



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

**VERİMLİ OTOMASYONEL PARÇA ÜRETİMİNDE
TRANSFER TEKNOLOJİSİ
VE
TRANSFER KALIP UYGULAMASI
TEKNOLOJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Salih Kubilay SALMAN

Prof. Dr. KEMAL TANER
(Danışman)

İstanbul / 2020

KABUL VE ONAY

Öğrencinin Adı Soyadı tarafından hazırlanan “Tezin/Raporun Adı” başlıklı bu çalışma, Savunma Sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Tezin/Raporun Türü olarak kabul edilmiştir.

Başkan : [Unvanı, Adı ve SOYADI] (Danışman)

Üye : [Unvanı, Adı ve SOYADI]

Üye : [Unvanı, Adı ve SOYADI]

Üye : [Unvanı, Adı ve SOYADI]

Üye : [Unvanı, Adı ve SOYADI]

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

[İ m z a]

[Unvanı, Adı ve SOYADI]

Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tez projesi olarak sunduğum “VERİMLİ OTOMASYONEL PARÇA ÜRETİMİNDE TRANSFER TEKNOLOJİSİ VE TRANSFER KALIP UYGULAMASI” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

09.10.2020

Salih Kubilay SALMAN

ONAY

Tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanması için verdiğimi onaylarım:

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun 1 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

09.10.2020

Salih Kubilay SALMAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarında her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Kemal TANER'e teşekkürlerimi sunarım. Bana her konuda destek veren aileme ve özellikle Kardeşim Abdullah SALMAN'a, ayrıca çalışmamın oluşmasında ve akademik kariyerimin ilk zamanlarında yardımını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini paylaşan çalışmamda yardımcı olan Sn. Prof. Dr. Remzi ASLAN, Sn. Prof. Dr. Ahmet TOPUZ ve Sn. Doç.Dr. Muzaffer ERTEN'a çok teşekkür ediyorum. İş ve özel hayatımda önemli bir yere sahip olan Sn. Aydın BAKIR'a teşekkürlerimi sunuyorum.

09.10.2020

Salih Kubilay SALMAN

ÖZET

VERİMLİ OTOMASYONEL PARÇA ÜRETİMİNDE

TRANSFER TEKNOLOJİSİ

VE

TRANSFER KALIP UYGULAMASI

Salih Kubilay SALMAN

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. KEMAL TANER

Ekim 2020

Otomotiv sektöründeki artan rekabet ile birlikte, otomotiv üreticileri transfer pres teknolojilerine yatırım yapmakta, inovatif çözümler ile verimliliklerini ve yeteneklerini arttırmak istemektedirler.

Karmaşık sac metal parçaları için, sırayla çoklu form verme aşamalarına ihtiyaç duyulur. Günümüz endüstrisinde, Sac metal parçasının şekillendirme operasyonları, ara operasyonlar bir şerit halinde (progresif kalıp) veya prosesler arası hatve boşluğu bırakılarak (transfer kalıp) otomatik olarak aktarılır.

Progresif ve Transfer kalıplarında prosesler arası taşıma sistemi parametrelerinin önceden tanımlanması gerekir. Bu parametreler ile parçanın hızlı ve güvenli bir şekilde bir sonraki aşamaya aktarılması sağlanmalıdır.

Transfer sistemleri karmaşık operasyonların (form/kesme/delik vb.) tek bir hat halinde üretilmesine yardımcı olur. Transfer sistemlerin de tandem kalıpları tek bir hat doğrultusunda sıralanır ve iş parçası vakum veya mekanik kollar ile doğrusal mekanizmayı kullanarak bir istasyondan diğerine hareket eder.

Hammaddeleri bitmiş bir ürüne dönüştürmeden önce, ürünün doğru bir tasarımı ve üretim için veriler gereklidir. Sonlu eleman yöntemi ve Simülasyon raporları ile gerçek kalıbı yapmadan veya seri üretimden önce tasarım için gerekli veriler elde edilebilir. Tasarım doğru değilse, üretilen ürünler de kusurlar meydana gelecektir. Sonlu elemanlar (simülasyon) sonuçları ile tasarlanan kalıbın istenilen teknik özelliklere uygun şekilde yırtılma, kırılma ve çekme izleri gibi olumsuz sonuçlar olmaksızın parça üretiminde tasarımın hatalarını ortadan kaldıracaktır.

Sonuç olarak, gerçek seri üretimde maliyet düşürülebilir ve hata riski azaltılabilir.

Anahtar Kelimeler: Progresif ve Transfer Kalıp Sistemi, Simülasyon Uygulamaları

ABSTRACT

**IN EFFICIENT AUTOMATIC PARTS PRODUCTION
TRANSFER TECHNOLOGY
AND
TRANSFER DIE APPLICATION**

Salih Kubilay SALMAN

Master Thesis, Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. KEMAL TANER

October 2020

With the increasing competition in the automotive sector, automotive manufacturers invest in transfer press technologies and want to increase their productivity and capabilities with innovative solutions.

For complex sheet metal parts, multiple forming steps are required sequentially. In today's industry, sheet metal part shaping operations, intermediate operations are transferred automatically as a strip (progressive die) or by leaving a pitch gap between processes (transfer die).

In Progressive and Transfer dies, inter-process transport system parameters must be defined in advance. With these parameters, the part should be transferred to the next stage in a fast and safe way.

Transfer systems help to produce complex operations (form / cut / hole etc.) in a single line. In transfer systems, tandem dies are lined up in a single line and the workpiece moves from one station to another by using vacuum or mechanical arms and linear mechanism.

Before turning raw materials into a finished product, data are required for an accurate design of the product and production. With the finite element method and Simulation reports, the necessary data for design can be obtained before making the real die or mass production. If the design is not correct, defects will occur in the manufactured products. It will eliminate design errors in part production without negative consequences such as tearing, wrinkling and shrinkage marks in accordance with the desired technical specifications of the die designed with finite elements (simulation) results.

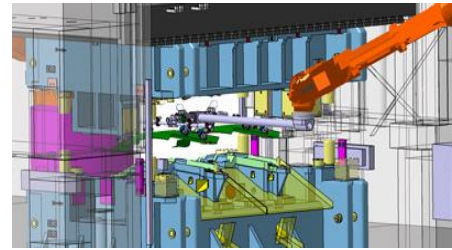
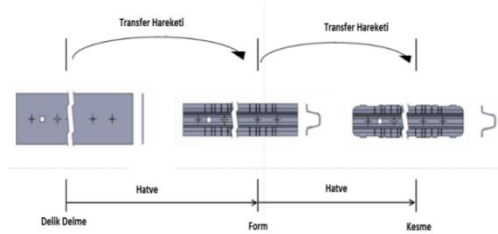
As a result, the cost can be reduced and the risk of error reduced in actual mass production.

Key Words: Progressive and Transfer Die System, Simulation Applications

ÖNSÖZ

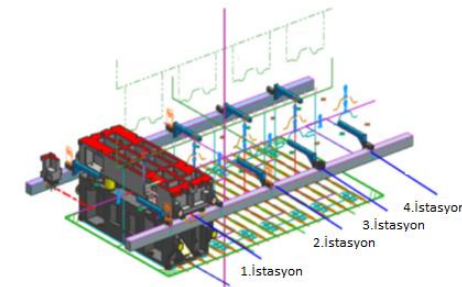
Otomotiv endüstrisi son 50 yılda hızla gelişmiş ancak bu gelişme öncesinde makineler bu endüstrinin en önemli altyapısını oluşturmuştur. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak artan kontrol yöntemleri ve üretim hızlarında mevcut makineler yetersiz kaldılar. Bu yüzden mevcut makinelerin ve emeğin bu sorunu çözemeyeceğini anladılar. Mevcut üretim sistemini geliştirmeye başladılar [1]. İnovatif çözümler ile verimliliklerini ve yeteneklerini arttıran sistemleri tasarladılar. Bu sistem, minimum işçilikle çelikleri ve diğer bileşenleri şekillendirmek için yeterliydi, ancak büyük parçaların üretiminde ki güçlükleri azaltmak için robotlar geliştirdiler. İlerleyen zamanla birlikte geliştirdikleri robot teknolojisi de istedikleri üretim hızlarına ulaşmak için yeterli değildi. Böylece progresif ve transfer sistemleri geliştirildi. Bu gelişmede güvenlik hızdan daha önemliydi [2, 3].

Transfer kalıpları genel olarak; orta ve yüksek büyüklükteki, derin çekme ve form verme operasyonları gerektiren iş parçalarını seri üretmek için kullanılır. Transfer kalıp sistemi Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.a. Transfer Kalıp Prosesi

Şekil 1.b. Transfer Kalıp Robot Transfer



Şekil 1.c. Transfer Kalıbı Sistemi

Şekil 1. Transfer Kalıbı Tasarım Süreci

Bu çalışmada, ön seri üretim öncesi maliyet, verimlilik, güvenlik, hassasiyet ve kesin doğruluk elde etmek için seçilen parçalarda transfer kalıp uygulamasının tasarım çıktıları ve karşılaşılan problemleri incelemeyi amaçlamaktadır.

Progresif ve Transfer sistemlerinde şekillendirme prosesleri araştırılmış, günümüzde bu yöntemler de teorik analiz gerekliliği kaçınılmaz hale geldiği görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan sonlu eleman tabanlı AutoForm Plus R7 ve LogoPress programları ve kalıp tasarımı sırasında kullanılan CAD programı ise Solidworks'dür.

AutoForm, LogoPress ve Solidworks, özellikle otomotiv sektöründe sac metal şekillendirme kalıp tasarım ve üretim aşamaları boyunca mühendislik sürecini en iyi şekilde destekler, yüksek doğruluk ile güvenilir sonuçlar veren verimliliği yüksek bir yazılım çözümüdür.

Tüm sistemin geometri ve hareket kısıtlamalarına bağlı kalarak uygulamada transfer sistemi parametrelerini optimize etmek için algoritmalar önerilecektir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
ÖNSÖZ	IX
İÇİNDEKİLER	XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XV
TABLolar LİSTESİ	XVI
ŞEKİLLER LİSTESİ	XVII
EKLER LİSTESİ	XX

1. BÖLÜM

GİRİŞ

	Sayfa
1.1. Sac metal şekillendirmenin sonlu elemanlar ile incelenmesi (sayısal simülasyon).....	1
1.2. Seri Üretim Yöntemleri	2
1.2.1. Tandem Kalıpları	3
1.2.2. Progresif Kalıplar	4
1.2.3. Transfer Kalıpları	6

2. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

	Sayfa
2.1. Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri -----	9
2.2. Açınım ve Bant Düzeni -----	10
2.2.1. Açınım -----	11
2.2.2. Proses Dizaynı Planlaması -----	13
2.2.3. Bant Tasarımı -----	14
2.3. Pilot uygulama -----	15
2.3.1. Pilot Delik Tasarımı -----	16
2.3.2. Pilot Delik Kullanımı -----	18
2.4. Kinematik -----	19
2.4.1. Açınım Besleme ve Çarpışma Önleme-----	19
2.4.2. Hareket Simülasyonu -----	21
2.4.3. Kam Hareketi -----	21
2.5. Diğer Yaklaşımlar -----	24
2.6. Yorumlar -----	24

3. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

	Sayfa
3.1. Geometri ve Malzeme -----	28
3.2. Genel Proses Kurgusu -----	30
3.2.1. Açınım Kesme -----	31
3.2.2. Ön Form Verme Operasyonu -----	40
3.2.3. Çekme Final Form -----	42
3.2.4. Kesme ve Kamlı Delme -----	46

4. BÖLÜM

TRANSFER PROSESİNDE DİŞ ÇEKME

	Sayfa
4.1. Klavuz Çekme Yöntemleri-----	47
4.1.1 Mekanik Klavuz Çekme-----	48
4.1.2 Servo Motor Kontrollü Klavuz Çekme Ünitesi-----	49
4.2 Operasyon Akış Şeması ve Yaşanan Problemler-----	50
4.3 Servo Kontrol Yöntemi ile Diş Çekme -----	52
4.4 Hesaplamalar-----	53

5. BÖLÜM

SONUÇLAR

Sayfa

5.1. Değerlendirme ----- 56

EKLER-----57

KAYNAKÇA-----59

KISALTMALAR LİSTESİ

CMM : Koordinat Ölçüm Makinaları

CAD : Bilgisayar Destekli Tasarım

S : Bant Yüzey alanı (mm²)

S1 : Üretilen parçanın yüzey alanı

a : Bant Malzeme İlerleme adımı (mm)

B : Bant Genişliği (mm)

N : bir adımda üretilen parça sayısı (mm)

P : Kesme Kuvveti (N)

S : Saç Kalınlığı (mm)

τ_b : Kesilecek Malzemenin Kesme Dayanımı (N/mm²)

Sp : Kesme Boşluğu (mm) (tek taraf)

F : Derin Çekme Kuvveti (N)

U : Kesilecek Kenarların Toplamı (mm)

N :Derin çekme Katsayısı (tablodan)

K : Geri esneme faktörü

R1 : Parçanın bükme kavis yarıçapı (mm)

Rd : Dişi kalıp kavis yarıçapı (mm)

α : Parçanın bükme açısı (°)

α_d : Dişi kalıp açısı (°).

T : Sac malzeme kalınlığı (mm)

f : Esneme katsayısı

H : Temel üçgen yüksekliği)

P : Diş Adımı

SVAJ : S yer değiştirme iken, V, A ve J birinci ile üçüncü türevi.

TABLÖLAR

Sayfa

Tablo 1. HE280M Özellikleri -----	28
Tablo 2. HE280M Isıl İşlem Özellikleri -----	28
Tablo 3. HE280M Isıl İşlem Özellikleri -----	29
Tablo 4. HE280M Mekanik Özellikleri -----	29
Tablo 5. Hesaplamalarda kullanılan τ_b Değerleri -----	34
Tablo 6. Hesaplamalarda kullanılan Katsayılar -----	40
Tablo 7. Hesaplamalarda kullanılan f esneme katsayısı -----	44
Tablo 8. Pres Ölçüleri-----	47
Tablo 9. Tork Değerleri-----	54

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1. Transfer Kalıbı Tasarım Süreci -----	IX
Şekil 1.a. Transfer Kalıp Prosesi -----	IX
Şekil 1.b. Transfer Kalıp Robot Transfer-----	IX
Şekil 1.c. Transfer Kalıbı Sistemi -----	X
Şekil 2. Simülasyon Uygulaması-----	2
Şekil 3. Seri Üretim Yöntemleri-----	3
Şekil 4. Tandem Üretim Hattı-----	3
Şekil 5. Progresif Bant Tasarımı-----	5
Şekil 6. Transfer Kalıp Sistemi-----	6
Şekil 7. Transfer Sistemi Taşıyıcı Kollar -----	7
Şekil 8. Progresif ve Transfer Bant Karşılaştırılması-----	8
Şekil 9. Açınım ve Bant Tasarımı -----	10
Şekil 10. Açınım Hesabı (verimlilik) -----	12
Şekil 11. Damgalama Süreç Planlaması -----	14
Şekil 12. Dairesel Bir Açınım -----	14
Şekil 13. Tipik Bir Aşamalı Kalıp Ürününün Şerit Yerleşimi -----	15
Şekil 14. Bant Tasarımı ve Proses Dizilimi -----	15

Şekil 15. Doğrudan ve Dolaylı Pilotlama -----	16
Şekil 16. Bant Tasarımı ve Proses Dizilimi -----	16
Şekil 17. MAT Düzen Belirlemesi -----	17
Şekil 18. MAT'dan Pilot Delikleri Çözme -----	17
Şekil 19. Doğru Çıkarma Prosedürü -----	18
Şekil 20. Düzgün Hareket SVAJ Diyagramı -----	21
Şekil 21. Basit Harmonik (sol), Sikloidal (orta) ve Parabolik (sağ) Kam Hareketi SVAJ Diyagramı -----	22
Şekil 22. Çeşitli Polinom Kam Profilleri İçin Takipçi Hareketi -----	23
Şekil 23. 767K44821R Coupelle 3D Katı Model -----	26
Şekil 24. 767K44821R 3D Katı Modeli -----	30
Şekil 25. 767K44821R OP10 Açınım Kurgusu -----	31
Şekil 26. Kesme Kuvveti ve Sac Kalınlığı Grafiği -----	33
Şekil 27. Kesme Boşluğu Hesabı -----	35
Şekil 28.a. Kesme Kalıbı 1 -----	36
Şekil 28.b. Kesme Kalıbı 2 -----	37
Şekil 29. Ön Form Verme Operasyonu -----	40
Şekil 30.a. Final Form Verme -----	42
Şekil 30.b. Flanş Up Flanş Down -----	42
Şekil 31. Geri Esneme -----	43

Şekil 32. Seri Üretim İle Karşılaştırma -----	45
Şekil 33. Dik Kesme -----	46
Şekil 34. Dik Kesme ve Kamlı Delme -----	46
Şekil 35. Ayırma -----	46
Şekil 36. Uygulanacak Ürün-----	47
Şekil 37. 800 Ton H Tipi Eksantrik Pres-----	48
Şekil 38. Mekanik Klavuz Çekme-----	48
Şekil 39. Servo Kontrollü Klavuz Çekme-----	49
Şekil 40. Mevcut Operasyonel Akış Şeması-----	50
Şekil 41. Yeni Operasyon Akış Şeması-----	51
Şekil 42. Servo Montaj-----	52
Şekil 43. Dış Çekme Ünitesi-----	52
Şekil 44. Operasyonel Resimler-----	53

EKLER

Sayfa

EK.1. Şekilendire Bilirlik / Kırışma Potansiyeli -----	57
EK.2. Şekilendire Bilirlik / Bükme İzleri -----	57
EK.3.a. Yüzdelik (%) İncelme -----	57
EK.3.b. Yüzdelik (%) İncelme -----	58
EK.4. Geri Esneme -----	58

1. GİRİŞ

Transfer ve Progresif kalıp sistemlerinin tasarımı, montajı ve ön seri üretimine kadar olan süreçteki, proseslerin analizine ve üretim sistemine doğrudan etki eden faktörlere, verimlilik, güvenilirlik ve kurulum maliyetini etkileyen diğer tekniklere bakacağız.

1.1.Sac metal şekillendirmenin sonlu elemanlar ile incelenmesi (sayısal simülasyon)

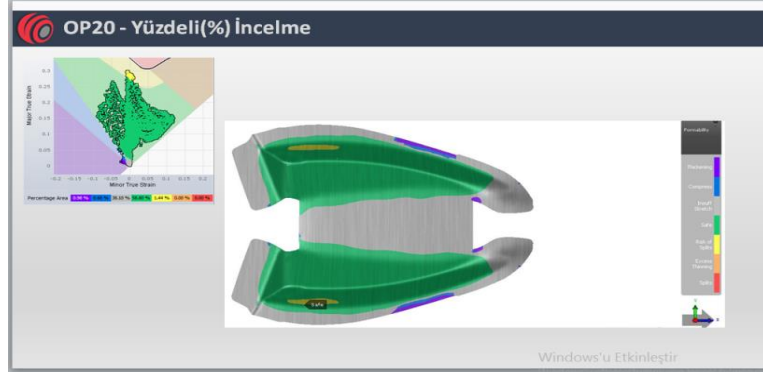
Geometrik olarak karmaşık ve derin sıvımalı parçaların form verme operasyonları sonuçlarını tahmin etmek oldukça zordur ve malzemede ki karmaşık geometrik deformasyon nedeniyle pres, kalıp ve tasarımının birleşeni teknik detaylara ve hesaplamalara göre belirlenmezse, ürünler kırışıklıklar gibi bazı kusurlarla üretilecektir. Aynı zamanda CMM ölçüm raporlarının kabul edilebilirlik seviyesine gelene kadar birçok deneme yapılırken ve kalıbın modifiye edilmesinde de çok fazla zaman ve masraf gerekecektir.

Genel olarak, büyük bir otomotiv parça kalıbının ayarlanması için yaklaşık bir veya iki ay gibi bir sürenin gerekli olduğu ve düzeltme giderinin toplam harcamanın % 22,6'sı, bunlarında % 20'si düzeltici gideri, % 2,6'sıda form ve malzemelerin maliyeti olduğu görülebilir [4].

Kalıbın modifiye edilmesi için geçen zaman ve yüksek maliyet, üretim verimliliğini doğrudan etkiler.

Ayrıca, Hammaddenin üç boyutlu şekillendirilmesi, geometride ve malzemede doğrusal olmama gibi büyük deformasyona sebep olur. Hammaddenin şekillendirme operasyonu sırasındaki plastik deformasyonuna yönelik geleneksel mühendislik çözümleri sınırlıdır.

Sayısal analizlerin geliştirilmesi ve bilgisayar teknolojisinin yaygın olarak uygulanmasıyla, simülasyonlardaki plastik deformasyon teorisi doğruluğunda ve uygulamalardaki sonuçlarda ilerlemeler kaydedilmektedir.



Şekil 2. Simülasyon Uygulaması

1.2 Seri Üretim Yöntemleri

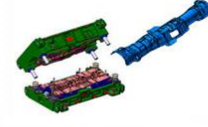
Karmaşık formlu parçalar için üretim yöntemi seçerken dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Üretim yöntemi seçmeden önce gerekli parça hacmi, işçilik oranları ve mevcut ekipman gibi öğeler dikkatlice değerlendirilmelidir.

İlk olarak, Parçanın geometrik şeklinin plastik şekil vermeye uygun olup olmadığı analiz edilir. Daha sonra proses süreci tasarımı ve optimum süreç tasarımı için aşağıdaki faktörlere dikkat edilir.

Bu faktörler, Hat kapasite raporlarına göre hesaplanan üretim hızları, her bir parça için gerekli malzeme tüketimi; üretim yöntemi maliyeti; koruyucu bakım gereksinimleri; ekipman bulunabilirliği ve parça şekli, boyutu ve geometrik toleransdır [5].

Bu faktörler, Üretim yönteminin hassasiyetini ve yapısını, proses süreçlerini doğrudan etkiler. Aynı zamanda kalıp üretim maliyetini ve ömrünü, parçaların maliyetini ve kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu faktörlere operasyonel güvenlik için yapılan risk analizinin de dahil edilmesiyle optimum bir proses planı seçilir.

Tandem Kalıpları



Prograsif Kalıp



Transfer kalıbı

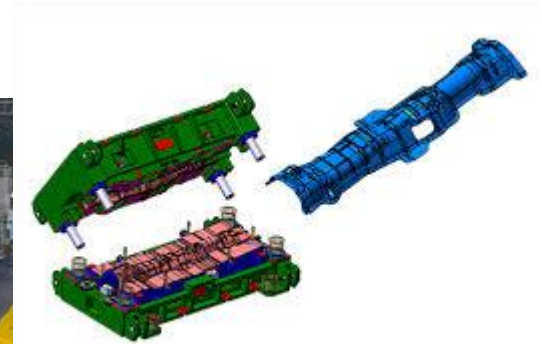


Şekil 3. Seri Üretim Yöntemleri

1.2.1 Tandem Kalıpları

Tandem kalıpları tipik olarak elle veya robotik olarak yüklenmiş üretim modelleridir. Çoğu zaman sac levhayı oluşturan veya kesen istasyon tek bir operasyonel kalıbı temsil eder.

Elle yüklenen Tandem kalıpları genellikle düşük üretim parçalarına veya otomasyonla başa çıkılamayacak kadar büyük ve hantal olan parçalara uygundur. Birkaç Tandem kalıbı genellikle tek bir pres içine yerleştirilebilir. Bu, operatörün parçaları minimum hareket mesafesiyle kalıptan kalıba aktarmasını sağlar. Robotik kollar ile de farklı preslerdeki tandem kalıplarında parça transferi yapılabilir. Bu uygulama da daha büyük kalıpları genellikle bir sıra halinde birbirine yakın preslere yerleştirilir, bu da tandem hat presleri olarak adlandırılır.



Şekil 4. Tandem Üretim Hattı

Avantajları;

Genellikle daha karmaşık kalıplardan daha ucuza mal olurlar.

Ortak bir kuvvet altında birlikte çalışacak şekilde zamanlanabilirler.

İşlemin basitliği, parçanın gerekirse operatör veya robot tarafından herhangi bir ekseninde döndürülmesini sağlar.

Bu genellikle daha karmaşık geometrilerin oluşturulmasına izin verir.

Daha küçük bireysel aletler daha hafiftir ve daha düşük maliyetli kalıp taşıma ekipmanı ile kullanılabilir.

Tek bir istasyonun arıza veya bakımında diğer kalıpların çıkarılmasını gerektirmez.

Dezavantajları;

Genellikle transfer ve progresif kalıplar gibi diğer yöntemlerle elde edilebilen üretim hızlarıyla rekabet edemezler.

Pahalı robotlara veya insan emeğine ihtiyaç duyarlar.

Tek bir parça üretmek için genellikle birkaç prese ihtiyaç duyarlar.

1.2.2 Progresif Kalıplar

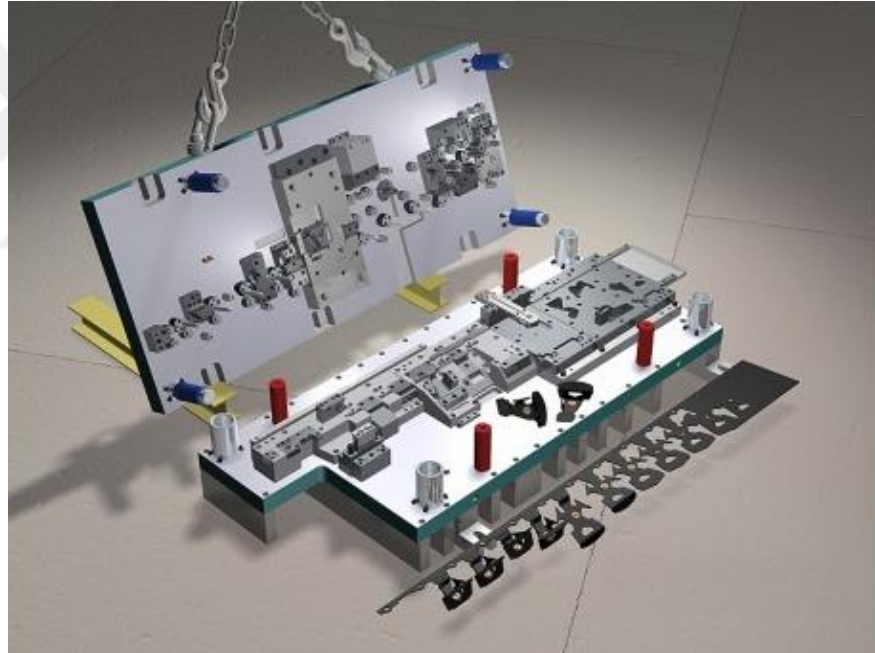
Progresif kalıp, otomotiv parçalarını üretmek için mevcut en yaygın, en hızlı yöntemlerden biridir. Tandem veya transfer kalıplarından farklı olarak, birkaç işlem aynı kalıpta ve belirli bir adım sayısı boyunca gerçekleştirilir. Genellikle rulo halindeki metal sac şeridinin kopmadan adım adım kalıp altında şekillenmesidir. Şerit taşıyıcı adı verilen orijinal şerit veya bantın bir kısmı ile parçalar birbirine bağlanır. Son adımda ürün şekillenmiş olarak şeritten koparılır ve bu tekrarlayarak seri şekilde devam eder. Farklı parça türleri farklı taşıyıcı tasarımları gerektirir.

Progresif kalıplar dakikada yedi ile sekiz parça veya saatte 1.500 parça üretebilir. Transfer veya Tandem kalıplarının aksine, gerekli tüm istasyonlar tek bir ortak kalıp setine monte edilir.

Bu istasyonlar, parçalarının ilerleme veya aralık olarak adlandırılan sabit bir mesafede ilerletilebilmesi için zamanlanır ve sıralanır. Birçok parça birbirine bağlanabilir, bu da her bir baskı vuruşunda birçok parçanın üretiminin yapılmasını sağlar.

Progresif kalıplar en yaygın olarak rulo saclar ile beslenir ve uygun algılama sistemini içeriyorsa, genellikle katılımsız (operatör gözetimi olmadan) çalışabilirler. Tek bir pres operatörünün iki veya üç progresif hattını çalıştırması alışılmadık bir durum değildir.

Rulo sac malzemesi tipik olarak kalıptan itilir; ancak, rulo sacı kalıptan çekebilen ve itebilen sistemler de mevcuttur. Progresif kalıplar genellikle bir rulo sac besleyici ve düzleştirici kullanılmasını gerektirir (Şekil 5).



Şekil 5. Progresif Bant Tasarımı

Avantajları:

Çok hızlı bir şekilde çok miktarda parça üretebilirler.

Genellikle Operatör olmadan (refakâtsiz) çalışabilirler.

Sadece presin bir basışına ihtiyaç duyarlar. (Ortak kalıp seti)

Dezavantajları:

Genellikle tandem veya transfer kalıplarından daha pahalıya mal olurlar.

Hassas hizalama ve kurulum prosedürleri gerektirirler.

Rulo sac besleyici sistemine ihtiyaç duyarlar.

Rulo sacın kalıba girmesini sağlamak için açık uçlu bir pres gerekir.

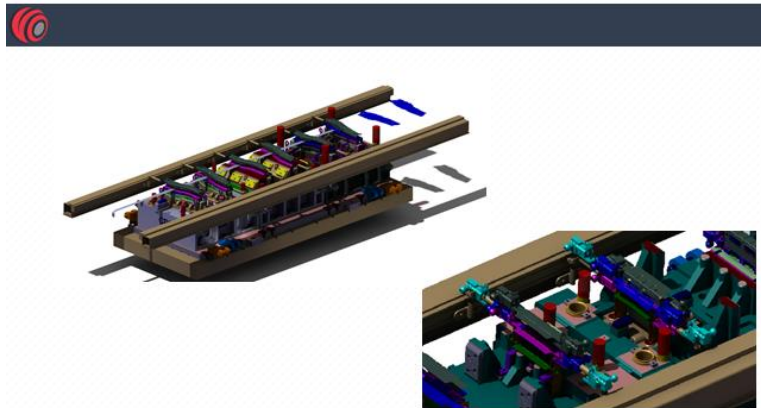
Tek bir istasyonun hasar görmesi tüm kalıp setinin çıkarılmasını gerektirir.

Genellikle tek istasyonlu hat kalıplarından çok daha ağırdırlar.

1.2.3 Transfer Kalıpları

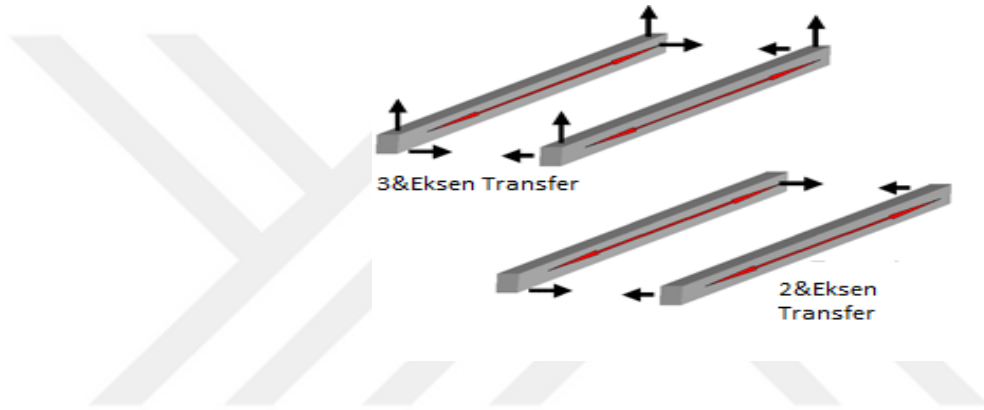
Transfer kalıpları, birlikte zamanlanan ve tek bir basışta eşit mesafeyi düzgün bir şekilde ayıran özel tandem kalıplarındır. Parçanın her kalıp veya istasyonlar arasında gitmesi gereken mesafeye hatve denir.

Geleneksel Tandem kalıplarından farklı olarak parçaları, pres sınırları içine monte edilen özel hareket rayları ile aktarılır. Bu raylar en yaygın olarak kalıpların her iki tarafına monte edilir. Presleme döngüsü sırasında, her bir ray içeri doğru hareket eder, parçayı özel aparatlar ile yakalar ve daha sonra bir sonraki kalıba aktarır.



Şekil 6. Transfer Kalıp Sistemi

Transfer sistemleri çok sayıda hareket gerçekleştirebilir. Bununla birlikte, iki temel tip hareket mekanizması 2-D (iki eksen) ve 3-D (üç eksen) dir. İki eksenli aktarımlar içe doğru hareket eder, parçayı kavrar ve bir sonraki istasyona doğru kaydırır. Üç eksenli transferler içeri girer, parçayı kavrar, dikey olarak kaldırır, bir sonraki istasyona taşır ve kalıba indirir. Bu üçüncü eksen hareketi, parçanın çevre ölçüm sınırları içine yerleştirilmesini sağlar. Transfer sistemleri, eksenel simetrik (yuvarlak), çok derin çekilmiş parçaların üretimi için kullanışlıdır (Şekil 6).



Şekil 7. Transfer Sistemi Taşıyıcı Kollar

Avantajları:

Büyük parçaların yüksek hızlarda üretilmesine imkân sağlar.

Formlu parçalar, aktarım işlemi sırasında döndürülebilir.

Servodrive tipi aktarımlar, çok çeşitli parçaları, pres hızlarını ve strok uzunluklarını kapsayacak şekilde programlanabilir.

Transfer kalıpları her parçayı birbirine bağlamaz ve çoğu zaman malzeme tasarrufu sağlar.

Büyük hacimli parçalar oldukça kısa bir zaman diliminde üretilebilir.

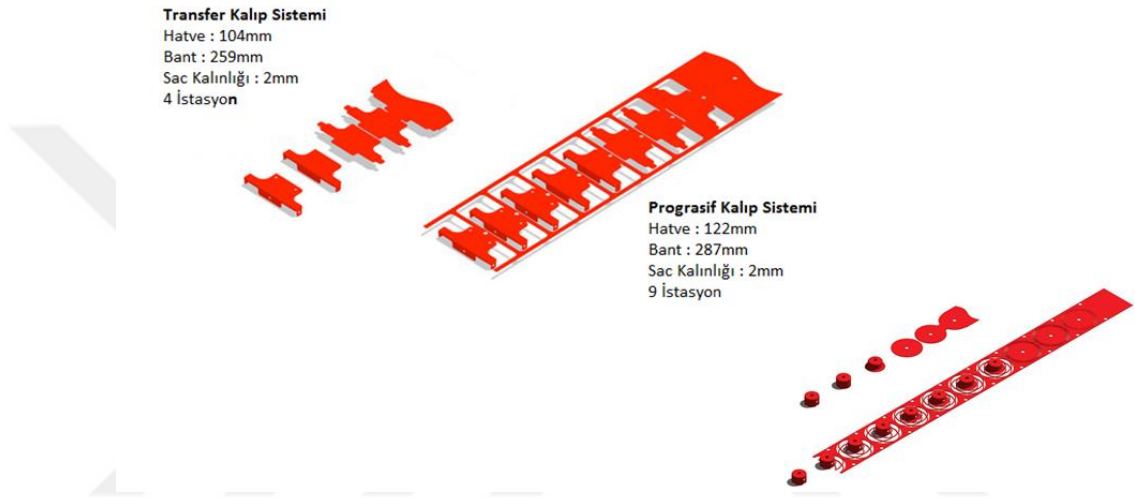
Dezavantajları:

Genellikle oldukça pahalıdırlar.

Düzgün çalışması için gelişmiş elektronik veya mekanik hareket gerekir.

Daha fazla kalıp koruma sensörü gerektirirler.

Boş bir istif boşaltma sistemi gerektirirler.



Şekil 8. Progresif ve Transfer Bant karşılaştırması

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri

Sac metal parçaları günlük hayatımızda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan her bir parçanın geometrisi ve plastik şekil verilebilirliği farklıdır. Bazı çok basit parçalar sadece bir zımba ile üretilebilir, ancak bazı karmaşık parçalar için çoklu operasyonlu form, kesme ve delik delme gibi işlemler yapılmalıdır. Farklı presler de gerçekleştirilen birkaç basit kalıp yerine, progresif veya transfer kalıbı bu işlemleri çok aşamalı tek bir preste birleştirir. Progresif bir kalıp sistemi, bir sac levha şeridi üzerinde operasyonlar boyunca çalışır, bir transfer kalıp sistemi ise birkaç sac levha boşluğu üzerinde çalışır ve operasyonlar arasında aktarılır.

Bu nedenle, bir istasyonda aynı anda parça üretiminin farklı operasyonları gerçekleştirilebilir. İlk istasyonda hammadde (şerit / boşluk) üretim hattına gönderilir, son istasyonda tamamlanan parçalar üretim hattından toplanır. Bu işlem yüksek verimlilik ve ürün kalitesi sağlar.

Bununla birlikte, progresif ve transfer kalıp tesisleri genellikle karmaşık ve pahalıdır. Ancak; işletme maliyetinin düşürülmesi ve verimliliğin artırılmasının bir yoludur.

İşletme maliyetleri arasında hammadde maliyetinin diğer maliyetlere baskın olduğu bulunmuştur [6]. Bunun nedeni, malzemelerin progresif kalıpta metal bir şerit veya transfer kalıbında istasyonlar olarak beslenmesidir. Malzeme kullanımı baskı kuvveti ile form verilmemiş parçanın şekline ve yönüne bağlıdır. Belirli bir ürün modeli için, form öncesi açınım değişmez, ancak yerleştirilen levhada açınımın yönü değiştirilebilir. Malzeme kullanımını en üst düzeye çıkarmak ve hurdayı en aza indirmek için sac levhada açınım düzeni belirlenir. Belirlenen açınım düzeni maliyet düşürmek için önemlidir.

Bir kalıp setinin verimliliği, dakikadaki strok sayısı ile hesaplanabilir. Bir strok döngüsü aşağıdaki adımlara bölünebilir. Bu işlemin süresi mesafeye ve hıza bağlı olduğu bulunmuştur.

Kalıp yukarı -> sıyrıcı boş alanı serbest bırakır -> mevcut istasyondan bir sonraki istasyona hareket -> sıyrıcı bir sonraki istasyonda tutar -> kalıp aşağı.

Ayrıca, progresif ve transfer kalıpları için form verilmemiş parça tam olarak konumlandırılmalıdır, bu nedenle başka bir faktör olarak pilot sistemi devreye girer. Kalıp geometrisinin bir parçası olan pilot sistemi, bant tasarımı ile çok fazla etkileşime sahiptir.

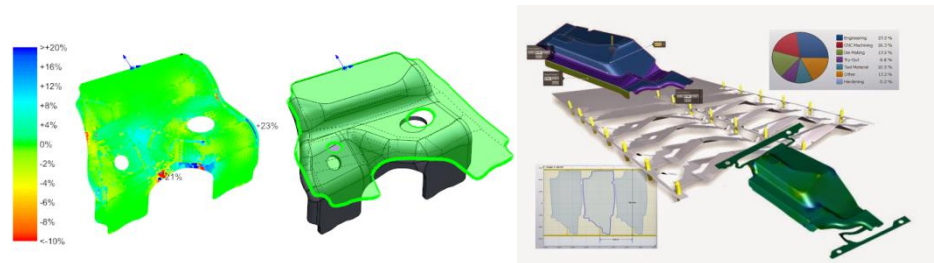
İki istasyon arasındaki mesafeye Hatve denir, bu faktör sac levhaya açınımın yerleştirilme ve yönlendirilmesi yani ürün tasarımı ile ilgilidir.

Hız, progresif kalıpta şerit besleyicinin (servo sürücünün) veya transfer kalıbındaki transfer kollarının bir özelliğidir.

2.2 Açınım / Bant Düzeni

Formlu metal parçanın açılımı metal levha üzerine yerleştirilir. Daha sonra operasyonlar tanımlanabilir veya yönetilebilir ve bant tasarımı ile operasyonel düzen sonuçlanır.

Açınım ve bant düzeninin tasarımı son derece hassas bir iştir. Geleneksel olarak, deneyimli mühendisler tarafından yürütülürler. Günümüzde, mühendislere yardımcı olacak araçlar geliştirmiş, hatta açınım ve bant tasarımını simülasyon ile kalıplama işlemi yapılmadan yüksek hassasiyetler de sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 9. Açınım ve Bant Tasarımı

- Açınım ve kesme hattı optimizasyonu
- Şekillendirme hataları
 - İncelme
 - Yırtılma
 - Kırışma
 - Yüzey kusurları
 - Kayma izi
- Kalınlık değişimi / incelme
- Geri yaylanma analizi ve telafi optimizasyonu
- Şekillendirme kuvveti
- Çekme miktarı
- Gerilme ve gerinim dağılımı
- Sıcaklık ve faz değişimi (sıcak şekillendirme)

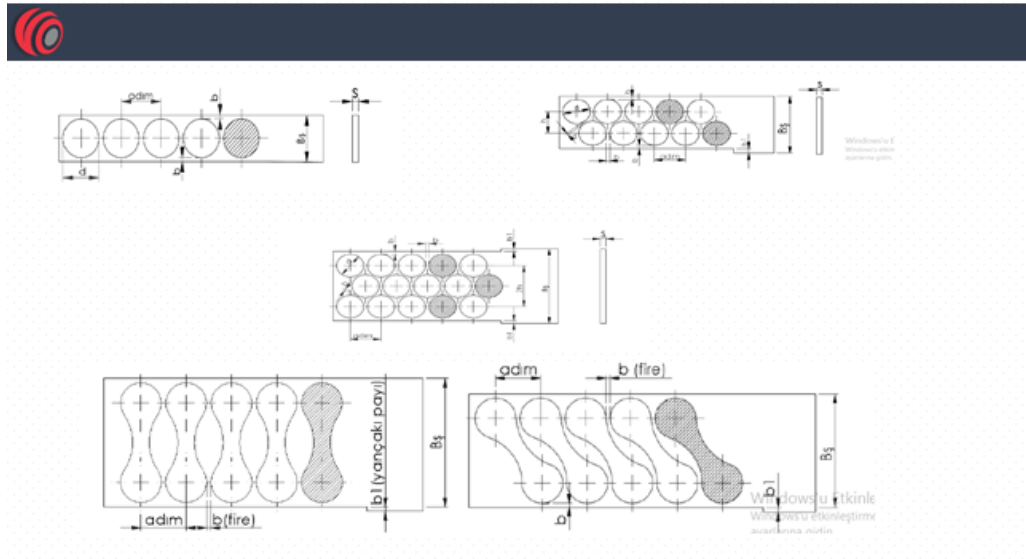
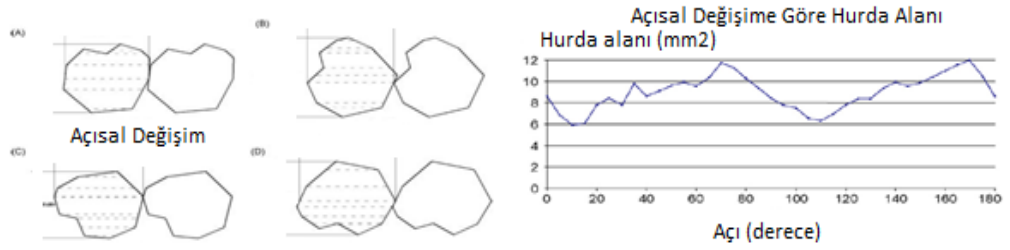
2.2.1 Açınım

Sac levhanın kalıp takımları arasına yerleştirilen formlanmamış ilk geometrisine sac açınımı denilmektedir. Sac levhaya açınımın yerleştirilmesi hatve yani istasyonlar arasındaki mesafeyle ilgilidir ve malzeme kullanımı için tasarımın en önemli unsurlarındadır. Formlu parçanın açınım ölçülerinin hesaplanması ön maliyet ve kesim alanının belirlenmesi sağlar. Maliyeti minimize edebilmek için parçanın en uygun dış ölçüsü belirlenmelidir.

Açınım tasarımının belirli mühendislik yaklaşımları ile gerçekleştirilmesi, üretimde malzeme tasarrufu açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu süreç üretim maliyetine doğrudan etki eden oldukça önemli bir adımdır. Bu doğrultuda, açınım tasarımları optimize edilerek minimum malzeme firesi verilerek en yüksek verim ve maliyette bir tasarımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir [7].

Aynı zamanda geliştirilen açınım geometrisinin yine form hataları açısından incelenmiş ve ürün geometrisinin en yüksek doğrulukta elde edileceği bir tasarımda olması gerekmektedir.

Literatürde bu doğrultuda yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle nümerik iterasyon tabanlı algoritmaların kullanıldığı görülmektedir. Nümerik yöntemlerin dışında NURBS (Non-Uniform Rational Bezier-Splines) eğrileri kullanılarak da geliştirilen sac açınım tasarım yöntemleri de yer almaktadır. Tüm bu yöntemlerin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Eğriler açısından belirlenecek olan kontrol noktaları oldukça kritiktir. Bu yöntemde kontrol noktaları değiştirildiğinde elde edilen eğri sınırları da değişkenlik gösterdiğinden bir karar verme mekanizmasının sürece eklenilmesi gerekmektedir. Bu durum yine zaman kaybına neden olmaktadır. Bu yöntemlerin dışında proses parametrelerinin ve ürüne ait topolojik özelliklerin dikkate alındığı açınım tasarımlarının gerçekleştirilmesi en hassas sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır [33].



Şekil 10. Açınım Hesabı (verimlilik)

2.2.2 Proses Dizaynı Planlaması

Formlu parçanın açınımının hesaplanmasının ardından istasyon adedi, bant yerleşimi, dizaynı ve simülasyon aşamaları tasarlanır. Günümüz endüstrisinde çok sayıda metal şekil verme işlemi vardır. Tipik olarak, bu işlemler üç kategoriye ayrılabilir: kesme, bükme ve şekillendirme [8]. Kesme ve delme prosesi, malzemeyi kesme kuvveti kullanarak ayırmaktır, bu en yaygın ve gerekli işlemdir. Bükme prosesi, L-bükülme, U-bükülme vb. gibi istenilen şekli vermek veya dayanımını artırmak amacıyla yapılan işlemdir. Şekillendirme işlemi, malzeme yüzeyinde deformasyon oluşturan form, kabartma, feder ve diğer işlemleri içerir.

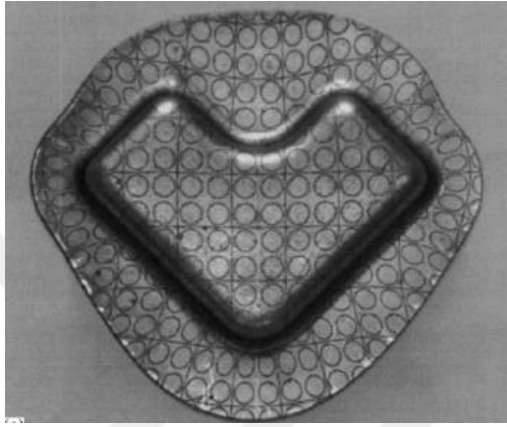
Proses planlaması kalıp tasarımında büyük önem taşır. Her şeyden önce, form verilebilirlik göz önünde bulundurulmalıdır. Form verme yöntemlerinde malzemede meydana gelen plastik deformasyonlar göz önüne alınarak malzemenin elastik ve plastik davranışlarına göre tasarlanmalıdır.

İkinci olarak, bazı işlemler bir istasyonla yapılabilir, karmaşık formlu işlemler ise sırayla gerçekleştirilmelidir. İncelme, yırtılma, kırılma, yüzey kusurları, geri yaylanma vb. de proses tasarımında dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir.

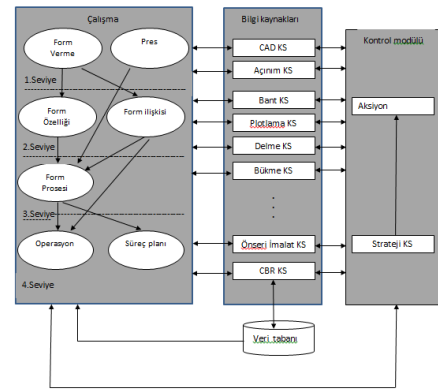
Lin, Z [8] ve Tumkor, S. [9] Transfer ve Progresif kalıplarda dengesiz anlara odaklandılar. Dengesiz anları azaltmak için proses planlamasında yöntemler önerdiler. Farklı kategorilerdeki işlemleri belirli istasyonlarda ve belirli sıralar ile yapılması gerektiğini savundular.

Çoğu kesme işlemi ardışık olarak yapılmalı, daha sonra bükülmeli ve şekillendirilmelidir. Proseslerin sırasının değiştirilmesi, örneğin, önce şekillendirme ve sonra kesme ve bükme işlemlerini kabul edilebilir. Ancak karışık bir dizi, örneğin, kesme-bükme-şekillendirme-kesme-bükme... önerilmemektedir.

Kumar, S [10], bant tasarımının otomasyonu için Yapay Zeka'nın AutoCAD tabanlı bir simülasyon sistem yaklaşımı geliştirmiştir. Chu, C. [11] [12], Yöntemleri ise tasarım ağacına dayanır, ancak birkaç dezavantajı vardır. Tasarım ağacına ilişkin bir form işleminin imalatla en iyi süreç olmaması mümkündür, ayrıca ayrı olarak tasarlanmış bazı özellikler aslında bir istasyonda birleştirilebilir. Tekrar tekrar revize edilen model, optimal olmayan tasarım ağacıyla da sonuçlanabilir.



Şekil 11. Damgalama süreç planlaması

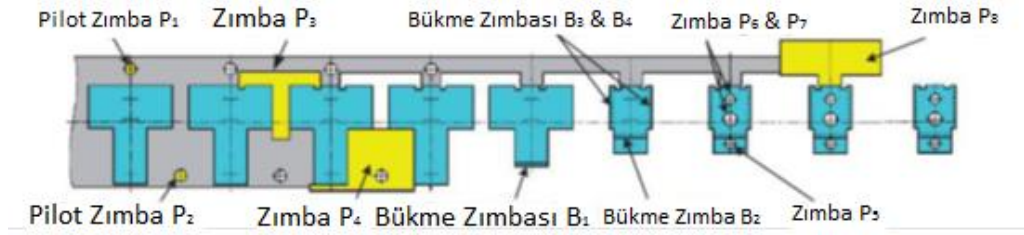


Şekil 12. Dairesel bir açınım

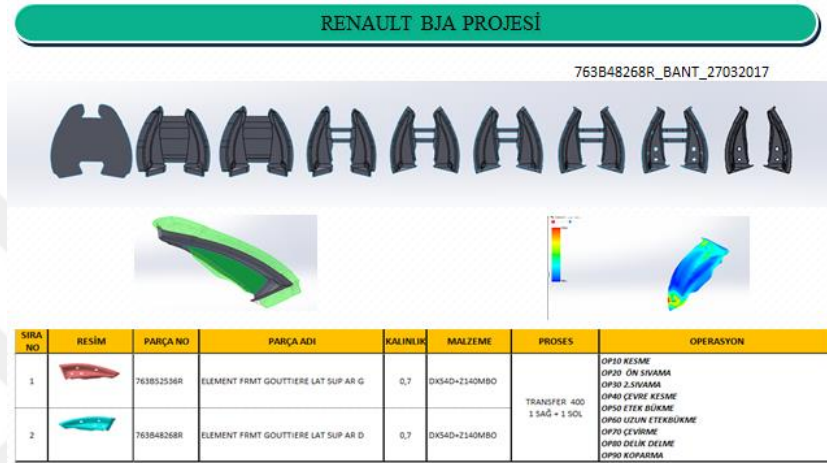
Şekillendirme ve özellikle çekme prosesleri genellikle ayrı ayrı planlanır, çünkü Şekil 8.'de gösterildiği gibi kesme ve bükülmenin aksine, çekme işlemi tüm işlenmemiş parça üzerinde büyük bir deformasyona neden olur. Çizim sürecinde kırışıklık ve yırtılma gibi bazı kusurlardan kaçınılmalıdır. Bu süreç için etkili faktörler araştırmacılar tarafından incelenmiştir ve yüksek mukavemetli çelik levhalar için delik delme [13], delik flanşlama [14] [15] gibi çalışmalar yayınlanmıştır.

2.2.3 Bant Tasarımı

Açınım ve proses planlamasının sonucu bant düzenlenir. Şekil 10 kesme ve bükme işlemleri içeren bir ürün için tipik bir bant tasarımı gösterilmektedir. Kesme işlemleri ilk birkaç istasyonda yapıldıktan sonra bükme işlemlerine geçer. Bazı zımbalar, istasyon sayısını azaltmak için birleştirilir. Ve ilk istasyonda pilot delikler üretiliyor. Pilotlama (Klavuz) sistemi bölüm 2.3'te ele alınacaktır.



Şekil 13. Tipik bir progresif kalıp ürününün şerit yerleşimi

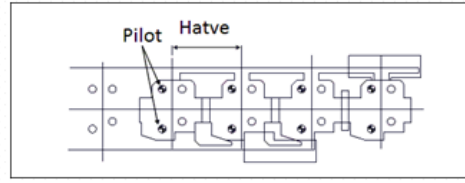


Şekil 14. Bant Tasarımı ve Proses Dizilimi

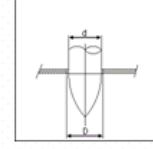
2.3 Pilot uygulama

Pilot sistemi progresif ve transfer kalıp tasarımları için önemlidir. Birden fazla istasyon için, şerit ve boşluk doğru konumda olmalıdır. Bu, ürünün kalitesi için çok önemlidir. Bunu başarmak için genellikle pilot deliklere ihtiyaç vardır.

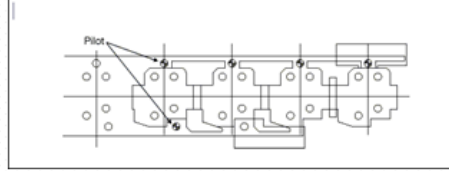
Genellikle progresif ve transfer kalıplarında üç çeşit pilot vardır (Doğrudan, dolaylı ve yarı doğrudan). Direkt pilot olarak kullanılan uygulama, pilot amaçlı doğrudan ürün deliklerini kullanmaktır. Dolaylı olarak kullanılanlar ise merkezleme için boş alanın dışında bırakılan deliklerden oluşmaktadır. Ve yarı doğrudan pilotluk, parçanın dairesel olmayan bir deliğinde dairesel bir alan bulmak, merkezleme alanı için delikler oluşturmak ve pilotluk görevinden sonra dairesel olmayan deliği parçadan koparmak. (örn. Son istasyonda).



Doğrudan pilot (firesiz ancak delik deforme olabilir. Alüminyum/Bakır)



İki çap arasındaki fark, yüksek hassasiyetli ürünleri keserken yaklaşık 0,02 Sıradan hassas ürünler için yaklaşık 0,04 olmalıdır.

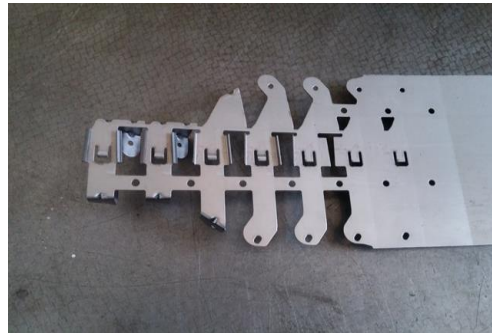


Dolaylı pilot

Şekil 15. Doğrudan ve Dolaylı Pilotlama

2.3.1 Pilot Delik Tasarımı

Pilot (merkezleme) sistemin tasarımı nispeten basit bir iştir. Şerit yerleşimi iyi yapıldığında, hurda alanı sınırlandırılmalıdır. Hurda alanının sınırlandırılması ile dolaylı pilotluk için çok fazla seçenek olmayacaktır. Doğrudan veya yarı direkt pilotluk için, seçenekler ayrıca parça geometrisi nedeniyle sınırlıdır. Bu nedenle, açınım ve bant düzeni ile ilgili bazı araştırmalar da pilot sistemi tasarımına odaklanmıştır. Ghatrehnaby'nin boş yerleşim yönteminde [16], pilot bölüm her üç stratejiyi de (doğrudan, yarı doğrudan, dolaylı pilot) karşılaştırarak yapılır ve en az hurdaya sahip olanı seçer, hurda miktarı aynı ise ürünün aşınmasını azaltmak için dolaylı pilot tercih edilir. Kumar, S vd. [10] şerit yerleşim tasarımı için kendi sistemlerinde pilot sistemi de düşündü, ancak yöntemleri yalnızca doğrudan pilotluğu değerlendirdi.

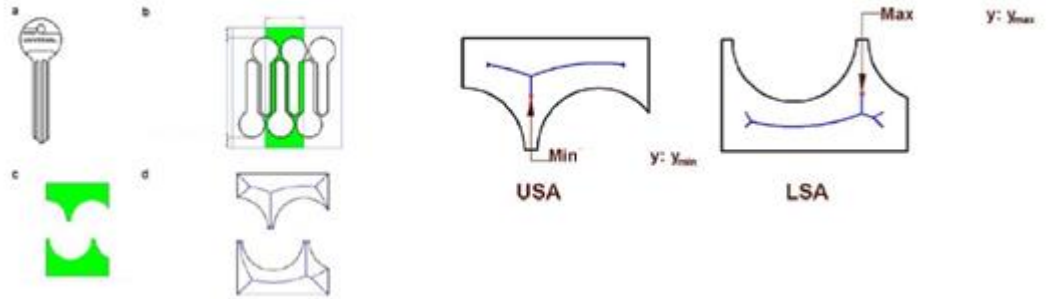


Şekil 16. Bant Tasarımı ve Proses Dizilimi

Pilot delik tasarımı için doğru bir matematiksel çözüm elde etmek için, Ghatrehnaby, M et al. [17] pilot delikleri otomatik olarak tasarlayan medial eksen dönüşümüne (MAT) dayalı bir yöntem geliştirdiler. Model, yarı doğrudan ve dolaylı pilotlar için en iyi konumu bulmak amacıyla parça geometrisini analiz eder. Parçanın şekli MAT ile tarif edilir ve üç tip pilot delik matematiksel olarak doğru bir şekilde hesaplanabilir. Medial axis transform (MAT)

Şekil 11. ve Şekil 12., MAT yönteminin dolaylı pilot delikleri nasıl tasarladığını göstermektedir. Üst ve alt hurda alanına MAT uygulanarak, MAT eksen sunumları oluşturulabilir. Minimum pilot delik yarıçapı eşiği ayarlandıktan sonra, ardından MAT sunumunun geçerli kısmı elde edilebilir (Şekil 10). Son olarak, pilot deliklerin merkezi, üst hurda alanında (USA) minimum Y değerine ve alt hurda alanında (LSA) maksimum Y değerine sahip olan noktalar olarak seçilmiştir, bu da şerit genişliğinde minimum artışa neden olacaktır.

USA üst hurda alanı / LSA alt hurda alanı



Şekil 17. MAT düzen belirlemesi

Şekil 18. MAT'dan pilot delikleri çözme

(a) Örnek bir iş parçası.

USA'de minimum Y değeri

(b) Bant şablonu.

LSA'daki maksimum Y değeri

(c) USA ve LSA için medial eksen

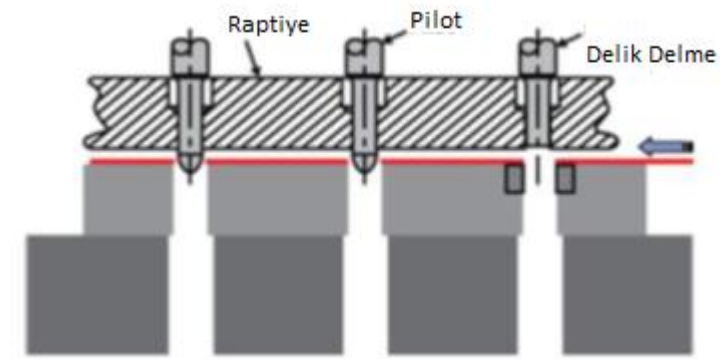
USA'de minimum Y değeri ve LSA'da maksimum Y değeri olan noktalar şerit genişliğinde minimum artışla sonuçlanır.

MAT yönteminin bir dezavantajı, bilgisayarın geometrik yeteneği için yüksek gereksinim gerektirir. Bazı karmaşık kenarlar için, medial eksenin matematiksel formu karmaşık ve çözülmesi çok zor olabilir. Moghaddam, M.J ve diğ. [18], pilot sistem tasarımı için başka bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemin en önemli özelliği, delik merkezlerinin koordinatlara çevrilmesidir. Bu nedenle, modelleme yazılımının geometrik yeteneği belirleyici faktör olmadığından, hesaplama süresi azaltılabilir.

Bu yöntem piksellerin boyutu ile sınırlıdır ve en büyük sapma bir piksel uzunluğu olacaktır. Algoritmanın uygulanması kolay olsa da, piksellerin boyutunu küçültmek hesaplama miktarını artıracaktır.

2.3.2 Pilot Delik Kullanımı

Yüksek hassasiyet pilot sisteminin hedefidir, çünkü besleme hassasiyeti doğrudan ürün kalitesiyle ilgilidir. Vallance, R.R [19], pilot sistemlerinde potansiyel hataları dikkate alan pilot delikler arasındaki hatve mesafesini tahmin etmek için analitik bir model geliştirmişlerdir. Pilot pim ile ilgili aletler ve delikler arasındaki boşlukların yanı sıra yeni bir pilot deliği delerken oluşan hatalardan kaynaklanabileceği sonucuna vardılar.



Şekil 19. Doğru Çıkarma Prosedürü

Çevrim süresini azaltmak ve verimliliği artırmak için pilot sistemin çabukluğu da aynı derecede önemlidir. Art Hedrick [20] pilot sistemdeki prosedürü incelemiş, boş veya şerit bir istasyona girerken, pilot pim pilot deliğine girmeden önce besleyici parçayı serbest bırakmalıdır. Ancak, besleyici parçayı çok erken serbest bırakırsa, şeridi yerinden çıkarabilir. Art Hedrick daha sonra uygun bir bırakma prosedürü önerdi (Şekil 13). Besleme bırakma, pilot pimin mermi burnu kısmen pilot deliğe girecek şekilde zamanlanmalıdır. Bu nedenle, parça serbest bırakıldığında, kontrolden çıkmayacaktır. Böylece, sadece besleme hızının artarmasıyla birlikte, aynı zamanda pilot pim aşınması da azaltılabilir.

2.4 Kinematik

Önceki bölümlerde bazı kinematik konular ele alınmıştır. Ancak kalıp sistemlerindeki kinematik, hareketin ve ondan doğan hız ve ivmenin anlaşılmasıyla kavranabilir. Örneğin, zımba ve kalıbın moment dengelemesi veya şerit yerleşim tasarımı ile parça bırakma zamanlaması arasındaki pilot delik kullanımı. Progresif ve transfer kalıbının kinematiğinde damgalama hızı, bant, boşluk besleme hızı, çarpışmadan kaçınma, hareket özellikleri ve doğruluk gibi kinematiklerle ilgili başka konular da vardır. Kinematik, hareketi, sebep ve tesirlerini gözönüne almadan inceleyen mekaniğin bir bölümüdür.

2.4.1 Açınım Besleme ve Çarpışma Önleme

Yüksek Hızlı Besleme, bant besleme hızı ve baskı hızı doğrudan üretkenlikle ilgilidir. Besleme hızı için Al Lochtefeld [21] yüksek hızlı beslemede kavrama kuvveti, sürtünme katsayısı ve atalet gibi çeşitli faktörleri göstermiştir. Bununla birlikte, üreticiler 1000-SPM servo tahrikli beslemeler veya 2000-SPM kam tahrikli beslemeler ile yüksek hızlı üretim hatları sağlayabilmelerine rağmen, çalışma hızı aslında besleme hızı yerine bant hızı ile sınırlıdır.

Baskı hızı için Osakada, K ve ark. [22] mekanik servo pres teknolojisini inceledi. Otomotiv endüstrisinde parlak beklentileri olan Mekanik servo presin, mekanik presin (yüksek hız, doğruluk ve güvenilirlik) ve hidrolik presin (esneklik, kontrol edilebilirlik) avantajlarını birleştirdiğini gösterdiler.

Progresif kalıpta şerit beslemeye benzer şekilde, açınım tutma ve açınım aktarımın transfer kalıp sistem, üzerinde de büyük etkisi vardır.

Yagami, T [23], derin çekme işleminde kırışmayı azaltmak için baskı plakası hareketini ve aynı zamanda tutma kuvvetini kontrol etmek için de bir algoritma önermişlerdir. Ming-Chang Yang [24], transfer kalıbında transfer sırasında darbe gücünü azaltabilen ve transfer hızını artırabilen kam sistemleri için modifiye edilmiş bir tasarım geliştirmiştir. Boş tutucu üzerindeki bu çalışmalar, sadece belirli bir görev veya belirli parçalar için çalıştıkları için ortak kusurlara sahiptir.

Progresif ve Transfer kalıp sistemlerinde çarpışmayı önlemenin birçok yolu vardır. İlk olarak, besleme sisteminin doğruluğunun artırılması bir yol olabilir, çünkü birçok çarpışma yanlış beslemeden kaynaklanmaktadır. Gelişmiş pilot sistemi ve şerit tasarımı (örn. Hatve çentiği) faydalı olabilir. İkinci yaklaşım sensörleri kullanmaktır. Kate Bachman [25], dört sensör (yanlış besleme sensörü, aşırı besleme sensörü, kısmi çıkış sensörü ve sıyrıcı sensörü) sokarak, kalıp kazası olasılığının büyük ölçüde azaltılabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, bu yöntemin maliyetli olduğu düşünülebilir.

Günümüz endüstrisinde giderek daha önemli hale gelen üçüncü yol, süreçleri sanal olarak simüle etmektir. Üretim başlamadan önce potansiyel çarpışmaların ortaya çıkarılması çok fazla iş ve maliyet tasarrufu sağlayabilir ve duruş sürelerini azaltabilir [26].

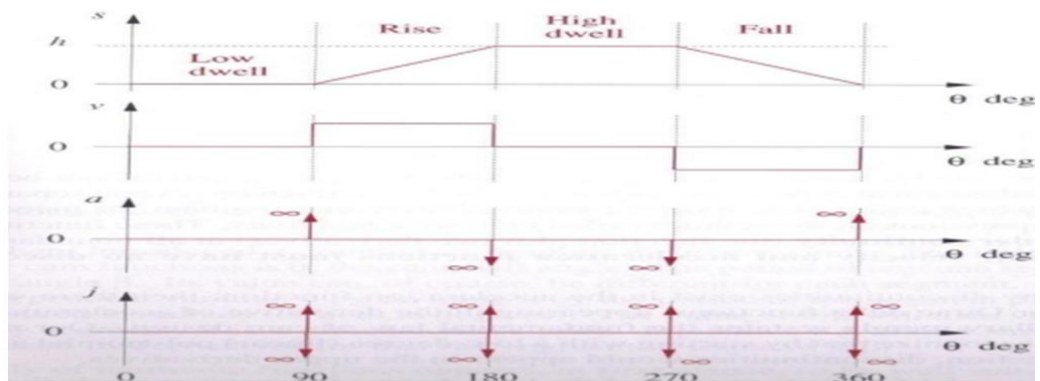
2.4.2 Hareket Simülasyonu

Üretimdeki kalıbının baskı işleminin sanal olarak simüle edilmesi pratikte çok faydalı hale gelmiştir. Günümüz endüstrisinde, Bilgisayar Destekli Tasarım yaygın olarak kullanılmaktadır, tüm tasarım özellikleri parça ve montaj dosyalarında saklanmaktadır. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) yazılımı ile baskı işlemi simülasyonu tasarımdan hemen sonra yapılabilir. Tasarımcılar bileşenlerin nasıl hareket edeceğini ve etkileşime gireceğini görebilir, ayrıca yazılım tarafından sağlanan güçlü araçları kullanarak etkileşimleri analiz edebilirler. Bu yöntem günümüz endüstrisinde giderek daha fazla tercih edilmektedir.

2.4.3 Kam Hareketi

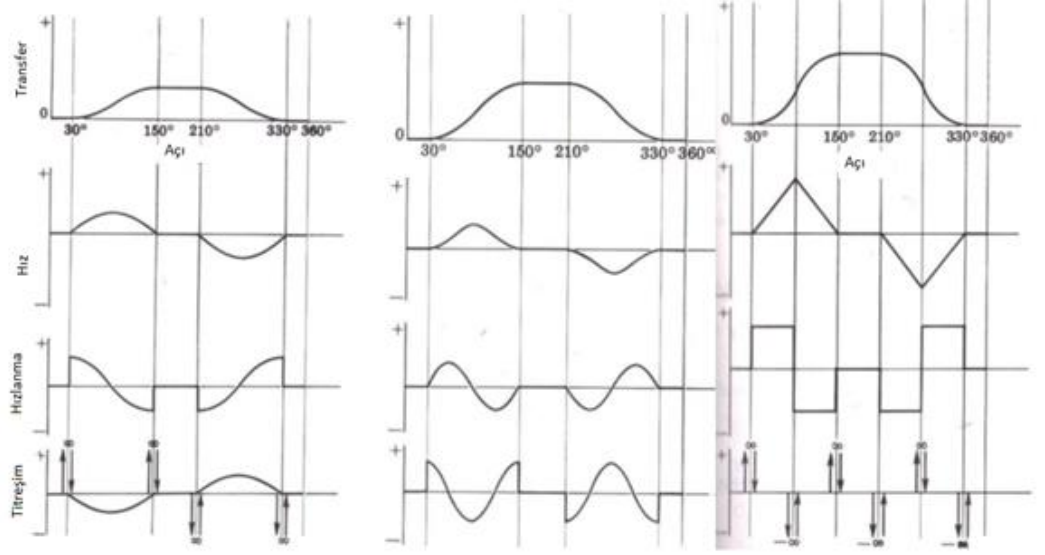
Önceki içeriklerde ele alındığı gibi, preste gerekli hareketleri elde etmenin birden fazla yolu vardır. Bununla birlikte, hidrolik veya servo presler yüksek hız veya stabilite elde edebilse de, hareket eğrileri hala geleneksel kam hareketini takip etmektedir. Sonuçta, presin koçu bir boyutta yukarı ve aşağı hareket ediyor, bu nedenle teorik olarak basitçe tanımlanabilir. Hareketinin özellikleri matematiksel olarak çözülebilir.

Kam hareket karakteristiklerini analiz etmek için genellikle SVAJ diyagramı kullanılır. S yer değiştirme iken, V, A ve J birinci ila üçüncü türevidir. Yani V hız, A ivmedir ve J sarsıntıdır. Düzgün Hareket kamının tipik bir SVAJ diyagramı Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 20. Düzgün Hareket SVAJ Diyagramı

SVAJ diyagramının homojen hareketin iyi bir kam tasarımı olmadığını göstermesi çok kolaydır. Hız süreksizliklere sahiptir, hızlanma ve sarsıntı belirli derecelerde sonsuz değerdedir. Bu nedenle, bu tasarım gerçekte nadiren kullanılır. Daha iyi özelliklere sahip birkaç mevcut kam hareketi vardır. Bunlar Şekil 15'de gösterilmektedir.



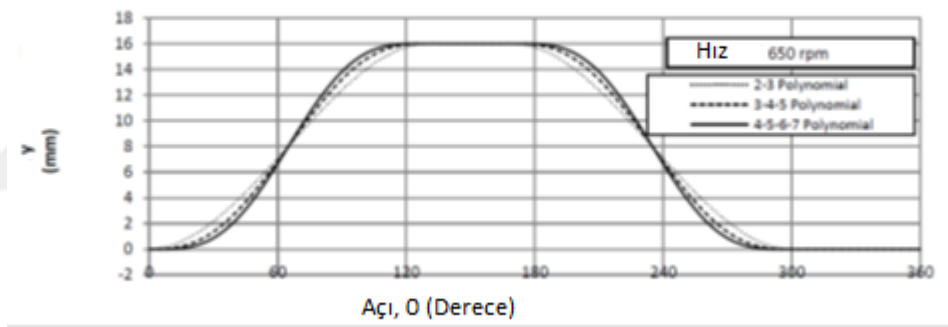
Şekil 21. Basit Harmonik (sol), Sikloidal (orta) ve Parabolik (sağ)
Kam Hareketi SVAJ Diyagramı

Norton, Robert L. [26] kam hareketinde önceki çalışmaları ve deneysel sonuçları özetledikten sonra iyi bir kam fonksiyonunun SVAJ diyagramında sürekli olması ve dolayısıyla Sarsıntı diyagramında sonlu olması gerektiğini belirtmiştir. Waldron, Kenneth J. [28] ayrıca sistemde titreşime neden olabileceğinden sonsuz bir sarsıntı önlenmelidir. Yukarıdaki kurala dayanarak, Şekil 13'e göre, Basit Harmonik hareket ($s = \frac{h}{2} - \frac{h}{2} \cos(\theta)$) ve Parabolik hareket ($s = c\theta^2$) sonsuz sarsıntıya neden olur, bu nedenle kabul edilemezler. Sikloidal hareket ($s = h \left(\frac{\theta}{a} \right) - \left(\frac{h}{2\pi} \right) \sin\left(\frac{2\pi\theta}{a} \right)$) kabul edilebilir bir tasarım hareketidir.

Modified Trapezoidal, Modified Sine gibi yukarıdaki kuralları yerine getiren bazı iyi kam hareketleri vardır, ancak günümüz endüstrisinde daha sık kullanılanlar Polinom Hareketidir.

$$s = c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + c_4x^4 + \dots + c_nx^n$$

Denklemden, polinom hareketinin çeşitli avantajları olduğu bulunabilir. Katsayıların verilen sınır koşullarından çözülmesi kolaydır, bu arada verilen katsayılardan türevlerin hesaplanması kolaydır. Bu nedenle, polinom eğrisi, hareket için daha katı kuralları işlemek için çok yönlüdür. 5. dereceden bir polinom hareketinin sürekli bir SVAJ diyagramı ve sonlu sarsıntı diyagramı olabilir. Dahası, 7. dereceden bir polinom hareketinin sürekli bir SVAJ diyagramı bile olabilir.



Şekil 22. Çeşitli polinom kam profilleri için takipçi hareketi

Kiran ve diğ. [29] 3. dereceden 7. dereceye kadar çoklu polinom kam profilleri üzerinde çalışmışlardır. Ve 2-3 polinom kam profilinin hızlanmada süreksiz olduğu sonucuna varmıştır. 4-5-6-7 polinom kam profili düzgün sarsıntı özelliğine sahiptir, ancak açılma süresi küçülür ve tepe hızı daha yüksektir, bu da kinetik enerji tüketiminin daha yüksek olduğu anlamına gelir. 3-4-5 polinom eğrisi iyi SVAJ özelliği gösterir ve diğer polinom eğrileri arasında genel bir avantaj gösterir.

2.5 Diğer Yaklaşımlar

Kalıp malzemesi, Zimba vb. gibi faktörlerde önemlidir. Kumar,[30] kademeli kalıp bileşenleri için malzeme seçimi konusunda bir sistem önermişlerdir, ancak baskı hızını dikkate almamışlardır. Delme hızı yükseldiğinde, salınım problemi daha şiddetli hale gelir. Hirsch, [31] çelik yerine iki hafif metal (Al, Mg) plaka malzemesi olarak denediler. Deneysel sonuç hafif metalin salınım etkisini azaltabildiğini göstermektedir. Ancak şüphelenilen hafif metalin dayanıklılığını göstermediler.

Sıcak baskı son zamanlarda popüler bir araştırma konusu olmuştur. Östenit'e ısıtıldığında, çelik daha iyi şekillendirilebilirliğe sahip olacak ve martensite için şekillendirme ve söndürme ile ürün ultra yüksek mukavemete sahip olacaktır. Bu teknolojinin çok iyi beklentileri var. Ancak mevcut ısıtma yöntemleri aynı anda ısıtma hızı ve homojenliğini sağlayamaz [32].

2.6 Yorumlar

Yukarıdaki literatür taramasının da gösterdiği gibi, sac metal şekillendirme birçok açıdan önemli bir üretim süreci haline gelmiştir. Progresif ve transfer kalıp sistemleri, yüksek otomasyonlu sistemler olarak, günümüz endüstrisinde giderek daha popüler hale gelmiştir. Ancak, Progresif ve Transfer kalıp tesisleri genellikle karmaşık ve pahalıdır, işletme maliyeti de önemli bir konudur. Bu nedenle üreticiler işletme maliyetini düşürerek ve verimliliği artırarak progresif ve transfer kalıbı üretim hatları üzerinde araştırmalar yapmaktadırlar. Açınım ve Bant düzenini iyileştirmek için birçok araştırma yapılmaya devam edilmektedir, böylece malzeme maliyeti (hurda alanı) azaltılabilir. Ayrıca, iyi bir açınım kurgusu daha iyi operasyon sırası planlamasına yol açacaktır.

Operasyonları farklı kategorilere bölerek ve bunları çeşitli faktörlere (bilgi, deneyim, kullanıcı niyeti vb.) göre düzenleyerek, optimum operasyon oluşturulabilir.

Pilot sistemi ürün kalitesini büyük ölçüde etkiler ve dikkatle tasarlanmalıdır. Doğrudan pilot uygulaması, pilot delikler için ürün deliklerini kullanmaktır, tasarımı kolaydır, ancak ürün üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Dolaylı pilot sistemi, pilotluk için boş alanın dışında delikler oluşturmaktır, ancak ek bir hurda alanına neden olabilir. Yarı direkt pilot sistemi, pilotluk alanında geçici delikler oluşturur ve pilotluk görevi tamamlandıktan sonra dairesel olmayan deliği koparır. Ürün geometrisi için yüksek gereksinimler nedeniyle kullanımı çok sınırlıdır.

Yukarıdaki sorunlardan bazıları kinematik sorunu zaten dikkate almıştır. Yine de bu kategoride başka sorunlar da vardır. Mevcut endüstride, CAD yazılımının popülerleştirilmesi ile tasarımcılar tasarımlarını 3D olarak gösterebilir ve hareketleri sanal olarak simüle edebilir. Bu, “kötü” bir tasarımı gözlemlene ve kalıp üretilmeden önce sorunları çözme olasılığını artırır.

Progresif ve transfer kalıbı ile ilgili araştırmaların çoğunun progresif kalıba odaklandığı görülmüştür. Bununla birlikte, transfer kalıbı günümüz otomotiv üretiminde daha sık kullanılmaktadır, çünkü bu alanda ürün geometrisi daha karmaşıktır ve hurda alanının kontrol edilmesi daha zordur. Transfer kalıbı üzerindeki araştırmalar çok sınırlıdır.

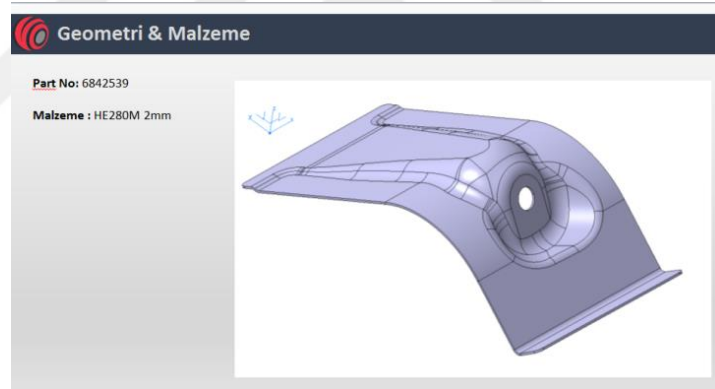
Ayrıca, mevcut araştırmanın çoğunluğu tasarım üzerine odaklanmıştır. Ancak, uygulama veya üretim aşaması araştırmacılar arasında yeterince dikkat çekmemiştir.

Kinematik konusundaki araştırmalar oldukça dağınıktır. Profesyonel CAD yazılımı bile ayrıntılı çözümler sunmaz. Önerilen sistem transfer kalıbına odaklanacaktır, ancak progresif kalıba kolayca genişletilebilir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, Otomotiv sektöründe kullanılan 767K44821R parçası için imalat prosesi incelenmiştir. Bundan önceki yıllarda benzer parçalar için tandem kalıpları kullanılmıştır. Ancak otomotiv sektöründe yüksek sipariş adetleri ve ürün kalitesindeki standardizasyonu yakalıya bilmek için transfer sistemi tasarımına ihtiyaç duyulmuştur. Proses operasyonları için şekillendirme çalışmaları incelenecektir.

767K44821R COUPELLE parça üretiminde kullanılacak yüksek hassasiyetli kalıp ve üretim hattı tasarımında sonlu elemanlar ve verimlilik analizi için Autoform simülasyonu kullanılmıştır. Ayrıca Transfer kalıp teknolojisinde besleme mekanizması sistemi ile iş parçasını bir sonraki istasyona aktarmak için alüminyum taşıyıcı kolların kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 23. 767K44821R Coupelle 3D Katı Model

Bu iş parçası otomobilde amortisör grubunda kullanılır ve kullanılan malzeme galvanizli, kalitesi HE280M ve sac kalınlığı 2.00 mm'dir. Sonlu eleman ile yapılan simülasyonlar sonrası, kalıp tasarımının iş parçasına zarar vermeden üretiminin yapılabileceği görülmüştür.

Bu iş parçası için imalat prosesi ve Proses operasyonları için şekillendirme çalışmaları incelenecektir.

Parçanın Geometri ve Malzeme, Genel Proses Kurgusu, Şekillendirilebilirlik (sonlu elemanlar), derin sıvama sonrası yüzeydeki incelme yüzdesi (%) ve hesaplamaları yapılacaktır.

Sonra ki adımda kalıp tasarım süreci ve matematiksel hesaplamalar yapılacaktır. İlk numune denemelerinde, sonucun kalıp üzerinde küçük bir ayarlama yaparak tasarıma benzer olduğu görülmüştür.

Ancak derin sıvamada çekmeler nedeni ile yırtılmalar oluşmuş ve form verme operasyonu sonrası saç kalınlığında tolerans dışı incelemeler görülmüştür.

Muayene sonuçlarına göre sonlu elemanlar AUTOFORM programı üzerinde tekrar kurgulanmıştır. Numune üretimde çıkan parçanın boyutu ve sınırı kabul edilebilir ve CMM(LAZER) ölçüm sonuçları % 97,2 doğruluk da olduğu saptanabilmektedir. Sonuç olarak, şirket gerçek seri üretim kalıplarında zamanı, maliyeti ve hata riski azaltabilir.

Yapılan tasarımların doğrulanması kritik öneme sahiptir. Araştırmamızda tasarım kurgusunda aşağıdaki maddeler incelenecektir.

- Geometri ve Malzeme
- Genel Proses Kurgusu
- Operasyon İncelenmesi
 - Kurgu
 - Şekillendirilebilirlik
 - İncelme Yüzdesi (%)

Bu çalışmada transfer sistemi, Solidworks, Autoform ve LogoPress Programları kullanılarak bilgisayar ortamında simule edilmiştir. Logopress ile parçanın açınımı ve bant tasarımı yapılmıştır. Daha sonrasında Transfer kalıp seti solidworks programında 3D modele dönüştülüp, sonrasında AoutoForm programı ile simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır.

3.1. Geometri ve Malzeme

Bu iş parçası otomobilde amortisör grubunda kullanılır ve kullanılan malzemeni kalitesi Galvanizli HE280M ve kalınlığı 2.00 mm 'dir.

Özellikler	Ceq	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	Mo	Cr
	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.
HE 280M	0,28	0,10	0,80	0,03	0,050	0,025	0,015-0,080	0,020	0,020	0,020	-	-

Tablo 1. HE280M Özellikleri

Malzeme Kodu	Yapısal Özelliği
HE 280M	Ferritik Matris + Bainit Mikroyapı
HE 320M	
HE 450M	

Tablo 2. HE280M, HE320M, HE450M Isıl İşlem Özellikleri

Kalınlık			Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
(mm)	Çap (mm)		XE280P ou D, XE 320P ou D	XE 360B,	XE 450B, XE 450T
	Ortalama	XE280P	XE 300B, XE 360D, HE280M	HE 450M	HE 620M, HE 660M
		& XE660B	HE320M, HE 400M, HE 440D		HE 830M, XE 660B, XE 900B
2,00	6,0	11,33	13,85	18,89	24,55

Tablo 3. HE280M Isıl İşlem Özellikleri

Malzeme	Rp 0,2 min. (MPa)	Rp 0,2 max. (MPa)	Rp0,2/Rm max.	Rm min. (MPa)	Rm* max. (MPa)	A% min. e < 3	A% min. e ≥ 3	n min. e < 3
HE 280M	280	340	0,81	370	440	26	30	0,16

Tablo 4. HE280M Mekanik Özellikleri

Mekanik özellikler uzun vadede ölçülür.

ISO 20 X 80 test tüpü - Lo = 3 mm'den az kalınlıklar için EN 10002'ye göre 80 mm. 3 mm veya daha büyük kalınlıklar için EN 10002 standardında tanımlandığı gibi "oransal" test tüpü kullanıldı.

- n: aşağıdakiler arasında ISO 10 275'e göre ölçülen iş sertleştirme katsayısı:

Rp 0.2 maks. 550 MPa'ya eşit veya daha az olan malzemeler için geleneksel eğri üzerinde % 8 boyuna uzama ve uzama Ag% olarak ölçülmüştür.

Rp 0.2 maks. 550 MPa'dan büyük olan malzemeler için geleneksel eğri üzerinde % 4 boyuna uzama ve uzama Ag% olarak ölçülmüştür.

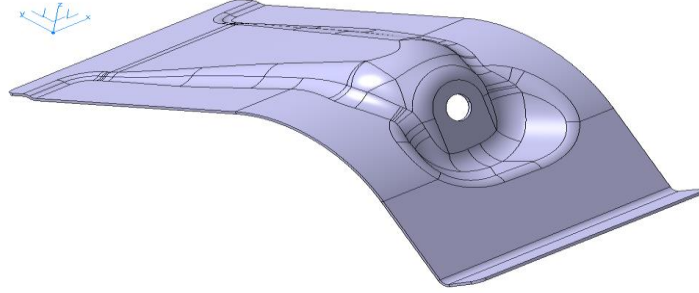
- r: Ag% 'de ISO 10 113 standardına göre ölçülen plastik anizotropi katsayısı.

- Bir akma noktası durumunda, elastik limiti veren yatağın (REL) değeridir.

Tedarikçi, rulo sacın ilk yağlanmasından itibaren mekanik özelliklerin stabilitesini 6 ay boyunca garanti eder.

3.2.Genel Proses Kurgusu

Transfer kalıbı için ilk adımda üç boyutlu model çizimi yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilecek ürün için üç boyutlu modelleme Catia programında yapılmış, solidworks ile devam edilmiştir.



Şekil 24. 767K44821R 3D Katı Modeli

Transfer presinde iki aşamada ana form verme ve sonradan flanş ve kesmelerin yapıldığı bir metot uygulanmıştır.

Operasyon Sayısı: 6

Ön form

Çekme

1.Çevre Kesme

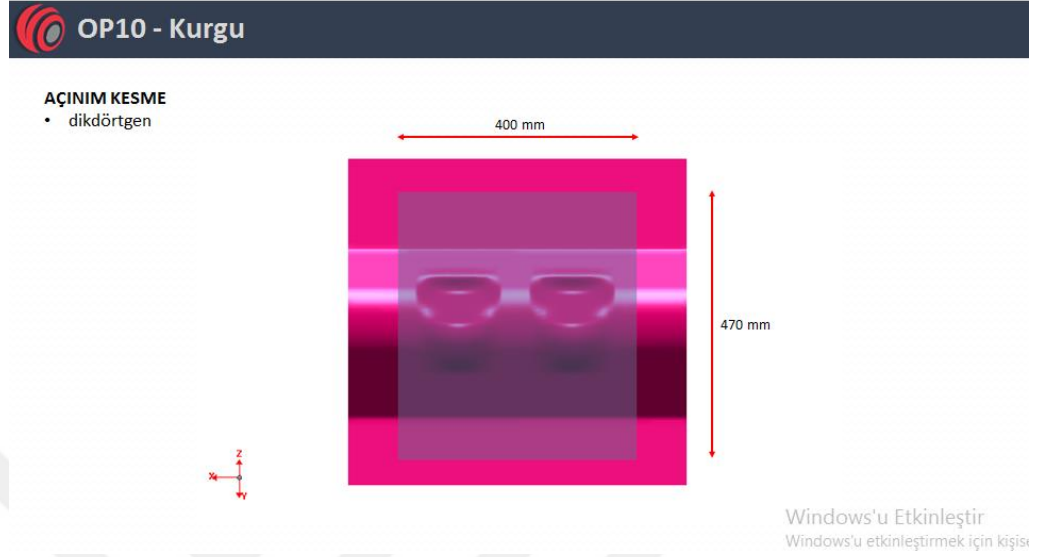
2.Çevre Kesme ve Kamlı Delme

Flanş up ve Down

Ayırma

3.2.1. Açınım Kesme

Açınım olarak dikdörtgen ön besleme öngörülmüştür.



Şekil 25. 767K44821R OP10 Açınım Kurgusu

Bant Hesabı;

İlerleme yönüne göre Ölçü + Kesme Payı

$$\% \text{ Kesme Payı} = (S - S_1) \times 100$$

$$S_{\text{parça}} = \frac{Adım \times B}{n} \text{ (mm}^2\text{)}$$

S: Bant Yüzey alanı (mm²)

S1: Üretilen parçanın yüzey alanı

a: Bant Malzeme İlerleme adımı (mm)

B: Bant Genişliği (mm)

n: bir adımda üretilen parça sayısı

767K44821R parçası için Bant Hesabı

Bant Ölçüsü: 2x412x474

**Kesilecek Kenarların Toplamı SOLİDWORKS programında açınım alınarak hesaplanmıştır.

İlerleme Ölçüsü = 470mm

Fire Her Yönde 4mm

Bant = 470+4 = 474mm

Bant Genişliği = 400mm

Yan Çakı = 2mm

Bant Genişliği = 400+4+4+(2x2) = 412mm

n = 2 (banttta 2 parça çıkıyor.)

$$S = \frac{axB}{n} = \frac{474x412}{2} = 97.644 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = 84.675 \text{ mm}^2$$

Faydalanma Oranı:

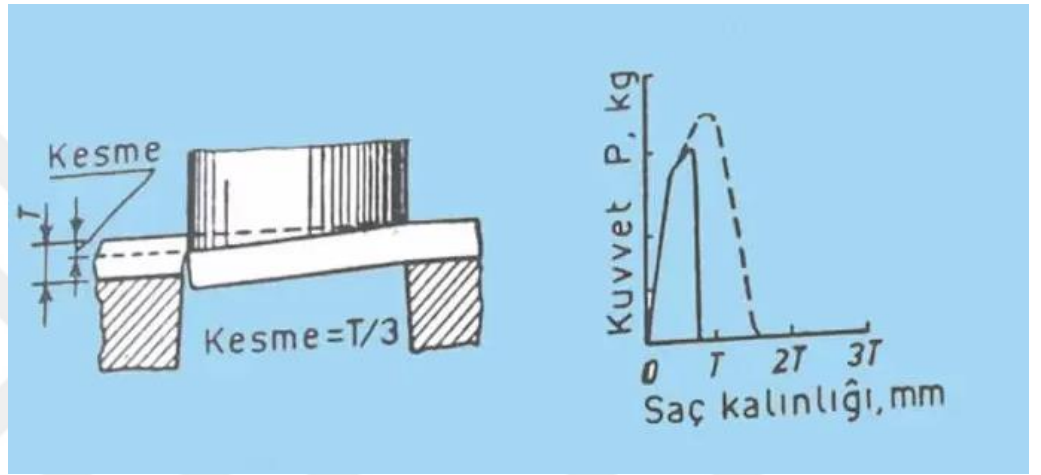
$$\text{Üretim} = (S_1 x 100) / S = (84.675 x 100) / 97.644 = \%86,72$$

$$\text{Kayıp Oran} = \frac{(S - S_1) x 100}{S} = \frac{(97.644 - 84.675) x 100}{97.644} = \%13,28$$

Kesme Kuvveti Hesabı;

Kesme Kuvvetinin bağlı olduğu şartlar.

1. Kesilecek malzemenin cinsine
2. Kesilecek kısımların toplam uzunluğuna
3. Kesilecek Malzemenin Kalınlığına



Şekil 26. Kesme Kuvveti ve Saç Kalınlığı Grafiği

$$P = U \times S \times \tau_b$$

P: Kesme Kuvveti (N)

U: Kesilecek Kenarların Toplamı (mm)

S : Saç Kalınlığı (mm)

τ_b : Kesilecek Malzemenin Kesme Mukavemeti (N/mm^2)

Kalın saçlarda τ_b kesme dayanımı yerine σ_b çekme dayanımı alınarak itme kuvveti hesaba dahil edilir. ($\sigma_b: kg/mm^2$)

$$\tau_b : 0,8 \times \sigma_b$$

Tablonun Kısa özeti

Emniyetle çalışabilmek için τ_b değerleri

Delik zımbası çapı	$\tau_b = \text{kg} / \text{mm}^2$
$D > 2 \text{ S}$	$\tau_b = 0,8 \sigma_b$
$d = (1,6 \dots\dots\dots 2) \text{ S}$	$\tau_b \cong \sigma_b$
$d = (1 \dots\dots\dots 1,6) \text{ S}$	$\tau_b \cong 1,5 \sigma_b$
$d = (0,7 \dots\dots\dots 0,9) \text{ S}$	$\tau_b \cong 2 \sigma_b$

Bazı malzemelerin kesme dayanımları $\tau_b = \text{kg} / \text{mm}^2$

MALZEMELER	$\tau_b = \text{kg} / \text{mm}^2$	
	Sert Olmayan	Sert Olan
Çelik % 0,1 karbonlu	26	32
Çelik % 0,2 karbonlu	32	40
Çelik % 0,3 karbonlu	36	48
Çelik % 0,4 karbonlu	45	55
Çelik % 0,6 karbonlu	55	72

Tablo 5. Hesaplamalarda kullanılan τ_b Değerleri

767K44821R parçası için Kesme Kuvvetinin Bulunması

U: 886mm

Bant Ölçüsü: 2X412X474

****Kesilecek Kenarların Toplamı SOLİDWORKS programında hesaplanmıştır.**

S : 2mm Saç Kalınlığı (mm)

$\sigma_b : 370 \text{ N/mm}^2$ (çekme dayanımı)

$$P = UxSx\tau_b$$

$$\tau_b = 0,8 \times \sigma_b : 0,8 \times 370 : 296 \text{ N/mm}^2$$

$$P = 886 \times 2 \times 296$$

$$P = 524.512 \text{ N (yaklaşık 550TON)}$$

NOT: Müşteride 400TON ve 600TON preslerden 600TON olanı emniyet nedeni ile seçilmiştir.

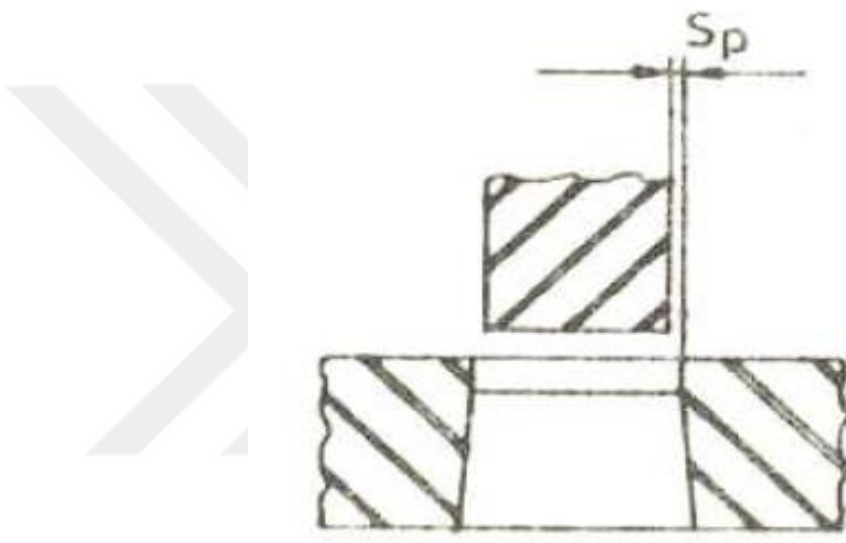
3.00mm kadar olan saçlar için **Kesme Boşluğu Hesabı**

$$S_p = 0,005xSx\sqrt{\tau_b}$$

τ_b : Kesme Mukavemeti (N/mm^2)

S : Saç Kalınlığı (mm)

S_p : Kesme Boşluğu (mm) (tek taraf)



Şekil 27. Kesme Boşluğu Hesabı

767K44821R parçası için Kesme Boşluğunun Bulunması

S : 2mm Saç Kalınlığı (mm)

$$\tau_b = 296 N/mm^2$$

$$S_p = 0,005xSx\sqrt{\tau_b}$$

$$S_p = 0,005x2x\sqrt{296}$$

$$S_p = 0,17 \text{ mm}$$

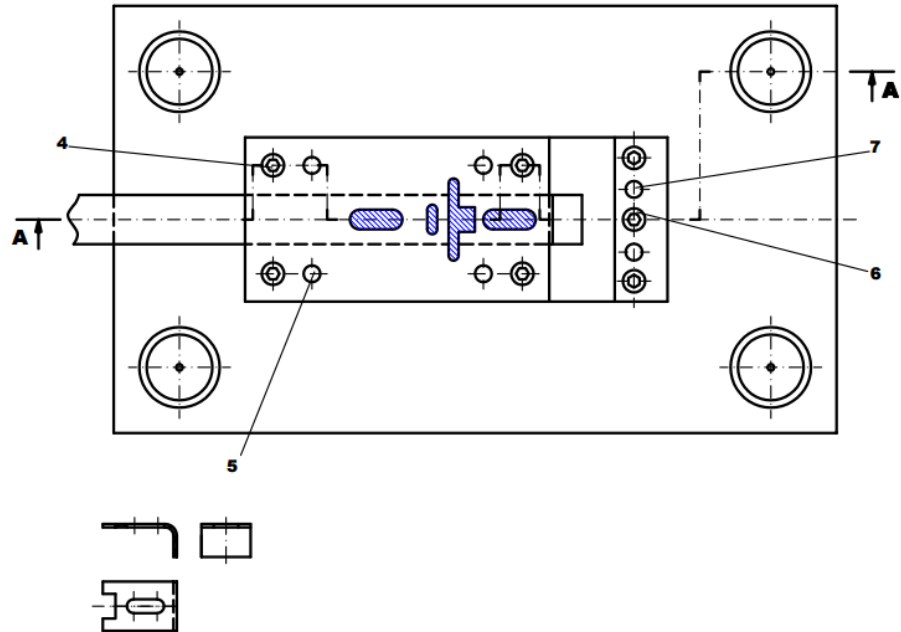
Saplama Merkezi Tespiti

Kesme Kalıbının saplama merkezi yeri, kalıpta kullanılan zımbaların ağırlık merkezleri olarak tespit edilir.

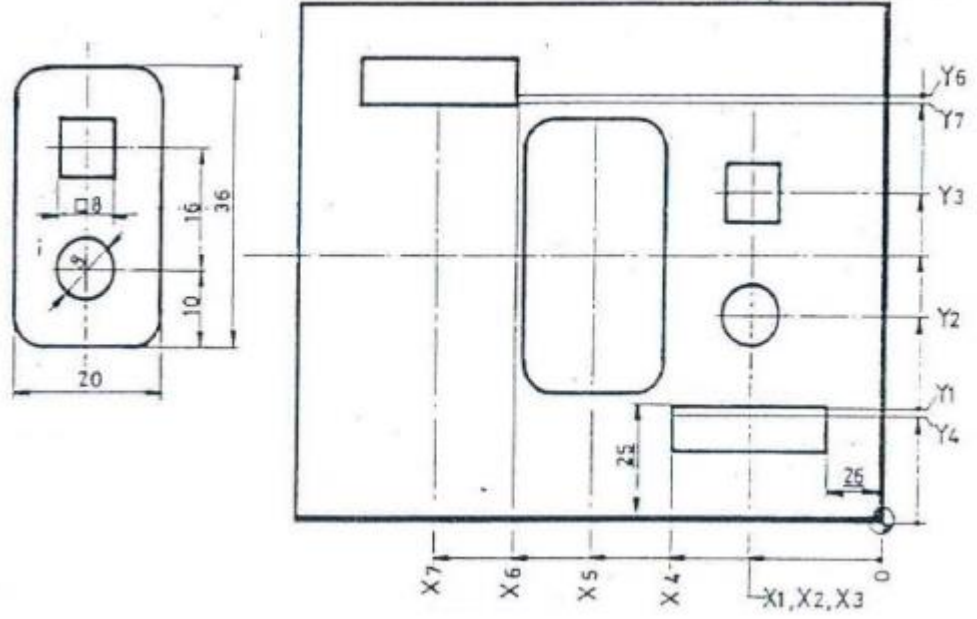
Ağırlık merkezi bulunurken; genellikle dişi kalıbın sol alt köşesi (0,0) noktası alınıp, yatay kenara X eksen ve düşey olan kenara Y eksen denir. Zımba yerleri dişi kalıp üzerinde işaretlenir. Her bir zımbanın çevresi (Ç) ile ağırlık merkezlerinin X ve Y eksenlerindeki mesafeleri işaretlenir. Zımba sapının X ve Y eksen koordinatları (X_s , Y_s) aşağıdaki formüller ile bulunur.

$$X_s = \frac{C_1X_1+C_2X_2+C_3X_3.....}{L_1+L_2+L_3.....}$$

$$Y_s = \frac{C_1Y_1+C_2Y_2+C_3Y_3.....}{L_1+L_2+L_3.....}$$



Şekil 28.a. Kesme Kalıbı 1



Şekil 28.b. Kesme Kalıbı 2

x” ve “y” eksenine orjin “O” noktası belirlendi.

$$C_1 = C_7 = 22\text{mm} \quad C_2 = \pi \times 8 \gg C_2 = 25.12\text{mm} \quad C_3 = 8 \times 4 \gg C_3 = 32\text{mm}$$

$$C_4 = C_6 = 2\text{mm}$$

$$C_5 = [(4 \times 2) \times \pi] + [(36 - 8) \times 2] + [(20 - 8) \times 2] \gg C_5 = 105.12\text{mm}$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = 37 \text{ mm}$$

$$X_4 = 48 \text{ mm}$$

$$X_5 = 59 \text{ mm}$$

$$X_6 = 70 \text{ mm}$$

$$X_7 = 81 \text{ mm}$$

$$Y_1=25 \text{ mm} \quad Y_2=37 \text{ mm}$$

$$Y_3=53 \text{ mm} \quad Y_4=24 \text{ mm}$$

$$Y_5=45 \text{ mm} \quad Y_6=66 \text{ mm}$$

$$Y_7=65 \text{ mm}$$

$$S_x = \frac{C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + C_5 X_5 + C_6 X_6 + C_7 X_7}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7}$$

$$S_x = \frac{(22 \times 37) + (25,12 \times 37) + (32 \times 37) + (2 \times 48) + (105,12 \times 59) + (2 \times 70) + (22 \times 81)}{22 + 25,12 + 32 + 2 + 105,12 + 2 + 22}$$

$$S_x = 53 \text{ mm}$$

Ağırlık merkezi dikkate alınmadığında;

“x” ekseninde başlangıç noktası olarak aynı ekseninde bulunan 3 zımba grubunu sıfır noktası,

“y” yönünde ise 5 kesim grubunu parça eksenini sıfır kabul edilir

$$X_1=X_2=X_3=0 \quad X_1=X_2=X_3=0 \quad C_1 = C_2 = C_3 = 22 + (\pi X_8) = 79,12 \text{ mm}$$

$$X_4=11 \text{ mm} \quad C_4=2 \text{ mm}$$

$$X_5=22 \text{ mm} \quad C_5=105,12 \text{ mm}$$

$$X_6=34 \text{ mm} \quad C_6=2 \text{ mm}$$

$$X_7=44 \text{ mm} \quad C_7=22 \text{ mm}$$

$$S_x = \frac{C_1 X_1 + C_4 X_4 + C_5 X_5 + C_6 X_6 + C_3 X_3}{C_1 + C_4 + C_5 + C_6 + C_3}$$

$$S_x = \frac{(79,12 \times 0) + (2 \times 11) + (105,12 \times 22) + (2 \times 34) + (32 \times 44)}{22 + 2 + 105,12 + 2 + 32}$$

$$S_x = 22,9 \text{ mm}$$

$$C_2 = (\pi \times 8) \text{ mm} = 25,12 \text{ mm} \quad Y_2 = 0 \text{ mm}$$

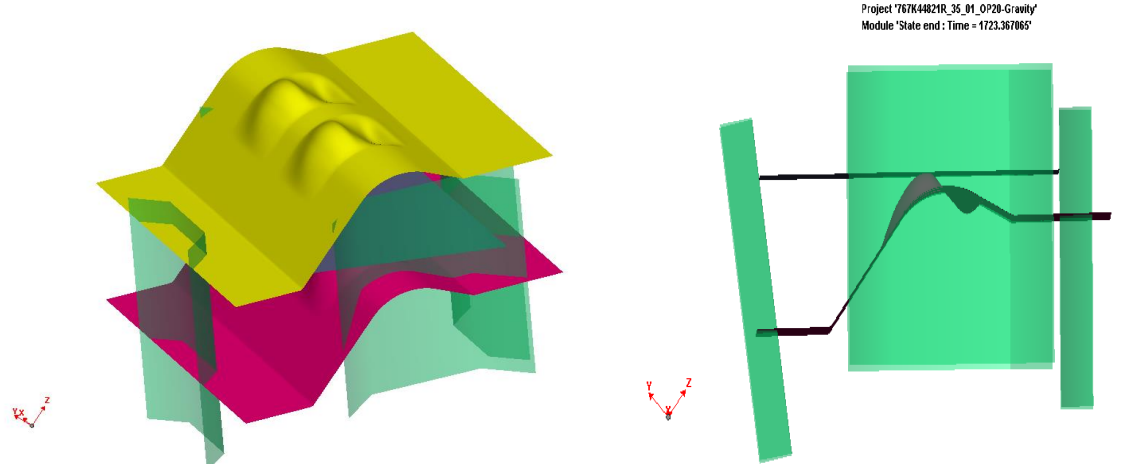
$$C_3 = 32 \text{ mm} \quad Y_3 = 16 \text{ mm}$$

$$S_Y = \frac{C_2 Y_2 + C_3 Y_3}{C_2 + C_3}$$

$$S_Y = \frac{25,12 \times 0 + 32 \times 16}{25,12 + 32}$$

$$S_Y = 8,9 \text{ mm}$$

3.2.2. Ön Form Verme Operasyonu



Şekil 29. Ön Form Verme Operasyonu

Derin Çekme Yüğü Hesabı

$$F = U \times S \times \tau_b \times N$$

F: Derin Çekme Kuvveti (N)

U: Kesilecek Kenarların Toplamı (mm)

S: Saç Kalınlığı (mm)

τ_b : Kesilecek Malzemenin Kesme Dayanımı (N/mm^2)

N: Derin çekme Katsayısı (tablodan)

d= Erkek göbek çapı ($\pi \times d$ çevresi) P1= Erkek göbek çevresi

D= Derin çekme öncesi sac parça çapı P2= Derin çekme öncesi sac parça çevresi

n= Derin çekme katsayısı

d/D $\Rightarrow$ P1/P2	0,55	0,575	0,60	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,80
n	1	0,93	0,86	0,79	0,72	0,60	0,6	0,55	0,50	0,45	0,40

Tablo 6. Hesaplamalarda kullanılan Katsayılar

767K44821R parçası için Derin Çekme kuvvetinin Bulunması

U: 772mm

Bant Ölçüsü: 2x412x474

** Derin Çekme yapılacak yüzey çevresinin Toplamı SOLİDWORKS programında hesaplanmıştır.

S : 2mm Saç Kalınlığı (mm)

$\sigma_b : 370 \text{ N/mm}^2$ (çekme dayanımı)

$\tau_b = 0.8 \times \sigma_b : 0.8 \times 370 : 296 \text{ N/mm}^2$

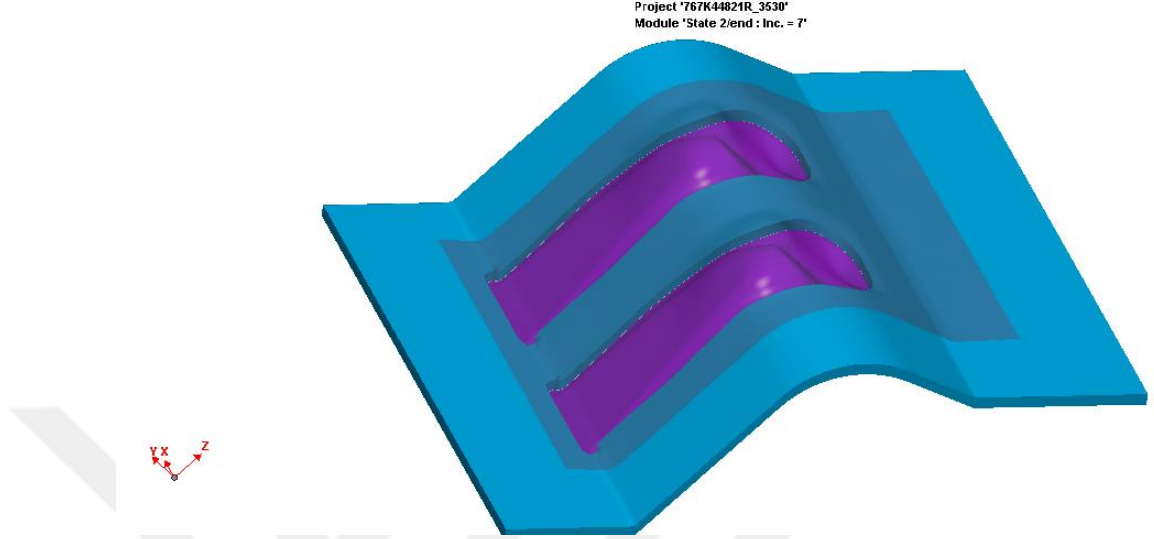
N = P1/P2 : 0.5 (Tablodan N : 0.7 Yaklaşık bulunur)

$F = U \times S \times \tau_b \times N$

$F = 772 \times 2 \times 296 \times 0.7$

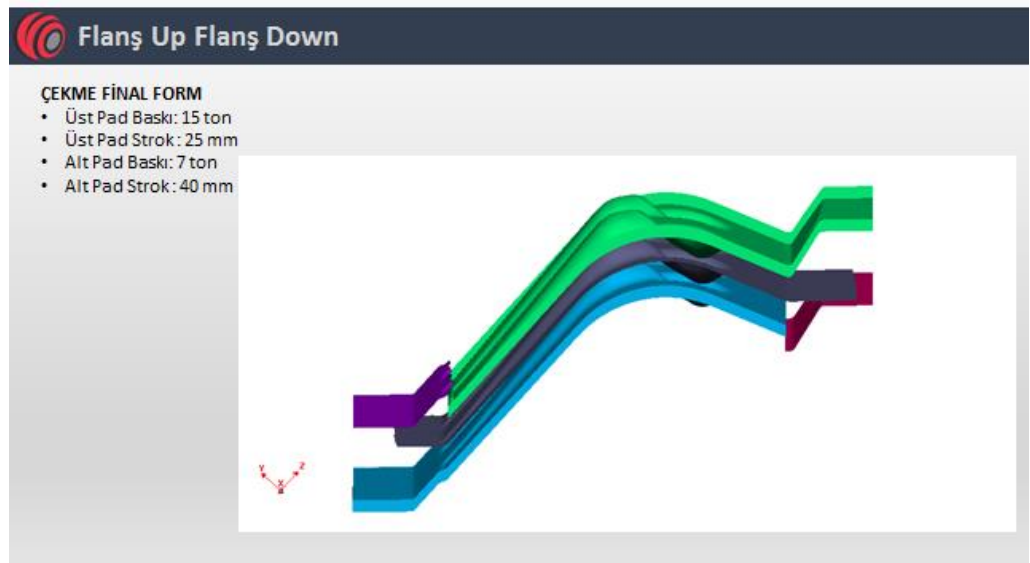
$F = 319.916 \text{ N}$ (350TON yaklaşık hesaplanır)

3.3.3. Çekme Final Form



Şekil 30.a. Final Form Verme

- Pot Baskı: 30 TON
- Pres Kuvveti: 350 TON
- Strok: 40 mm



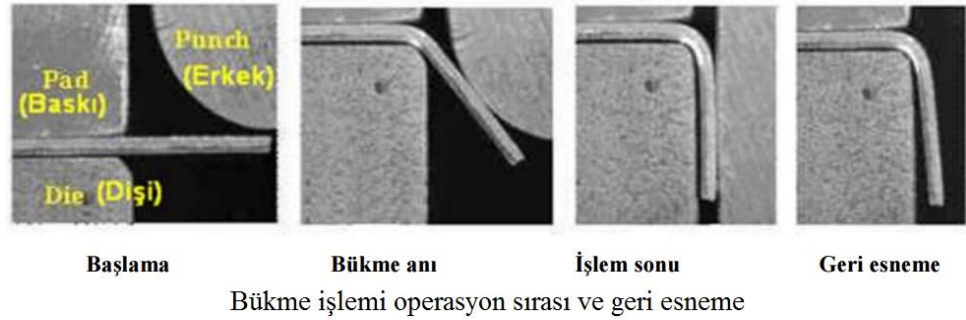
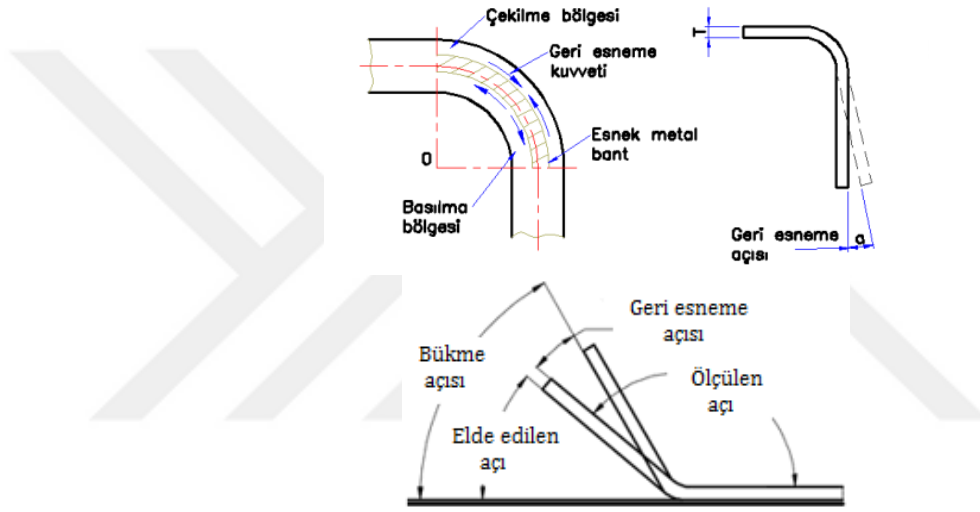
Şekil 30.b. Flanş Up Flanş Down

Değişken çekme gerilimi, bükülen parçanın bir miktar geri esnemesine sebep olur.

En büyük çekme gerilimi, bükülen parçanın dış yüzeyinde meydana gelir.

İç yüzeye doğru çekme, gerilimli azalır ve tarafsız eksen üzerinde sıfır (0) olur.

Geri Esneme



Şekil 31. Geri Esneme

Geri esneme miktarı faktörü (K)

$$K = \frac{\alpha}{\alpha_d} = \frac{R_d + \frac{T}{2}}{R_1 + \frac{T}{2}}$$

K- Geri esneme faktörü

R1- Parçanın bükme kavis yarıçapı (mm)

Rd- Dişi kalıp kavis yarıçapı (mm)

α - Parçanın bükme açısı (°)

α_d - Dişi kalıp açısı (°).

T- Sac malzeme kalınlığı (mm)

Bükme kavis yarıçapı

$$R_1 = f \times T$$

F : Esneme katsayısı

T : Sac malzeme kalınlığı (mm)

$$R_1 = f \times T = 2.00 \times 2 = 4.00 \text{ mm}$$

Rd : 95mm

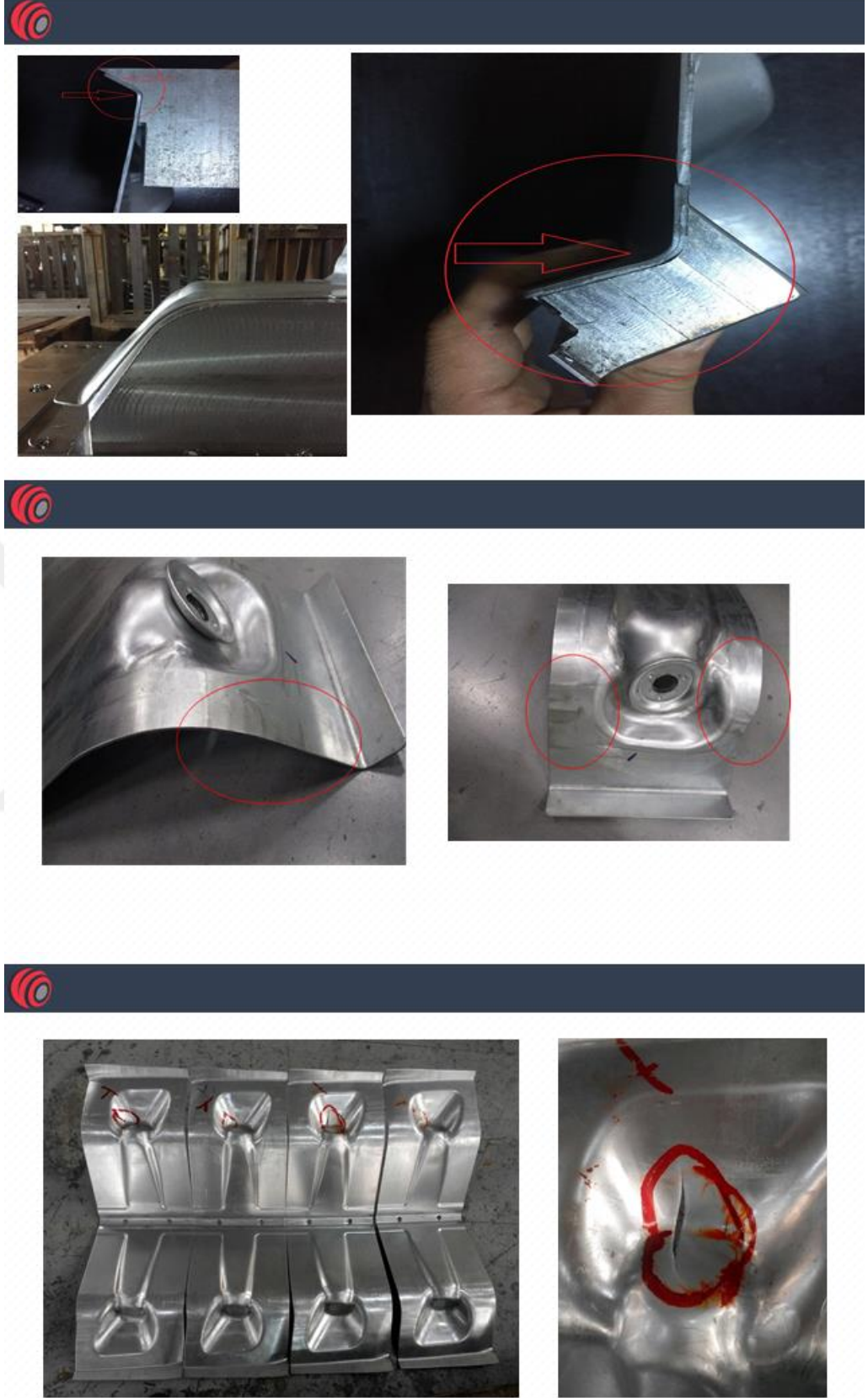
A : 45° α_d - ?°

T : 2mm

$$K = \frac{95 \times 2 / 2}{4 + 2 / 2} = 19 \quad d = 45 / 19 = 2,4^\circ$$

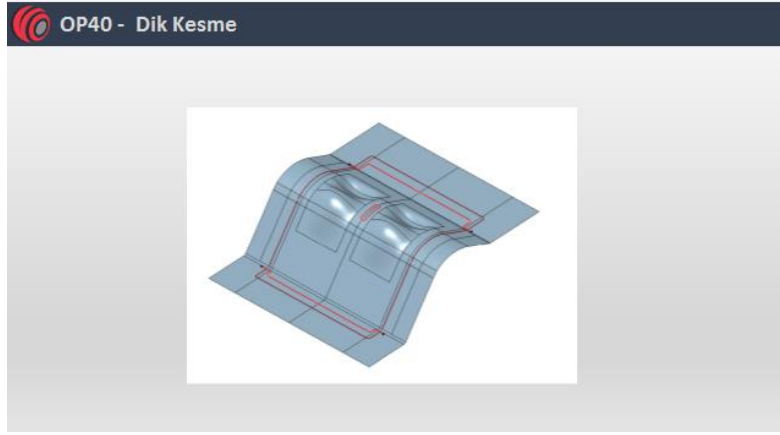
Katsayı	Al	Al (alaşım)	Bakır	Pirinç	Çekme sacı	Çelik
f	0,3 - 2	0,8 - 3,5	0,25	0,2 - 0,4	0,5	0,55 - 3

Tablo 7. Hesaplamalarda kullanılan f esneme katsayısı

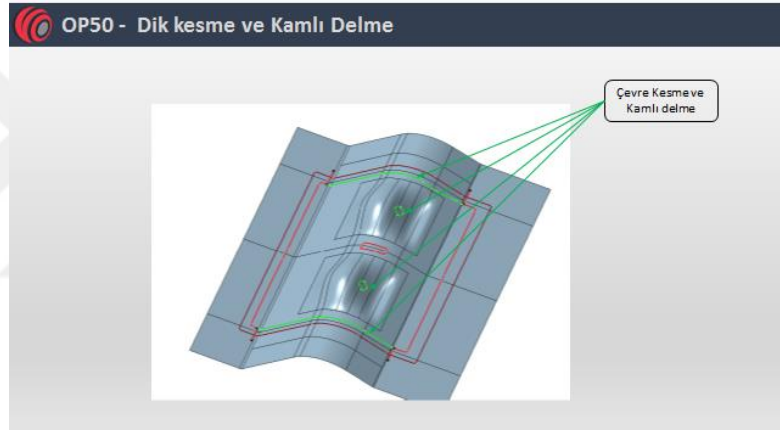


Şekil 32. Seri Üretimle ile karşılaştırma

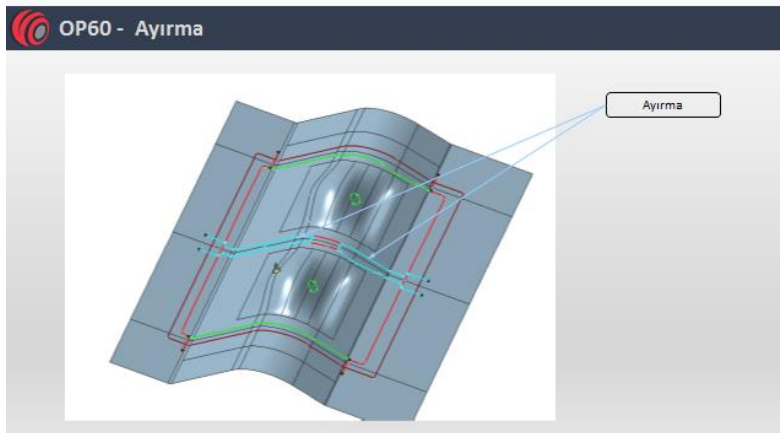
3.3.4 Kesme ve Kamlı Delme



Şekil 33. Dik Kesme



Şekil 34. Dik Kesme ve Kamlı Delme



Şekil 35. Ayırma

4. TRANSFER PROSESİNDE DIŞ ÇEKME

4.1 Klavuz Çekme Yöntemleri

- Manuel yöntem
- Hidrolik
- Pnömatik
- Kalıpta klavuz çekme
- Servo ile yapılır. (ovalama yöntemi)
- Mekanik klavuz çekme

M10 ve M8 Servo Kontrol yöntemi ile dış açılacaktır.



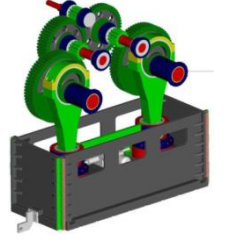
Şekil 36. Uygulanacak Ürün

Ülkemizde servo ile dış çekme otomatik sektöründe ilk denemeleri 2017 yılında yapılmıştır. 800 TON H TİPİ EKSANTRİK PRES kullanılacaktır.

Projede kullanılacak olan pres ölçüleri

630/800 TON PROGRASSIVE		
TABLA GENİŞLİKLERİ	2700*1400	(630 TON)
	3000*1600	(800 TON)
İDEAL KAPALI KALIP YÜK.	750	
İDEAL BANT GİRİŞ YÜK.	550	
MAX-MİN KALIP YÜK.	800-700	(630 TON)
	1000-750	(800 TON)

Tablo 8. Pres Ölçüleri



Şekil 37. 800 Ton H Tipi Eksantrik Pres

4.1.1 Mekanik Klavuz Çekme

Kalıba veya prese bağlanan Mekanik Kontrollü Klavuz Çekme Ünitesidir. M2-M14 arası klavuz çekebilme özelliği bulunmaktadır.

Avantajları:

- Düşük maliyet, yüksek performans
- 200 d/dak' lık pres hızlarında çalışabilmesi.
- 50.000 – 300.000 vuruş/ dak. lık klavuz ömrü.
- Hava kullanımı gerektirmeyen kompakt gövdesi
- Çoklu klavuz çekebilme özelliği



Şekil 38. Mekanik Klavuz Çekme

4.1.2 Servo Motor Kontrollü Kılavuz Çekme Ünitesi

Presin strokundan bağımsız olarak, kalıbın içinde veya dışında çalışabilen Servo Kontrol sistemli kılavuz çekme ünitesidir.

Hızlı ve güvenli kılavuz çekmek için anlık tek bir sinyal yeterlidir.

Kılavuz çekme ünitesinin hızı ve diğ derinliğı kontrol panelinden kolayca ayarlanabilir.

M2-M10 arası kılavuz çekebilme özelliğı bulunmaktadır.

Avantajları:

150 d/dk lık pres hızında çalışabilmesi

Kolay montaj ve bakım gerektirmeyen yapısı

Hava kullanımı gerektirmeyen kompakt gövdesi

Kalıbın strokundan bağımsız çalışabilmesi

Yatay veya dikey kılavuz çekebilme özelliğı

Tork kontrolünün kontrol paneli üzerinden yapılabilmesi

Kör deliklere kılavuz çekebilme özelliğı

Kılavuz çekilecek deliğe otomatik olarak yaklaşabilmesi

Çoklu kılavuz çekebilmesi



Şekil 39. Servo Kontrollü Kılavuz Çekme

4.2 Operasyon Akış Şeması ve Yaşanan Problemler

OP30'da Patlatma hazırlık ile kenar bükme işlemi aynı anda yapılmaktaydı. Bu nedenle kenar bükme işlemi sırasında patlatma eksenlerinde kaçıklık meydana gelebiliyordu. Patlatma deliği delerken patlatma için hazırlanan form ile delik ayrı eksenlerde olduğunda patlatma esnasında yırtılmalar oluşa bilmekteydi.



Şekil 40. Mevcut Operasyonel Akış Şeması

Yeni Operasyon Akış Şeması

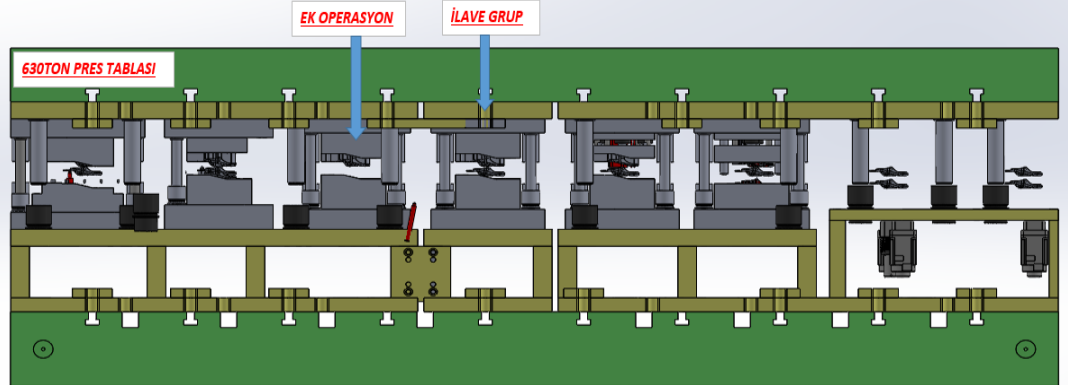
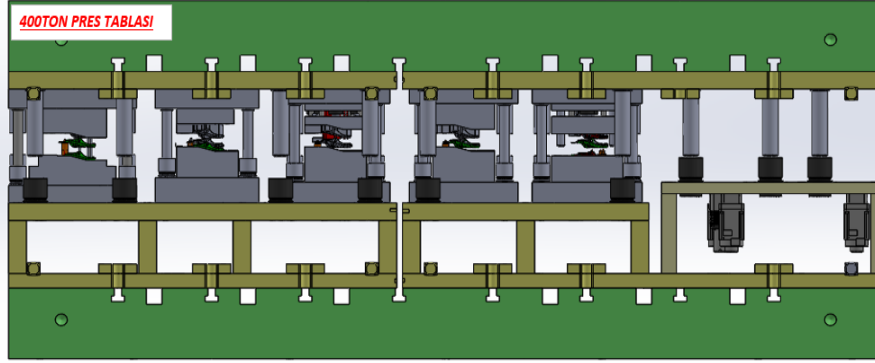
OP30'da sadece kenar bükme işlemi yapılacaktır.

OP40'da Patlatma ön hazırlık

OP50'da Patlatma Formu max. Seviyede yükseltilecek

OP60'da Patlatma Delik Delme işlemi yapılacaktır.

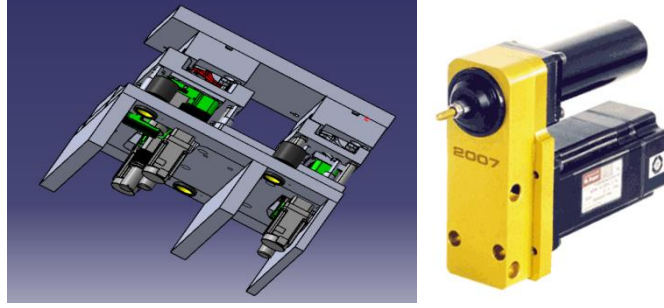
OP70'de Kenar Kesme ve Patlatma



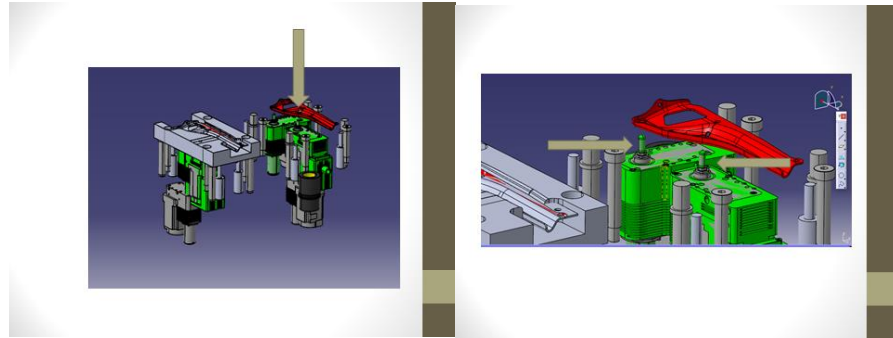
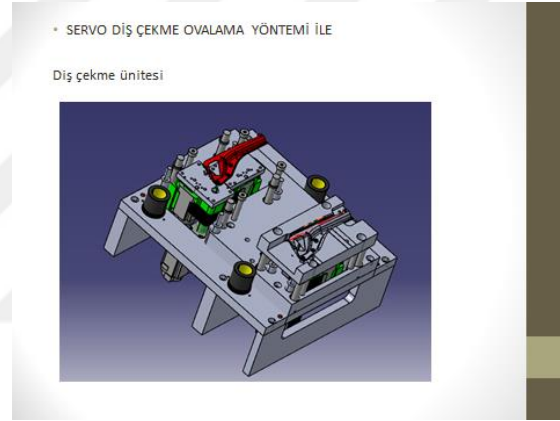
Şekil 41. Yeni Operasyon Akış Şeması

4.3 Servo Kontrol Sistemi ile Diş Çekme

3 adet servo kullanılacak.



Şekil 42. Servo Montaj



Şekil 43. Diş Çekme Ünitesi

4.4 Hesaplamalar

M8X1,25

Standarda göre maksimum diş yüksekliği 6/8 H'dir.

$$H = 0.866 \times P$$

(H = Temel üçgen yüksekliği)

(P = diş adımı)

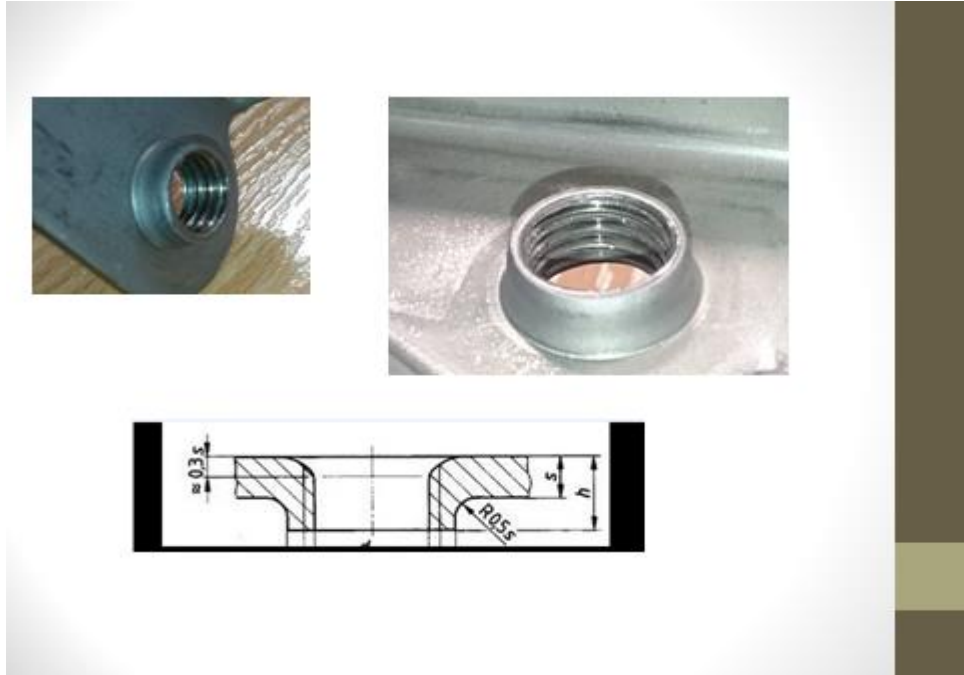
Maksimum diş yüksekliği:

$$6/8 * (0.866 \times 1,25) = 0.811 \text{ mm}$$

Ø 6.9 mm çekirdek deliğin gerçek diş yüksekliği:

$$(8 - 6,9) / 2 = 0.55 \text{ mm}$$

Diş yüksekliği $(0.55 / 0.81) \times 100 = \%68$ olur.



Şekil 44. Operasyonel Resimler

Tork Değerleri

İstenen tork, sadece malzemenin hesaplamalarında (480MPa) fazla olan $R_e = \sim 30\text{MPa}$ 'ya sahip olması nedeniyle elde edilir. Tork IC kriterleridir.

Tüm vida dişlerinin en az 75 Nm tork ile çalışması gerekmektedir.

Parça No:82842310-4 Parça Adı: CLAW IB 60P SN Modifikasyon:- Test adı: Sıkma torku			Rapor No: 2017/48 Tarih: 06.11.2019	
ilk örnek	İstenen karakteristikler	Tolerans	mevcut konu 1(M10)	mevcut konu 2(M10)
1	75 NM	min	82	87
1	65 NM	min		
2	75 NM	min	85	86
2	65 NM	min		
3	75 NM	min	84	89
3	65 NM	min		
4	75 NM	min	86	85
4	65 NM	min		
5	75 NM	min	84	88
5	65 NM	min		
6	75 NM	min	89	91
6	65 NM	min		
7	75 NM	min	84	87
7	65 NM	min		
8	75 NM	min	82	89
8	65 NM	min		
9	75 NM	min	84	86
9	65 NM	min		
10	75 NM	min	83	87
10	65 NM	min		

Tablo 9. Tork Değerleri

Tork test sonuçlarıyla aldığımızdan sonra konu üzerinde çalışmaya başladık.

İlk adım olarak, parçanın verilerini incelendik ve 4.4mm yükseklikte yapamayacağımızı hesapladık.

7,35 mm olmadıkça ve mevcut koşullarda mümkün görünmüyor. İstenilen ISO normu, dişli alanında ki rulo sac kalınlığına ve pah yüksekliğine bağlıdır.

2.5mm Rulo sac kalınlığı için ISO normlara göre en az 6,75 mm ekstrüzyona sahip olmalıyız.

Bu nedenle parçada 4 tam adım elde etmek için gerekli yükseklik hesaplanmalıdır.

Pah çapımızın parçanın ölçüm sonuçlarında en iyi 1mm olduğunu görebiliyoruz. Görsel kontrollarda ise pah yoktur.

Teknik çizimde tanımlanan çap için en az 7mm uzunluğunda ekstrüzyona ihtiyacımız var

Ancak teknik çizimde minimum ekstrüzyon yüksekliği 6mm olarak tanımlanmıştır.

Üretimde yaklaşık 1-2mm yarıçap ve bunun sonucunda daha yüksek ekstrüzyon yüksekliğine ihtiyacımız var.

5. SONUÇLAR

5.1 Değerlendirmeler

Yapılan bu çalışmada ilgili parçanın şekillendirme simülasyonları kurgulanarak gerçekleştirilmiştir.

Yırtılma problemi nedeniyle ön form operasyonunda (OP20) parça tutulmamıştır. Bu nedenle ana form çevresinde kırışma potansiyeli olan bölgeler meydana gelmiştir.

En yüksek incelme % 19 dur ve parçanın % 0.1'lik bir alanını kapsamaktadır.

OP60 Flanş operasyonunda düz kısımda flanş izi kalmaktadır.

Yine OP60 da yükseklik taşıma kolları açısında sorun yaratırsa bu operasyon biraz daha döndürülerek yüksekliği azaltılabilir.

Parça flanş bölgelerinde 1-2 mm civarında geri yaylanma oluşmaktadır. Bunun giderilmesi için çeliklere telafi verilmesi önerilir.

Tasarımdan sonra, transfer kalıbı üretildi ve müşterinin spesifikasyonlarını karşılamak için numune için ön seri üretim testi yapıldı.

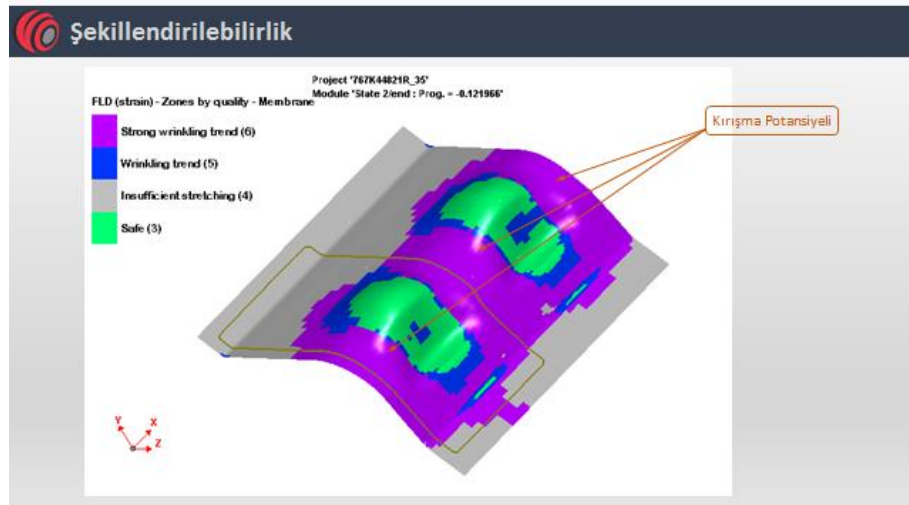
Numune sonuçları, şekillendirme işleminden elde edilen numunelerin müşteriden temin edilen 3d data ile benzer olduğunu göstermiştir.

Sadece küçük şekillendirici kalıp modifikasyonu gerekliydi.

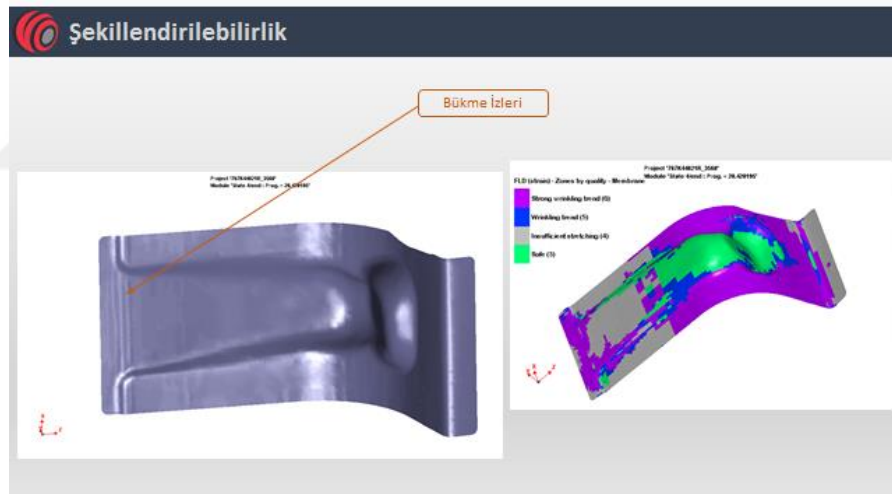
Buna ek olarak, ilk numune muayene sonuçları boyut ve yüzeysel form kabul edilebilir bir aralıkta olup, P-değeri ($P\text{-Değeri} > \alpha$) 0.05'ten fazla anlamlılık düzeyinde ve % 95 istatistiksel güven düzeyi ile olmuştur.

Sonuç olarak, kalıp üreticileri zaman tasarrufu sağlayabilir, maliyeti azaltabilir ve kalıp imalatındaki hatalardan kaynaklanan riski en aza indirebilir.

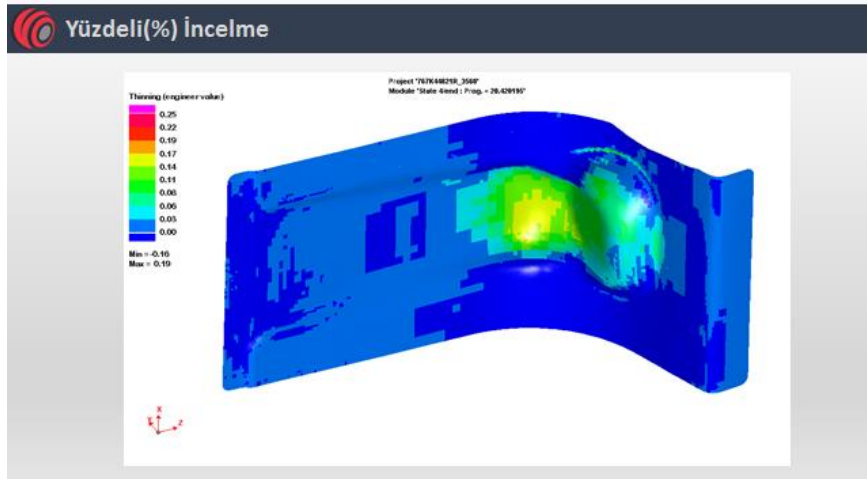
EKLER



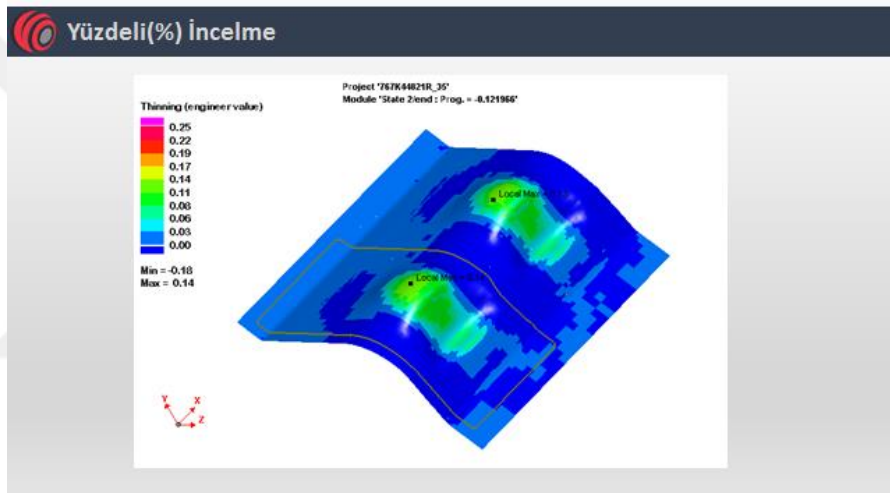
EK.1. Şekilendire Bilirlik / Kırışma Potansiyeli



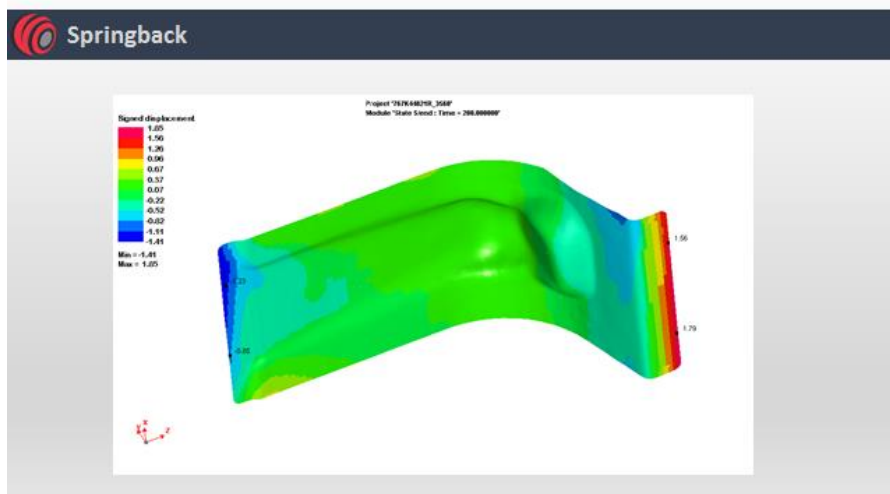
EK.2. Şekilendire Bilirlik / Bükme İzleri



EK.3.a. Yüzdelik (%) İncelme



EK.3.b. Yüzdelik (%) İncelme



EK.4. Geri Esneme

KAYNAKÇA

[1] Sanya Kumjing, Transfer Die Technology Application for Efficiency Auto Part Production, 2018.

[2] F. D. Jones, Die Design and Die Making Practice. New York Industrial Press, 1951.

[3] D. F. Eary, E. A. Reed, Eaglewood Cliffs, Techniques of Press working Sheet Metal, New Jersey, Prentice Hall, 1958.

[4] Lin Zhongqin, Investigation of sheet metal forming by numerical simulation and experiment Dong Hongzhi,

[5] Karmaşık formlu parçalar için Üretim Yöntemleri,
<https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/stamping/die-basics-101-production-methods-to-make-stamped-parts>

[6] Nye T. J., "Stamping blank optimal layout and coil slitting widths for single and multiple blanks," Journal of Engineering Materials and Technology, 4, 482-488, 2001.

[7] Emre SÖNMEZ, Mehmet FIRAT, “Metal Şekillendirme Proseslerinde Sac Açınım Geometrisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Geliştirilmesi” Makale; Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.

[8] Lin, Z., Deng, C, "Analysis of a torque equilibrium model and the optimal strip working sequence for a shearing-cut and bending progressive die," Journal of Materials Processing Tech, 115(3), 302-312, 2001.

[9] Tumkor, S., Pochiraju, K, "Progressive die strip layout optimization for minimum unbalanced moments," Journal of Manufacturing Science and Engineering,. 132(2), 2010.

- [10] Kumar, S., Singh, R, "Automation of strip-layout design for sheet metal work on progressive die.," *Journal of Materials Processing Tech*, 195(1-3), 94-100, 2008.
- [11] Chu, C., Tor, S. B., Britton, G. A, "Graph theoretic algorithm for automatic operation sequencing for progressive die design," *International Journal of Production Research*, 46(11), 2965-2988, 2008.
- [12] Chu C. Y., "A graph and matrix based approach for stamping operation sequencing for progressive die design," *Advanced Materials Research*, 421, 564-569, 2011.
- [13] Hyun, D. I., Oak, S. M., Kang, S. S., Moon, Y. H, "Estimation of hole flangeability for high strength steel plates," *Journal of Materials Processing Tech*, 130, 9-13, 2002.
- [14] Thipprakmas, S., Jin, M., Murakawa, M, "Study on flanged shapes in fineblanked-hole flanging process (FB-hole flanging process) using finite element method (FEM)," *Journal of Materials Processing Tech*, 192, 128-133, 2007.
- [15] Leu, D., Chen, T., Huang, Y, "Influence of punch shapes on the collar-drawing process of sheet steel," *Journal of Materials Processing Tech*, 88(1), 134-146, 1999.
- [16] Ghatrehnaby, M., Arezoo, B., "A fully automated nesting and piloting system for progressive dies," *Journal of Materials Processing Tech*, 209(1), 525-535, 2009.
- [17] Ghatrehnaby, M., Arezoo, B, "Automatic piloting in progressive dies using medial axis transform," *Applied Mathematical Modelling*, 34(10), 2981-2997, 2010.
- [18] Moghaddam, M. J., Farsi, M. A., Anoushe, M, "Development of a new method to automatic nesting and piloting system design for progressive die," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(9-12), 1557-1569, 2015.

- [19] Vallance, R. R., ve Kiani, S, "A predictive model for variation in the pitch bet stamped pilot holes," Journal of Manufacturing Science and Engineering, 125(2), 393, 2003.
- [20] Hedrick. A., "Reading progressive die strips — Part I," STAMPING JOURNAL® MAY 2008, FMA Communications, Inc., 2008.
- [21]Lochtefeld. A., "High-speed feeding techniques," STAMPING JOURNAL® NOV/DEC 1998, FMA Communications, Inc., 2002.
- [22] Osakada, K., Mori, K., Altan, T., Groche, P., "Mechanical servo press technology for metal forming," CIRP Annals - Manufacturing Technology, 60(2), 651-672, 2011.
- [23] Yagami, T., Manabe, K., Yamauchi, Y., "Effect of alternating blank holder motion of drawing and wrinkle elimination on deep-drawability," Journal of Materials Processing Tech,. 187, 187-191, 2007.
- [24] Yang. M.C., "The Dynamic Problems in High Speed Transfer Stamping System," in 8th International LS-DYNA Users Conference, Metal Industries Research and Development Centre, Taiwan, 2004.
- [25] Bachman. K., "Sensors clear the way for high-speed stamping," STAMPING JOURNAL® APRIL 2008, FMA Communications, Inc., 2008.
- [26] Pausus. B., "4 steps to press transfer efficiency," STAMPING JOURNAL® MAY/JUNE 2011, FMA Communications, Inc., 2011.
- [27] Norton. R. L., Design of machinery : an introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines, Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2004.
- [28] Waldron. K. J., Kinematics, dynamics, and design of machinery, Hoboken: John Wiley, 2004.

[29] Kiran T, Srivastava S K, "Analysis and simulation of cam follower mechanism using polynomial cam profile," Int. J. Multidisciplinary and Current Research, 211-215, 2013.

[30] Kumar S, Singh R, "A short note on an intelligent system for selection of materials for progressive die components," Journal of Materials Processing Tech, 182(1), 456-461, 2007.

[31] Hirsch, M., Demmel, P., Golle, R., Hoffmann, H., "Light metal in high-speed stamping tools," Key Engineering Materials, 473, 259-266, 2011.

[32] Karbasian, H., ve Tekkaya, A. E., "A review on hot stamping," Journal of Materials Processing Tech, 210(15), 2103-2118, 2010.

[33] Emre ESENER, Emre SÖNMEZ, Mehmet FIRAT, Metal Şekillendirme Proseslerinde Sac Açınım Geometrisinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Geliştirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C Tasarım ve Teknoloji 6(1), Mart 2018