI DOKUM OLCULERI BABA OLCULERI GOBEK - SYIRICI OLC STANDART PARCALAR

TOFAS  
FIAT  
COSKUNOZ  
BEYCELIK  
FORD  
RENAULT  
ERKALIP

PRES HATTI : HAT SEC

KALIP KAPALI YUKSEKLIK : 0

KALIP EKSEN YUKSEKLIĞI : 0

BAGLAMA KANALLARI 1 : 0

BAGLAMA KANALLARI 2 : 0

BAGLAMA KANALLARI 3 : 0

BAGLAMA KANALLARI 4 : 0

OT. KLEMP KANALLARI 1 : 0

OT. KLEMP KANALLARI 2 : 0

OT. KLEMP KANALLARI 3 : 0

OT. KLEMP KANALLARI 4 : 0

ALT TABLA OLCULERI : 0

Şekil 7.16. Pres bilgileri bölümü

KALIP TASARIM OTOMASYON PROGRAMI V.1.0.0

PRES BILGILERI DOKUM OLCULERI BABA OLCULERI GOBEK - SYIRICI OLC STANDART PARCALAR

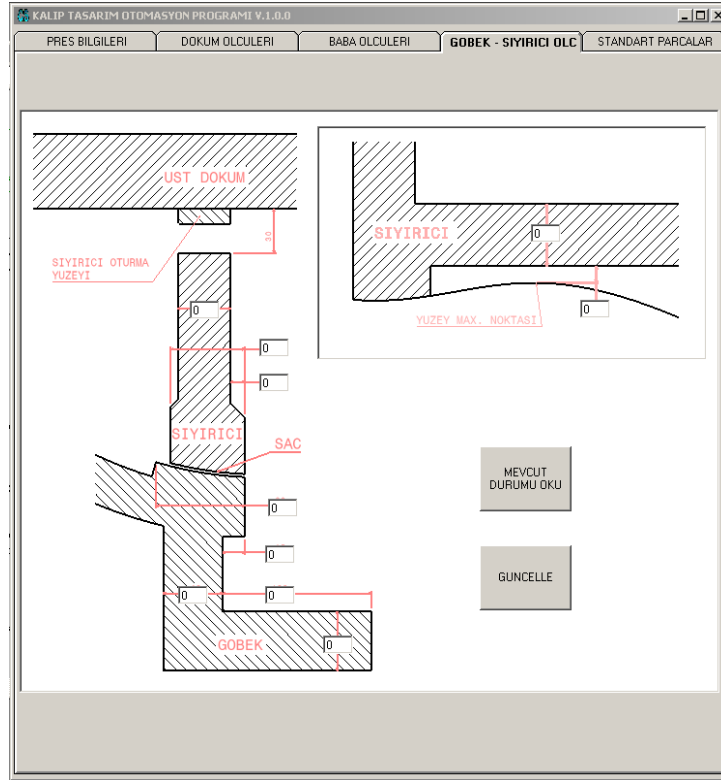
UST BABALAR ALT BABALAR

KAPASITE

MEVCUT DURUMU OKU

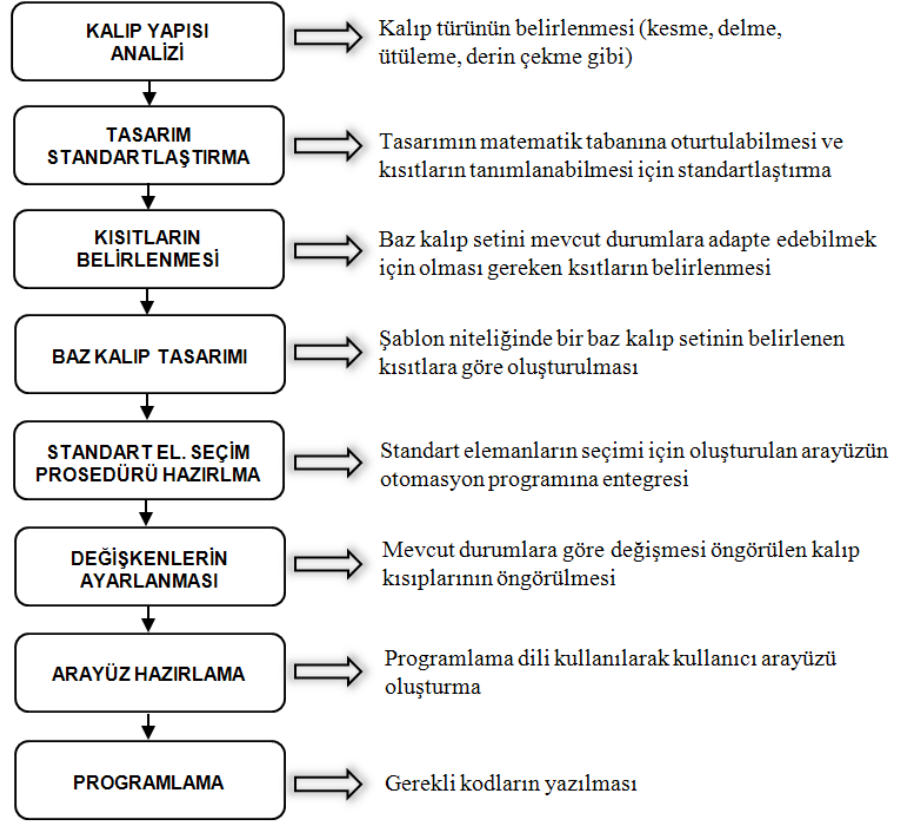
GUNCELLE

Şekil 7.17. Baba bilgileri bölümü



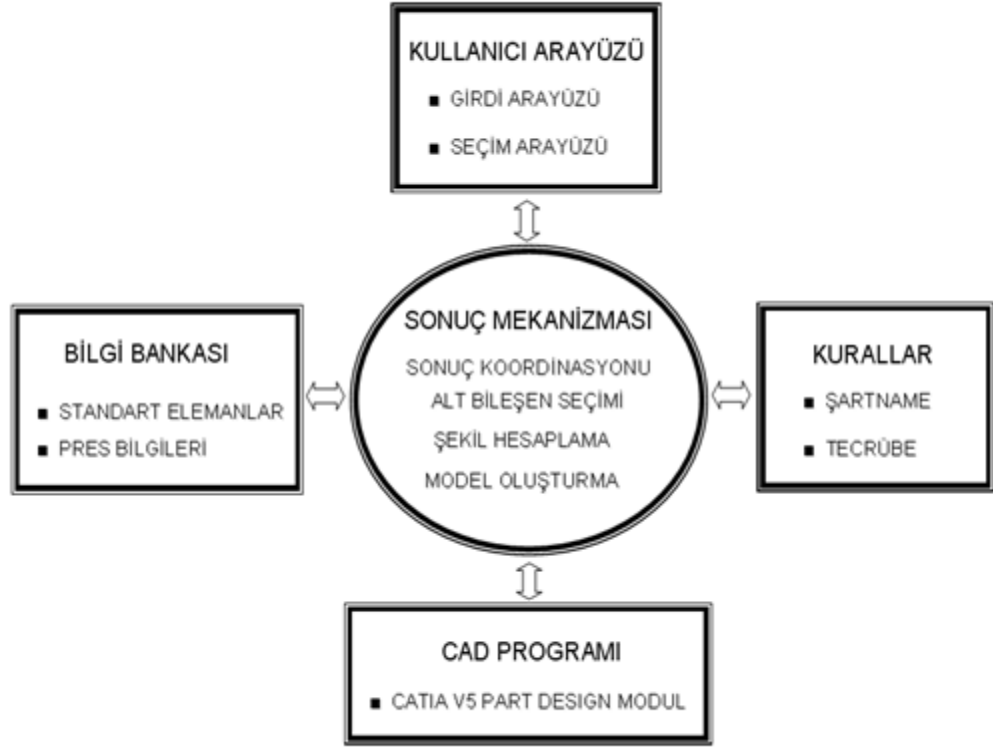
Şekil 7.18. Göbek – Sıyrıcı bilgileri bölümü

Otomasyon programının oluşturulmasında kullanılan tasarım kuralları ve parametrik tasarım tekniği yaklaşımı çalışma prosedürü iş akış diyagramı özet olarak Şekil 7.19’ de verilmiştir.



Şekil 7.19. Otomasyon programı iş akış diyagramı

Programda yer alan kurallar firma şartnameleri ve tecrübe değerlerinden alınmıştır. Programın bilgi bankasını, bu kurallar ile birlikte pres ve standart eleman bilgileri oluşturmaktadır. Uzman sistem yaklaşımı olarak Şekil 7.20' de verilen yapı bu çalışmada önerilmiştir. Uzman sistemlerde çıkarım mekanizması (inference engine) ve kurallar (rules) en önemli kısımdır. Kullanıcı ara yüzü (user interface) sistemle iletişimi sağlamaktadır. Arayüz kullanıcının bu bilgileri, CAD ortamında baz kalıp setine yansıtmasına olanak tanır. Bu sayede model oluşturulmuş olunur. Program oluşturulurken bilinen kuralların istendiğinde değiştirilmesine olanak tanıyacak şekilde düşünülmelidir.

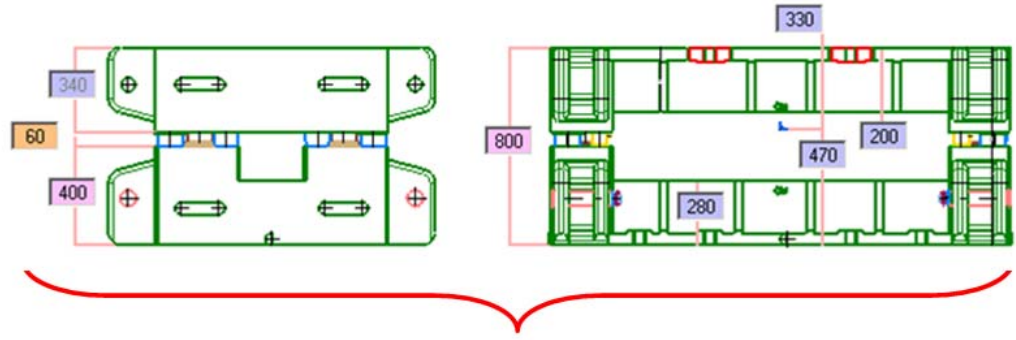


Şekil 7.20. Kalıp tasarımı için önerilen uzman sistem yapısı

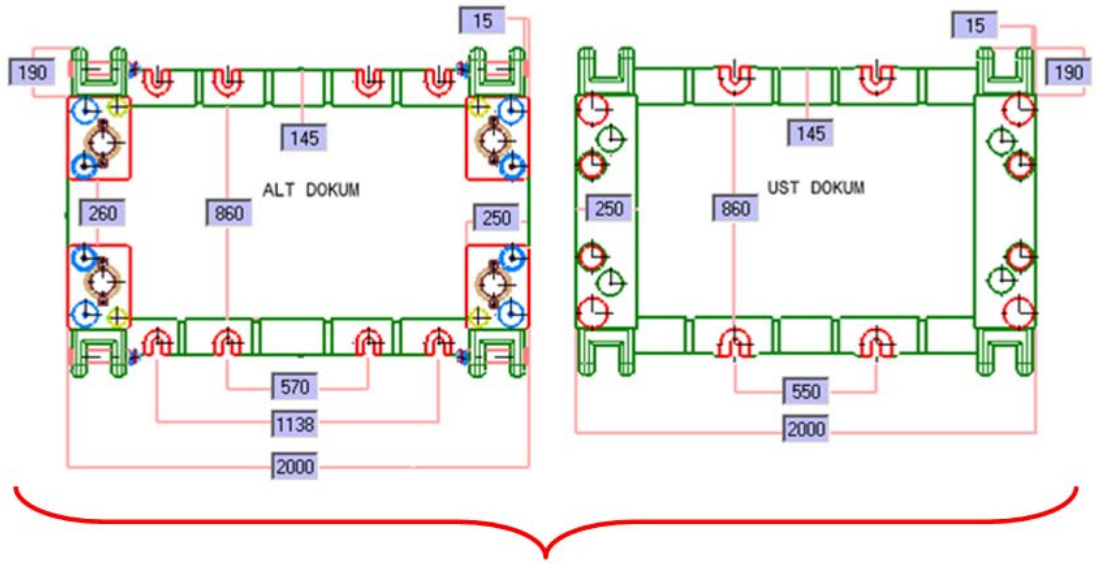
### Kalıp tasarım otomasyon programının işleyişi

Girdi kutuları, “MEVCUT DURUMU OKU” butonu tıklandığında mevcut ölçüleri gösterir. Bazı kalıp setinin değiştirilmesi istenilen ölçüleri bu kutulara tekrar girilir. (Bakınız Şekil 7.21 – Şekil 7.22)



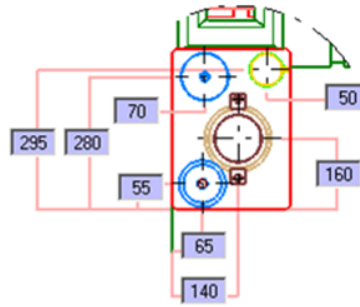


Kalıp yüksekliklerinin ve aralarındaki mesafelerin girildiği bölüm.



Alt ve üst döküm girdileri bölümü

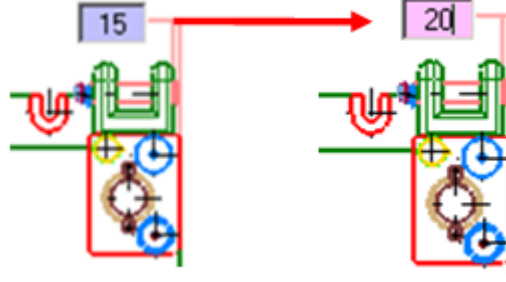
Şekil 7.21. Döküm ölçüleri bölümü kısımları



Ana montaj standart parçaların değişim bölümü

Şekil 7.22. Standart parça konumları bölümü

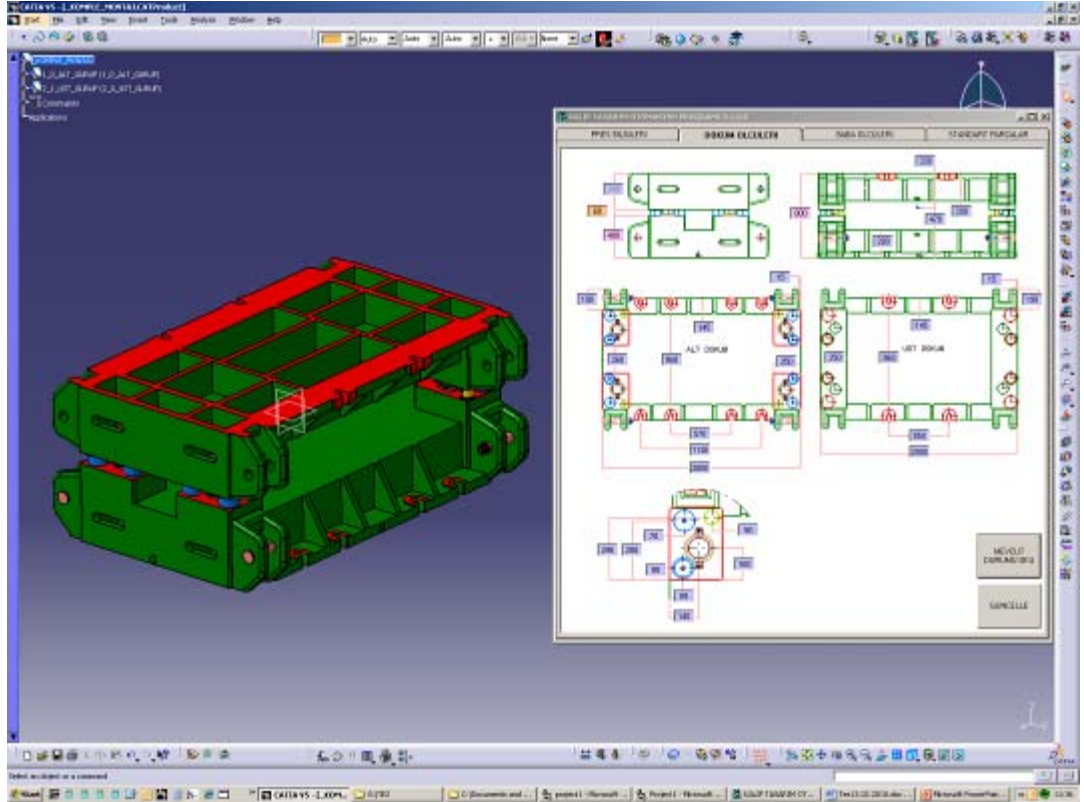
Girdi kutuları kullanıcının nerede değişiklik yaptığını anlayabilmesi için, değişiklik yapıldığında rengini maviden pembeye değiştirmektedir. (Bakınız Şekil 7.23)



Şekil 7.23. Veri girişi ile renk değişimi

Program ile yapılan değişikliklerin yeni haline güncellenmesine örnek olarak 800 mm boyunda olan baz kalıp seti 900 mm boya getirilecektir;

1. Adım : Baz kalıp setinin mevcut ölçüleri okunur. ( Bakınız Şekil 7.24)

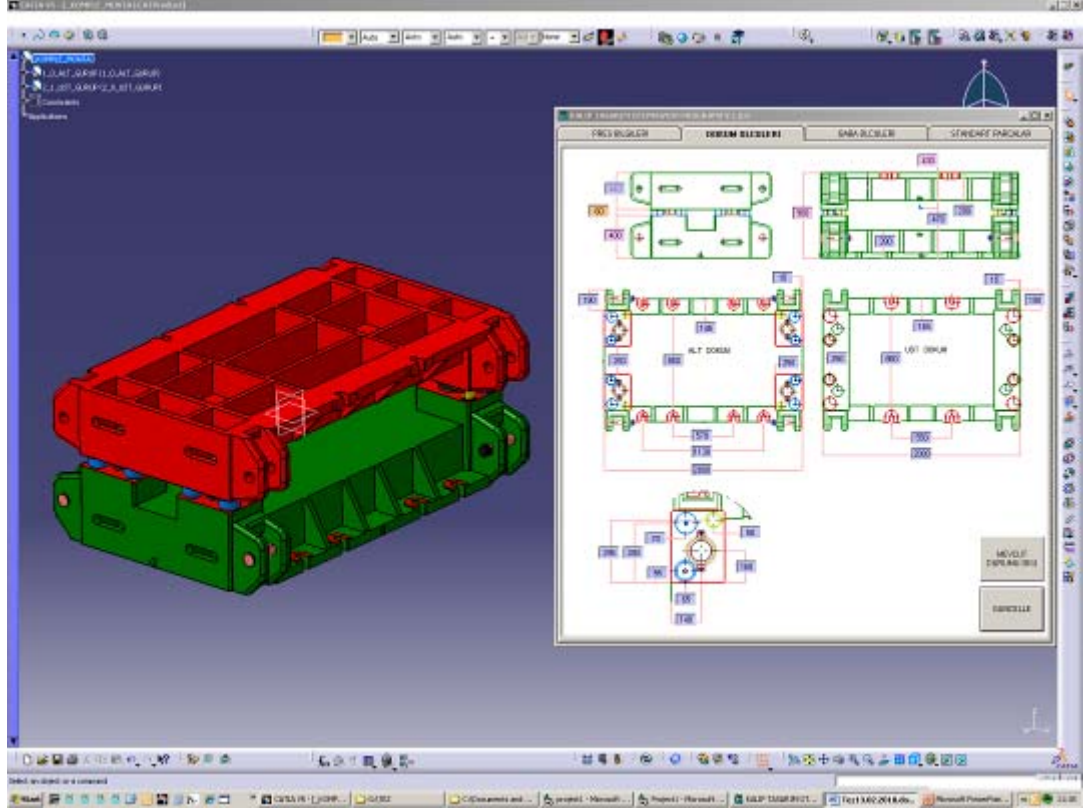


Şekil 7.24. Baz kalıp setinin ölçülerinin okunması

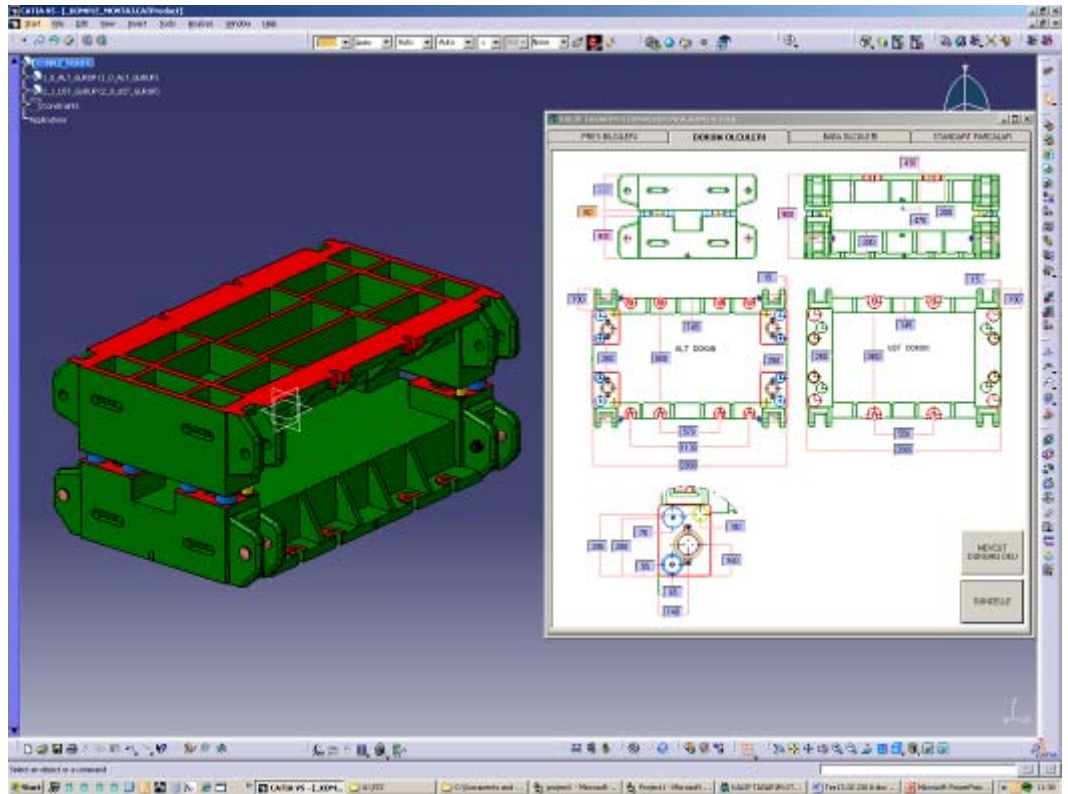
Mevcut ölçüler okunduğunda beyaz olan girdi kutuları mavi olacaktır. Kalıp boyumuz 800 olduğu için boyun yazılı olduğu girdi kutusunda 800 yazacaktır.

2. Adım : Kalıp boyu girdi kutusuna kalıbın olması istenilen 900 mm ölçüsü yazılır. Kalıp boyu girdi kutusu değiştirildiğinin anlaşılması için rengini maviden pembeye dönüştürecektir.

3. Adım : Güncelle butonuna tıklanır ve kalıbın güncellenmesi beklenir. Baz kalıp setinde ilgili parçalar kırmızı olacak ve güncellendiğinde tekrar kendi rengine dönecektir. (Bakınız Şekil 7.25 – Şekil 7.26)



Şekil 7.25. Baz kalıp setinin güncellenmesi



Şekil 7.26. Baz kalıp setinin güncel hali

**Uzman sistem yaklaşımı ile otomatik kalıp tasarımında, özel bir problemin çözümüne bir örnek;**

Programın ilk menüsü olan “Pres Bilgileri” seçim menüsünde kalıbın oluşturulması için gerekli temel bilgiler yer almaktadır. Buradan pres hattının seçimi vasıtası ile kalıbın en büyük ölçüleri, otomatik klemp ve prese bağlama kanallarının yerleri, baz kalıp setinde otomatik olarak güncellenmektedir. Uzman sistem yaklaşımının esasında sorulacak birkaç soruya verilen cevaplar sayesinde en uygun durumun seçimi vardır. Ana sanayilerde pres hattı, o hattın iş yüküne göre belirlenir. Hattın belirlenmesinde birinci öncelik hattın iş yüküdür. Bu da pres hattı seçiminin kalıpcı kontrolünde olmadığını gösterir. Otomasyon çalışması ile bizim yapabileceğimiz en uygun durum, seçilmiş pres hattına göre kalıbı en hızlı şekilde uyarlamak olacaktır. (Bakınız Şekil 7.27)

PRES HATTI	:	1. HAT
KALIP KAPALI YUKSEKLİK	:	800
KALIP EKSEN YUKSEKLİĞİ	:	500
BAGLAMA KANALLARI 1	:	570
BAGLAMA KANALLARI 2	:	1138
BAGLAMA KANALLARI 3	:	1710
BAGLAMA KANALLARI 4	:	0
OT. KLEMP KANALLARI 1	:	408
OT. KLEMP KANALLARI 2	:	814
OT. KLEMP KANALLARI 3	:	1420
OT. KLEMP KANALLARI 4	:	1830
ALT TABLA OLCULERI	:	2743x1524

Pres Bilgileri

Şekil 7.27. Pres bilgileri

Kalıpcının işe başlamadan önce bilmesi gereken temel ceplar şu şekilde sıralanabilir.

- 1) Pres hattı ve alternatif hattı
- 2) Basılacak sac malzemesi ve kalınlığı

- 3) Yapılacak kalıbın hangi firma şartnamesine göre yapılacağı
- 4) Seçilecek olan standart malzemelerde kullanılacak kataloglar
- 5) Kalıpların iş alımı sırasında öngörülen ağırlıkları
- 6) Şartnamede yazmıyor ise alt ve üst platina kullanım şartı.
- 7) Pres hattında çalışacak robotun özellikleri

Yukarıda sıralanan soruların cevaplarına göre kalıbımız en uygun duruma uyarlanabilir fakat yapılan araştırmada parçanın özellikleri dolayısıyla alınan cevaplara tam anlamıyla uyulamadığı anlaşılmıştır, bu durum ise uzman sistem yaklaşımının doğasına aykırıdır. Bütün olasılıkların uzman sisteme tanıtılması uzun zaman alacaktır. Pres hattına göre kalıbın durumunun güncellenmesi uzman sistem için verilebilecek küçük bir örnektir. Uzman sistem yapısı kurulurken tecrübelerin şartnamelere işlenmesi ile kesinlik kazanması gerekmektedir. Bu sayede zaman içinde olasılıklar uzman sistem veri bankasına işlenebilir.

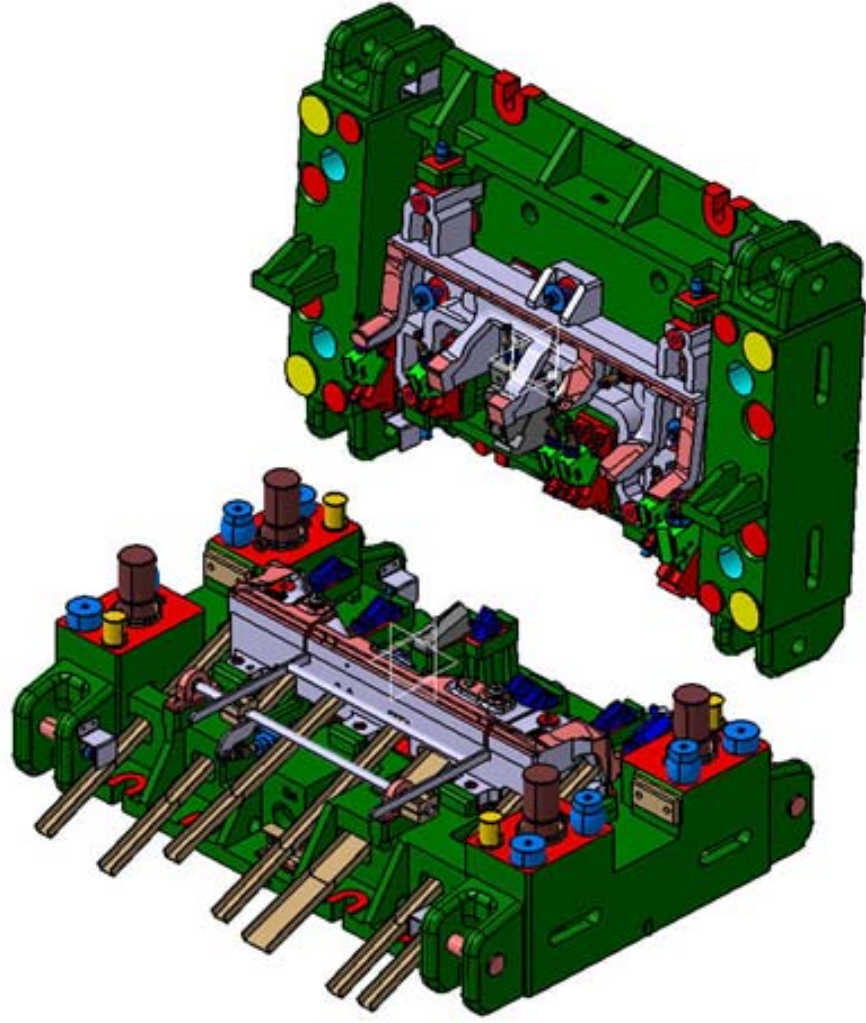
## 8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde sac kalıp tasarım sürecinin kalıp tasarım kuralları ve parametrik tasarım tekniği kullanılarak eniyilemesi anlatılmaktadır. Önerilen yaklaşımın geçerliliğini ve kalıp tasarım sürecine katkısını belirlemek için incelenen 30 kesme kalıbında, kalıp tasarımlarının yaklaşık %40 lık bölümü ortak elemanlardan ve parçalardan oluştuğu görülmüştür. Ölçüsel farklılıkların imkan tanındığı bir baz kalıp seti ile tasarım sürelerinde ve kalitelerinde ciddi iyileştirmeler sağlanabilmektedir. Burada karşılaşılan en önemli problem, baz kalıp setinin ölçülerini nereden değiştirileceği ve bu yapının kalıbın üzerine başka elemanların ilavesi ile bozulmayacağı garantisidir. Bu problemin çeşitli programlama dilleri kullanılarak iyileştirilebildiği, 3-4 hafta mertebesinde süren kalıp tasarımlarının 2-3 gün gibi kısa sürelerle düşürülebileceği anlaşılmıştır. Kalıpların döküm kısımları belli standartlara dahil edilerek, strafor döküm ve imalat zamanlarından da kazanç sağlanabilir. Kalıbın belli bölgeleri konusunda kişiler uzmanlaşabilir. En önemli konu ise insan odaklı hataların önüne geçilmiş olur.

İleride tasarımcıların katma değeri düşük tasarım işlemleri yerine, tasarım programı üzerinden parametrelerin optimize edilmesi gibi işlerde daha yaygın çalışacağı öngörüsü bu çalışmadan çıkarılabilecek önemli sonuçlardan biridir.

Uzman sistem yapısının sağlıklı bir şekilde kurulabilmesi için öncelikle uzman sistemin mantığına uygun bir şartname hazırlanmalıdır. Hazırlanacak şartname mutlak doğru kabul edilmeli edinilen tecrübeler şartnameye eş zamanlı işlenmelidir. Uzman sistem çıkarım mekanizması, şartname verilerini doğru kabul edip bazı soruları kullanıcı onayına sunmadan uygulayabilmelidir. Uzman sistem veri tabanı, yeni geliştirilecek standart elemanlar, strafor model teknolojisi, döküm teknolojisi ve işleme teknolojisini takip etmelidir. Ancak yaşayan bir uzman sistem yaklaşımı tasarımcının ve sektörün ihtiyacını karşılayabilir. Şekil 8.1 de gösterilen kesme kalıbı günümüz kabullerine göre hazırlanmış uzman sistem yaklaşımı ve parametrik tasarım mantığı ile 7 günde döküme hazır hale getirilmiştir.





Şekil 8.1. Kalıp tasarım otomasyon programı ve standart parça kütüphane programı kullanılarak tasarlanan kamlı delme kalıbı



**KAYNAKLAR**

FOLEY, J.D., A.V. DAM. 1982. Fundamentals of Interactive Computer Graphics. The Southeast Book Company, Taiwan. s. 245 -266

KAFTANOĞLU, B., 1991. Bilgisayar Destekli Tasarım Nedir. ATSO Dergisi, 17:183.

LEE, R.S., Q.C. HSU., S.L. SU. 1997. Development of a Parametric Computer-Aided Die Design System for Cold Forging. Department of Mechanical Engineering, National Cheng Kung University, 1 University Road, Tainan 701, Taiwan. p. 80-89

CHEOK, B.T., A.Y. C. NEE. 1998. Trends and Developments in the Automation of Design and Manufacture of Tools for Fetal Stampings. Journal of Materials Processing Technology, p. 240–252

MYUNG, S., S. HAN. 2001. Knowledge-Based Parametric Design of Mechanical Products based on Configuration Design Method. ICAD Laboratory, Department of Mechanical Engineering, KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology), ME3080, 373-1 Kusong-dong, Yusong-gu, Taejon, South Korea, p. 99-107

İHSAN, K. ve Z. PALA. 2001. Microsoft Visual Basic 6.0. Türkmen Kitabevi, İstanbul, 660 s.

DUFFEY, M.R., Q. SUN. 2003. Knowledge-based design of Progressive Stamping Dies. Department of Mechanical Engineering University of Massachusetts at Amherst, MA 01003, USA. p. 221-227

CHU, C.H., M.C. SONG., 2004. Computer Aided Parametric Design for 3D Tire Mold Production. Computers in Industry, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, National Tsing Hua University, Taiwan, p. 11-25

HALKACI, H., S. YIGIT., 2004. Parametrik Tasarım Ve Solidworks CAD Programı İle Bir Uygulama. Mühendis ve Makine, 45: 537

ÖZDEMİR, A., H. GÜRÜN. ve H. DİLİPAK. 2005. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Ankara. p. 41-45

LIN, B.T., S.H. HSU. 2006. Automated Design System for Drawing Dies, Expert Systems with Applications. Dept. of Mechanical and Automation Engineering, National Kaohsiung First University of Science and Technology, Taiwan. p. 1586–1598

KUMAR, S., R. SINGH. 2006. An Intelligent System for Automatic Modeling of Progressive Die. Journal of Materials Processing Technology, Department of Mechanical Engineering, Hindu College of Engineering, Sonapat, Haryana, India. p. 176-183

SKARKA, W. 2006. Application of MOKA Methodology in Generative Model Creation Using CATIA. Engineering Applications of Artificial Intelligence, Poland. P. 677-690

LIN, B. T., M. R. CHANG., H. L. HUANG. 2006. Computer-Aided Structural Design of Drawing Dies for Stamping Processes Based on Functional Features. Department of Mechanical and Automation Engineering, National Kaohsiung First University of Science and Technology, Taiwan, 13 p.

KIM, C.W. , C.H. PARK., S.S. LEE. 2007. An Automated Design System of Press Die Components Using 3-D CAD Library, Professor. School of Mechanical Engineering, Konkuk University, Korea. Part II, p. 961–974

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Coşkun SABAH

Doğum Yeri : ZONGULDAK

Doğum Yılı :1983

Medeni Hali : Bekar

### Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1998 – 2001 Zonguldak Fen Lisesi

Lisans 2002 – 2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

### İş Deneyimi:

2003 - 2004 GK Metal San.ve Tic A.Ş.

2004 – 2006 Alpay Makina San.ve Tic A.Ş.

2007 – Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.

## TEŞEKKÜR

Bu çalıŐmayı öneren Sayın Prof Dr. Ferruh Öztürk, tez çalışmasının gerçekleŐmesinde ve karşılaşılan gÜçlüklerin aŐılmasında yardımcı olmuştur. Uygulamaların gerçekleŐmesi için Tofaş Kalıp Tasarım YöneticiliĐi Őefi Sayın Süleyman Türksöz ve Tofaş Pres - Kalıp Üretim Müdürü Sayın Erkan Polat gerekli tüm desteği saĐlamıŐlardır. Çalışma süresince Sayın Ebru Arslan kaynakların bulunmasında ve çalışmanın tamamlanmasında yardımcı olmuŐlardır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında yukarıda adı geçen kiŐi ve kurumlara içtenlikle teşekkür ederim.