

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PARAMETRİK KALIP TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harun ÖZDEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Osman Hamdi METE

Temmuz 2020

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PARAMETRİK KALIP TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harun ÖZDEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 21 / 07 / 2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Harun ÖZDEMİR

21.07.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam, Dr. Öğr. Üyesi Osman Hamdi METE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması boyunca, bana sonsuz desteklerinden dolayı, değerli eşim Elif ÖZDEMİR ile çocuklarım Duru ÖZDEMİR ve Deren ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın ortaya çıkmasında emeği olan arkadaşlarım Yusuf Evren DOĞAN, İdris KARAGÖZ, Erol BÜKER ve Sercan ALABAY'a samimi teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. CAD Sistemler ve Kalıp Tasarımın Geçmişi	4
2.1.1. CAD nedir?	4
2.1.2. CAD sistemlerinin tarihsel gelişimi	6
2.1.3. Kalıp tasarımında CAD uygulamaları	7
2.1.4. Kalıp tasarımında şekillendirme analizleri ve uygulamaları ...	8
2.1.5. Sektörde bilgisayar destekli tasarım ve analiz uygulamaları ...	8
2.1.6. CAD sistemlerinin kalıp tasarım sürecine faydaları	10
2.2. Kalıpcılık Tarihi ve Sınıflandırılması	11
2.2.1. Kalıpcılığın tarihi	11
2.2.2. Kalıpcılığın tanımı	13
2.2.3. Kalıpcılığın sınıflandırılması	13
2.2.4. Kalıpcılığın avantajları	14

2.2.5. Kalıpcılığın dezavantajları	15
2.2.6. Saç metal kalıpcılığında kullanılan presler	15
2.2.6.1. Tek etkili presler	16
2.2.6.2. Çift etkili presler	18
2.2.6.3. Hidrolik presler	19
2.2.6.4. Mekanik ve hidrolik preslerin karşılaştırılması	20
2.2.7. Otomotiv sanayinde kullanılan saç metal kalıpları	21
2.2.7.1. Çekme kalıpları	21
2.2.7.2. Kesme kalıpları	24
2.2.7.3. Bükme kalıpları	25
 BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal	26
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Kalıp imalat süreci	27
3.2.2. Kalıp tasarım işlem adımları ve parametrik kalıp tasarım	28
3.2.2.1. Kalıp tasarımları için ortak işlem adımları	29
3.2.2.2. Standart parça kütüphanelerinin avantajları	30
3.2.2.3. Parametrik kalıp tasarım setinin çalışma presibi	30
 BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA	36
4.1. Materyal	36
 BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	38
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	40

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CAE	: Bilgisayar Destekli Mühendislik
CAM	: Bilgisayar Destekli İmalat
FMEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi
MAP	: Kalıp Tesviye Alıştırma İşlemi
MÖ	: Milattan Önce
NURBS	: Non-Uniform Rational B-Splines
NX	: Unigraphics Tasarım Programı
PRO / E	: Pro Engineer Tasarım Programı
1B	: 1 Boyut
2B	: 2 Boyut
3B	: 3 Boyut

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Sketchpad görüntüsü	6
Şekil 2.2. Sırasıyla:Bezier, B-Spline ve Non-uniform B-Spline	7
Şekil 2.3. Bazı eski kalıp tasarımları	11
Şekil 2.4. İlk pres tezgahlarına örnek	12
Şekil 2.5. Kalıpçılığın sınıflandırılması	14
Şekil 2.6. Tek etkili mekanik pres	18
Şekil 2.7. Çift etkili mekanik pres	19
Şekil 2.8. Tek etkili hidrolik pres	20
Şekil 2.9. Çekme işlemi	22
Şekil 2.10. Tek etkili derin çekme kalıbı	23
Şekil 2.11. Çift etkili derin çekme kalıbı	23
Şekil 2.12. Kesme işlemi	24
Şekil 2.13. Çevre kesme kalıbı	24
Şekil 2.14. Bükme işlemi	25
Şekil 2.15. Bükme kalıbı	25
Şekil 3.1. Kalıp imalat süreci işlem adımları	28
Şekil 3.2. Catia unsur ağacı parametre değişkenleri	31
Şekil 3.3. Kalıp besleme yüksekliğinin güncellenmesi	33
Şekil 3.4. Kalıp kapalı yüksekliğinin güncellenmesi	34
Şekil 3.5. Kalıp boyunun güncellenmesi	34
Şekil 3.6. Kalıp eninin güncellenmesi	35
Şekil 3.7. Yeni girilen değerler ile güncellenmiş kalıp seti	35

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Deneyime göre tasarımcıların tasarımı saat olarak bitirme süreleri ...	37
Tablo 4.2. Parametrik set kullanımı ile tasarım zamanlarındaki tasarruf	37



ÖZET

Anahtar kelimeler: Saç metal kalıp tasarım, parametrik kalıp tasarımı, Catia

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe kalıp tasarım süreçlerinin kısaltılması ve bu süreçte tasarım kalitesinin nasıl artırılacağı araştırılmıştır. Kalıp tasarım süreçlerinin kısaltılması için bilgisayar destekli tasarım programlarından birisi olan Catia programı kullanılarak parametrik setlerin oluşturulması tasarım süreçlerinin kısılmasına, tasarım hatalarının önüne geçilmesine ve en önemlisi kalıp tasarımlarının hızlıca güncellenebileceği belirlenmiştir.

Günümüz dünyasında hızla gelişmekte olan otomotiv sektörü onlarca yeni modeli ile ürünlerini tüketicilerin hizmetine sunmaktadırlar. Bu konuda Türkiye’de de hızla gelişmekte olan sektör, üretim adetlerini 1.000.0000 adet/yıl üzerine çıkarmıştır. Bir yandan otomotiv sektörü gelişirken, bir yandan da hem dünyada hem ülkemizde kalıpcılık sektörü de hızla gelişmektedir. Yeni üretilen otomobil modelleri ile ortaya çıkan agresif formlar, keskin hatlar, yeni nesil malzemeler vs. kalıpcılık sektörünü zorlamaktadır. Bütün bunların yanında artan rekabet koşulları göz önüne alındığında hem kalite beklentileri hem de zaman baskısı kalıp üreticileri üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadırlar. Bunların aşılması için dünya genelinde 1990 yıllardan itibaren, ülkemizde ise 2000’li yılların başından itibaren yaygın biçimde kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Ülkemiz otomotiv endüstrisinde Saç metal parçaların ve Trim parçalarının kalıp tasarımlarında kullanılan CAD programlarına bakıldığında Catia V5 , NX-Siemens, Pro-Engineer, Solidworks, Top Solid vs. olduğunu görmekteyiz. Kalıpcılık sektörü incelendiğinde tasarım süreçlerini iyileştirmek için bir arayış içerisinde olduğu bilinmektedir. Bu süreçlerin iyileştirilmesi için yapılan çalışmaların niteliğine bakıldığında bir takım eksikler gözlemlenmiştir.

Yaptığımız bu çalışmada kalıp tasarımı 2D sketch ortamında çizgi ve noktaların yönetilmesi ile hızlıca düzenleyebilecek ve bu değişikliklerin 3D ortamında hızlıca güncellenmesini sağlayacak Parametrik Kalıp Tasarımı kavramı üzerinde bazı geliştirmeler tartışmaya açılmıştır. Bu çalışma ile birlikte kalıp tasarımı ve uygulamalarında parametrik tasarım yöntemi ile kalıp standart parçalarının, ana sanayi döküm ve çelik konstrüksiyon mekanik standartlarının hızlıca modellenmesi için geliştirme önerileri sunulmuştur.

PARAMETRIC DIE DESIGN

SUMMARY

Keywords: Sheet metal die design, parametric die design, Catia

In this study, it was investigated how to shorten the die design processes in the automotive sector and increase the design quality in this process. In order to shorten the die design processes, it was determined that using Catia program which is one of the computer aided design programs, creating parametric sets, shortening the design times, avoiding design errors and most importantly, the die designs can be updated quickly.

In today's world, the rapidly developing automotive sector offers its products to consumers with dozens of new models. In this regard the rapidly developing automotive sector in Turkey, the 1.000.0000 Total production units / year has brought on. On the one hand, the automotive sector is developing and on the other hand, the mold sector is developing rapidly both in the world and in our country. Aggressive forms, sharp lines, and new generation materials that have emerged with the newly produced automobile models are pushing the mold sector day by day. Moreover, given the increasing competition conditions, both quality expectations and time pressure have negative effects on the mold manufacturers. In order to overcome these problems, the use of computer-aided design programs, which have been widely used since the 1990s and in Turkey since the beginning of the 2000s, has become widespread throughout the world. In the automotive industry of Turkey, when looking at the CAD programs used in the mold design of sheet metal parts and trim parts, Catia V5, NX-Siemens, Pro-Engineer, Solidworks, Top Solid etc. We see that. When the mold sector is examined, it is known that it is in search of improving the design processes. When we look at the quality of the studies to improve these processes, some deficiencies were observed.

In this study, some improvements on the concept of Parametric Mold Design, which will be able to edit our mold design in 2D sketch environment by managing the lines and points quickly and enable these changes to be updated in 3D environment, have been discussed. In this study, development proposals for rapid modeling of mold standard parts, main industrial casting and steel construction mechanical standards are presented with parametric design method in mold design and applications.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüz sanayisinde seri üretimle birlikte kalıpcılık sektörüne ilginin arttığını görmekteyiz. Çevremizi dikkatlice incelediğimizde günlük hayatta kullandığımız telefondan, bindiğimiz ulaşım araçlarına, evimizdeki beyaz eşyadan, kapı kilitlerimize kadar hayatımızın her alanında kalıp ürünlerine rastlamaktayız. Bunların içinde sac metal kalıpcılığı da büyük bir alana hitap etmektedir.

Otomotiv sektöründe kalıp imalat süreci 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 süreçlerinde yapılan iyileştirmeler, büyük oranlarda kalıp termin sürelerini etkilemektedir. Günümüzde özellikle sektörde var olan otomobil üreticileri tüketicilerin beğenilerini kazanmak ve pazardan pay kapabilmek için sürekli yeni modellerini piyasaya sürmektedir. Piyasa da satılan bir araç satış ömrü de sürekli çıkan yeni modeller ile yarışabilmek için git gide düşmektedir. Artık yeni üretilen bir araç ortalama 5 ile 8 yıl içerisinde yerini başka bir modele bırakmaktadır. Artan rekabet koşulları ve ürün çeşitliliği kalıp üreticilerini zaman baskısı altına almaktadır. Kalıp üreticileri bu baskıların altından kalkmak için kalıp imalat sürelerini kısaltmak zorundadırlar. Kalıp imalat sürecindeki her disiplin burada kendine düşen iyileştirmeleri ve zaman kazanımlarını sağlamak için teknolojiyi ve parametrik tasarımı ön plana çıkarmaktadır.

Artan rekabet koşulları ve ürün çeşitliliği kalıp üreticilerini zaman baskısı altına almaktadır. Kalıp üreticileri bu baskıların altından kalkmak için kalıp imalat sürelerini kısaltmak zorundadırlar. Kalıp imalat sürecindeki her disiplin burada kendine düşen iyileştirmeleri ve zaman kazanımlarını sağlamak için teknolojiyi ve parametrik

tasarımı ön plana çıkarmaktadır. Kalıp tasarım süreçlerinde çıkan hataları, zaman kayıplarını ve iyileşme noktalarını parametrik olarak tasarım setlerine öğretmek ve standart parametrik kalıp tasarım stratejilerini geliştirerek tasarım süreçlerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Kalıp tasarım sürecinin olabildiği kadar hatasız ve verimli geçmesi, parça maliyetlerini düşürmektedir.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Firmaların sektöre satışa sunulan yeni modellere ve azalan araç satış ömürlerine yetişmek için kalıp imalat sürelerini kısaltmak ve üretim kalitelerini artırmak için her geçen yeni teknikler ve teknolojileri kullanmaktadırlar. 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 standartlaşmayı sağlamaktır. Kalıp tasarımında bunun yolu da parametrik çalışma alt yapısını oturmaktan geçmektedir. Bu tekniğin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır.

Anderl ve Mendgen, parametrik tasarım yaklaşımının katı modelleme süreci üzerindeki etkilerini sunmuşlardır. Bu çalışma ile model bünyesinde yapılan parametrik ilişkilendirmelerin benzer modeller, standart elemanlar ve konsept çalışmaları esnasında ihtiyaç duyulan iteratif modellemeler üzerindeki kazanımlar ortaya konulmuştur (Mendgen & A.Anderl,1995).

Lee ve arkadaşları, 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 (Lee ve arkadaşları,1997).

Bakır, yaptığı tez çalışmasında mekanik tasarım sürecinde faydalanan bilgisayar destekli tasarımın tarihçesini ve sürece kattığı kazanımları incelemiştir. Çalışma aynı

zamanda bilgisayar destekli mühendislik ve bilgisayar destekli imalat gibi yöntemlerin ürün tasarım süreci içerisindeki rolüne dikkat çekmiştir (Bakır,2006).

Wang ve diğerleri, yürüttükleri çalışmada parametrik modelleme mantığı ile ilişkilendirilen 3B CAD modelin otomatik olarak güncellenebilirliğini incelemiştir. Çalışma bünyesinde modeli oluşturan ölçülerin ilgili parametrelerle ilişkilendirilmesi ve bu parametreler üzerindeki değişiklikler sayesinde benzer ürünler için gereken tasarım süresinin kısalması konu edilmiştir (Wang ve diğerleri,2008).

Sabah, yaptığı tez çalışmasında Visiual Basic programı ile oluşturulmuş bir arayüz programı kullanarak parametrik kalıp tasarım setlerinin oluşturulmasını incelemiştir. Çalışma bünyesinde program ile oluşturulan setler parametrelerle ilişkilendirilmiş olup kalıp tasarım süresinin kısalması konu edilmiştir (Sabah,2010).

Li ve diğerleri, sundukları çalışmada bir traktör modelinin geleneksel modelleme mantığı sonucunda oluşan revizyon problemlerine dikkat çekilmiştir. CatiaV5 yazılımı bünyesinde gerçekleştirilen parametrik CAD modelleme sayesinde yüksek maliyet ve uzun güncelleme süreleri gibi problemlerin önüne geçilebildiği vurgulanmıştır. (Li ve diğerleri,2011).

Özetle yapılan çalışmalar, kullanılan parametrik set oluşturma tekniği, kullanılan CAD programı kullanıldığı kalıpcılık sektörü ve kullanılan tasarım yönetimi modeli farklılıklarından oluşmaktadır. Parametrik kalıp tasarım tekniğinin alt yapısı sektörde kullanılan ve hatta tüm kalıpcılık tekniklerinde kullanılabilen bir teknik olup, üzerinde özgün olarak incelenmiş olması bu çalışmayı benzerlerinden ayırmaktadır.

2.1. CAD Sistemler ve Kalıp Tasarımın Geçmişi

2.1.1. CAD nedir?

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım), adından da anlaşılacağı gibi bilgisayarı kullanarak gerçekleştirilen bir tasarım sürecidir. Bu eylem gerçekleşmeden önce,

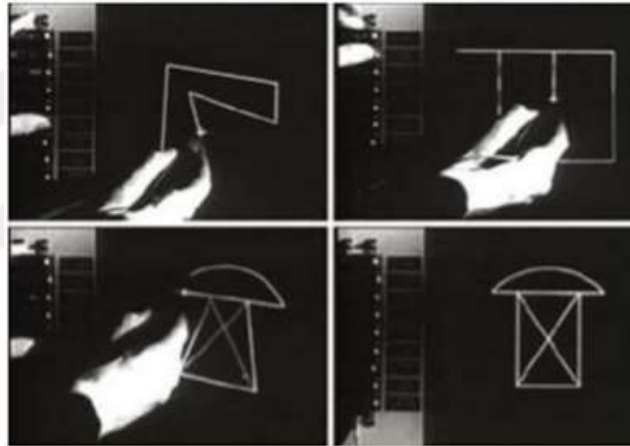
teknoloji ilk önce bilgisayarları ortaya çıkardı. Başlangıçta bilgisayarlar, matematiksel işlemleri kolaylaştırmak ve daha sonra da sabit disklerle birlikte bilgi depolamak için kullanıldı. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok sektörde bilgisayarlar kullanılmaya başlamış ve tasarımlar bilgisayar kullanılarak oluşturulmuştur. Tasarımda teknolojik gelişme sürecinde önce çizim programları oluşturulmuş, ardından bilgisayar destekli tasarım programları piyasaya sürülmüştür. Bu iki araç, tasarımcıların, tasarımlarını uygulamaya koymadan önce, herhangi bir malzeme veya işlem kaybı olmadan kısa sürede, görevlerini hızlı ve verimli bir şekilde elden geçirmelerini sağladı. Bu nedenle, bilgisayar destekli tasarımın kullanımı insan yaşamının, sağlık hizmetlerinin, ulaşımın, mimarlığın ve bilim kurgu filmlerinin birçok alanında kaçınılmaz hale geldi. Teknik uygulamalarda, tasarım ile birlikte analiz ve üretim yöntemlerinin önemi bilinmektedir. Tasarlanan bir parçanın analiz ve üretim simülasyonu bir bilgisayar ortamında üç boyutlu geometrik modelleme ile yapılır. Bu sebeple, tasarımın üç boyutlu geometrik modelleme ile yapılması tasarımın görsel olarak sunulmasına, analiz yazılımlarının kullanılmasından önce veri hazırlanmasına, analiz yazılımlarının kullanılmasından sonra sonuçların değerlendirilmesine ve bilgisayar destekli üretime olanak sağlamaktadır.

CAD sistemleri tasarım algoritmalarına göre parametrik ve parametrik olmayan şekillere sahiptir. Parametrik CAD yazılımı, model üzerindeki işlemleri belirli bir sıralama kriteri dahilinde tutar ve modeldeki herhangi bir zamanda ve herhangi bir şekilde geometrik boyutu değiştirebilir. Bununla birlikte, parametrik olmayan yazılım, geçmişe dönük modelin değiştirilmesine izin vermez. Tasarımcı, yalnızca mevcut model üzerinde ileriye dönük ve yüzeysel çalışmalar yapabilir.

Parametrik modelleme süreci belirli bir çalışma algoritması ile işlemektedir. Buna göre her bir yapı kendisine referans olan bir diğer yapının desteğiyle inşa edilir. Yazılım bünyesinde bulunan referans elemanlar geliştirilecek modelin temelini oluşturmaktadır. Çoğu CAD yazılımında XY, YZ, ZX ya da ön, yan, üst olarak bilinen referans düzlemler ve orijin noktası modellerin inşa edilebilmesi için ilk basamaktır. Referans elemanları takip edilerek oluşturulan modelin inşası, 1 boyutlu nokta yapısından 2 boyutlu çizgi ve eğrilere, buradan da 3 boyutlu yapılara uzanmaktadır.

2.1.2. CAD sistemlerin tarihsel gelişimi

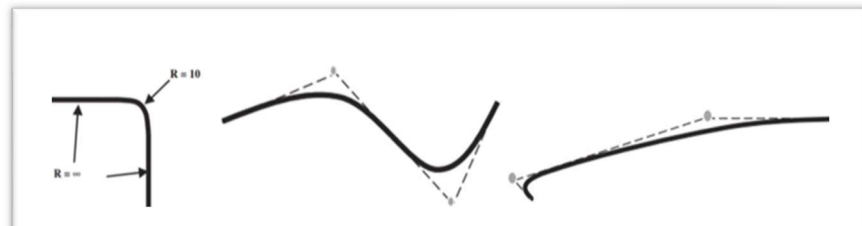
Sanayi Devrimi süresince yaşanan yoğun teknik gelişmeler, 1954-1980 arası dönemde elektronik ve teknoloji alanına kayarak, özellikle dijital teknoloji ve bilgisayar teknolojisi alanında önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu dönemde bilgisayarın insanla kurduğu ilişki çözülmesi gereken bir problem olarak görülmeye başlamıştır. Bu nedenle, 1962 yılında Ivan Sutherland tarafından tanıtılan “Sketchpad”, bilgisayar grafikleri açısından önemli bir yere sahiptir (Şekil 2.1.). Sketchpad ile kullanıcı ve ekran arasında doğrudan bir etkileşim kurulabilmektedir. Ekranda özel bir kalem aracılığıyla belirlenen noktalar Sketchpad tarafından birleştirilerek çizimler oluşturulmaktadır. (Bertol, 1994) Sketchpad, geometrinin belli sınırlar içerisinde tanımlanarak, çeşitli varyasyonlarının üretilebildiği ilk sistemdir.



Şekil 2.1. Sketchpad Görüntüsü (Bertol,1994)

İlk CAD sistemi, otomotiv ve uçak endüstrilerinin ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirildi ve 1970'lerde tanıtıldı. Bu zamanın bilgisayarları yeterince güçlü bir belleğe ve işlemciye sahip olmadığından, bir formu matematiksel olarak tam olarak tanımlamak çok zordu. Otomotiv endüstrisi CAD sistemlerinin geliştirilmesine öncülük ettiğinden, doğru eğri şekillerin oluşumu çözülmesi gereken bir problem olarak kabul edildi. Bu NURBS gelişimine neden oldu. NURBS, eğrisel çizgilerin ve üç boyutlu eğrisel yüzeylerin matematiksel olarak tanımlanmasına izin veren matematiksel bir modeldir. NURBS önemlidir, çünkü önemli bir parametrik tasarım aracı olarak kullanılır. (Hopkinson ve diğerleri, 2006) NURBS (Non-Uniform Rational

B-Splines), günümüzün bir sonucu olarak kullanılan bir dizi işlem halini almıştır. NURBS'nin ortaya çıkması sırasında bir Bezier eğrisi geliştirildi. Bezier eğrisinde eğriliğin, eğrinin sonunda tanımlanan iki noktayla kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Bezier eğrileri düz yüzeylerle doğru bir ilişki kurabilseler de, iki veya daha fazla eğrinin yakınsaması ile ilgili sorunlara cevap yoktu. Bu problem B-spline eğrilerinin gelişmesine yol açtı. B-spline şekli, eğri çizginin dışındaki belirli bir nokta tarafından kontrol edilir. Değişik eğrilik derecelerine ve yönlerine sahip eğrisel biçimlerin kontrol edilebilmesi için ise, “non-uniform B-spline” geliştirilmiştir. Bu sayede, örneğin bir araba kaportasını oluşturan farklı türden eğriselliklerin düzgün yüzeyler tanımlayabilmesi sağlanmıştır. Non-uniform B-spline, oluşturulan birçok kontrol noktası ile eğriselliğin en iyi biçimde kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Bu durum, karmaşık eğrisel yüzeyler için bir avantaj olsa da; silindir formu gibi basit bir geometrik biçimin birçok noktanın kontrol edilmesiyle oluşturulması sorunlara yol açmıştır. Bu duruma çözüm olarak ise, “NURBS” geliştirilmiştir. Bu sayede basit geometrik biçimler daha az noktayla tanımlanabilmektedir. (Hopkins vd., 2006).



Şekil 2.2.Sırasıyla: Benzier, B-Spline ve Non-uniform B-spline (Hopkins vd,2006)

2.1.3. Kalıp tasarımında CAD uygulamaları

Saç parçaları ve kalıp tasarım tekniği yıllar içinde gelişim göstermiş ve bununla beraber birçok problemin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde kullanılan birçok kalıp tasarımı, büyümekte olan ve büyüyen otomotiv ve beyaz eşya endüstrisinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Uzmanlar, zanaatkarlar ve deneyimli kişiler tarafından Otomotiv endüstrisinin gelişmesiyle birlikte, metal şekillendirme işlemi ve proses parametrelerinin reaksiyonu hakkında bilgi de gelişmiştir. Sonuç olarak, bugüne kadar sanat olarak kabul edilen saç metal ürün tasarımı vakalarının çoğu, otomotiv teknolojisinin gelişimi ile açıklanabilir. Geçmişte geliştirilen bu

kurallar çeşitli analiz araçlarına uygulanmış; hızlı, verimli, doğru ve kaliteli araçlar tasarlamak için bilgisayarları kullanabilmiştir. Otomotiv teknolojisinin gelişmesine paralel olarak, CAD ve CAM sorunları da yüzyılın en önemli gelişmelerinden biri haline geldi. Geçmişte, analiz ve bilgi işlemede kullanılan bilgisayarlar, tasarım sürecinin temelini oluşturur ve grafiksel mühendislik verilerinin oluşmasını sağlar. Günümüzde, CAD teknolojisi mühendislik tasarımından tamamen farklı bir yaklaşıma sahiptir. Aslında, pratikte CAD'in kabulünü reddedenler vardı. Tasarımdaki bu farklı metodoloji, tasarım ofislerinde eski yöntemlerle tasarım yapan insanlar için anlaşılması ve kabul edilmesi güç olan kavramlar yaratmıştır. Tüm bunlara rağmen, CAD, kalıp tasarım yeteneklerinin hız ve verimliliğini arttırarak devrim yaratıyor.

2.1.4. Kalıp tasarımında şekillendirme analizleri ve uygulamaları

Kalıplanabilirlik analizleri, şekillendirme simülasyonları tasarımdaki anlaşılması zor kalıplardan kaynaklanan sorunlara rasyonel bir çözüm sunar. Bunlar: yırtık, ondülasyon, gerginlik, geri yaylanma ve trim optimizasyon çözümleri olarak sıralayabiliriz. Endüstride parça tasarımı ile sektördeki kalıp tasarımı sürecinin parametreleri arasındaki ilişki tam olarak anlaşılmamıştır. Kalıplanabilirlik analizi ile ilgili tüm süreç problemlerini çözmek için uygulamalı deneyim kullanmak yeterli değildir. Sonucu elde etmek için birçok prototip ve prose parametresi ile iterasyon yapmak gereklidir. İşte bu noktada, Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE) uygulamalarıyla çalışmakla ilişkili CAD'i yorumlamak için şekillendirilebilirlik analiz programları kullanılmaya başladı. Bilgisayarların çok kısa sürede karmaşık hesaplamalar yapması, bu tür analiz araçlarının yeni parçaların tasarımında kullanılmasına olanak sağlamıştır.

2.1.5. Sektörde bilgisayar destekli tasarım ve analiz uygulamaları

Saç metal kalıp tasarımında, işlemler art arda yapılmalıdır. Deneme yanılma şeklinde yapılan üretim süreçleri çok uzun ve hem de yüksek bir hata yapma olasılığına sahiptir. Bu yöntemde, son aşamalara ulaşıldığında kalıp yapıldığı için çıkan hatalar telafi

edilemez. Bilgisayar ile yapılan kalıp tasarımında, modellenen ürün ve kalıp üzerindeki işlemler ayrı tezgâhlarda çok hızlı ve hassas bir şekilde işlenebilir.

Pratikte, ürünün veya kalıpta yapılacak bir düzeltme çok zordur, ancak bilgisayarda çok kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Bilgisayar ile tasarımda standart nesneleri çizmek zaman kaybı değildir ve kütüphaneden hazır halde çağrılır. Bilgisayar destekli tasarımın parametrik olması nedeniyle, ürünlerdeki düzeltmeler kalıba otomatik olarak yansıtılabilmektedir. Karmaşık ürünlerin imal edilmesi pratikte çok zor olmakla beraber, çok karmaşık yüzeyler oluşturulması imkânsız olabilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım programlarında en karmaşık yüzeyler bile oluşturulabilir. Uygulamada, prototipleme maliyeti önemli bir yer tutuyor ve zaman alıyor. Günümüzde prototipler yerini simülasyonlara bıraktı. Ürün tasarımından kalıp tasarımına, analizine ve üretime kadar olan tüm süreçler birbirine çok yakın ve uyumludur. Uygulamadaki en büyük sorunlardan biri şirketler arasında ve hatta departmanlar arasında veri alışverişidir. Bu sistemler veri alışverişinde çok fazla esneklik ve kolaylık sunar. Günümüzde git gide yayılan CAD, CAM, CAE programlarını kalkıp imalatçıların bu programlara geçmek zorunda bıraktı. Bu süreçte ilk adımın CAD sistemi olduğunu bilmek bir avantajdır. Bu sistemleri bilmeyen kalıp üreticileri araştırma döneminden sonra sorunları çözebileceklerdir.

Günümüzde sac metal, plastik, trim, alüminyum vb. kalıp üreticilerine yardımcı olmak için çeşitli modelleme ve analiz programları bulunmaktadır. Bu çok kapsamlı programlar sadece sektöre hitap edecek özel modüller de geliştirilmiştir. Bu modüller sayesinde kalıp tasarımında tasarım personeli üzerindeki işi yükünü ve hata oranını çok düşük seviyelere düşürmüştür. Bu modüllerin yardımıyla kalıp tasarımları işlem sırasına göre kolayca yapılır. Sektörde en çok kullanılan ise standart eleman firmalarının kütüphaneleri bulunmaktadır. Standardize edilmemiş firmalar için kendi kütüphanelerini yaratma fırsatına sahiptir. Bu kütüphaneler sayesinde, bir defada ve sıklıkla herhangi bir biçimde çizilen standartlaştırılmış parçalar, çizime kolayca yerleştirilir ve zamandan büyük oranda tasarruf sağlanır.

Parametrik olan çizimler, şeklin modelini, bazı komutlarla çizimi bozmadan, daha sonra uygulanması gereken bir değişiklik yapılması gerektiğinde, hatasız bir şekilde yeniden çalışmasına yardımcı olur. Bu programlara örnek vermek gerekirse; Catia, Unigraphics, Pro Engineer, Solidworks, Autocad, vb. gibi profesyonel bilgisayar destekli tasarım programları vardır. Ayrıca, bu programlar düzinelerce yüzlerce parça hazırlar, her bir parçanın detaylandırılması, hata oranını otomatik olarak kaydederken sıfıra düşürmek için hatanın boyutunu tekrar belirler. Bilgisayar desteği, şekilleri biçimlendirme ve modelleme ile sınırlı değildir, aynı zamanda programları analiz ederek ve üretmeden önce sonuçları görerekde telafi edilebilir. Modelleme programı hata oranını sıfıra indirmesine rağmen, düşünme hatalarını önleyemediğini kabul etmek gerekir. Tasarım için gereken bilgi ve tecrübe burada önemlidir. Teknoloji ve tecrübe birlikte geliştirildiğinde, daha iyi ve daha karmaşık şekiller hızla ortaya çıkar ve ürünler piyasaya sürülür. Bu pazarda bir ürün çeşitliliği olarak geliyor. Bu çeşitlilik ile kalıp imalat süreleri kısaltmakta olup, yeni ürünlerin ve modellerin piyasaya çıkışı hızlanmaktadır.

2.1.6. CAD sistemlerinin kalıp tasarım sürecine faydaları

Bilgisayar destekli tasarım süreçleri, geleneksel olarak tasarımı yapılan bir kalıba göre birçok yeniliği beraberinde getirmiştir. Altyapısında ki hızlı güncelleme sayesinde üretkenliğin artmasına neden olmuştur. Bu üretkenliğin yanında sonuca daha kısa zamanda ve kesin olarak doğru bir şekilde ulaşması da tercih nedenlerindendir. Geçmişte yapılan bir tasarım ile aynı özelliklere sahip ise, yeni tasarımlar daha hızlı ilerlemektedir. Tasarımların dökümantasyonu CAD sistemleri ile daha doğru ve sistemli hale gelmiştir. Bir kalıbın maliyetini çıkarmak ve doğru girdilere ulaşmak yine bu sistemlerle daha hızlı ve doğru şekilde gerçekleşmektedir. CAD sistemleri karmaşık ve karmaşık parçaların tasarımlarını kolay hale getirmiştir. Tasarımla ilgili problemler henüz imalata girmeden tespit edilebilmekte ve hatadan doğacak ekstra maliyetlerin önüne geçmektedir. BDT sistemlerinin en önemli katkıda birimler arası iletişimidaha etkin ve hızlı bir yapıya sokmuştur. Birimlere sözlü bir şey anlatmaksızın, tasarımlardaki renk yönetim standartları ile kalıp direkt hatasız olarak işlenebilmektedir. Tüm bu uygulamaların birleşmesi ile kalıp tasarım sürelerinin

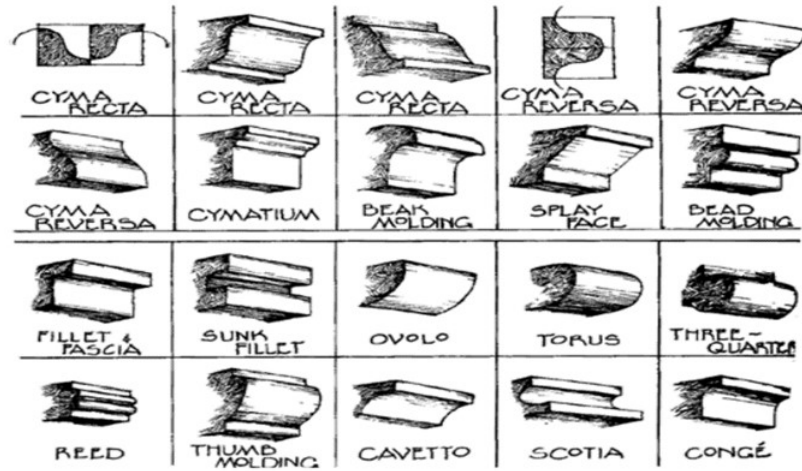
kısalmasına, hatasız tasarımlarının ortaya çıkması ve analiz yapabilme imkânlarını bulabilmek ile mümkün olmuştur. Aynı zamanda tüm tasarım süreçleri imalat, proje, tasarım, montaj ekiplerinin daha üretime girmeden bilgisayar başında değerlendirebilme imkânı sunması en önemli artılarından birini oluşturmuştur.

2.2. Kalıpcılık Tarihi ve Sınıflandırılması

2.2.1. Kalıpcılığın tarihi

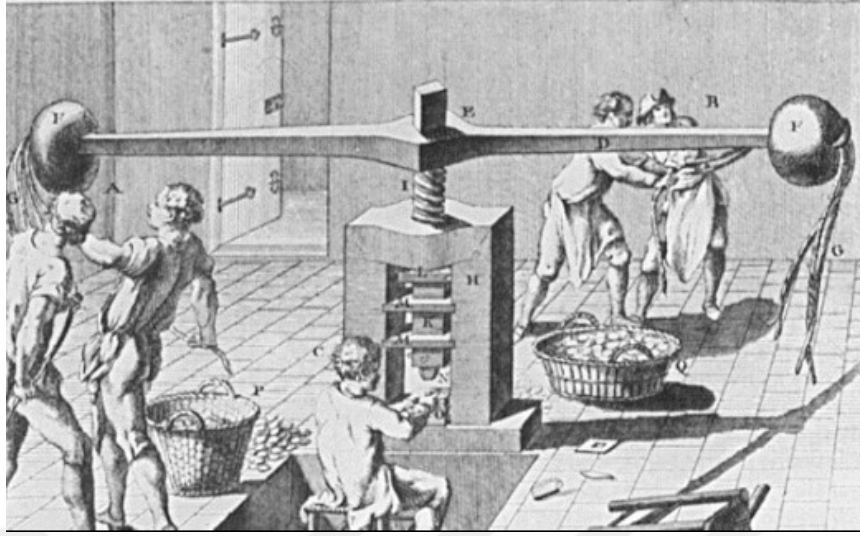
İnsanoğlu tarihin eski çağlarından itibaren çeşitli aletler kullanarak hayatını daha kolaylaştırmaya ve güzelleştirmeye çalışmıştır. Bu amaçla öncelikle doğada doğrudan bulduğu malzemeleri kullanmış, daha sonraları ise geliştirdiği yöntemleri kullanarak yeni malzemeler üretmiş ve bunları kullanmaya başlamıştır. Sanayi devrimiyle birlikte üretimin daha büyük miktarlarda yapılması anlayışı öne çıkmış, böylece makineleşme yaygınlaşarak çeşitli modern üretim yöntemlerinin oluşturulması sağlanabilmiştir.

Tunç devri ve Demir devri diye anılan tarih öncesi dönemlerde bile taştan oyma kalıpların ve birtakım basit biçimlendirme araçlarının kullanıldığı bilinmektedir. M.Ö 4000 yıllarında ilk olarak dövülen malzemeler bakır, altın ve gümüş olmuştur. M.Ö 1500-700 yıllarında da demir bronzdan silah, alet ve çeşitli donatılar yapılmıştır. Antik Yunanlılar, kalıpcılığı, evlerinde görsel bir ilgi yaratmak için yüzeyleri daha küçük parçalara ayırarak kullandılar. Kalıp görünüşleri genellikle elipslerden parabollerden ve hiper parabollerden meydana geliyordu. Romalılar, Yunanlılar'ın kalıplarını basite indirgeyerek küresel şekilleri temel aldılar. Bu iki stil 8 klasik şekle dağıldı.



Şekil 2.3. Bazı eski kalıp tasarımları (Yılmaz,2014)

Ancak kalıbın fonksiyonlarının ve öneminin tam olarak anlaşılabilmesi için Endüstri Devriminin ortaya çıktığı ve geliştiği dönemlerin; yani XVIII. Ve XIX yüzyılların gelmesinin beklenmesi gerekmiştir. Bugünkü manada çapak boşluğuna sahip kalıplar, ilk kez XVIII. Yüzyılın sonlarında yapılmıştır. Bu dönemlerde seri imalat fikri oluşmuş ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Daha sonra 1945 yılından itibaren, kalıp şekillendirmede otomasyon uygulamalarına başlanmıştır. Seri imalatın gereği, sadece hızlı ve belirli zaman biriminde yapılan çok sayıda imalat değildir. Aynı zamanda parçalar arasında ölçü ve biçim tamlığı başta olmak üzere tüm özellikler bakımından eşitliğin sağlanması ve yapılan imalatın ekonomik olması da en az bunun kadar önemlidir. Şu hâlde, türü ile biçimlendirdiği faz (katı veya sıvı) ne olursa olsun, malzemeyi belirli biçim ve boyutlar gösteren bir geometri içinde sıkıştırmak suretiyle iç parçasını oluşturmak, mantıklı ve pratik bir çözüm şekli olmaktadır. İmal edilen parçanın ölçü ve biçim tamlığının, en fazla kalıp geometrisinin gösterebildiği hassasiyet derecesi kadar olabileceği: bunu hiçbir zaman aşamayacağı açık bir gerçektir. Şu halde, anılan geometrinin parça için talep edilecek maksimum ölçü ve biçim tamlığında oluşturulmasının yanında; bu özelliklerini gerek şekillendirme süreci ve gerekse belirli bir imalat periyodu esnasında koruması gerekmektedir. İşte, kalıp için uygulanan tasarım ve imalat evrelerindeki sürekli geliştirme ve iyileştirme çabalarının tümünün anlamı bu son cümlede saklıdır.



Şekil 2.4. İlk pres tezgahlarına bir örnek (Alp,2005)

2.2.2. Kalıpcılığın tanımı

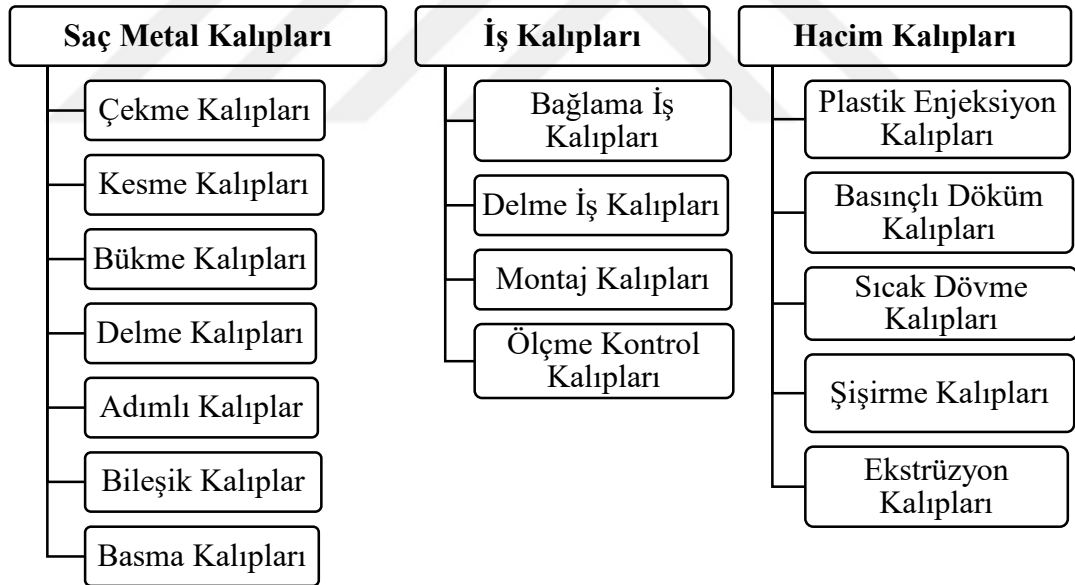
Günümüz imalat sanayinde gelişen ve çok önemli bir yeri olan sektörlerden biri de kalıpcılık sektörüdür. Günlük hayatımızda ve sanayide kullanılan birçok parça kalıpcılık yolu ile elde edilmektedir. Kapı kilitlerini ve elektrik fırınlarını oluşturan parçaların birçoğu bu yolla imal edilmektedir. Otomotiv, çelik kapı üretimi, ev aletleri ve beyaz eşya üretimi gibi çoğu sanayi kuruluşlarında da yine kalıp yolu ile imalat ön plandadır.

Yukarıda ana hatlarıyla sınıflandırdığımız kalıpcılık mesleği bir bütün olup bu mesleği bilen kişiye 'Kalıpcı', çalışma alanlarına göre metal veya metal olmayan malzemelerden seri halde ve çok sayıda özdeş parça üretiminde kullanılan makine parçasına da 'Kalıp' denir.

Sanayi yönünden gelişmiş dünya ülkelerinde; özdeş olup da pek çok sayıdaki parçalar, kullanma alanlarına göre sac metal veya hacim kalıplarıyla seri halde üretilmektedir. Geniş kapsamlı kalıpcılık mesleğini sanayi alanında uygulama olanağı bulan gelişmiş ülkeler, eski yöntemlerin ve pratik bilgilerin ışığı altında modern kalıp yapıcılığını ve bu kalıpların çalıştırılmasında kullanılan pres tezgahlarını geliştirmişlerdir.

2.2.3. Kalıpcılığın sınıflandırılması

Ülkemizde kalıpcılık, imalat yöntemlerine ve şekillendirme sıcaklıklarına göre değerlendirildiğinde Şekil 2.5.'de görüldüğü gibi 3 ana dal altında toplanmıştır. Marmara bölgesinde yaygın olarak otomotiv sektöründe faaliyet gösteren kalıp imalat firmaları tarandığında, Bursa ve civarındaki sanayi yerleşkeleri saç metal kalıpları ve iş kalıplarında, İstanbul ve civarında ki sanayi yerleşkelerine bakıldığında hacim kalıpları ve iş kalıpları konusunda ihtisaslaşmıştır. Her geçen gün kalıpcılık alanına yatırım ve ilgi artmaktadır. Bu konuda ülkemiz kalıpcılık sektörü anlamında çekim merkezi olması yönünde hızla ilerlemektedir. Bulunduğu konum ile, Avrupa'daki otomotiv üreticilerinin öncelikli tercihi olmaktadır. Son 15 yıldır ülkemizde devreye alınan projeler ile elde edilen deneyimlerin artması ile zorluk seviyesi yüksek ve özel teknolojilerin gerektiği proseslerin de ülkemizde yapıldığı gözlemlenmektedir. Bu da sanayi üretiminin artmasını beraberinde getirmektedir.



Şekil 2.5. Kalıpcılığın sınıflandırılması

2.2.4. Kalıpcılığın avantajları

Kalıpcılık seri üretimin en önemli silahıdır. Birim zamanda üretilen işe bakıldığında verimliliğin en yüksek olduğu üretim modelidir. Her parça için harcanacak enerji ve

insan gücü çok azdır. Hatta saniyeler ile ölçülecek kadar küçük değerlerdir. Üretimin otomatik olarak yapılması, üretilen parçaların çoğu zaman ilave işleme gerek duymadan kullanılması ve üretilen her bir parçanın ölçü tamlığı içinde tekrarlanabilir olması en cazip taraflarındandır. Başka metotlar üretilen bir çok küçük veya çok büyük parçaların üretimi kalıplar mümkün olmaktadır. Üretim hattında bir kalıbın içerisinde farklı hammadde kullanarak farklı ürünleri elde etmek mümkündür. Kalıpların en büyük avantajı ise sürekli olarak özdeş parçalardan milyonlarca üretebilmesidir.

2.2.5. Kalıpcılığın dezavantajları

Kalıpcılık meslek olarak tüm dünyada bir sanat olarak adlandırılır. Bu sanatı hayata geçirebilmek için gerekli olan talaşlı imalat tezgâhlarının ilk yatırım maliyeti oldukça pahalıdır. Aynı zamanda bir kalıbı imalat için harcanan emek, para ve çaba gözönüne alındığında ise kalıp yapım maliyetlerinin çok yüksek olduğunu görüyoruz. Bu meslekte görev alacak personelin yetiştirilmesi ve istenen seviyede bir kalıpcı olması hem zor hem de uzun zaman alan bir süreçtir. Kalıpla üretim de üretimin tolerans sınırları içerisinde tutmak bazen mümkün olmamaktadır. Probleme esas olacak bilgilerin yetersiz kaldığı noktalar bir hayli fazladır. Kalıpcılık farklı disiplinlerin bir araya geldiği bir meslek olduğu için bir kalıbın ömrünü sınırlar içerisinde tutmak bazı hallerde mümkün olamamaktadır. Tüm bunlara rağmen kalıpcılıkta teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişmesi gereken birçok açık noktası mevcuttur.

2.2.6. Sac metal kalıpcılığında kullanılan presler

Soğuk şekillendirme, başlangıçta düz olan çelik sac veya levha elemanların hadde silindirleri veya kalıpları kullanılarak arzu edilen nihai kesit şekli elde edilinceye kadar sürekli deformasyona uğratılması işleminden ibaret olan bir imalat sürecidir. Presler, elektrik motorundan alınan dönme hareketini mekanik enerjiye çeviren ve bu enerjiyi kullanan makinalardır. Presler temel olarak mekanik ve hidrolik presler olarak ikiye ayrılır. Presler fonksiyonlarına göre tek etkili, çift etkili ve üç etkili presler olarak ayrılmaktadır.

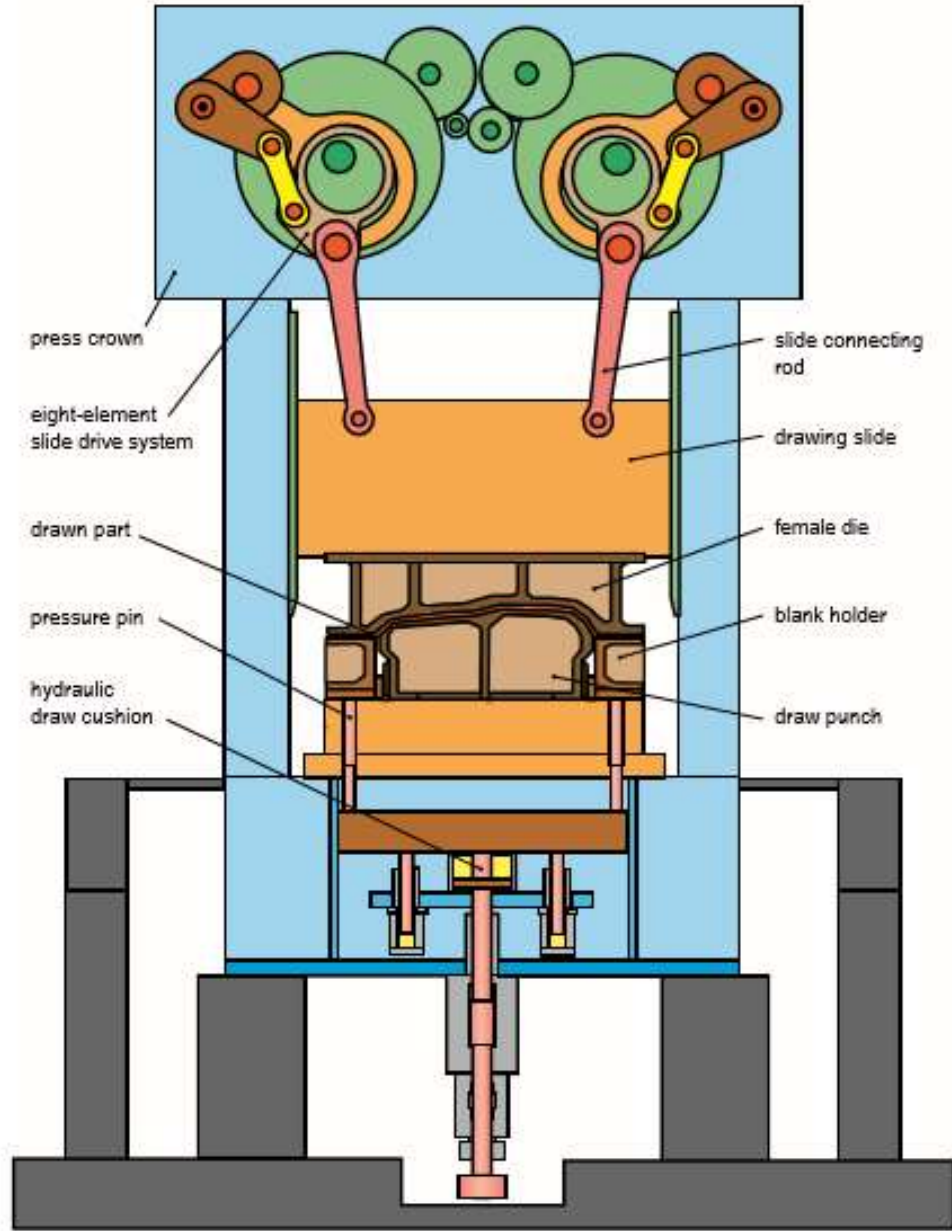
2.2.6.1. Tek etkili mekanik presler

Bu presler de bir slayt hareketi vardır. Slayt tabla ölçülerine göre bir, iki ve dört biyel kolu ile bağlıdır. Tek etkili presler çeşitli metal şekillendirme (Kesme, Delme, Çekme vs.) işlemleri için kullanılır. Tek etkili presin kısımlarının yaptığı görevleri aşağıda ki gibidir:

Biyel kol, eksantrik mildeki dönme hareketini, eksantrik milin eksen kaçıklığı kadar doğrusal harekete çevirir. Volan, ana motordan aldığı dönme kinetik enerjisini biriktirmek ve presleme sırasında kavrama üzerinden bu gücü vermektir. Çapı, kütlesi ve dönme hızı ne kadar yüksek ise biriktirdiği enerji o kadar büyük olmaktadır. Kavrama ve fren, motordan volana aktarılan dönme hareketini istediği zaman (pedala basıldığı zaman) şafta aktarılan ve dolayısıyla presin aşağı yukarı inip kalkmasını ve istendiği zaman durdurulmasını sağlayan mekanizmadır. Kavrama ve fren grubu hava ile çalışır. Kavrama dişlilerinden alınan güç ara dişlilerle şafta aktarılır. Ara dişlilerde bu hareketi şaft ile biyel koluna aktarır. Preslerin başarıyla ve güvenli çalışmasında en mükemmel çalışması gereken sistemler kavrama ve fren sistemleridir. Kavrama metal şekillendirmesi için gerek kuvveti sağlar ve kontrol eder. Pres devamlı çalıştığında kavrama volanda şafta güç aktarır. Her vuruş istendiği zaman kavrama, presin dönen kısımlarını hareketsiz konumdan tam hıza geçirmekte, frenlerde bu hızlı hareketi her vuruşun sonunda durağan hale getirmektedir. Frenler ve kavramalar sürekli bakım ve kontrole ihtiyaç gösterirler. Kavrama hava basıncıyla sürtünmeli yüzeyleri birleştirirken, frenlerde yay kullanır. Yay kullanılmasının sebebi, güç kesilmesi veya hava basıncının düşmesi halinde fonksiyonunu kaybetmemesi içindir.

Slayt ayar vidası, değişik yüksekliklerde kalıp bağlayabilmek için slayt ile tabla arasındaki mesafeyi ayarlayan düzendir. Presin doğrusal hareketi değişmeyeceği için biz slayt vidası ile pres kafasını, kalıp yüksekliklerine göre aşağı veya yukarı yönde doğrusal hareket yaptırabiliriz. Biyel kolunun ucuna bir vida bağlıdır. Ayrı bir motor ile somun döndürülür. Vida sabit olduğundan somunun bağlı olduğu hareketli kafa aşağı ve yukarı hareket ettirilebilir, böylece istenen kurs ayarı yapılabilir.

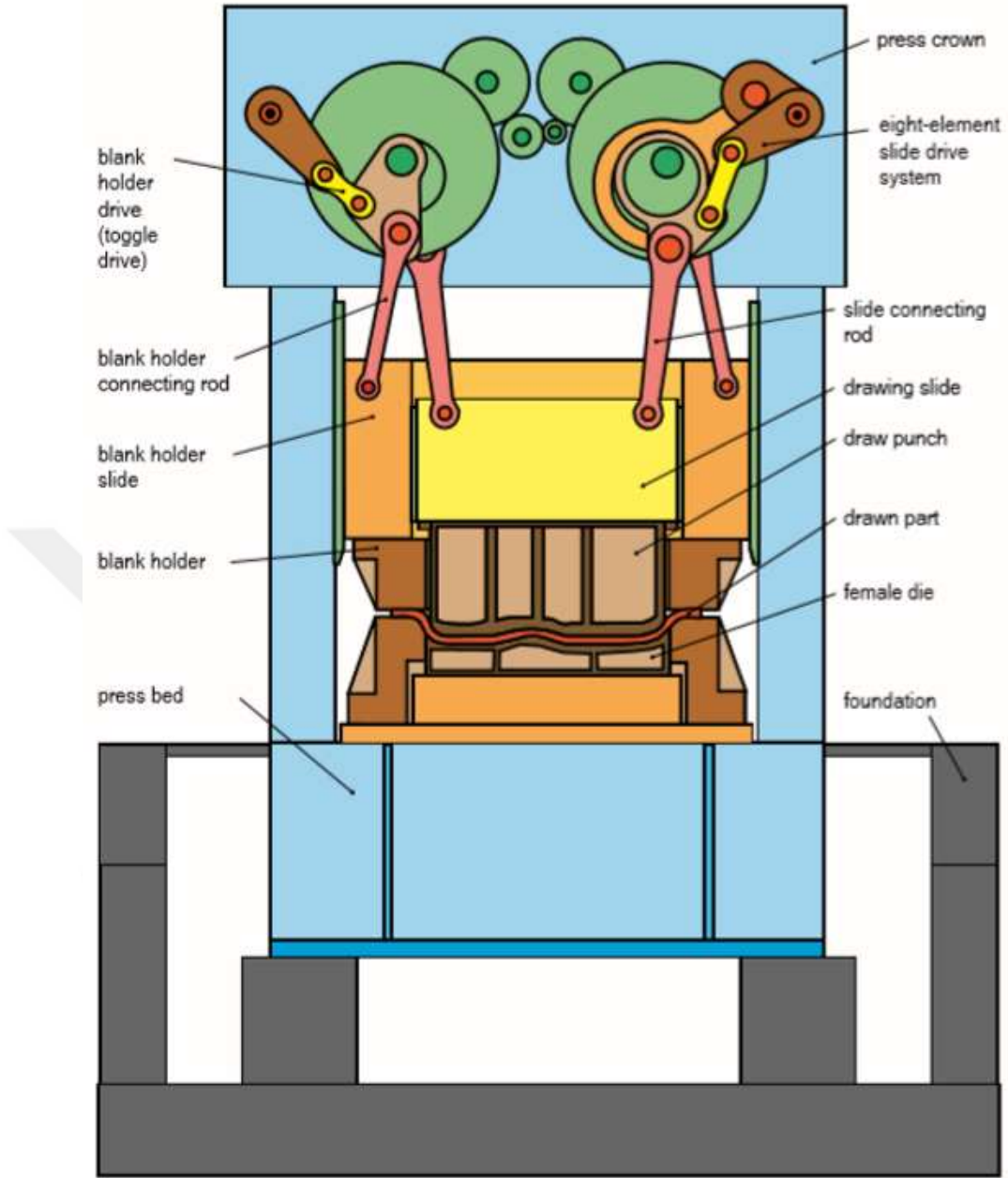
Denge silindirleri, slayda bağlanan üst kalıbın ağırlığı her kalıp için değişmektedir. Slaydın volandan aldığı ve vuruş esnasında kullandığı enerjiyi üst ölü noktaya çıkarken boşa harcamamak için, değişen kalıp ağırlıklarına karşı slayda hava basıncı yardımıyla fazladan bir güç kazandırılır. Bu gücün değeri her kalıp için ayrıdır ve bu da denge silindirlerinin basıncını değiştirmek suretiyle yapılır. Kısacası, bu ağırlığın slayt üzerindeki etkisini ortadan kaldırmamıza yardımcı olur. Denge silindirleri slaydın her iki yanındaki kolonlar içindedir. Hava ile çalışırlar. Denge silindirleri kolonlar içinde dik konuma sahiptir. Üstten pres üst başlıklarına bağlıdır, alttan ise piston mili ile slayda bağlıdır. Denge silindiri hızlı ve darbeli hareketler sonucu oluşabilecek dişlilerin aşınmasını ve boşluk doğmasını engeller. Denge silindirlerine dengesiz basınç verilirse, kalıp kolonlarında sıyrma olabilir, parçada çeşitli etkiler yapabilir, vuruş tam olmaz ve pres kızaklarında çeşitli sıyrımalara sebep olabilir. Denge silindiri basıncı düşerse pres stop eder. Basıncın, kalıp ağırlık farklılıklarına göre değiştirilebilmesi için bir kontrol vanası mevcuttur. Denge silindiri basıncı düşük olduğu zaman pres tablası devamlı aşağı salma yapar.



Şekil 2.6. Tek etkili mekanik pres (Metal Forming Handbook,Schuller)

2.2.6.2. Çift etkili presler

Bu presler de iki ayrı slayt ve slayt hareketi vardır. Dışta hareket eden slayt pot çemberi veya dış baskı, içtekine de iç baskı adı verilir. Dış baskıya kalıbın saç tutan kısmı bağlanır. Esas şekil verecek göbek iç baskıya bağlanır. Önce dış baskı aşağıya iner ve sacı gergin bir şekilde tutar, daha sonra iç baskı aşağıya iner ve çekme işlemi yapar. Bu tür presler derin çekme işlerinde kullanılır.

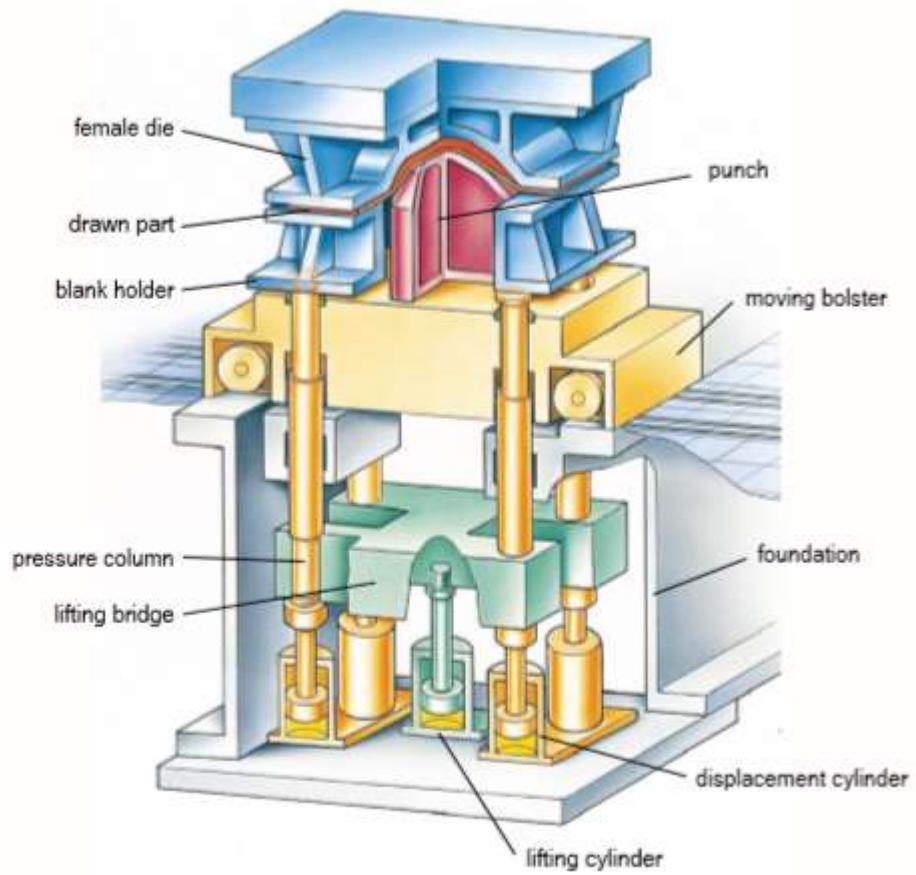


Şekil 2.7. Çift etkili mekanik pres (Metal Forming Handbook, Schuller)

2.2.6.3. Hidrolik presler

Hidrolik presler yağ basıncı ile çalışan preslerdir. Mekanik preslerde olduğu gibi tek tesirli, çift tesirli olabilirler. Veya gövde yapılarına göre açık gövdeli veya kapalı gövdeli (düz kenarlı) olabilirler.

Çalışma sistemi, elektrik motorundaki elektrik enerjisi ile yağ basmaya yarayan pompalar döndürülerek sisteme basınçlı yağ basılır. Bu basılan yağ çeşitli yön denetim valfleri ve basınç ayar regülatörleri ile denetlenerek silindirlere etki ettirilir ve silindirler ileri geri doğrusal hareket ederler ve mekanik enerji meydana gelmiş olur. Silindirlere bağlı olan slayt aşağı yukarı hareket eder. Silindirlere gönderilen yağ miktarı ve basıncı kontrol edilebildiği için presin aşağı yukarı hızları ve tonajı istenen değerlerde ayarlanabilir. Bu özelliklerden dolayı özellikle derin çekme kalıplarında hidrolik presler tercih edilir.



Şekil 2.8. Tek etkili hidrolik pres (Metal Forming Handbook, Schuller)

2.2.6.4. Mekanik ve hidrolik preslerin karşılaştırılması

Hidrolik preste vuruş boyunca kuvvet sabittir, mekanik preste ise slayt pozisyonuna göre kuvvet değişir. Hidrolik preste kurs yüksekliği kolayca ayarlanır ve kontrol

altındadır. Mekanik preste ise kurs yüksekliği krank ve eksantrik dönüşüyle sınırlıdır. Hidrolik presin hızı ayarlanabilir, mekanik presin hızı ise tahrik sistemiyle sınırlı ve sabittir. Hidrolik pres aşırı yüke giremez, önceden ayarlanmış bir kuvvete ulaşınca slayt hareketini sona erdirir. Mekanik pres ise aşırı yüke girer ve koruyucu sistem yoksa prese ve kalıba zarar verebilir. Mekanik presler, devrini daha hızlı tamamlar ve seri üretime daha yatkındır. Enerji volanda depolandığından mekanik preste daha küçük motor kullanılır. Hidrolik presler, eşdeğer bir mekanik prese oranla 2-2,5 kat daha güçlü motor kullanır. Mekanik presin slayt hızı, daha yüksek olduğundan yüksek darbe hareketi isteyen kesme ve delme işlemlerine daha uygundur. Aynı işlemler hidrolik preslerde yapılabilir ancak bıçak ve zımbaların metali kesim esnasındaki şoku hidrolik sisteme zarar verebilir. Mekanik presler harekete geçtikten sonra slayt geri alınamaz ve vuruşunu tamamlamak zorundadır. Eğer direnç fazla gelirse aşağıda kalarak ya sıkışma olur ya da kalıbı kırar (veya presi zayıf bir noktadan kırabilir). Hidrolik sistemde basınç, ayarlı bir valf ile ayarlanabilir. Sistem basıncı sadece malzeme direncini geçecek seviyede tutulur. Malzeme kalınlığı, cinsi, çift basma ve yanlış kalıp bağlamalarda sistem sadece valf değeri kadar basınç uygular, üstüne çıkmaz. Hidrolik presleri aşırı yüke sokmak hemen hemen imkânsızdır.

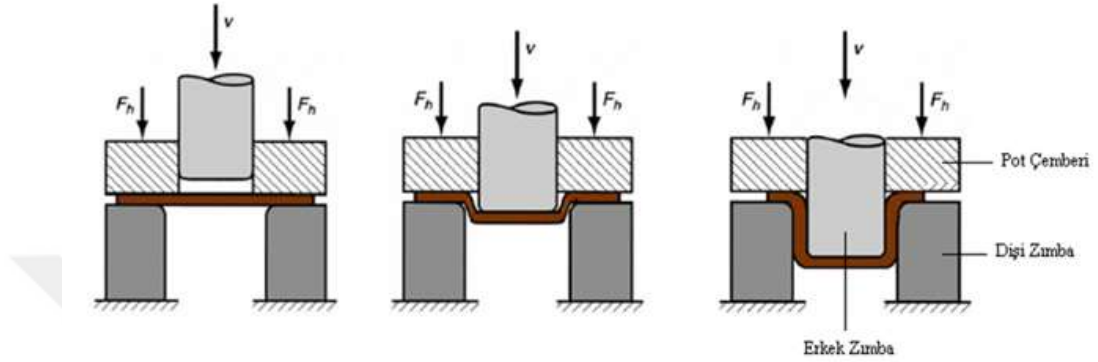
2.2.7. Otomotiv sanayinde kullanılan sac metal kalıpları

Şekillendirme işlemi sac-metal parçada kalıcı deformasyon yaparak sacın formu ve şeklinin değiştirildiği işlem adıdır. Endüstride kullanılan hassas kesme, basınçlı şekillendirme, progresif (adımlı) kalıplar vb. gibi birçok şekillendirme yöntemi söz konusudur. Fakat bu çalışmada bunlardan bahsedilmeyecektir. Bu kısımda otomotiv endüstrisinde araç sac parçalarının üretilmesi kullanılan başlıca yöntemler olan derin çekme, bükme-ütüleme, kesme-delme, işlemlerinden genel bilgiler verilmiştir.

2.2.7.1. Çekme kalıpları

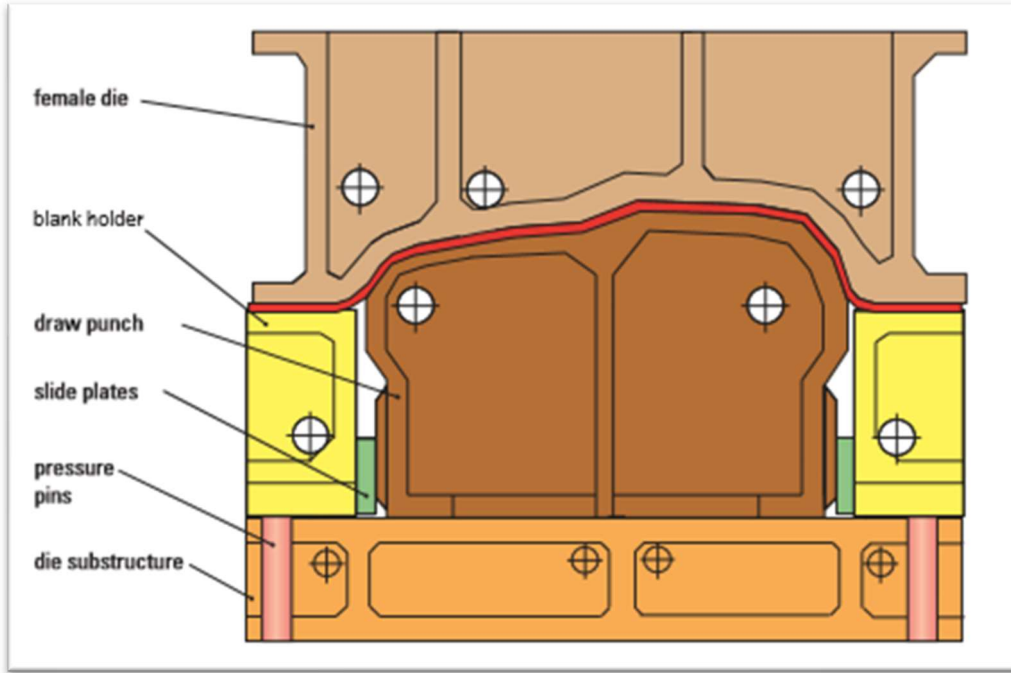
Çekme işlemi malzemenin plastik şekil değiştirebilme yeteneğinden faydalanarak plastik sınırlar içerisinde sacın istenilen forma kavuşturulmasıdır. Bu amaçla yapılan kalıplara çekme kalıpları denir.

Otomotivde en fazla uygulanan sac şekillendirme yöntemi olan derin çekmede ilk hareket olarak sac, kalıbın pot çemberi ve dişi elemanları arasında pot çemberi baskısı ile tutulur. Bu baskı kuvveti ile tutma, kalıcı şekillendirme sırasında sac'ta oluşacak kırışmaları engellemek ve sac akışını kontrol etmek için gereklidir. Daha sonra erkek kalıp sacı dişiye doğru çekerek strok sonunda istenilen şekli verir.

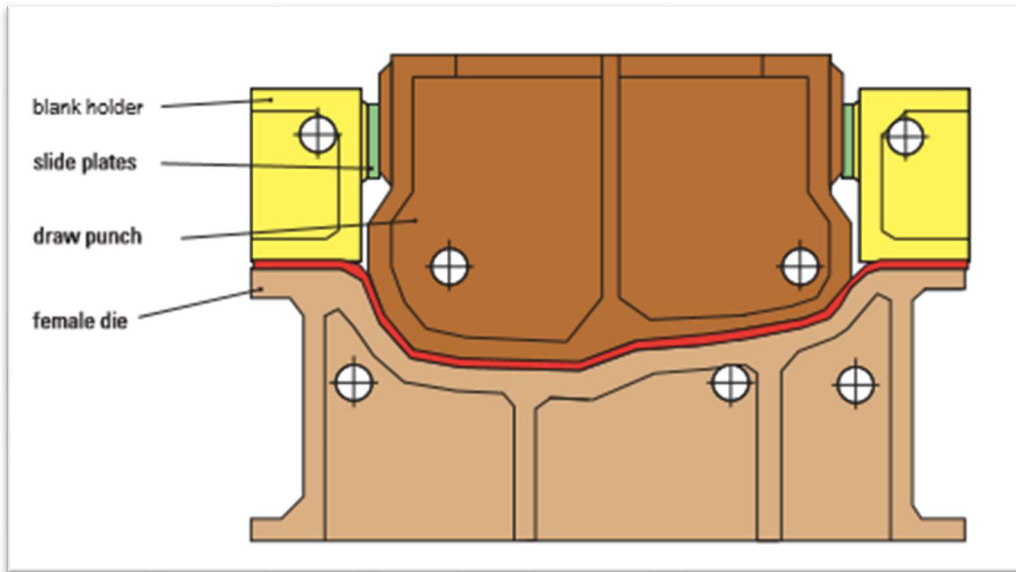


Şekil 2.9. Çekme işlemi

Otomotiv endüstrisinde üretimde olan presler ile kullanım alanlarına göre çekme kalıpları iki ana grupta toplanmaktadır. Bunlar derin çekme operasyonlarında parçanın dişi ve erkek pozisyonunda olmasına göre çift ve tek etkili derin çekme kalıplarıdır. Tek etkili çekme kalıplarında, pot çemberi ve erkek göbek alt tablaya bağlanır. Çift etkili çekme kalıplarında ise bu durum tam ters şekildedir. Çift etkili çekme kalıpları çift etkili preslere bağlanır. Pres üst tablaları iç baskı ve dış baskı olmak üzere iki ayrı kısımdan oluşmuştur. Bunlardan iç baskıya çift etkili çekme kalıplarının erkek göbeği, dış baskıya ise pot çemberi bağlanır.



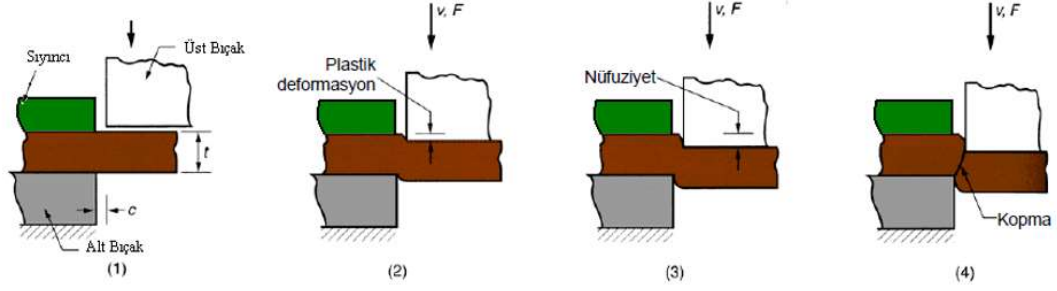
Şekil 2.10. Tek etkili derin çekme kalıbı (Metal Forming Handbook,Schuller)



Şekil 2.11. Çift etkili derin çekme kalıbı (Metal Forming Handbook,Schuller)

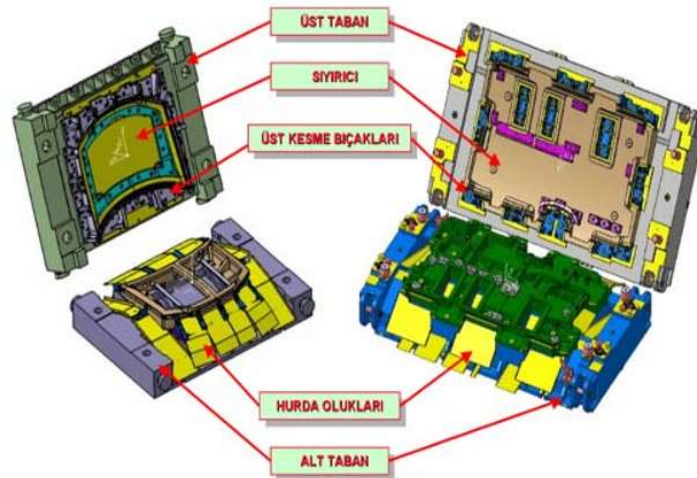
2.2.7.2. Kesme kalıpları

Kesme işleminde sac parça alt bıçak üzerine konur ve sonrasında sıyrıcı ile baskıya alınır. Üstten gelen bıçak plastik deformasyonla parçayı itmeye başlar. Üst bıçak, daha sonra düz bir kesme yüzeyi oluşturacak şekilde parçayı sıkıştırıp nüfuz eder. İki kesici kenar arasında kalan metal sacda kırılma ile kopma oluşur.



Şekil 2.12. Kesme işlemi

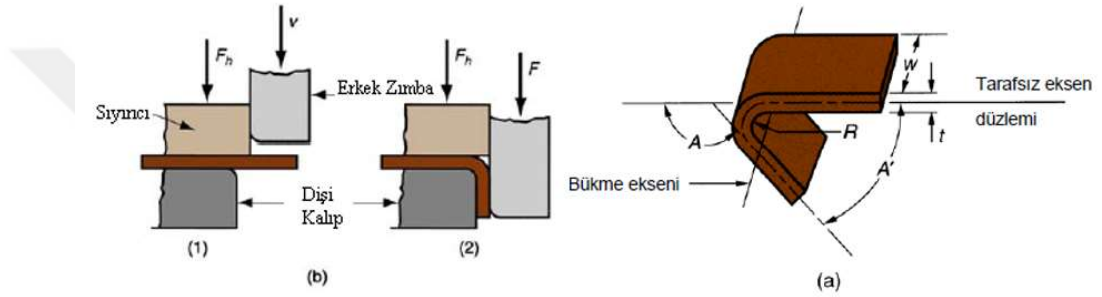
Kesme kalıpları yaptıkları işlemlere göre bir kaç alt başlıklara sınıflandırılmaktadır. Çevre kesme kalıpları, çekme veya form işleminden çıkan parçaların çevre konturuna göre çevresel kesme işlemlerinin yapıldığı kalıplardır. Delik delme ve pencere açma kalıpları, form verilmiş veya verilmemiş parça üzerine standart geometrik ya da özel profili deliklerin delindiği kalıplardır. Kesme ve delme işlem adımlarında sac metalin iç veya dış tarafından çeşitli bölgelerin kesilmesi yapılırken, delmede ise parçanın iç kısmında çeşitli şekillerin boşaltılması yapılmaktadır.



Şekil 2.13. Çevre kesme kalıbı (Sabah,2010)

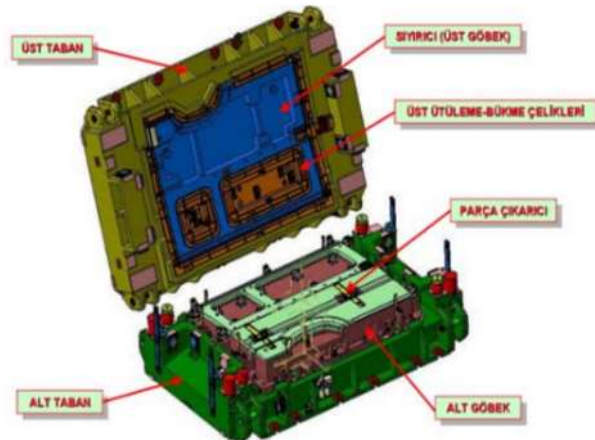
2.2.7.3. Bükme kalıpları

Bükme kalıcı bir büküm oluşturmak için sac metalin bir doğru veya eğri çevresinde gerilmesi işlemine verilen isimdir. Bükme kalıpları, bükme işlemlerinin yapıldığı kalıplardır. Bükme kalıplarında öncelikli olarak sac alt dişi kalıp üzerine konulur. Sonrasında presin hareketiyle sıyrıcı saca baskı yapıp, sacı tutar. Sonrasında üst erkek zımba gelip bükme işlemini gerçekleştirir. Bükme işlemini tabi tutulan parça, plastik şekil değişimine uğrar. Bükülen parçanın iç yüzeyinde basma gerilimi, dış yüzeyinde ise çekme gerilimi meydana gelir.



Şekil 2.14. Bükme işlemi

Çekme ile bükme arasındaki fark ise şöyledir; çekmede sac kap veya kutu şeklinde şekillendirilirken, bükmede ise bir hat boyunca parçanın bir kısmı belli bir açı doğrultusunda bükülür. Bükülen malzemenin kesitinde meydana gelen değişimler genel olarak; malzemenin kalitesine, malzemenin kalınlığına, bükme açısına, bükme yarıçapına, bükme kuvvetine bağlıdır.



Şekil 2.15. Bükme kalıbı (Sabah,2010)

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Günümüzde parametrik kalıp tasarımları, süreçlerin iyileştirilmesinde ki en önemli etkenlerden biridir. Karşılaşılan zorlukların tekrar tekrar yaşamamak için hataların ve zorlukların bilgisayara parametrik olarak yansıtılması, ortaya çıkan tasarım hatalarının önemli bir oranda azalması, dolayısıyla hem tasarım hem de imalat maliyetlerindeki düşüş oldukça önemlidir. Bu amaçla kullanılan parametrik kalıp setleri firmalara büyük avantaj sağlamış ve standartlaşmanın yolunu açmıştır. Bu çalışmada anlatılacak olan parametrik kalıp setleri hata riskini en aza indirmiştir. Parametrik hazırlanmasında CATIA katı model tasarım programı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada kullanılan teknik ölçülendirme için parametre ile kural atama tekniğidir. Yapılan çalışmanın daha iyi anlaşılması için sac kalıpcılığının, daha dorusu kalıp imalat süreci bilinmelidir. Kalıp tasarım ve imalat sürelerinin azaltılması çalışmasının temelinde kalıp tasarım kurallarının ve parametrik kalıp tasarım tekniğinin kullanımı yer almaktadır. Bu çalışmada geliştirilen sistem;

- CATIA ortamında oluşturulan baz kalıp seti,
- Geliştirilen kalıp tasarımın parametrik olarak nokta ve çizgilerle yönetim tekniği,
- Kalıp tasarımlarında kullanılan standart elemanların parametrik tasarım tekniği ile CAD ortamında oluşturulması adımlarını içermektedir.

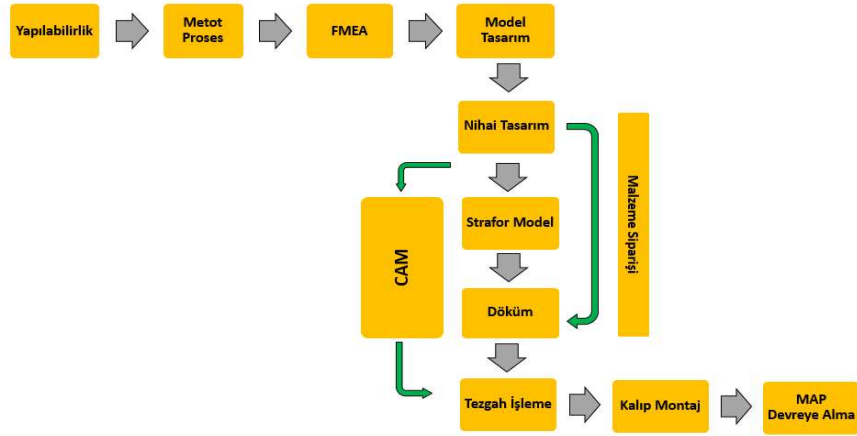
Geliştirilen sistem ile elde edilen kazanımlar, otomotiv endüstrisinde endüstriyel bir kalıp tasarım gövde hamillerinde uygulama çalışması ile anlatılmıştır. Uygulanan tekniğin detaylarına bakıldığında rahatlıkla daha karmaşık kalıp uygulamalarında da kullanılabileceği anlaşılmıştır.

3.2.1. Kalıp imalat süreci

Günümüzde teknolojinin gelişimi ile insanların teknolojik gelişmelere bağlı olarak istek ve arzularında her geçen gün değişiklikler görülmektedir. Hızlanan teknoloji ve endüstri üretimi ile tüketimin merkezinde olan insanların beğenisine sunulan ürünlerin giderek arttığı, ürünlerin ergonomi ve tasarım hatlarının agresif olarak değiştiği aşıkardır. Bununla beraber kalıpcılık dünyası da değişen teknolojiye ayak uydurmaya çalışmaktadır. Çok değil bundan 15-20 yıl önce, satış ömrü en az 10-15 yıl olan bir otomobil, günümüzde ise ancak pazarda 5-8 yıl gibi kısa süre kalmaktadır. Bu süre sonunda üretimden kalkabilmekte veya otomobilin satışını devam edebilmek için ilave yatırım yapılarak araçlarda tasarım değişikliği olarak adlandırılan facelift (yüz yenileme) işlemi ile makyajlanma işlemi yapılmaktadır.

Sektörde artan modeller günümüz mesleklerinin en zor olanlarının başında gelen kalıpcılık sektörünü fazlası ile doyurmaktadır. Ancak sektörün en büyük sıkıntısı kalıp imalat ve devreye alma süreçlerinin giderek kısılmasıdır. Kısalan bu süreler kalıpcılık sektöründe hızlanmayı ve doğruyu bir kerede bulmanın yollarını aratmaktadır. Bunun için de en doğru yol doğru düzgün bir prosesin hızlıca kalıp tasarımına dönüşmesinden geçmektedir. Aşağıda kalıp imalat sürecinin işlem adımlarını görmekteyiz.

Genel olarak Şekil 3.1.'deki iş akışında görüldüğü gibi tüm süreçler birbirinin ardından gelen süreçler gibi görülse de, özellikle proses ve tasarım süreci birbiri ile iç içe yürümektedir. Proses nihai çalışmalarına devam ederken kalıp tasarımı bitme aşamasına gelmiş olabilmektedir. Burada en önemlisi son yayınlanan datalar kalıp tasarımının hızlıca ve sorunsuz bir şekilde güncellenebilmesidir.



Şekil 3.1. Kalıp imalat süreci işlem adımları

3.2.2. Kalıp tasarım işlem adımları ve parametrik kalıp tasarım

Yukarıda kalıp üretim işlem adımlarında bahsedildiği gibi proses ve kalıp tasarım süreci iç içe yürüyen bir süreçtir. Bunun en önemli nedeni ise kalıp imalat süresini kısaltmaktır. Kısacası kalıp tasarım için ayrılan 100 birimlik zamanı proses için ayrılan 300 birimlik zaman içerisinde sokmaktır. Son güncel proses datasının yayınlanması ile proses süreci tamamlanacak ve kalıp tasarım süreci başlayacaktır. Burada tasarımı yapılan kalıbın parametrik bir yapıda olması kalıbın hızlıca güncellenmesi sağlayarak 100 birim ayrılan kalıp tasarımını 10 birim zamanda güncelleyerek strafora gönderimini sağlayacaktır.

Burada kalıp tasarımı 10 birim zamanda elbette yapılmamıştır. Parametrik tasarımın en önemli artışı burada hızlıca yeni prosese göre güncellenmesidir. Diğer en önemli artışı ve önemli tarafı ise 100 birimlik kalıp tasarım süresini 60-70 birimlik zaman içerisinde tamamlama imkanı sağlayabilmektedir. Tasarım kaynaklı hataların ortadan kaldırılmasına ve kalıp tasarım standartlarının oluşmasına olanak sağlamaktadır. Uyguladığımız parametrik tasarım yaklaşımı çekme kalıpları, bükme kalıpları, form kalıpları, kesme kalıpları, progresif kalıplarında vs. ayrı ayrı oluşturulacak şablon baz setler ile hızlı ve sağlıklı olarak daha doğru yapılabilecektir. Yaptığı işlemlere bakıldığında ismini yazdığımız tüm kalıplar farklı işlemler yaptığını görebiliriz. Bu kalıpların çalışma prensipleri de birbirinde farklıdır. Parametrik kalıp tasarım yaklaşımında ortaklaştırılmış kalıp tasarım yaklaşımını ön plana çıkaracağız.

3.2.2.1. Kalıp tasarımları için ortak işlem adımları

Genel olarak kalıp tasarımları yüzeysel olarak bile incelense tüm kalıp tasarımlarının birbiri ile ortak birçok noktası bulunmaktadır. Yaptığımız çalışmada ortaklaşabilen yerleri standartlaştırabilmek ve bir parametreye bağlayarak hızlıca güncellenmesini sağlamaktır. Parametreye bağlanan ortak değişkenler bize yüksek tecrübe gerektiren işlerde daha operatif kişilerle aynı görevi yerine getirme imkânı sağlayacaktır.

Ortaklaştırma da ilk bakacağımız alan pres bilgilerine dayalı kurallardır. Tüm kalıplar için gerekli pres bilgileri nelerdir diye sıralayacak olursak; Kalıp kapalı yüksekliği, bağlama kanalları, besleme yüksekliği ve merkezleme pimleri üretilcek pres hattına göre belirlenmektedir. Bunların standartlaşmanın ilk hedef noktasıdır. Ortaklaştırma da ikinci bakacağımız alan ise kalıpların kaldırma ve döndürme işlemleri için kullanılan döküm eklentileridir. Her firma kendi içerisinde değişik tip dizaynlar ve kurallar çerçevesinde sektörde kısa adı döküm babaları yani kalıp taşıma eklentilerini belirlemektedir. Kalıp kaldırma grubu için gerekli döküm eklentileri kalıbın toplam ağırlığına göre seçilmektedir. Döküm babalarının önemli bir emniyet elemanı olarak söylemek mümkündür. Burada tasarımda ve dökümde yapacağımız hata dökümün hurdaya gitmesine dahi neden olmaktadır. Bir diğer odaklanacağımız nokta alt ve üst döküm bloğuna ait kalıp merkezleme kolon burç yerleri, stoper yerleşim alanı ve oturma yüzeyleri, istif takozu yeri ve son olarak emniyet takozu yerlerinin yüzeyleridir. Uygulamada dikkat edilen en önemli kural bu elemanların yerleşiminin kolay ulaşılabilir bir yerde olması ve görülen bir alana koyulmasıdır. Kalıbın gövde tasarımında döküm kalınlıkları ana sanayi firmalarının şartnamelerine göre güncellenebilmektedir. Bu güncelleştirmeleri yine parametrik hale getirilmesi gerekliliği aşikârdır. Son olarak ise odaklandığımız nokta standart kalıp elemanların seçimidir. Ana sanayi firmaların şartnamelerine göre hazırlanmış standart kütüphaneler kullanılarak tasarıma eklenebilir ve güncellemeleri hızlıca yapılabilir. Böylece standart malzemeleri teker teker tasarlamak için onlarca saat boşuna gidecek tasarım işçiliğinin önüne geçilmiş olacaktır.

Yaptığımız parametrik set ile tüm kalıplar için bu değişkenleri hızlı bir şekilde yönetebiliriz. Çok kısa sürelerde yeni tasarlanacak parçalarımıza ve modellere geçebiliriz. Bunlar her tasarımın ortalama %20 zaman alacak olan operatif olarak yapılması gereken ancak tekrar isteyen bir süreçtir. Bu süreci parametrik hale getirmek kalıp tasarımcısının yükünü hafifletmekte ve asıl enerjisini kalıbın tasarımında %60'lık bir zaman alan çekirdek grubunun tasarımına ve konstrüksiyonuna harcayacak, geriye kalan %20'lik kısım ise standart parçaların çizilmesi için değil sadece yerlerine montajlanması için harcayacaktır. Burada öne çıkan önemli kazanç ise toplam olarak bir ürüne ait olana kalıp tasarım sürecinin neredeyse yarı sürelerle indirilebilmesidir.

3.2.2.2. Standart parça kütüphanelerinin avantajları

Günümüzde mühendislik firmalarının hazırlamış olduğu standart parça kütüphaneleri sayesinde tasarımda çizerek harcanacak zaman geri kazanılmış ve kalıp tasarımcıların hizmetine sunulmuştur. Standart kalıp elemanlarını içeren kütüphaneler Catia, NX Siemens, Creo vs, programları altında çalışarak, kütüphaneden gelen parametrik dataları kalıp tasarımlarımızın içerisine hızlıca işleyebiliriz. Standart parça programları, Catia ve NX Siemens katı model tasarım programı ile birlikte çalışan programlardır. Kalıp tasarımına kütüphaneden çağırılan standart kalıp elemanlarının sipariş kodları otomatik olarak kalıp tasarımında parametrik olarak görülebilmektedir. Program standart parçaları, piyasada satılan tüm standart parça üreticilerinin standart üretim kriterlerine göre oluşturulmuştur. Bir standart parçanın kalıp tasarım çizim ortamına çağırılması yaklaşık bir kaç saniye sürmekte ve ölçüsel değişikliği saniyeler içerisinde yapılabilmektedir. Standart parça sipariş hatalarının önüne geçmektedir. Tüm bu kazançlar ile elde edilen tasarruf göz önüne alındığında yapılan kütüphanelerin önemi gün geçtikçe artmaktadır.

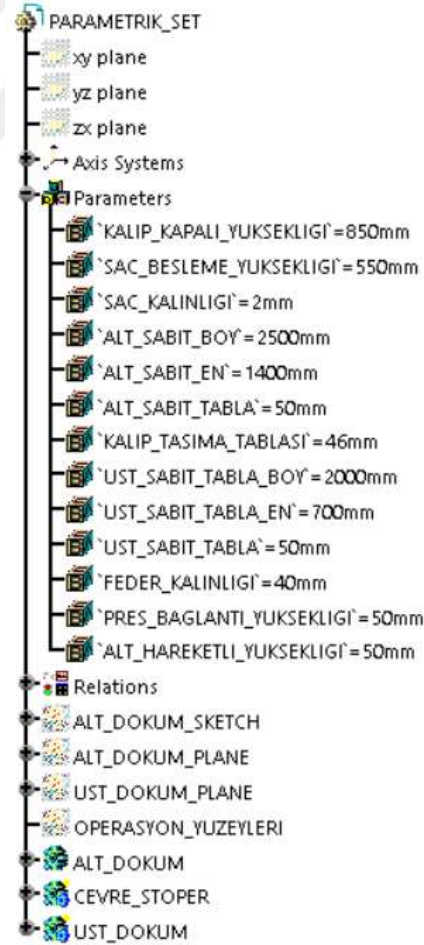
3.2.2.3. Parametrik kalıp tasarım setinin çalışma prensibi

Parametrik seti kullanacak olan kalıp tasarım mühendisinin bilmesi gerekenler, normal olarak bir tasarıma başlaması için gerekli bilgilerden hiçbir farkı yoktur. Kalıp

tasarım mühendisi yeni bir tasarıma başlarken bilmesi gereken kriterler aşağıda sıralanmıştır;

- Tasarımı yapılacak kalıbın hangi preste basılacağı ve bu presin arızalanması durumunda alternatif olarak hangi presin kullanılacağı,
- Tasarımı yapılacak kalıbın hangi kalite sac ile basılacağı ve bu sacın kalınlığı,
- Tasarımın hangi firma şartnamesine göre yapılacağı,
- Tasarımda kullanılacak standart malzeme markalarının neler olduğu muhakkak bilinmesi gerekir.

Bu şartlar ile tasarım başlangıç bilgilerine sahip olunur. Yukarıda sahip olunan bilgiler parametrik setimiz içerisinde hızlıca değiştirilen değişkenler olarak parametrik sete bağlantılı olarak şartlanmaları sağlanmıştır (Şekil 3.2.).

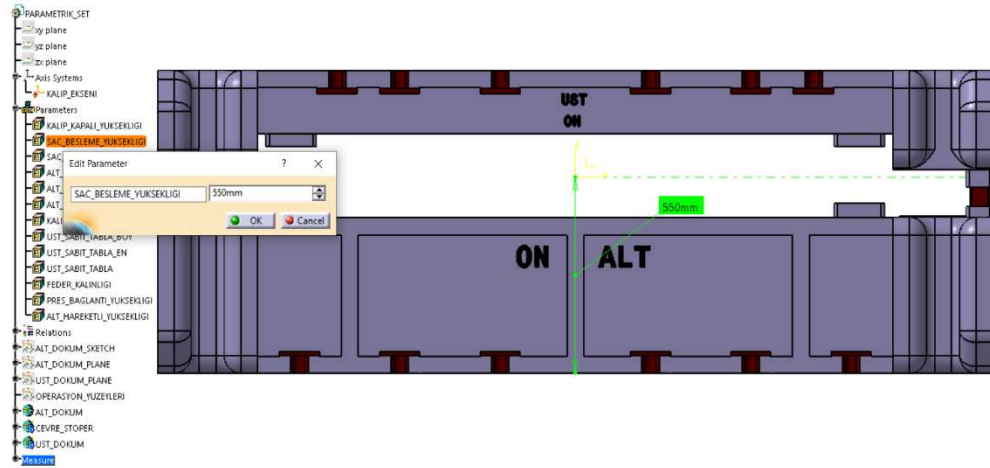


Şekil 3.2. Catia unsuru ağacı parametre değişkenleri

Hazırlanan baz parametrik kalıp seti, tasarımı yapılacak kalıpların ortak elemanlarını üzerinde bulunduran standart şablon kalıp tasarımıdır. Baz kalıp seti, ortalama olarak bir kalıp tasarımlarının yaklaşık %25-%30 luk bölümünü oluşturur. Parametrik set oluşturulan bir parametre butonları ve düzlemlere mesafe tanımlayarak kontrol edilmektedir. Baz kalıp seti tasarımı yapılırken tasarım kurallarını düşünerek ve planlayarak yapılmıştır. Verilen her bir ölçü mümkün olduğunca kalıp merkezinden verilmiştir. Bu sayede bir başka geometri ile link tutulmasının önüne geçilmiştir. Eğer bir nesne ile birlikte yer değiştirmesi isteniyor ise kesinlikle diğer nesneye bağlanmıştır. Bu da her iki nesnenin şartlanmış olarak beraber hareket etmesini sağlayacaktır. Kalıp yükseklikleri ise atanan parametre değerlerine, düzlemlere ve ana kalıp eksenine bağlı olacak şekilde tanımlanmıştır. Kalıp kaldırma babaları için gerekli döküm kısımların bütün ölçüleri parametrelere değil, tasarımda hızlıca güncellenmesi sağlayacak şekilde tasarım komutlarına üzerine dizayn edilmiştir. Tasarımda hızlıca güncellenmesi istenilen gövdeler kalıp eksenine göre tasarlanmış ve tasarım komutları ile ana gövdeye eklenmiştir. Bu sayede kalıp alt tablası ve üst tablası tamamen birbirinden bağımsız olacak şekilde tasarlanmıştır. Parametrik 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. Standart kalıp elemanlarına ait parçalar farklı ebatlara dönüştürmeye imkan verecek şekilde kütüphanelerden kullanılacaktır. Tasarımın ana geliştirme mantığı ile aynı doğrultuda olan standart parçalar yer değiştirdiğinde parçaya bağlı oturma yüzeyleri ve civata boşlukları da yer değiştirecek şekilde tasarım geliştirmesi yapılmıştır. Montaj ilişkileri (Kalıp elemanlarının birbirine veya kalıp merkezine göre konumlarını belirleyen ilişkiler) dışında parçalara herhangi bir ilişki verilmemiştir. Bu ilişkiler sadece 2D tasarımında yer alan noktalar ile yönetilmekte olup bu sayede data boyutu büyümemiş ve güncelleştirme hatalarının önüne geçilmiştir. Tasarım setimiz bizim her türlü kalıp tasarımına uyarlanacak olan kalıp tasarımın tabanını oluşturmaktadır. Geri kalan kısmın tasarımı da düşünülerek ileride üzerine konacak ilave parçaların geliştirilmesi düşünülmüştür. Baz kalıp seti oluşturulurken kalıbın ölçüleri Catia programının bir özelliği olan ve ölçülere parametrelere atama yöntemi ile çalışır. Bu işlem basit olarak çalışmaktadır. Değişmesini istediğimiz parametre değerinin üzerine fare ile çift

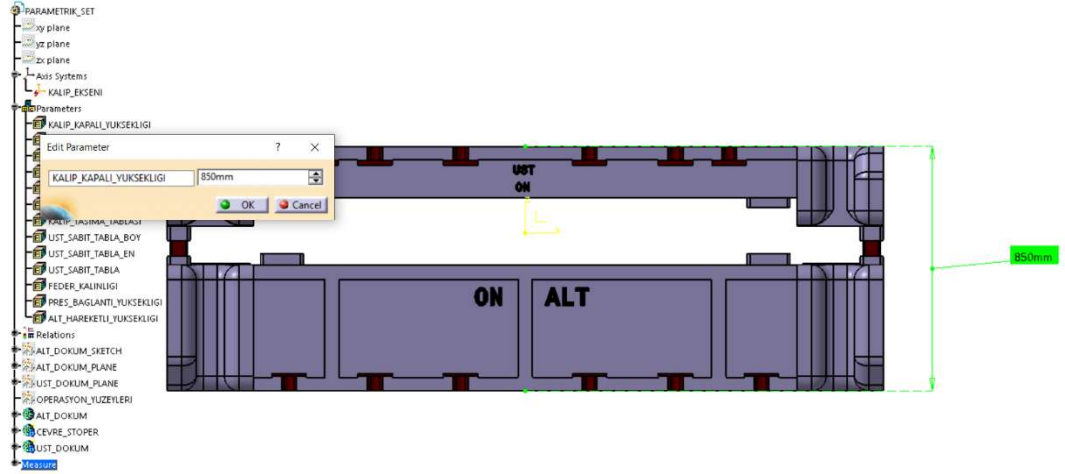
tıklayarak ekrana gelen değer istediğimiz değer ile değiştirilir. Aşağıda verilen bir uygulama örneği ile tasarım güncellenmenin ne kadar basit ve hızlı olduğunu göstermiş olacağız.

Yapılan uygulamada baz setin başlangıç ölçüleri 850mm x 2500mm x 1400mm olarak belirlenmiştir. Bu ölçü gireceğimiz değerler ile 900mm x 3000mm x 2000mm ölçüsüne güncellenir. Aynı zamanda parametrik setin ikinci değişkeni olan kalıp besleme yüksekliği de güncellenir. İlk olarak parçayı kalıbın içerisinde de konumladığımız yükseklik olan kalıp besleme yüksekliğinin güncellenmesi sağlanır. Şekil 3.3.'de görülen değer olmasını istediğimiz 550 mm olarak yazılıp güncellendikten sonra, OK butonundan değeri onaylanır.



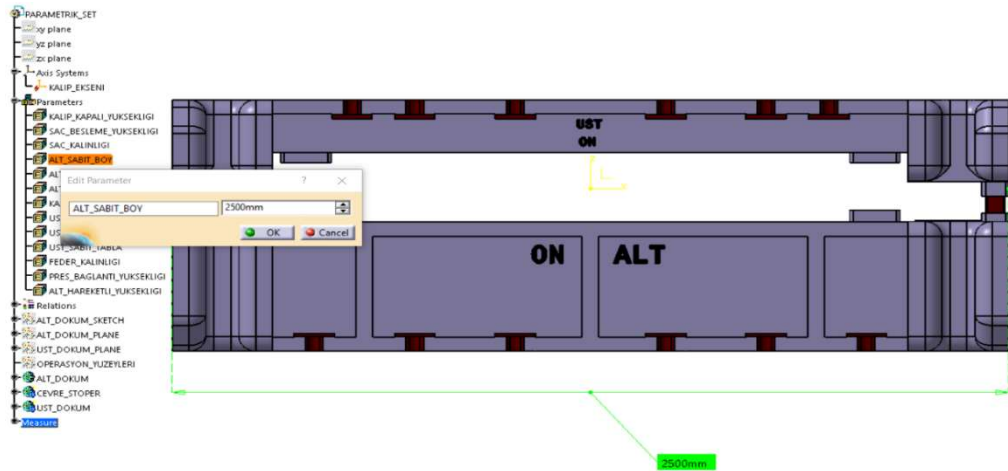
Şekil 3.3. Kalıp besleme yüksekliğinin güncellenmesi

Daha sonra değiştireceğimiz değerimiz Şekil 3.4.'de gözüken kalıp kapalı yüksekliğidir. Bu değer kalıbın basılacağı prese ve firmanın standartlarına bağlı olarak değişmektedir. Biz bu değeri tasarım başlangıcında firma özel isteklerinde gelen formlar ile öğrenip tasarımımıza uyguluyoruz. Şuan Parametrik setimizin başlangıç değeri olarak 850mm olan kapalı kalıp yükseklik ölçüsü parametre üzerine gelerek fare ile çift tıklanır, klavyemizden olması istenen yükseklik değeri olan 900mm olarak güncellendikten sonra OK butonunu tıklanır ve yeni ölçü onaylanır.



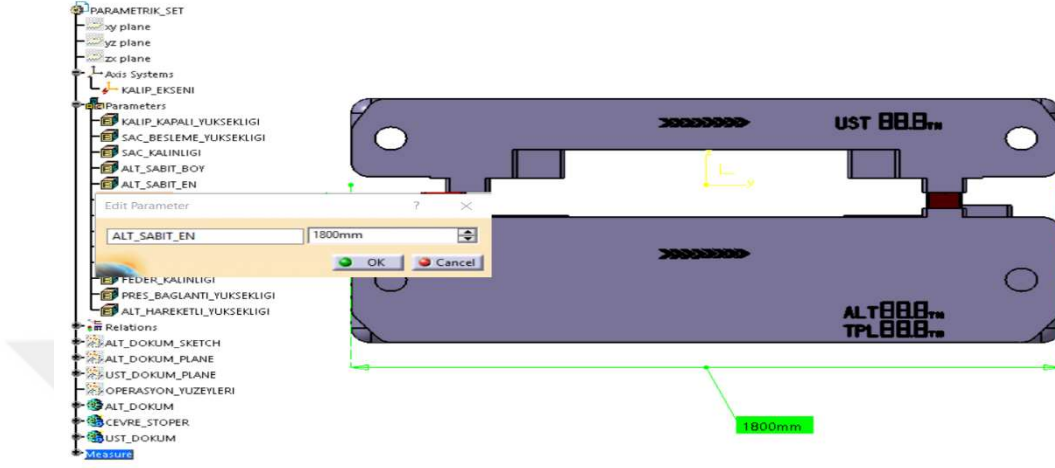
Şekil 3.4. Kalıp kapalı yüksekliğinin güncellenmesi

Bir sonraki adımda ise kalıp eninin ve boyunun istediğimiz değere güncellenmesi yapılır. Burada gireceğimiz iki değer hem kalıp alt setini, hem de kalıp üst setini günceller. Genel olarak bütün tasarımlarda kalıp alt seti ile kalıp üst seti genişlikleri aynıdır. Ancak nadir de olsa bu ölçülerin farklı olduğu durumlar olabilmektedir. Bunu da tasarım komutları ile parametrik tasarım seti üzerine yeni geliştirmeler yaparak gerçekleştirebiliyoruz. Şekil 3.5.'te parametrede yer alan ALT_SABIT_BOY = 2500mm ölçüsü 3000mm olarak güncellenir.



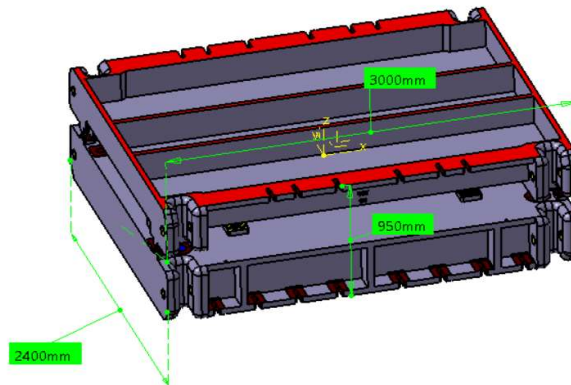
Şekil 3.5. Kalıp boyunun güncellenmesi

Şekil 3.6.'da parametrede yer alan ALT_SABIT_EN = 1400mm ölçüsü 2400mm olarak güncellenir. Bu değeri de güncellendikten sonra yapmamız gereken tek şey Catia altında yer alan Uptade (güncelleme) butonuna basılır, güncellediğimiz değerlerin parametrik sete yansması sağlanır.



Şekil 3.6. Kalıp eninin güncellenmesi

Yapılan tüm güncelleme işlemlerinin ardından istediğimiz ölçüler ait yeni set oluşmuş durumdadır. Artık setimizin ölçüleri 900mm x 3000mm x 2400mm olarak değiştirildi. Bu işlemleri gerçekleştirmek sadece saniyeler ile ölçülen zaman içerisinde gerçekleştirilmektedir. Sektörde yapılan araştırmalarda ve bu parametrik setin kullanılması için verilen tasarım mühendislerinin görüşleri ve yaptığımız tasarım çalışmalarında elde edilen veriler ışığında yapılan setin tasarımı kontrol altında tutma ve Catia ile çalışmalarda ortaya çıkan tasarım hatalarının azalması, birçoğunun ortadan kalkması ile tasarım süreçleri yalın hale getirilebilmiştir. Aşağıda Şekil 3.7.' de görülen resim ile güncellemek istediğimiz ölçünün set üzerinde gösterimini görüyoruz.



Şekil 3.7. Yeni Girilen Değerler ile Güncellenmiş Kalıp Seti

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA

Yukarıda kalıp üretim işlem adımlarında bahsedildiği gibi proses ve kalıp tasarım süreci iç içe yürüten bir süreçtir. Bunun en önemli nedeni ise kalıp imalat süresini kısaltmaktır. Kısacası kalıp tasarım için ayrılan 100 birimlik zamanı proses için ayrılan 300 birimlik zaman içerisine sokmaktır. Son güncel proses datasının yayınlanması ile proses süreci tamamlanacak ve kalıp tasarım süreci başlayacaktır. Burada tasarımı yapılan kalıbın parametrik bir yapıda olması kalıbın hızlıca güncellenmesi sağlayarak 100 birim ayrılan kalıp tasarımını 10 birim zamanda güncelleyerek strafora gönderimini sağlayacaktır. Burada kalıp tasarımı 10 birim zamanda elbette yapılmamıştır. Parametrik tasarımın en önemli artısı burada hızlıca yeni prosese göre güncellenmesidir. Diğer en önemli artısı ve önemli tarafı ise 100 birimlik kalıp tasarım süresini 60-70 birimlik zaman içerisinde tamamlama imkânı sağlayabilmektedir. Tasarım kaynaklı hataların ortadan kaldırılmasına ve kalıp tasarım standartlarının oluşmasına olanak sağlamaktadır.

4.1. Tasarım Uygulama Çalışması

Uyguladığımız parametrik tasarım yaklaşımı çekme kalıpları, bükme kalıpları, form kalıpları, kesme kalıpları, progresif kalıplarında vs. ayrı ayrı oluşturulacak şablon baz setler ile hızlı ve sağlıklı olarak daha doğru yapılabilecektir. Yaptığı işlemlere bakıldığında ismini yazdığımız tüm kalıplar farklı işlemler yaptığını görebiliriz. Bu kalıpların çalışma prensipleri de birbirinde farklıdır. Parametrik kalıp tasarım yaklaşımında ortaklaştırılmış kalıp tasarım yaklaşımını ön plana çıkaracağız.

Otomotiv sektöründe kalıp imalatı ve tasarım yapan firmalarda çalışan tasarım mühendislerine parametrik setin kullanım eğitimi verilerek, firmalarında yer alan projelerinde bu set ile tasarımlarının yapılması istenmiştir. Parametrik setlerin

kullanımının iyice öğrenilmesi için her tasarımcı için ilk iki tasarım projesinde zaman takibi yapılmamış, setlerde güncellemelerde oluşabilecek hataların nasıl giderileceği konusunda geri dönüşler verilerek takip edilmiştir. Sonrasında yapılan tüm tasarımlarda zaman baskısı altında ve dar hedef zamanları verilerek bu tasarımların bitirilmesi istenmiştir. Projenin sonunda aşağıdaki tablolarda verilen veriler elde edilmiştir.

Tablo 4.1. Deneyime göre tasarımcıların tasarımı saat olarak bitirme süreleri

Sektör Deneyim Süreleri	Çekme Kalıbı		Kesme Kalıbı		Form Kalıbı		Adımlı Kalıp	
	Hedef	Sonuç	Hedef	Sonuç	Hedef	Sonuç	Hedef	Sonuç
2. yıl	120	50	180	90	150	75	240	175
3. yıl	120	50	180	95	150	60	240	160
4. yıl	120	55	180	85	150	65	240	150
6. yıl	120	45	180	80	150	60	240	130

Tablo 4.2. Parametrik set kullanımı ile tasarım zamanlarındaki tasarruf

Kalıp Türleri	%
Çekme Kalıbı	60
Kesme Kalıbı	50
Form Kalıbı	60
Adımlı Kalıplar	40

BÖLÜM 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, otomotiv sanayinde kullanılan sac metal kalıplarının kalıp sürecinin tasarım kuralları ve parametrik kalıp setinin kullanılması süreç kazanımlarını, standartlaşmayı ve kaliteyi ön plana çıkarmaktadır. Bu setler ile yapılan çalışmalar çeşitlendirilmiştir. Otomobilin gövdesinde kullanılan sac metal parçalardan oluşan 5 referans parça seçilmiştir. Bu parça için 5 çekme kalıbı, 12 kesme kalıbı ve 5 form bükme kalıbının tasarımını yaptığımız parametrik kalıp tasarım seti kullanılmıştır. Ayrıca 8 referans parçanın progresif kalıp olarak tasarımı yine parametrik setimiz kullanılarak geliştirilen kalıp tasarımları tamamlanmıştır. Tasarım süreçlerinin ne kadar sürdüğü kontrol edilip raporlandığında;

- a. Çekme kalıpları için ayrılan 120 saatlik sürenin sadece 45-55 saat süre dâhilinde,
- b. Kesme kalıpları için ayrılan 180 saatlik sürenin sadece 80-95 saat dâhilinde,
- c. Form bükme kalıpları için ayrılan 150 saatlik sürenin 60-75 saat arasında bir süre dâhilinde tasarımlarının bitirildiği görülmüştür.
- d. Ayrıca progresif kalıplar için ayrılan 240 saatlik sürenin, 130-175 saat gibi süreler dâhilinde tamamlanacağı görülmüştür.

Kalıpların döküm kısımları ve gövde yapısı belli standartlara dâhil edilerek, strafor döküm ve imalat zamanlarından ciddi kazançlar sağlanabileceği görülmüştür. Parametrik kalıp tasarım setlerinin bize sağladığı en önemli konu ise insan kaynaklı hataların önüne geçebilmesi ve katma değeri yüksek olmayan işlerin standartlaştırabilmesidir. Küçük, büyük tüm sektör firmalarının ve çalışanlarının rahatlıkla kullanabileceği bir yöntem olduğu ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Oktan, S. 2015. Parametrisizm manifestosu bağlamında parametrik tasarım. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz, T. 2014. Kalıpcılık, Saç metal kesme kalıp tasarımı ve gerilme analizi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Koç, A. 2013. Parametrik tasarım yaklaşımının bir elektrikli ev aleti tasarımına uygulanması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sabah, C. 2010. Otomotiv endüstrisi kalıpcılığında kalıp tasarım otomasyonu. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Koyun, Ç. 2005. Bilgisayar destekli plastik enjeksiyon kalıp tasarımı ve analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bakır, S. (2006). Bilgisayar Destekli Mekanik Tasarım. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hopkinson, N., Hague, R., J., M. ve Dickens, P., M., 2006. Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age, Wiley, West Sussex.
- Anderl, R., Mendgen, R., (1995). Parametric design and its impact on solid modeling applications. Institute of Computer Integrated Design, Faculty of Mechanical Engineering, TH – Darmstadt.
- 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
- Wang, S.H., Melendez, S., Tsai, C.S., Wu, C.W., (2008). Parametric Design and Design Associability in 3D CAD. Material Science Forum, 598, 461 – 468.
- Li, J.S., Chen, L.H., Li, L., (2011). Parametric Design of Tractor Configuration Using API Based on CATIA. Key Engineering Materials, 455, 411-416.
- Bertol, D., 1994. Visualizing with CAD, Springer Science+Business Media, NewY.

Metal forming handbook / Schuler. – Berlin ; Heidelberg ; New York ; Barcelona ;
Budapest ; Hong Kong ; London ; Milan ; Paris ; Santa Clara ; Singapore ; Tokyo
: Springer, 1998

Alp,S. 2005. Kalıpcılık Sektör Araştırması, İstanbul Ticaret Odası

