

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SABİT HIZ MAFSALI LALESİ’NİN SOĞUK
DÖVME YÖNTEMİYLE İMALATININ
İNCELENMESİ

İmran ALTINTAŞ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE

2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SABİT HIZ MAFSALI LALESİ’NİN SOĞUK
DÖVME YÖNTEMİYLE İMALATANIN
İNCELENMESİ

İmran ALTINTAŞ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

GEBZE
2007

ÖZET

Tezin Adı: Sabit Hız Mafsalı Lalesi'nin Soğuk Dövme Yöntemiyle İmalatının İncelenmesi

Yazar : İmran Altıntaş

Sabit Hız Mafsalı (Constant Velocity Joint) özellikle otomobillerin motordan çıkan döndürme hareketinin tekerlere her türlü açısal yönelmeye rağmen, döndürülen milde hız dalgalanması olmaksızın, tekerlere tork iletimini sağlayan mafsaldır. Bu mafsallar özellikle önden çekişli otomobillerde, bazı arkadan çekişli ve 4x4 çekişli otomobillerde kullanılmaktadır.

Bu araştırma ile henüz ülkemizde imalatı yapılmayan fakat revizyonlu olarak ithalatı yapılan altı bilyalı Sabit hız mafsalının soğuk haddeleme metoduyla imalat şartları ve imalat için gereken alt yapı araştırılmıştır. Parçanın imalat işlemleri olan ekstrüzyon, kafa şişirme, geriye ekstrüzyon ve ütüleme işlem analizleri bir sonlu elemanlar analizi programı olan DEFORM2D kullanılarak yapılmıştır.

Çıkan sonuçlar değerlendirilerek parçanın imalatı için gerekli pres yükleri hesaplanmıştır, gerekli görüldüğü yerlerde tasarımlar yeniden gözden geçirilmiştir. Yurdumuzun ihracat kalemlerinde otomobil yedek parça önemli bir yer almaya başlamıştır ve giderek artmaktadır. Bu araştırma ile bu artışa bir destek de verilmiş olacaktır.

Anahtar kelimeler: Sabit hız mafsalı lalesi, Soğuk dövme, Sonlu elemanlar metodu

SUMMARY

Title: Investigation of Manufacturing Using Cold Forging Method of Constant Velocity Joint Housing

Writer : İmran Altıntaş

Constant Velocity Joints or CV joints are attached to each end of a drive shaft. The CV joints are needed to transfer the torque at a constant speed to steered wheels as well as to accommodate up and down motions of the suspension. CV joints can be found in all front-wheel drive cars, light weight trade car and some rear- and four-wheel drive cars.

Constant Velocity Joints which are not manufactured in our country yet. But maintained or serviced parts are imported from other countries. The aim of this project is to research the manufacturing feasibility and conditions of Constant Velocity Joints using cold forging method. Manufacturing processes of workpiece analysis as extrusion, upsetting, backward extrusion, ironing processes, have been made by Deform2D program, that is a finite element analysis program.

According to results, Press loads needed for manufacturing of workpiece has been calculated, if it is necessary, all designs have been gone over. Manufacturing and exporting original and maintenance parts for automobile industries are increasingly important issue for our Country. This research is going to help these exporting facilities.

Key Words: Constant velocity joint housing, Cold forging, Finite element method

TEŞEKKÜR

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans programında değerli bilgilerini bizlerle paylaşan bölüm öğretim üyelerine, tez konusunu seçmemde ve araştırmalarımda bana yardımcı olan Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI'ya, Analiz aşamasında bana yardımcı olan asistan arkadaşlarıma ve yüksek lisans esnasında tüm maddi ve manevi desteğini veren aileme, teşekkürü bir borç biliririm.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER VE TABLOLAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Üretim Yöntemleri	4
2.2. Üretim Yöntemleri ve Sınıflandırılması	4
2.2.1. Üretim Yöntemi Grupları	5
2.3. Üretim Yöntemi Olarak Plastik Şekil Verme	7
2.4. Dövme	9
2.4.1. Soğuk Dövme	13
2.4.2. Ekstrüzyon	14
2.4.3. Kafa Şişirme	17
3. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	19
3.1. SHM Konusunda Daha Önce Yapılanlar	19
3.2. Kullanılacak Yöntem Ve Teknikler	19
3.3. Yağlama Sistemi	25
3.4. Malzeme ve Kalıp Özellikleri	27
4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ	29
4.1. Sonlu Elemanlar Metodu Kavramı	29
4.2. Dövme Yöntemi İçin Sonlu Elemanlar Analizi	29
5. ANALİZ ÇALIŞMALARI	30
5.1. Ekstrüzyon Analizi	33
5.2. Kafa Şişirme Analizi	36
5.3. Geriye Ekstrüzyon Analizi	39
5.4. Ütüleme Analizi	42

5.5. Analiz Sonuçlarının Değerlendirmesi	45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
6.1.Sonuçlar	47
6.2. Öneriler	47
KAYNAKLAR DİZİNİ	49
EKLER	51
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
1.1. Sabit Hız Mafsalı Örnek Resim	2
1.2. Sabit Hız Mafsalı Örnek Resim	2
2.1 Plastik Şekil Verme Yöntemlerinin Gruplandırılması	8
2.2. Açık Kalıpla Dövme	10
2.3. Basit Bir Parçanın Kapalı Kalıpla Çapaklı Dövülmesi	11
2.4. İdeal küresel çok kristalli bir metalin soğuk plastik şekil değişimi	13
2.5. İleri Ekstrüzyon	15
2.6. Geriye ekstrüzyon	16
2.7. Kafa şişirme	17
2.8. Soğuk vurmada burkulmanın önlenmesi	18
3.1. Sabit hız mafsalı gövde ve kafes kesit	20
3.2. Bir Sabit Hız Mafsalı Lalesinin Soğuk Dövmeyle Üretiminin 6 İşlemin Proses Tanımlaması.	22
3.3. Bir Sabit Hız Mafsalı Lalesinin Soğuk Dövmeyle Üretiminin 5 İşlemin Proses Tanımlaması	23
3.4. SHM lalesi 3 boyutlu görüntüsü ve kalıp kesiti	24
5.1. 4 nodlu dikdörtgen eleman için 2D ağ yapısı (mesh)	31
5.2. Biten hesaplamadan sonraki nodal koordinatlar	32
5.3. Alt ve üst kalıp(Ekstrüzyon)	33
5.4. Meshli Hammadde ve kalıplar	33
5.5. 58.adım remesh'den önce	34
5.6. 60. adım remesh'den sonra	34
5.7. Ekstrüzyon son hali.	35
5.8. A1sı-1035 ekstrüzyon Yük-Strok dağılım grafiği	35
5.9. Alt ve üst kalıplar (yığma)	36
5.10. Mesh'li parça ve kalıplar	36
5.11. Kafa şişirme 1. adım görünüş	37
5.12. Kafa şişirme son adım	37

5.13. Kafa şişirme işleminde üst kalıb strok-yük grafiği	38
5.14. Aısı-1035 Kafa şişirme Yük-Strok dağılım grafiği	38
5.15. Geriye ekstrüzyon kalıplar	39
5.16. Geriye ekstrüzyon meshli iş parçası	39
5.17. Geriye ekstrüzyon 5. adım	40
5.18. Geriye ekstrüzyon 92. adım	40
5.19. Geriye ekstrüzyon son adım	41
5.20. Aısı -1035Geriye ekstrüzyon Strok-yük dağılım grafiği	41
5.21. Ütüleme (ironing) kalıplar	42
5.22. Ütüleme meshli iş parçası	42
5.23. Ütüleme 5. adım	43
5.24. Ütüleme 90. adım	43
5.25. Ütüleme son adım	44
5.26. Aısı -1035Geriye ekstrüzyon	44
6.1. Dört operasyon işlemi için yük-strok grafikleri.	45

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
3.1. Soğuk dövme çeliği hammaddesinin çinko-fosfat kaplama işlem sırası	26
3.2. Çeliklerin soğuk dövümü için yağlama sistemleri	26
3.3. AISI 1035 çeliği kimyasal bileşenleri	27
3.4. AISI 1035 çeliği fiziksel özellikleri	27

1.GİRİŞ

Her yıl üretimi artan ve yaygınlaşan otomobil endüstrisinde, yedek parça sanayinde ve servis sektöründe altı bilyalı Sabit Hız Mafsalı kullanılmaktadır. Bazı kaynaklarda sabit hız mafsalı tamamlayıcı unsurları ile birlikte yıllık üçyüz milyon adet tüketime ve altı milyar dolar ciroya ulaştığı kayıtlıdır [Torvec.com, 2007].

Sabit Hız Mafsalı (Constant Velocity Joint) otomobillerin motordan çıkan döndürme hareketinin, tekerleğin her türlü aşağı yukarı hareketine rağmen, döndürülen milde hız dalgalanması olmaksızın, tekerleklerle tork iletimini sağlayan mafsalıdır. Bu tür mafsallar özellikle önden çekişli otomobillerde, önden çekişli hafif ticari araçlarda, bazı arkadan çekişli ve 4X4 çekişli otomobillerde kullanılmaktadır. [Law Enginneers, 1990], [Hazebrook, 1990].

Ülkemizde, Ortadoğuda, Afrikada, Kafkasyada ve muhtemelde Balkanlar da üretilmediğinden büyük bir pazar mevcuttur. Batı da pahalı işçilikten dolayı da üretim Uzak Asya'ya kayma eğilimi göstermektedir. Halen bu konuda ülkemizde bir çalışma olmayıp, yurtdışından ithal edilmektedir. Yurt dışı firmalarıda yaptıkları araştırma yatırımlarıyla değişik ürün yelpazeleriyle her gün piyasadaki varlıklarını güçlendirmektedirler. Burada ülkemizde üretimi için çalışma yapılması istenilen sabit hız mafsalının mevcut pazar durumu böyle bir araştırma yapılması gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Yeni teknolojilerin araştırma yapılarak ülkemize kazandırılması ve bu kanalla ihracatımızın artması ve ayrıca iç piyasayı da dışa bağımlılıktan kurtarmak ikincil bir amaçtır. Bu çalışma halen ülkemizde üretmekte olduğumuz ürünlerde de kalite artışına ve maliyet azalmasına katkı sağlayacaktır. Şekil 1.1. ve Şekil 1.2.'deki resimlerde Sabit Hız Mafsalları görülmektedir.



Şekil 1.1. Sabit Hız Mafsalı Örnek Resim



Şekil 1.2. Sabit Hız Mafsalı Örnek Resim

Bu mafsallar ayrıca birçok tarım makinalarında, tezgahlarda ve benzeri hareket iletimine ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılabilir. Yurdumuzun ihracat kalemlerinde otomobil yedek parça önemli bir yer almaya başlamıştır ve giderek artmaktadır. Bu araştırma ile bu artışa bir destekde verilmiş olacaktır.

Ülkemizde ihracat için yoğun çaba gösterilir ve çalışma yapılırken ve dış yatırımlar içinde ciddi teşvik ve kolaylıklar sağlanırken bile ülkemiz otomobil endüstrisinin ithal girdi oranı %61 civarındadır. Halbuki bu oran ;

Fransa 'da	%5	İtalya'da	%12
Güney Kore'de	% 0,4	Japonya'da	% 6
İspanya'da	% 17	Almanya'da	% 12

Bu oranlar dikkate alınınca, yerleşme ihtiyacının ne kadar ciddi ve vazgeçilmez olduğu açıktır. Araştırmanın gerçekleştirmeyi amaçladığı ve size

sunduğu çalışmanın amacı ve kazanımları ülke ekonomisine ve otomobil sanayine katkıları yukarıdaki rakamlarda dikkate alınınca daha iyi anlaşılacaktır.

Özellikle otomobillerde motordan çıkan döndürme hareketinin tekerleklerle iletimini sağlayan ve yurdumuzda hala imalatı yapılmayan Sabit Hız Mafsalının soğuk şekillendirme metodu ile imalat şartlarının araştırılması ve imalatı için gerekli bilginin oluşturulmasının araştırılmasıdır. Soğuk şekillendirme metodunun uygulanması ürünün kalitesini ve ömrünü olumlu yönde artırmaktadır [Onodera and Sawai, 1994].

Ülkemizde uzun yıllardır otomobil yedek parçası üretilmektedir ve bu üretim başarı ile sürdürölmektedir. Üretimi yapılan otomobil parçaları yurtiçi pazara sunulmasının yanında ihracatta yapılarak yurdumuzun bu konudaki açığı kapatılmaya çalışılmaktadır. Halihazırda yurdumuzda üretimi gerçekleştirilen otomobillerin bu ürünleri, imalat araştırması yapılması planlanan mafsala göre daha basittir. Diğer taraftan üretilmekte olan mafsallarda da talaş kaldırma yöntemi çok kullanılmaktadır. Talaş kaldırma yönteminin çok uygulanması malzeme ve enerji israfı nedeniyle son maliyeti artırmakta dolayısıyla rekabet gücü oldukça sınırlamaktadır. Bu noktadan hareketle yeni uygulanması planlanan yöntemle, üretim aşamasında soğuk haddeleme metodu kullanılacağından son işlem olarak talaş miktarı çok az olacak sadece taşlama yöntemiyle son parça elde edilebilecektir. Ürünlerde kalite artışına, hızlı, seri üretime ve maliyet azalmasına katkı sağlanabilecektir. Dolayısıyla rekabet gücünde üreten için artmış olacaktır. Sonuçta bu üretim yöntemi ekonomiklik, rekabet edilebilirlik, bilinirlik, dünyaya açılım ve ihracat getirecektir. Bu kazanımların yanında da hiçbir garanti içermeyen ve taklit markalarla ithal edilen revizyonlu Sabit Hız Mafsallarının ithalatını da azaltmasını beklenebilir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Üretim Yöntemleri

Sanayi anlamı olarak üretim, eldeki hammaddenin işlenerek istenilen özellik ve biçimdeki bitmiş ürün haline getirilmesinde hammadde, proses ve üründen oluşan bir süreç olarak tanımlanır.

Üretim çok geniş bir disiplin olduğundan detaylı olarak anlaşılması sadece makine veya imalat mühendislerine değil, amaçları insan ihtiyaçlarını karşılamak olan diğer mühendislik dallarında yardımcı olur. Üretime başlangıç olarak enerji, zaman ve insan kaynakları konusunda yeterli fizibilite çalışması yapıldığı takdirde proses aşamasına geçilebilir. Proses aşamasında ilk sırayı tasarım alır. Tasarımın temel hareket noktası seçilerek değişik planlar gerçekleştirilir ve bunlar proses aşamasının işleme kısmında yerine konur. Kaynakların ve prosesin doğru yönetilmesi verimlilik ve üretkenliğin artırılması bakımından önemlidir. Pazarlama konusu da ürünün en iyi ve karlı şekilde alıcıya ulaşmasında etkin bir rol üstlenmektedir. Son aşama yani sonuç aşamasında ürünün alıcıya ulaştırılması, bu ürün ile ilintili diğer ürünler ile desteklenmesi ve ürünün kullanılması konusundaki diğer bilgiler ile kullanım karmaşıklığındaki pürüzlülüklerin ortadan kaldırılmasıdır [Mısırlı, 2003].

2.2. Üretim Yöntemleri ve Sınıflandırılması

İlerleyen teknoloji, beraberinde yüksek kaliteli ürünlerin tasarımı ile bunların seri ve ucuz olarak üretimini sağlayan yöntemlerin geliştirilmesini getirmiştir. İnsanların yaşam standardı değişmiş ve insanlar sürekli daha iyiyi daha kaliteliyi arar olmuşlardır. Bu sebepten dolayı insanları daha da memnun etmek görevi mühendislere ve onların yaratma güdülerine bırakılmış durumdadır. Mühendisler her bir üretim yönteminin imkanlarını, üstünlüklerini ve sınırlarını tanıyarak

amaçladıkları tasarıma en ucuz ve doğru olarak ulaşmak için gerekli bilgileri edinmek zorundadırlar [Mısırlı, 2003].

2.2.1. Üretim Yöntemi Grupları

Üretim yöntemlerinin genel olarak sınıflandırılmasında 6 grup söz konusudur. Bu grupları şu şekilde sıralayabiliriz [Mısırlı, 2003].

- Bağ oluşturma

Grup 1. Birincil Biçimlendirme

- Bağın arttırılması

Grup 2. Şekil Değiştirme

- Bağın Kopartılması

Grup 3. Ayırma

- Bağın Büyütülmesi

Grup 4. Birleştirme

Grup 5. Kaplama

Grup 6. Malzeme Özelliklerinin Değiştirilmesi yani partiküllerin

- ilavesi
- uzaklaştırılması
- düzenlenmesi

Grup 1. Birincil Biçimlendirme : Belirli herhangi bir şekle sahip olmayan katı parçacıklardan birincil şeklin yaratılması veya parçacıklar arasında bağıntılar oluşturulması ile ilgili üretim yöntemleri bu grup içinde yer almaktadır. Döküm ve toz metalurjisi bu gruba dahil edilebilir.

Grup 2. Şekil Değiştirme : Bir katı cismin kütlesini veya bileşimini değiştirmeden şeklini başka bir şekle dönüştürmeye yada bağın arttırılması ile ilgili üretim anlaşılır. Plastik şekil verme yöntemleri bu grupta yer alır.

Grup 3 . Ayırma : Bağın kopartılarak talaşlı biçimlendirme ile malzemenin ana kütleden koparılması ile ilgili üretim yöntemi anlaşılır. Talaşlı şekil verme ve taşlama bu grupta yer alır.

Grup 4. Birleştirme : Birbirinden ayrı parçalar arasında bağlantı oluşturarak başka elemanlar meydana getirmeyle ilgili üretim yöntemleri anlaşılır. Kaynak, lehim ve yapıştırma bu gruba dahil edilebilir.

Grup 5. Kaplama : Gerek iş parçasının ömrünü uzatmak, gerekse şekil bütünlüğü sağlamak açısından iş parçası ile kaplama malzemesi arasında bağ oluşturmak söz konusudur. Boyama, galvaniz çekme ve plastik tabakalar kaplama bu gruba dahil edilebilir.

Grup 6. Malzeme Özelliklerinin Değiştirilmesi : İş parçasında optimum özellikler elde etmek amacıyla malzeme özelliklerinin değiştirilmesi anlaşılır. Burada malzemeden parçacıklar çıkarmak, parçacıklar ilave etmek veya parçacıkların yeniden düzenlenmesi ile ilgili işlemler söz konusudur [Mısırlı, 2003].

2.3. Üretim Yöntemi Olarak Plastik Şekil Verme

Bir katı cismin şeklini başka bir şekle dönüştürmek amacıyla uygulanan ve bu işlem sırasında cismin malzemesinde kütle ve bileşim değişikliğine yol açmayan üretim yöntemlerine plastik şekil verme yöntemleri denir.

Plastik şekil verme ile üretilen iş parçalarının uygulama alanları mutfak aletlerinden otomobil ve havacılık sanayine kadar çok geniş bir alandır.

Plastik şekil verme yöntemi malzemelere yüksek mekanik özellikler sağlamaktadır. Ayrıca karmaşık şekilli parçaların üretilmesinde avantajları olduğu gibi, iyi yüzey kalitesi, dar tolerans aralıkları, yüksek üretim hızı ve düşük parça başı maliyetleri nedeniyle de daha çok tercih edilen üretim yöntemlerinin başında gelmektedir.

Plastik şekil verme yöntemlerinin karakteristikleri üretilcek parçanın boyutlarına ve malzemesine göre farklılıklar gösterebilir. Şekil değiştirme için gerekli gerilme ve kuvvet değerleri çok büyüktür. Bu değerlerin büyük olmasının sebebi iş parçasının tümünün veya büyük bir bölümünün deformasyona maruz kalmasıdır. Parçaların çoğu farklı bir biçim alır. Genellikle takımlar ağır, büyük ve pahalıdır. Bunun sebebi büyük kuvvetler ile çalışılmasıdır. Kalıp üretimindeki tolerans aralığının darlığından dolayı kalıpların üretimi için kalifiye elemana ve yeterli donanımlar ile desteklenmiş bir atölyeye ihtiyaç vardır. Üretilcek parça sayısının fazla olması gereklidir, çünkü, kalıpların pahalı olması nedeniyle belli bir değerin üzerindeki üretim için avantajlı duruma geçilebilir.

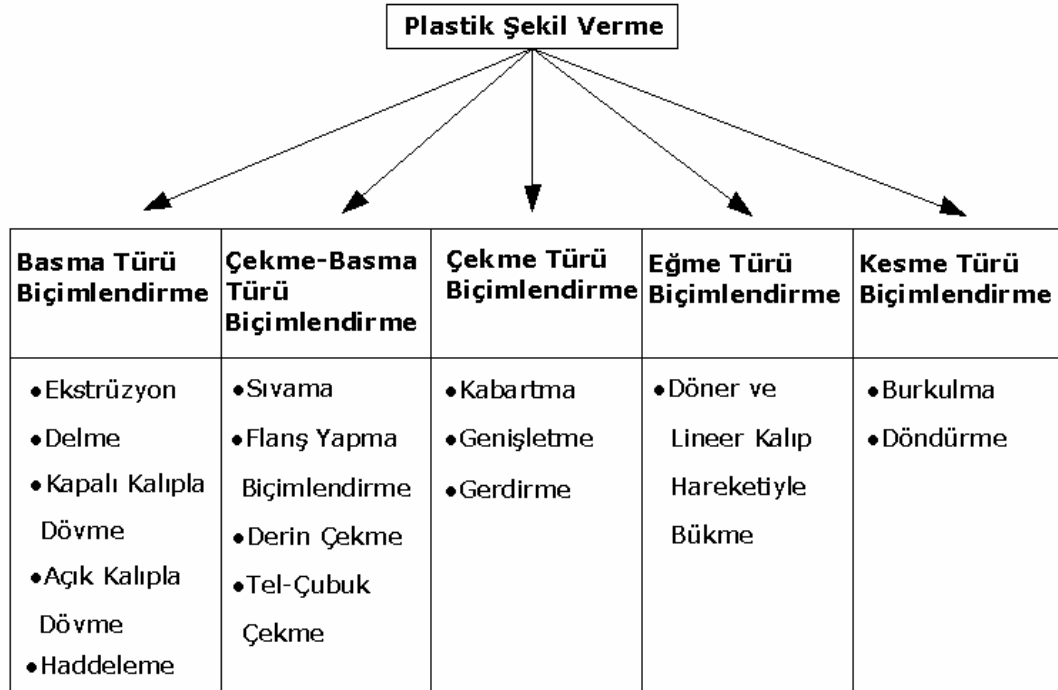
Plastik şekil verme işlemleri başlıca iki grupta sıralanabilir: Bunlar sac şekillendirme ve kütle biçimlendirme işlemleridir. Sac şekillendirmede, sac parçalar eşit cidar kalınlıklarında içi boş parçaların üretiminde kullanılır. Kütle biçimlendirme de ise iş parçası genellikle bütün doğrultularda ve büyük miktarda şekil değiştirerek büyük kesit değişiklikleri ortaya çıkar. Kütle biçimlendirme işlemlerinde karşılaşılan kuvvetler sac şekillendirme işlemlerinde karşılaşılan kuvvetlere nazaran daha

büyüktür. Çünkü kütle biçimlendirme işlemleri çok eksenli basma yükleri ile karakterize edilebilir.

Plastik şekil verme yöntemlerini etkin gerilme türünün esas alındığı bir gruplandırma ile sınıflandırılması gerekirse, 5 etkin gerilme haline göre hazırlanan gruplandırma şekli, Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.

1) Basma Türü Biçimlendirme İşlemleri: İş parçası veya hammaddenin esas olarak tek veya çok eksenli basma gerilmelerinin etkisi altında şekil değiştirdiği biçimlendirmelerdir.

2) Birleşik Çekme ve Basma Türü Biçimlendirme İşlemleri: İş parçasının şekil değişiminin esas olarak birleşik tek veya çok eksenli çekme ve basma gerilmelerinin etkisiyle sağlandığı biçimlendirmelerdir.



Şekil 2.1. Plastik Şekil Verme Yöntemlerinin Gruplandırılması [Mısırlı, 2003]

3) Çekme Türü Biçimlendirme İşlemleri: İş parçasının şekil değişiminin tek veya çok eksenli çekme gerilmeleri etkisinde olduğu biçimlendirmelerdir.

4) Eğme Türü Biçimlendirme İşlemleri: İş parçasının eğilme gerilmeleri ile şekil değiştirdiği işlemler ile biçimlendirmelerdir.

5) Kesme Türü Biçimlendirme İşlemleri: Şekillenen iş parçalarında kayma ve kesme gerilmelerinin daha etkin olmasından kaynaklanan biçimlendirmelerdir.

Üretim yöntemleri içinde plastik şekil vermenin önemi ve ana hatlarını açıklamaya çalışıldığı bu bölümde yapılan tezin alanını kısmen de olsa belirlemiş olmaktadır.

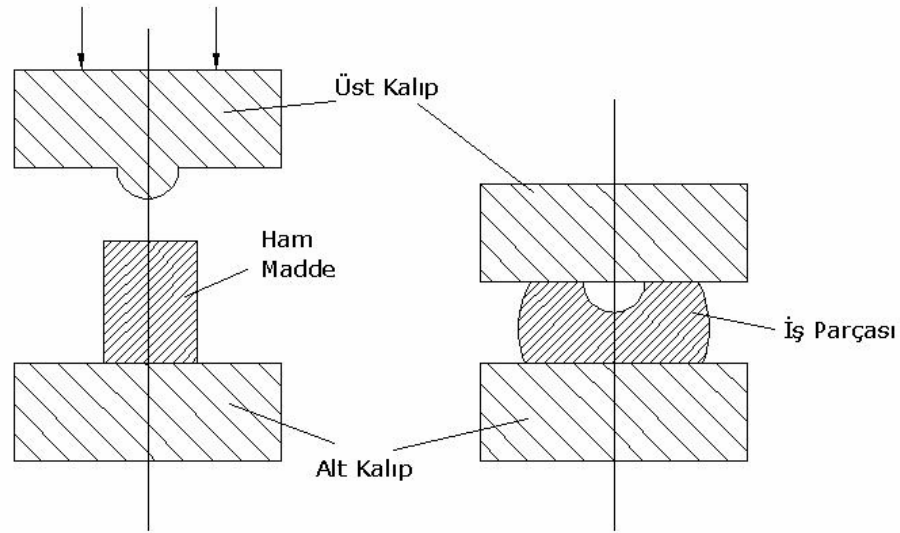
Yapılan çalışma etkin gerilme türüne göre plastik şekil verme yöntemlerinin sınıflandırılmasında basma türü biçimlendirme grubundan dövme ve ekstrüzyon ile ilgilidir. Bu bağlamda dövme ve ekstrüzyon konuları ilerde açıklanmaya çalışılacaktır [Mısırlı, 2003].

2.4. Dövme

Dövme eski bir üretim tarzıdır. İş parçasının kalıp adı verilen takımlar yardımıyla darbe veya basınç altında kontrollü olarak plastik şekil değiştirdiği bir üretim yöntemidir. Krank milleri, el takımları, civata kafaları, dişliler, tekerlekler, biyeller, kancalar sayısız dövme örneklerinden bazılarıdır. Dövme yolu ile iş parçasının mekanik özelliklerinin yükseltilmesi sağlanır. Ayrıca, dövmede biçimlendirme malzemenin fiziksel durum değişiminden yararlanılarak yapılır.

Dövme sıcak ve soğuk olarak uygulanabilir. Dövme işleminde kullanılan kalıp, alt kalıp ve üst kalıp olarak adlandırılan iki parçadan oluşur. Dövmede dövülen iş parçasının yan yüzeylerinin serbest olarak hareket ettiği hale açık kalıpla dövme denir. Açık kalıpla dövme işleminde genellikle boyut ve şekil hassasiyeti aranmadan basit ve düz şekilli kalıplarla yapılan bir dövme söz konusudur. İş parçası ile kalıp

yüzeyleri arasındaki sürtünme nedeniyle yığılma fıçı şeklinde olur. Sürtünmeden kaynaklanan fıçılama oluşumu sıcak kalıplar kullanılarak veya etkin bir yağlama ile önlenabilir. Açık kalıpla dövme daha çok kapalı dövmenin bir arakesiti olarak kullanılır. Başlıca açık kalıpla dövme işlemleri yığma, delme ve kafa şişirme işlemleridir. Şekil 2.2.'de açık kalıpla dövme ve fıçılama olayı gösterilmiştir. [Çapan, 2003]



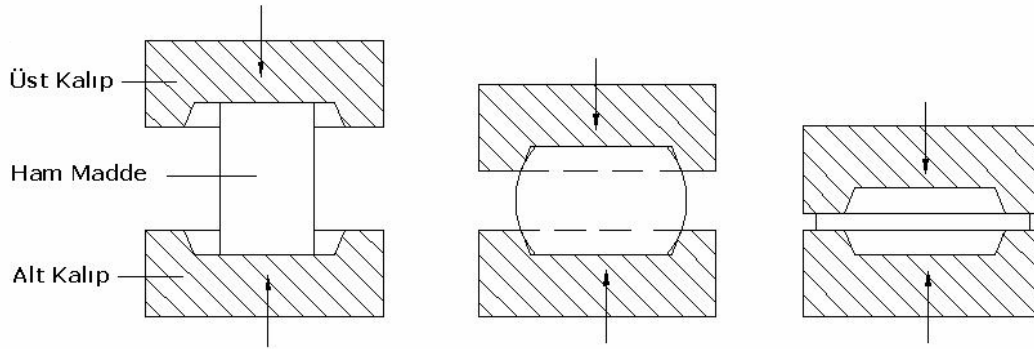
Şekil 2.2. Açık Kalıpla Dövme [Çapan, 2003]

Karmaşık şekilli parçaları açık kalıpla dövmek çoğunlukla mümkün değildir. Bunun sebebi; açık kalıpla dövmede, malzeme en az bir doğrultuda serbest şekil değiştirir. Karmaşık şekilli parçaların dar tolerans içinde elde edilebilmesi için birbiri üstüne kapanan ve elde edilecek parçanın negatif şekline sahip iki yarım kalıp kullanılır. Alt ve üst kalıplar kapandığında üretilecek ürünün şeklinde olan aradaki boşluk “gravür” olarak adlandırılır. Bu dövme yöntemine kapalı kalıpla dövme yöntemi denir.

Kapalı kalıpla dövme kendi arasında; kapalı kalıpla çapaklı dövme, kapalı kalıpla çapaksız dövme olarak iki ana kısma ayrılır. Kapalı kalıpta istenilen boyutta ürün elde edebilmek için, gravüre yeterli miktarda malzeme koymak gerekir. Ancak

gerekli malzeme miktarını, ara kademelerin kabaca yapılmasından, oksitlenme, malzeme boyutları metalin genleşmesi ve dar kesitlere malzeme akışı gibi sebeplerden dolayı hassas olarak tespit etmek mümkün olmadığından, gereğinden fazla hacimde hammaddeye ihtiyaç vardır. Şekil 2.3.'de kapalı kalıpla çapaklı dövmenin ve çapak oluşumunun şematik resmi gösterilmiştir.

Malzemenin kapalı kalıp içinde akışını kolaylaştırmak için ön şekillendirme uygulanabilir. Ön şekillendirme büyük parçalar için genellikle açık kalıplar veya serbest kalıplarda gerçekleştirilir. Parça şekil ve boyutunun olduğu durumlarda çok gözlü kalıplar kullanılarak, parçaya tüm dövme kademeleri uygulanabilir. [Çapan, 2003]



Şekil 2.3. Basit Bir Parçanın Kapalı Kalıpla Çapaklı Dövülmesi [Çapan, 2003]

Başlangıç malzemesi, kalıbı kenarlarındaki ayaklarda uzatma ve çevirme gibi ön işlemlere uğrar. Daha sonra sırasıyla kaba şekillendirme, kaba çapak kesme, son şekillendirme ve son çapak kesme işlemleri uygulanarak arzu edilen parça elde edilir.

Dövme yöntemi diğer plastik şekil verme yöntemlerine göre bir takım avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Dövme yönteminin başlıca avantajları şunlardır.

1) Ürün yüksek mukavemetli olur. Bir malzemenin dövme işleminden sonra tokluğu, sünekliği daha fazla olmaktadır.

2) Seri üretimde dövme parçalar boyut ve şekil bakımından daha ünitordur. Malzeme bileşiminin ve yapının dövme malzemelerinde parçadan parçaya ve gruptan gruba üniform oluşu, ısıt işleme karşı aynı tepki gösterme, işleme özelliğinde minimum farklılık ve bitmiş parçalarda aynı seviyeleri temin eder.

3) Dövmeden sonra da parçalar gerekirse kaynak edilebilir, talaş kaldırılabilir. Dövme parçaları çok küçük ve çok büyük boyutlarda imal edilebilir.

4) Darbe ve gerilmeler altında parçaların beklenmeyen kırılmalarına sebep olabilen boşluklar dövme ile yok edilebilir. Dövme işlemi alaşımların veya metal olmayan katıkların kütlese ayrılmalarına mani olarak üstün bir düzgünlük sağlar.

5) Dövmede üretim hızı yüksektir.

Dövme yönteminin bu avantajlarına karşılık aşağıda belirtilen bazı olumsuz yönleride vardır. Bunlar;

1) Büyük parçaların dövülmesi için gerekli olan yüksek kuvvet, enerji ve dolayısıyla bunları sağlayacak preslerin fiyatları pahalıdır. Ayrıca kalıp maliyetleri de pahalıdır.

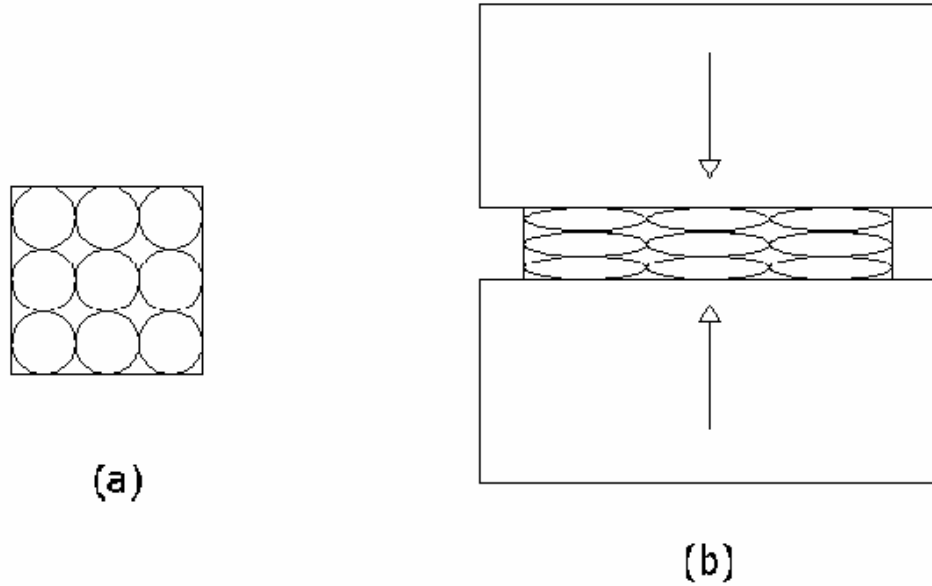
2) Çapak oluşumundan dolayı hammadde miktarına bağlı olarak bir miktar malzeme kaybı olur. Bu çapağı kesmek için ayrı pres gereklidir.

3) Özellikle açık kalıpla dövme işleminde toleranslar oldukça geniştir. [Çapan, 2003]

2.4.1. Soğuk Dövme

Soğuk dövme, bir malzeme kütlesinin orta aşama veya ilk şeklin başlangıcında ısı alışverişi olmadan oda sıcaklığında şekil verilmesi olarak tanımlanır. Soğuk ekstrüzyon ise soğuk metalin bir çeşit şekil içinden basma kuvvetleri altında plastik bir şekilde hareketini içeren dövme işlemlerinin özel bir türüdür. [Altan et al, 2003]

Teknik uygulamalarda yararlanılan metallerin hemen hemen tümü bir çok tek kristalin birleşmesiyle oluşur yani çok kristallidir. Çok kristalli bir metal soğuk plastik şekil değiştirdiği takdirde basma halinde taneler basmaya dik doğrultuda çekmede ise çekme doğrultusunda uzar. Soğuk plastik şekil değişiminden sonra, pekleşme nedeniyle, malzemenin çekme dayanımı, akma sınırı ve sertliği yükselir, sünekliği azalır. Soğuk şekil değişimi malzemelerin fiziksel özelliklerindeki etkileyerek elektrik iletkenliği ile korozyona karşı direncin azalmasına, yoğunluğun biraz düşmesine ve ısıl genleşme katsayısının yükselmesine neden olur.



Şekil 2.4. İdeal küresel çok kristalli bir metalin soğuk plastik şekil değişimi (basma) (a) Şekil değişiminden önce (b) Şekil değişiminden sonra [Çapan, 2003]

Soğuk şekillendirme sonucunda Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi, tanelerin bir doğrultuda uzayıp bir doğrultuda kısaltmaları sonucunda malzeme izotrop olmaktan çıkar ve anizotrop olur. Başlangıçta tanelerin kafes doğrultuları gelişigüzel ve dolayısıyla da izotrop olan çok kristalli metal bir cisim, soğuk plastik şekil değişiminden sonra anizotrop olur.

Soğuk plastik şekil değiştirme sonucunda metal malzemede tane yapısının bozulduğu, iç gerilmeler ve anizotropi meydana geldiği, mekanik ve fiziksel özelliklerin değiştiği daha önce belirtilmişti. Malzemeye, şekil değiştirmeden önceki özellikleri yeniden kristalleştirme tavı ile kazandırılabilir. Yeniden kristalleşme sıcaklığı bu olayın bir saat içinde tamamlandığı sıcaklık olarak tanımlanır. Metalin erime sıcaklığı T_e ($^{\circ}\text{K}$) ise yeniden kristalleşme sıcaklığı yaklaşık $0,4 T_e$ ($^{\circ}\text{K}$) mertebesinde dir. Yeniden kristalleşme sıcaklığı ve süresinin aşırı olması veya soğuk şekil değiştirme oranının kritik bir değerden küçük bulunması halinde tane irileşmesi görülür. Tane irileşmesi malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Tavlama sırasında sertlikte önemli bir düşme olmadığı gibi mikroyapıda da gözlenebilir bir değişim olmaz yani bozulmuş tane yapısı düzelmez. Fakat fiziksel özellikler şekil değişiminden önceki değerlerine ulaşır. Bu olaya toparlanma denir.

Soğuk şekil verme işlemi için gerekli kuvvet ve iş, aynı işlemin sıcak olarak yapılmasına kıyasla daha büyüktür. Buna karşılık soğuk şekil vermede, sıcak şekil vermeye kıyasla daha küçük boyut toleransları ve daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilir. Soğuk şekil vermede sünekliğin azalması malzemenin istenen şekli almadan hasara uğramasına neden olabilir. Bu yüzden malzeme tavlınır ve üretim tamamlana kadar birkaç ara tav gerekebilir. [Çapan, 2003]

2.4.2. Ekstrüzyon

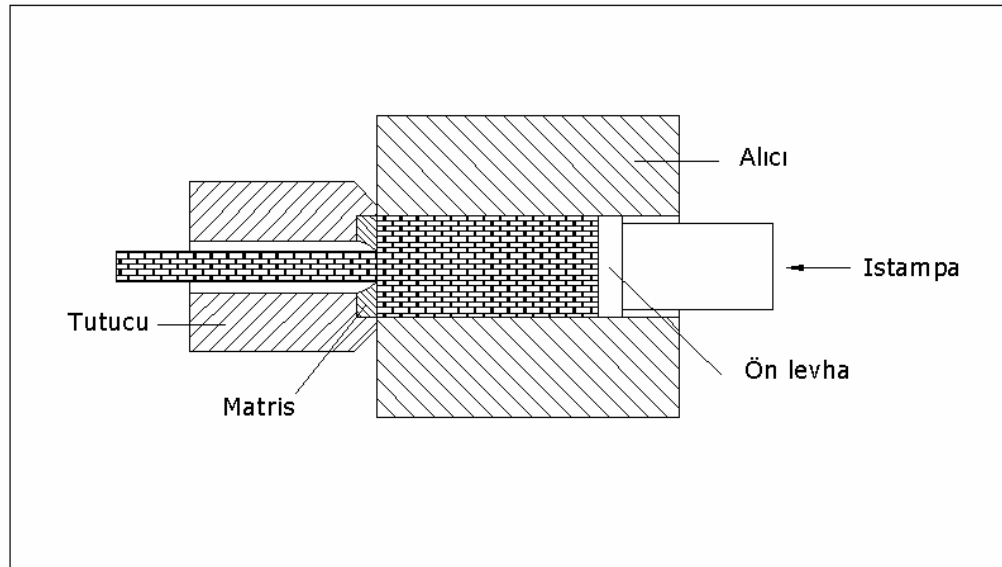
Metal bir bloğun, bir kovan (alıcı) içine yerleştirilerek ıstampa vasıtasıyla uygulanan basma kuvvetinin etkisi altında, ürün kesitinin şeklinde olan matris deliğinden geçirilmesine ekstrüzyon denir. Ekstrüzyon yöntemi ile çubuk, boru, şerit gibi ürünler elde edilebildiği gibi, ayrıca pek çok karmaşık şekiller ve çeşitli kesit

şekilleri de elde edilmektedir. Elde edilen şekiller bir yarı mamül olabileceği gibi bazen de doğrudan kullanılan bitmiş ürün, yani mamül de olabilir.

Ürünün çıkış yönü ve ıstampanın hareket yönüne bağlı olarak ekstrüzyon işlemleri 3 ana gruba ayrılır. Bunlar;

- 1) İleri (direk) ekstrüzyon
- 2) Geri (endirek) ekstrüzyon
- 3) Yana ekstrüzyon diye üçe ayrılır.

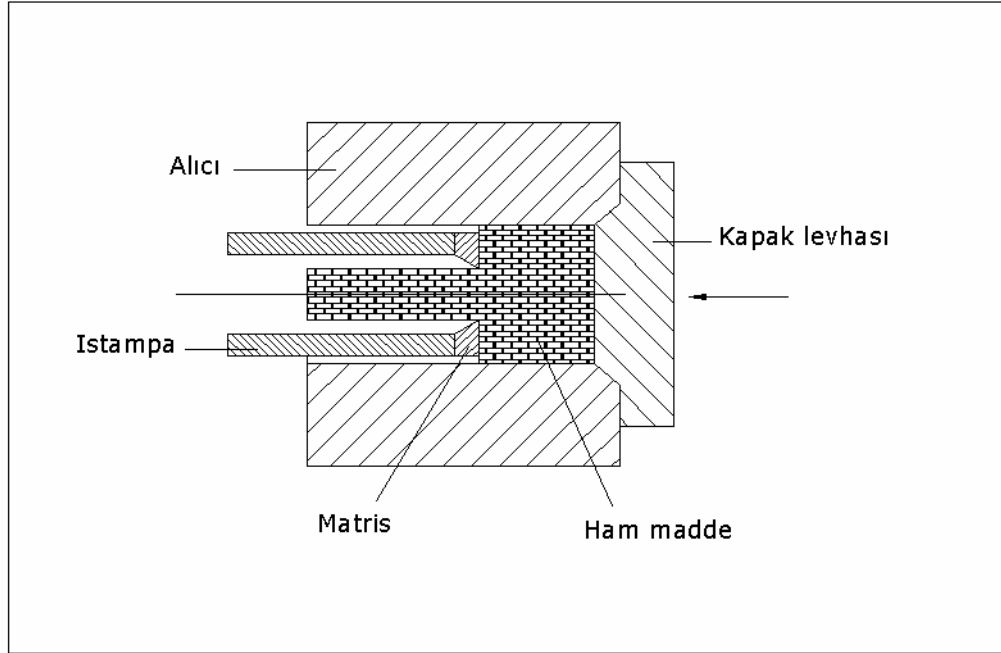
Şekil 2.5.'de gösterildiği üzere ileri ekstrüzyonda tutucu tarafından taşınan matris alıcının bir ucunda bulunur. Alıcının diğer tarafından basan ıstampa takoz malzemesinin matris deliğinden geçmesini sağlar. İstampayı korumak amacıyla, ıstampa ile takoz arasına bir ön levha konur. İşlem sonunda bir miktar takoz malzemesi alıcı içinde kalır. [Çapan, 2003]



Şekil 2.5. İleri Ekstrüzyon [Çapan, 2003]

Geriye ekstrüzyonda matris ıstampanın ucuna tespit edilmiştir (Şekil 2.6.).

Bu yöntemde ıstampanın içi deliktir. Böylece ıstampanın alıcı içine doğru hareketinde basılan çubuk matris ve ıstampa deliğine girer. İleri ekstrüzyonda, matris deliğinden geçen ürünle ıstampanın hareket yönü aynı, geriye ekstrüzyonda ise terstir. Geriye ekstrüzyonda kuvvet direk ekstrüzyona kıyasla daha küçüktür. Çünkü, ileri ekstrüzyonda takoz alıcıya göre hareket ettiği için ikisi arasında bir sürtünme söz konusudur. Geriye ekstrüzyonda ise takoz ile alıcı ara yüzeyinde malzeme hareketi yoktur, dolayısıyla sürtünme söz konusu değildir. Fakat geriye ekstrüzyon gerekli tezgahın karmaşıklığı nedeniyle, sınırlı bir uygulama alanına sahiptir.



Şekil 2.6. Geriye ekstrüzyon [Çapan, 2003]

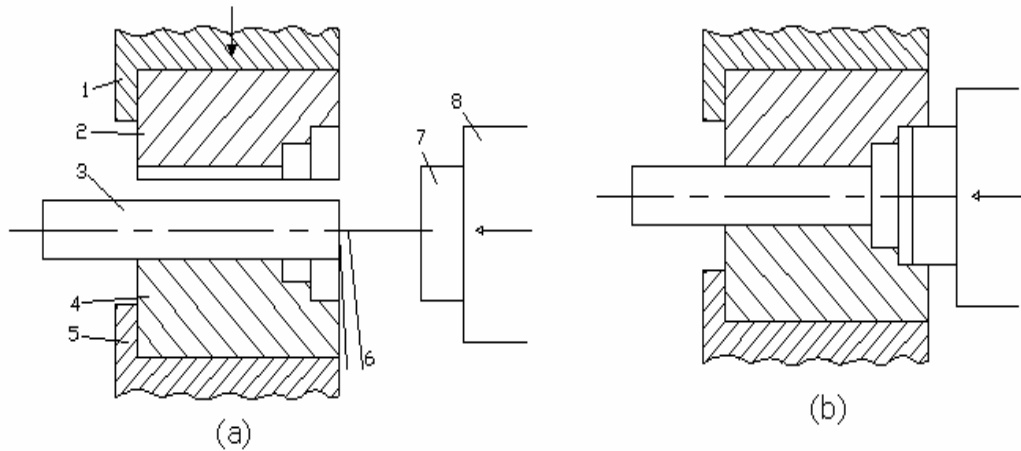
Ekstrüzyon soğuk ve sıcak olarak uygulanabilen bir yöntemdir. Sıcak ekstrüzyonda takozlar alıcı içine konmadan önce ekstrüzyon sıcaklığına kadar fırında ısıtıldığı gibi ayrıca, düşük ekstrüzyon hızlarında alıcıların da ısıtılması gerekir. Ekstrüzyonun sürekli bir işlem olmadığı açık olmakla beraber büyük çok uzun ürünler elde edilebilmektedir.

Serbest veya açık kalıpla ekstrüzyon ise, genellikle yukarıda bahsedilen klasik ekstrüzyon yöntemlerine göre çok daha küçük kesit değişikliklerinin sağlandığı bir yöntemdir. Bu yöntemde hammadde alıcı içine yataklanmış biçimde değil ıstampa kuvvetinin etkisiyle doğrudan matris deliğinden geçirilmeye zorlanır. İşlemin gerçekleştirilmesi için, ekstrüzyon kuvveti burkulma kritik yükünden küçük olmalıdır [Çapan,2003].

Bu çalışmada ekstrüzyon ve dövme proseslerinin aynı anda gerçekleştiği ekstrüzyon tipi dövme ve kafa şişirme prosesi detaylı olarak incelenmiştir.

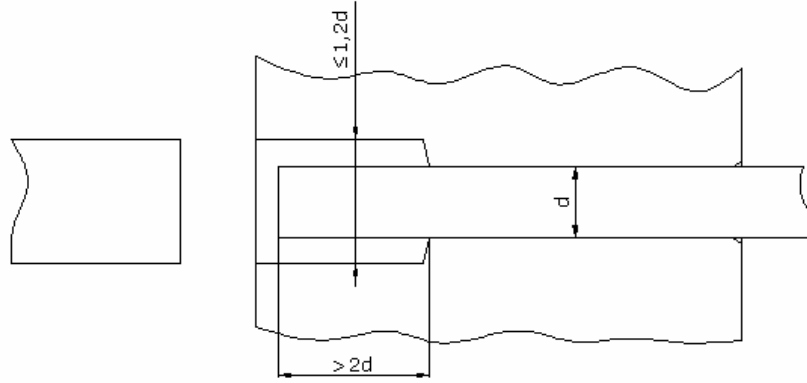
2.4.3. Kafa Şişirme

Kafa şişirme (yığma), genellikle dairesel kesitli metal bir çubuğun, eksenî doğrultusunda uygulanan basma kuvveti etkisiyle, bir ucunun yığılarak şekillendirilmesidir. Özel yatay makinalarda sıcak, yarı sıcak veya soğuk olarak uygulanan bu işlem şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Kafa şişirme (1) Çene (2) Hareketli Kalıp (3) Çubuk (4) Sabit Kalıp (5) gövde (6) Dayama (7) Istamp (8) Kızak [Çapan, 2003]

Şekil 2.7.'den de anlaşılacağı gibi, biri sabit diğeri ise hareketli olan kalıp yarıları tarafından sıkı bir biçimde kavranan çubuğun serbest ucu ıstampa tarafından kalıp boşluğunu doldurmaya zorlanarak yığılmaktadır. Kafa şişirmenin sağlıklı yapılabilmesi için büyük ölçüde burkulmanın önlenmesine bağlıdır. Kafa şişirme işleminin soğuk olarak yapılması halinde (soğuk vurma), çubuğun şekillendirilecek olan serbest uzunluğu, çelik malzemelerde çapın 2 katını, kurşun-bakır alaşımlarında ise 1,5 katını aşmamalıdır. Aksi takdirde burkulma olur. Çubuğun şekillendirilecek olan serbest uzunluğunu bu değerlerden daha fazla olması gereken hallerde işlem ıstampa veya matris boşluğunda yapılabilir. Şekil 2.8. de gösterilmiştir [Çapan, 2003].



Şekil 2.8. Soğuk vurmada burkulmanın önlenmesi [Çapan, 2003].

3. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

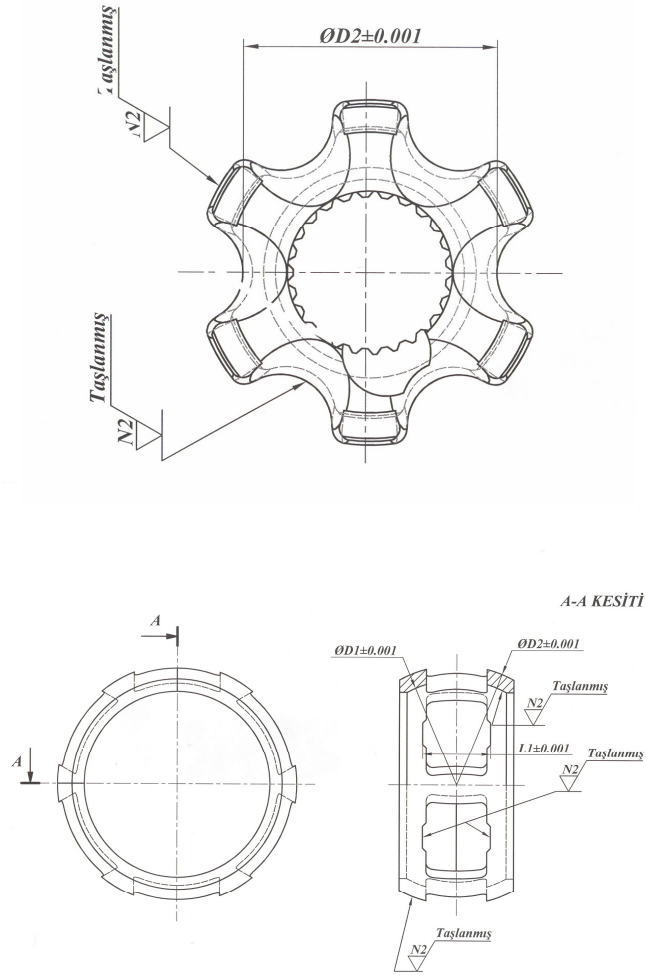
3.1. Sabit Hız Mafsalı Konusunda Daha Önce Yapılanlar

Sabit hız universal mafsalı parçalarının soğuk dövme metodu hakkında çok geniş literatür taraması gerçekleştirilmiştir. İnternet üzerinden makale araştırması yapılmış, konu hakkında söz sahibi olan bilim adamlarının birçok makalesi elde edilmiş ve araştırmalar son safhasına ulaşmıştır. Özellikle literatürdeki çoğu makalelerde üretim prosesleri gizli olmasına rağmen, makalelerde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Literatürlerin incelenmesinde elde edilen yeni proses teknikleri ve şartları çalışmalar sırasında değerlendirilmiştir. Soğuk dövme konusunda kitaplardan ve kataloglardan da yararlanılmaya çalışılmıştır.

Diğer taraftan bu mafsalları kullanan firmalar gezilmiştir. Üretim tesisleri teknolojik bilgi barındırdığından geziler sınırlı olmak zorunda kalmıştır. Bu sebepten birçok alanda teknikler geliştirilmek zorunda kalınmıştır. Bilgiler hala teknik sır olarak firmalarca saklı tutulmaktadır. Konu hakkındaki fuarlar aksatılmadan ziyaret edilmiştir. Halihazırda yurdumuzda üretimi gerçekleştirilen ve ithalatı yapılan bazı otomobillerin Sabit Hız Mafsallarını üretmekte olduğumuzdan teknik ve pratik bilgi birikim ülkemizde mevcuttur.

3.2. Kullanılacak Yöntem ve Teknikler

Sabit Hız Mafsalı dört parçadan oluşmaktadır. Bunlar, esas gövdeyi oluşturan ve diğer parçaları içinde taşıyan Lale (Housing) diye adlandırılan parça, bilyaları taşıyan kafes, bilyalara yataklık eden iç gövde ve altı adet bilyadan oluşur [Vazquez et al, 1996], [Altan and Vazquez, 2000].



Şekil 3.1. Sabit hız mafsallı gövde ve kafes kesiti

Bilyalar standart parçalar olduğundan piyasadan temin etmek mümkündür. Bu parçalar içinde Mafsalın ana parçası olan Lalenin imalatı kompleks yapısından dolayı en zor olanıdır. Şekil 3.1.'de SHM gövde ve kafes kesit görüntüsü görülmektedir.

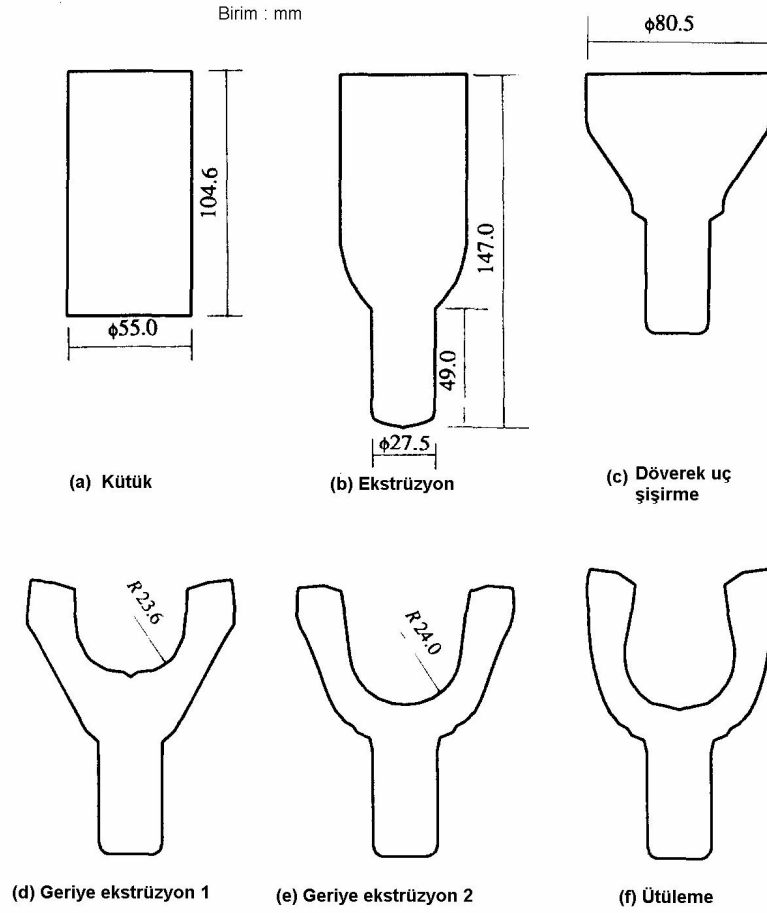
Ana parçanın (lale shaft) üretimi için iki yöntem mevcuttur, bunlardan birisi sıcak şekillendirme diğeri ise soğuk şekillendirmedir. Lalenin konvensiyonel sıcak şekillendirme yöntemiyle seri üretimi ilk şekillendirilmesi kolay olsa da, şekillendirme işleminden sonra oldukça çok talaş kaldırma işçiliği gerektiren imalat

şeklidir ve yatırımı soğuk şekillendirmeye göre % 40 oranında pahalıdır. [Kang and Kobayashi, 1994]

Bunun yanında soğuk şekillendirme metodu son şekle yakın (Near Net Shape) ve hassas toleranslarda şekil verilen üretim şeklidir. Son şekle yakın hassasiyette şekillendirilebildiğinden, şekillendirme sonunda talaş kaldırma işlemi gerekmebilir. Soğuk şekillendirme ile imalat esnasında sıcak şekillendirmeye karşılaştırıldığında yaklaşık % 40 civarında ilk yatırım tasarrufu sağlanabileceği ön görülmektedir.

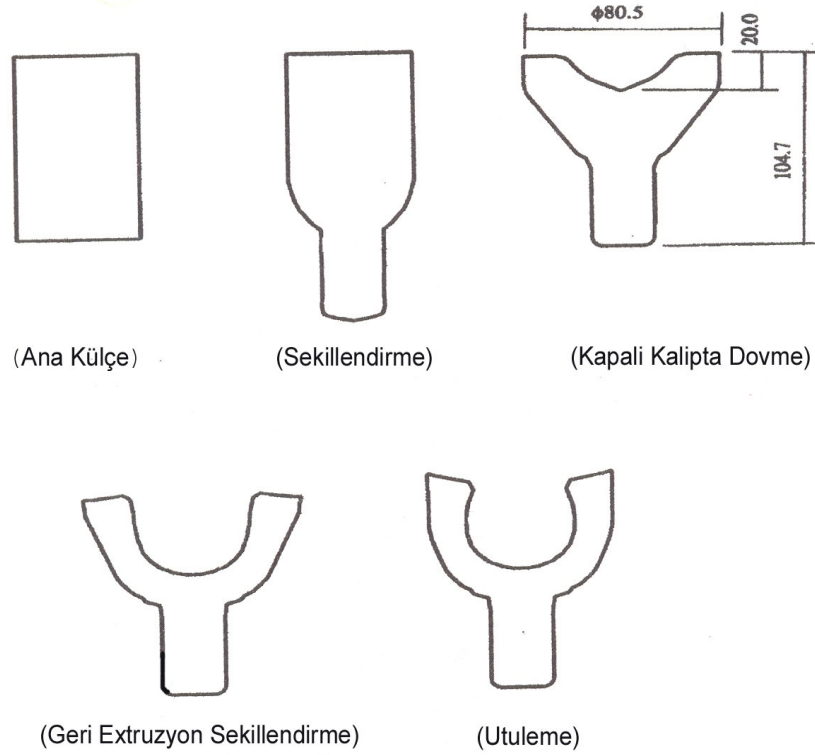
Soğuk dövme kalıplarının planlanması, tasarlanması ve imalatı elde edilecek ürünün kalitesiyle direk alakalıdır. İmalatının yanında dövme esnasında kalıpların kullanılmaları da dikkat ve bilgi birikimi gerektiren çalışmadır. Personelin yeterli tecrübe ve bilgi birikimine sahip olması gerekmektedir. Dövülecek çelik malzemelerin şekillendirilmelerini kolaylaştırmak için ısıtılması gerekmektedir. Bunun için tasarlanmış özel elektrik ısıtmalı fırın gerekmektedir.

Ana parçanın şekillendirmesini literatürden elde edilen bilgi birikimi neticesinde normalde toplamda 6 adımda (Şekil 3.2.) yapılan işlem serisi bir araştırmada yapılan deneyler sonucunda 5 adıma (Şekil 3.3.) düşürülmektedir. Bu araştırmada SHM'nın literatürden edinilen bilgiyle 5 adımda imal edilmesi sağlanmaya çalışılacaktır. [Kang and Kobayashi, 1994]



Şekil 3.2. Bir Sabit Hız Mafsalı Lalesinin Soğuk Dövmeyle Üretiminin
6 İşlemin Proses Tanımlaması [Kang and Kobayashi, 1994]

Bu adımlardan ilki Soğuk şekillendirmede kullanılacak ana külçenin elde edilmesidir. İlk olarak gerekli çap ve uzunlukta uygun malzemeden ana külçe kesilecektir. Şekillendirmede ilk operasyon ekstrüzyonla ilk şekil verme işlemidir. Üçüncü adım olarak ilk şekli alan parça kapalı kalıpta şekillendirilecektir. Dördüncü adımda istenen şekil verilmiş olacaktır. En son beşinci adımda ise ütüleme yapılarak soğuk şekillendirme işlemi bitirilecektir. Hareketli kalıplarla aksel hareketleri sağlayıcı bilya çalışma radyüslü kanallarının ısıtılma işlemi ve taşlama öncesi soğuk kalibre etmek için batıda mafsalı pres diye bilinen sağlam kontrüksiyonlu istenilen basınç yükünü titremesiz ve esnemesiz taşıyabilecek yapıda iyi kızaklanmış soğuk kalibre amaçlı pres kullanılması gereklidir.

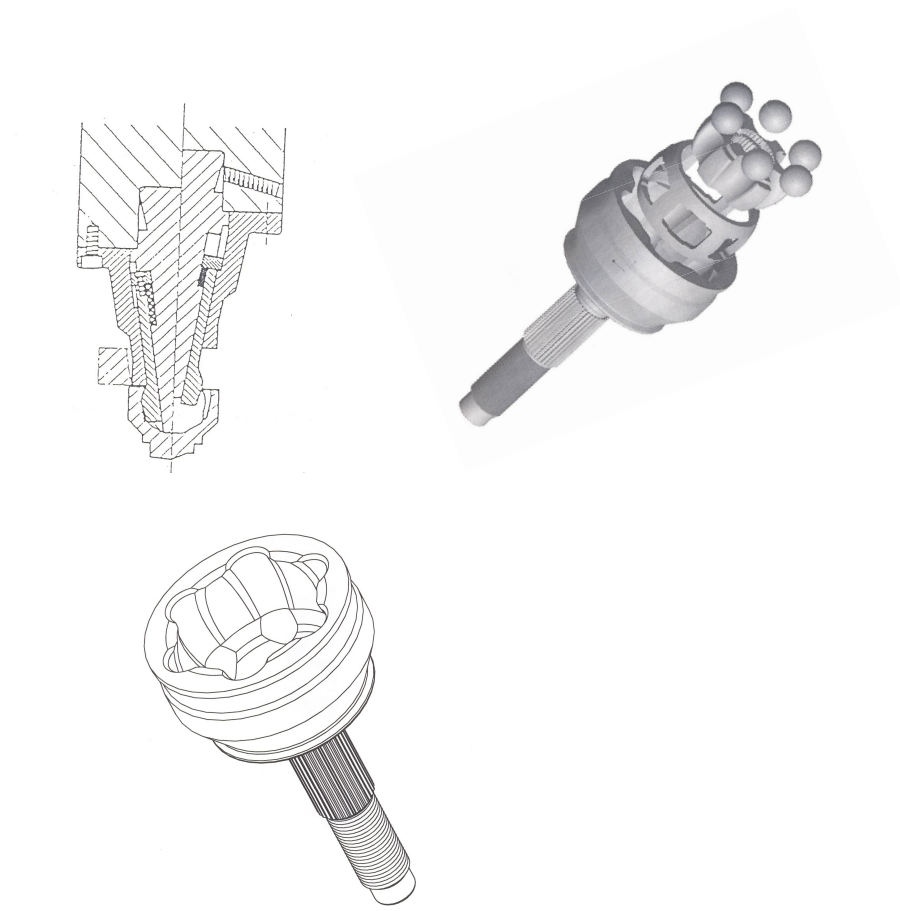


Şekil 3.3. Bir Sabit Hız Mafsalı Lalesinin Soğuk Dövmeyle Üretiminin

5 İşlemin Proses Tanımlaması [Kang and Kobayashi, 1994]

Her adım için ayrı kalıp imalatı gerekmektedir. Özellikle son ütüleme işleminde ortaya konulacak kalıp parçalı olacaktır. Parçalı olması dolayısıyla parça içersinden çıkarılabilecektir. Aksi takdirde Lalenin ağzı kapanacağından bütün olan kalıp çıkarılamayacaktır. Malzemeler şekillendirilme esnasında kayganlıkları artırmak, sürtünme katsayısını azaltmak ve şekillendirmeyi kolaylaştırmak için kimyasal malzemeyle kaplanacaklardır. Soğuk şekillendirme işlemini takiben malzeme yapısında oluşan gerilmelerin ve yapı bozukluklarının giderilmesi için normalize fırını kullanılacaktır.

Dövme sonucunda dövülen parça kenarlarında oluşan artıkların kesilmesinde çapak kesme presi kullanılacaktır.



Şekil 3.4. SHM lalesi 3 boyutlu görüntüsü ve kalıp kesiti

Bilya taşıyıcı bileziğin alt ve üst yüzeylerin taşlanması Satış taşlama tezgahı kullanılmalıdır. Frezeli bilya taşıyıcı göbeğin alt ve üst yüzeylerinin taşlanması da Satış taşlama tezgahı kullanılmalıdır. Kafesin bilya taşıyıcı yuvalarının taşlanması bilya taşıyıcı kafes taşlama tezgahı kullanılmalıdır.

Sabit Hız mafsallının tüm parçalarının montajından sonra düzenli çalışıp çalışmadığını kontrol ve ömür testine tabi tutmak için Test Ünitesi kullanılmalıdır. Testlerde salınımları ve yük altında davranışları, aşınma biçimleri ve uyum süreçleri incelenmelidir.

Deneme işlemlerinin her aşamasında ürünlerin boyut, sertlik, çatlak ve iç yapıları devamlı kontrol edilmelidir. Bu kontrolleri yapacak cihazlar gereklidir.

Kaliteyi yakalayabilmek için bu cihazların kullanılması zorunluluğu vardır, dolayısıyla bunların kullanımı kaçınılmazdır. Kontrolde kullanılacak cihazlar aşağıdaki gibidir:

- Profil Projektör
- Sertlik Ölçüm Cihazı
- Çatlak Kontrol Cihazı
- 3 Boyutlu Ölçüm Cihazı (CMM)

Üretim aşamasının ilerleyen safhalarında başka kontrol cihazlarının gerekliliği kaçınılmaz olabilir. İhtiyaç duyulduğunda gerekli cihazların alımına gidilmelidir.

3.3. Yağlama Sistemi

Soğuk dövme işleminde yağlama önemli bir yer tutmaktadır. Soğuk dövme için kullanılan yağlamanın seçimi, işlemin şiddetine ve hammaddeyle ilgili parametrelere bağlıdır. Örnek olarak, küçük çaplardaki kafa şişirme işlemi için yüksek oranlarda, geriye ekstrüzyondaki gibi aynı yağlama performansı gerektirmez. Ayrıca, çelikler için kullanılan yağlama sistemi alimimyum ve titanyum için kullanılanlardan çok farklı olabilir. [Altan et al, 2005]

Çoğu tipik soğuk dövme işlemleri şiddetli deformasyon durumu yüzünden, karbon çeliklerinin soğuk dövülmesinde çok yaygın bir şekilde kullanılan yağlama sistemleri çinkofosfat kaplama ve sabunlama sistemleridir. Ayrıca basit dövme işlemi örneğin kafa şişirme gibi, basit bir mineral yağ veya yağlamaksızın tamamlanabilir. Çinkofosfat kaplama yağlama sisteminde, ana iş parçası ilk önce yağ ve tortulardan kurtulmak için temizlenmeli ve daha sonra çinkofosfat çözeltisi içine daldırılmalıdır. Kimyasal reaksiyon boyunca, 20 µm ile 5 µm arasında tabaka oluşmaktadır.[Altan et al, 2005]

Tablo 3.1. Soğuk dövme çeliği hammaddesinin çinko-fosfat kaplama işlem sırası [Altan et al, 2005]

Operasyon	<u>Banyo sıcaklığı</u>	
	°C	işlem süresi
Temizleme		
Alkaline çözeltide yağ giderme	60-95	5-15
Soğuk suda durulama	N/U	N/U
Ölçü azaltma, genellikle paklama, bazen patlatma	40-70	1-5
Soğuk suda durulama ve nötürleştirme	N/U	N/U
Katalizörlü sıcak suya daldırma	N/U	N/U
Fosfatlama		
Çinko fosfat çözeltisine daldırma	55-95	5-10
Sıcak suda durulama ve nötürleştirme	N/U	N/U
Yağlama		
Sodyum sabunla yağlama	70-80	0,5-5
Kurulama	N/U	N/U
N/U: Normal/Uygulama		

Tablo 3.2. Çeliklerin soğuk dövümü için yağlama sistemleri [Altan et al, 2005]

İşlem	Deformasyon	Yağlama
Döverek kafa şişirme	Hafif	Yok
		MY+EYB+EYK
	Şiddetli	FK+SB
		FK+MY+EYB+EYK
Ütüleme ve açık kalıpla ekstrüzyon	Hafif	FK+SB
	Şiddetli	FK+SB
Ekstrüzyon	Hafif	FK+MY+EYB+EYK
	Şiddetli	FK+SB
		FK+MoS₂
		FK+MoS₂+SB
MY: Mineral yağı;SB: Sabun; EYB: Ekstra yüksek basınç;		
EYK: Ekstra yağ katkısı; FK: Fosfat kaplama		

3.4. Malzeme ve Kalıp Özellikleri

Soğuk dövme işleminde malzemenin seçimi ve kalıpların özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Literatürdeki araştırmalarda iş parçası malzemesi olarak çok çeşitli malzemeler kullanılmıştır. Bulardan birisinde Aısı 1018 çeliği seçilerek sabit hız mafsallı lalesinin üretim aşamaları incelenmiştir. Bu araştırmada malzeme olarak otomobil parçalarında çok sık kullanılan Aısı 1035 çeliği seçilmiştir. Bu malzemenin kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.3. AISI 1035 çeliği kimyasal bileşenleri

Bileşenler	Ağırlık(%)
C	0.31 - 0.38
Fe	98.63 - 99.09
Mn	0.6 - 0.9
P	Max 0.04
S	Max 0.05

Tablo 3.4. AISI 1035 çeliği fiziksel özellikleri

Yoğunluk	7.85 g/cc	Akma Gerilmesi	460 MPa
Elastise modülü	205 GPa	Sertlik (HRC)	84

Kalıpların tasarım ve imalatı, kalıp malzemesinin seçimi dövmeyle farklı parçaların imalatında çok önemlidir. Soğuk dövme çelikleri, kullanım boyunca yüzey sıcaklığı 200 °C'yi aşmayan takım çeliklerinin bir sınıfıdır. Bu çelikler yüksek sertlik, iyi dayanıklılık ve şok basınç, aşınmaya karşı iyi direnme sağlar. Bu sınıfın alt kısımları suyla sertleştirilmiş çelikler, orta ve yüksek alaşımlı soğuk iş çelikleri ve yüksek karbon krom çelikleridir.

Takım çelikleri soğuk dövme preslerinde yaygın bir şekilde kullanılır. Kalıplar aşınmanın iyiliği kadar eksenel basınçların yüksekliğine de bağlıdır. Bu nedenle, kalıp malzemeleri aşınmaya karşı iyi dayanım ve yüksek yorulma gücüne sahip

olmalıdır. Soğuk ekstrüzyonda kalıp ekleri bir veya iki çekirme halkası gerilmelenmiştir, böylelikle kalıp boşluklarındaki bulunan yüksek streslere dayanabilir. Dövme işlemlerinin ekonomik başarısı üretim başına kalıp fiyatları ve kalıp ömrüne bağlıdır. Uygun kalıp malzemesinin seçimi 3 değişkene bağlıdır.

- Değişkenler, kalıp boşlukları, kullanılan makine tipi, deformasyon hızı, ilk stok boyutu ve sıcaklığı, kullanılan kalıp sıcaklığı, üretim oranı, yağlama ve üretilecek parça sayısı gibi faktörleri içeren kendi işlemleriyle alakalıdır.
- Değişkenler, yükleme hızını içeren kalıp yükleme tipiyle alakalıdır. Örneğin kalıp ve deforme olacak malzeme arasında çarpma şiddeti veya aşamalı kontak zamanlı yükleme, kalıplar üzerinde maksimum yük veya basınç, maksimum veya minimum kalıp sıcaklığı ve kalıplara tabi tutulacak yük devir sayısıdır.
- Kalıp malzemesinin mekanik özellikleri yani sertleştirilebilirlik, etki kuvveti, ısı ve mekaniksel yorgunluklara karşı dirençtir.

Özel amaçlı çelikler ne soğuk iş nede yüksek hız çeliği olarak sınıflandırılmayan metaryallerdir. Korozyona karşı dayanıklıdırlar ve yüksek hız çeliğiyle karpitler arasındaki serliğe sahiptirler. Çok geniş biçimde soğuk dövmede kullanılırlar.

Dövme kalıpları ve ekleri katı bloklardan veya dövülmüş kalıp çeliklerinden işlenirler. Dövme kalıpları temel olarak 3 veya 4 eksenli bilgisayar nümerik kontrollü freze tezgahlarında, elektro erezyon tezgahlarında veya bunların ikisinin kombinasyonu ile işlenirler. Yüksek hızlı işlemeyle 45'le 62 HRC arasında sertlikteki metaller işlenebilir. Daldırılmalı elektro erezyonla işlemeyle her türlü kalıp 3,4 eksenli tezgahlarda rahatlıkla işlenebilir [Altan et al, 2005].

4. SONLU ELEMANLAR METODU

4.1. Sonlu Eeleanorlar Metodu Kavramı

Sonlu elemalar yöntemi kavramı 1943’lerde; Courant, minimum potansiyel enerji prensibini kullanan problem formülasyonundan türemiş ve St. Venant burkulma problemi için her bir üçgensel eleman takımı liner bir şekilde çarpılma fonksiyonları yaklaşımını sunduğunda, tarihte yerini aldı. Bazı araştırmacılar, bazı sınır değeri problemleri için yaklaşımlar yapmak için benzer fikirleri kullandı. Sonlu elemanlar terimi ilk kez Clough R.W. (1960) tarafından ortaya kondu. Ritz metodunun çıkışından sonra, uygulamalar mümkün varyasyonel formülasyonlar için geniş spektrumda problemlere yayılmaktaydı. O zamandan beri, sonlu elemanlar metodu uygulamaları ve teorisi üzerine pek çok çalışma yayınlandı [Doğan, 2000].

Sonlu elemanlar metodu son 20 yıl boyunca metal şekil verme işlemlerinin simulasyonunda artan bir şekilde kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar metodu bilgisayarların uygun bir şekilde kullanımıyla çok yönlü bir araç halini aldı. Kararsız durumdaki endüstriyel şekil verme problemlerini analiz etmek için büyük önem sırası bakımından malzeme modelleme, geometri, sürtünme vs. gibi ele alınabilir. Güçlü bilgisayar programları bu konuda büyük olanaklar sağlar. Aynı zamanda, programlar imalat işlemlerinde hata, deneme ve tasarım zamanında azalmayı sağlamaktadır [Doğan, 2000].

4.2. Dövme Yöntemi İçin Sonlu Eeleanorlar Analizi

Sonlu elemanlar metodunun temel yaklaşımı dijital bilgisayar ortamında yapılan sürekli işlemler serisinden bir tanesidir. Sonlu elemanlar modeli aşağıdaki usullerle oluşmuştur. [Kobayashi et al, 1989]

- Sonlu sayıdaki noktalar, fonksiyonların değeri ve nüfuz alanı olarak tanımlanmıştır ve uygun olduğunda türevi bu noktalarda belirlenmiştir.
- Fonksiyonların nüfuz alanı, yaklaşık olarak sonlu elemanlar olarak adlandırılan altnüfuzun sonlu koleksiyonu olarak betimlenmiştir.
- Nüfuz alanı , o zaman onların sınırında birebir uygun bir şekilde bağlantılı elemanların montajıdır.
- Fonksiyon, belirli elemanlarla ilişkisi olan node noktası değerleri açısından yeğane tanımlanmış sürekli fonksiyonlar tarafından herbir elemanla lokal olarak yaklaşık olarak değerlendirilmiştir.

Sonlu elemanlar probleminin çözüm yolu beş belirli adımdan oluşur: (1) problemin tanımlanması, (2) elemanların tanımlanması, (3) eleman denkleminin tespiti, (4) eleman denklemlerinin montajı, (5) global denklemlerin nümerik çözümü. Eleman denklemlerinin oluşumu dört yöntemden biriyle başarılmıştır: (a) direk yaklaşım, (b) varyasyonel metod, (c) ağırlıklı artıklar metodu, (d) enerji metodu

Sonlu elemanlar metodunu temel avantajları:

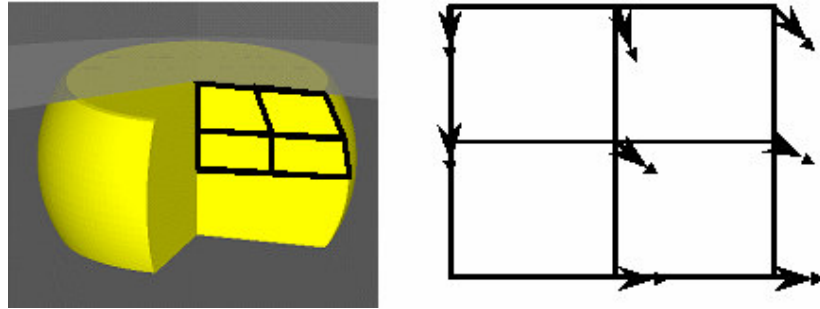
- Kontak basınç dağılımı, sıcaklık dağılımı, gerilmeler, gerinimler, şekiller, hız, deforme olan yapıda mekanik çözüm detayının elde edilme kapasitesi.
- Gerçekte, giriş datasını basitçe değiştirilerek problemlerin geniş çeşitte kullanılabilen ve yazılan bilgisayar kodu. [Kobayashi et al, 1989]

5. ANALİZ ÇALIŞMALARI

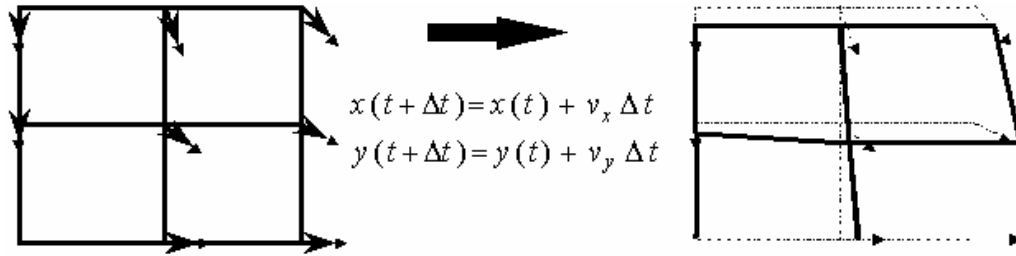
Sabit hız mafsalıının üretiminde 4 aşamadan oluşan üretim proseslerini Deform2D paket programı kullanarak analizler gerçekleştirmeye çalışılacaktır. Metal Şekil Verme Simülasyonları ve DEFORM SFTC tarafından geliştirilen DEFORM yazılımı ile 2 ve 3 boyutlu metal şekillendirme simülasyonlarını yapmak mümkündür. Sağladığı kullanım kolaylığı ve arka planda koşan “implicit,, analiz kapasitesi ile

DEFORM, dövme, talaşlı imalat, bükme, ekstrüzyon, tel erozyon, derin çekme ve bunun gibi daha birçok soğuk ve sıcak şekil verme simülasyonunda kullanılabilir . Kalıp modellerinin ve işlenecek olan parçanın CAD dataları oluşturulduktan sonra DEFORM yazılımı içerisinde gerçek hayattaki testi gerçekleştirmek mümkündür. Geleneksel metal şekillendirme sürecindeki proses dizaynı ve geliştirilmesindeki deneme- yanılmaya dayalı sistemi bilgisayar ortamına indirgeyen DEFORM ile çok daha kısa bir sürede prototip maliyetleri mümkün olan en alt düzeye çekerek optimum dizaynlara ulaşmak mümkündür. DEFORM ile çok kısa bir süre içerisinde üretiminin mümkün olmadığı düşünülen parçaların kalıplarının dizaynı gerçekleştirilir. Böylece firmaların rekabet gücü artmış olur.

Bu programda ağ (mesh) elemanı olarak 4 nodlu dikdörtgen (Şekil 5.1.) eleman kullanılmaktadır. Elemanların negatif jakobenliği yüzünden simülasyon devam edemez ve tekrar ağ oluşturma (remeshing) program tarafından otomatik olarak yapılır. Yapılacak olan analizlerin parçamızın ve kalıpların eksenel simetrikliğinden dolayı 2 boyutlu analizle sonuçlara ulaşılacağı öngörülmüştür.



Şekil 5.1. 4 nodlu dikdörtgen eleman için 2D ağ yapısı (mesh)



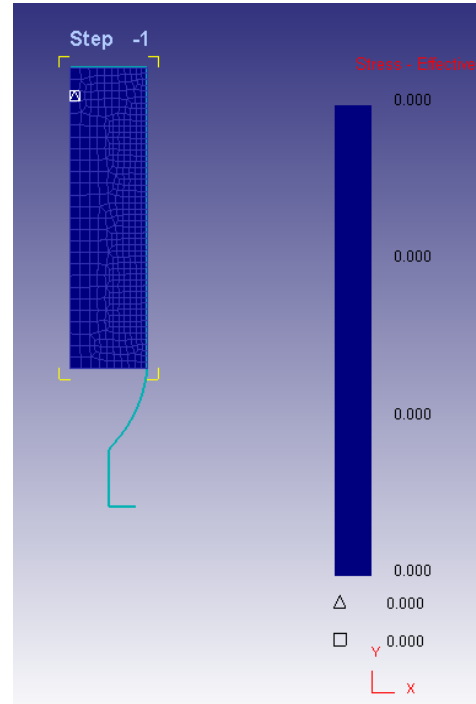
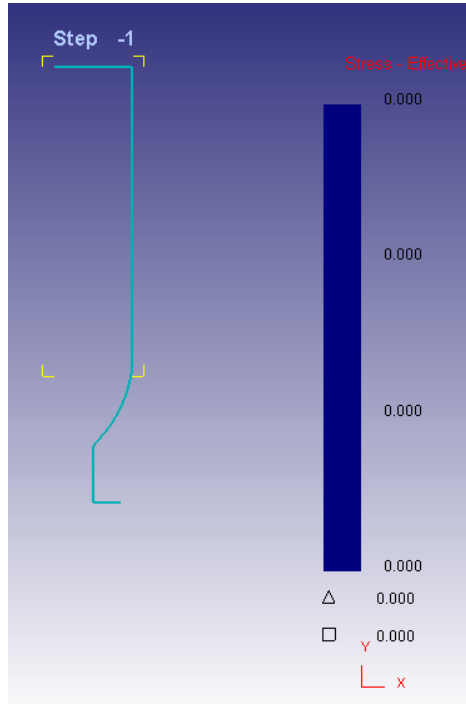
Şekil 5.2. Biten hesaplamadan sonraki nodal kordinatlar

Analizlerde malzeme olarak AISI 1035 malzemesi seçilmiştir. Seçilmesindeki amaç parçanın çok çeşitli malzemelerden imal edilebiliyor olması ve başka bir araştırmada AISI 1018’le analizlerin yapılmış olmasından dolayı kıyaslama imkanına sahip olunması. Deform2D programı malzeme datalarını içermektedir, buda ayrı bir kolaylıktır. Analizler ısı değişimi önemsenmediğinden izotermaldir. Kalıplar ve malzeme arasındaki sürtünme faktörü soğuk dövme için programda verilmiştir. Sınır şartlarında programda girilebilmektedir. Kalıplar arasındaki kontakları da programımız otomatik olarak tanımlamaktadır. Modellemede SI birim sistemi kullanılmıştır. Geometrilere Pro/Engineer™ çizilip *.igs formatında kaydedilmiş ve Deform2D™ programında açılmıştır. Hesaplamalarda INTEL™ Pentium Centrino 1.60 GHz işlemcili 1GB dinamik hafızalı WindowsXP işletim sistemli bilgisayar kullanılmıştır.

1. Analizde hammaddenin ekstrüze edilerek 2. aşamaya geçmek için belirlenmiş boyutları elde etmeye çalışılacaktır. 2. Analiz olarakta 1. aşamada elde edilen malzemeyi 3. aşamaya geçiş durumunda kafa şişirme yaparak 3. aşamaya hazırlamaktır. 3. aşamada geriye ekstrüzyon yaparak iş parçasının ana hatları oluşturulmuş olacaktır. 4. ve son aşama olarak iş parçasının üst ucuna ütüleme yaparak mafsalın ağız kısmı kapalı bir şekle sokulmaya çalışılacaktır. Böylelikle mafsal lalesi tam olarak üretilmiş ve kullanıma hazır hale gelmiş olacaktır.

5.1. Ekstrüzyon Analizi

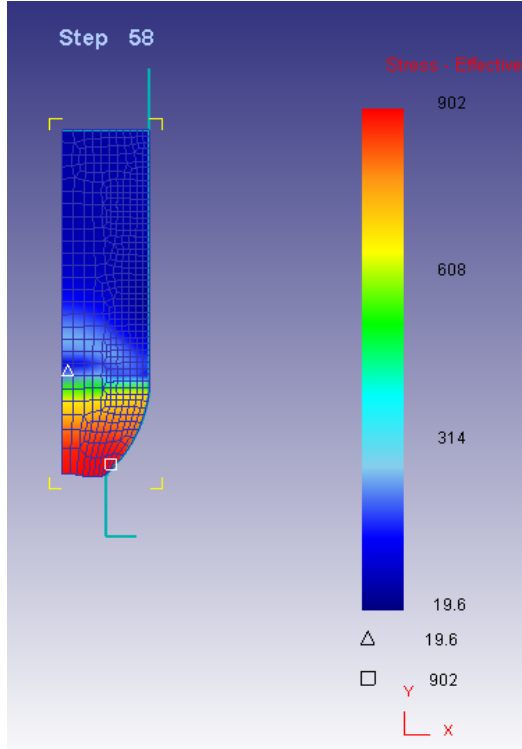
İlk analiz olan ekstrüzyon işlemi Şekil 5.3.'de ve Şekil 5.4. görülen kalıp ve hammadde'den oluşmaktadır.



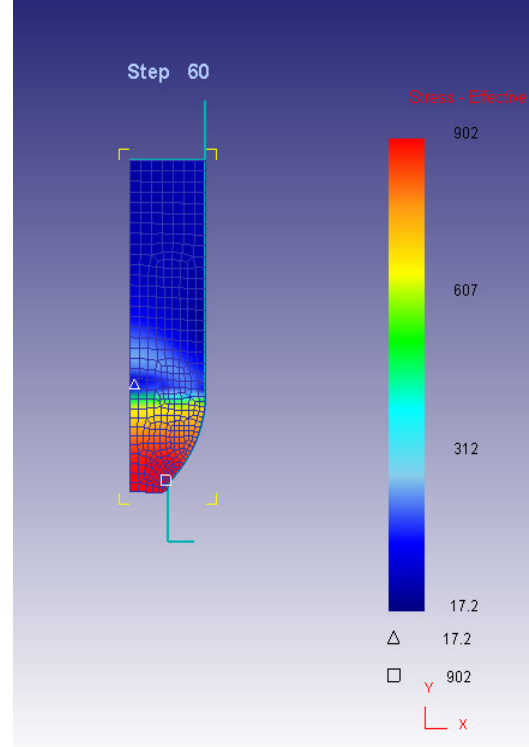
Şekil 5.3. Alt ve üst kalıp (Ekstrüzyon) Şekil 5.4. Meshli Hammadde ve kalıplar

Şekil 5.3.' de görüldüğü gibi kalıplar tasarlanmış ve programa aktarılmıştır. Kalıplar arasındaki hammadde 397 elemana ayrılmış ve 456 node oluşturulmuştur. Program ağ yapısını (mesh) otomatik olarak atmakta ve dışardan sadece mesh sayısına müdahale edilmektedir. Kalıplar rijit, hammadde plastik olarak programda tanımlanmıştır. Malzeme modeli söz konusu çeliğin 20°C sıcaklıkta davranışını temsil etmektedir. Sınır şartı malzememizin sol kenarı boyunca X yönünde öteleme serbestlik derecesi kısıtlanmıştır. Üst kalıp ana kalıp olarak seçilmiş ve -Y yönünde 34.6mm aşağı doğru 50,8 mm/sn (2 inch/sn) hızla hareket edecek şekilde ayarlanmıştır. Kalıplar arasındaki sürtünme katsayısı soğuk dövme kalıpları için 0.12 olarak program tarafından atanmıştır. Kalıp ve malzeme arasındaki kontak noktaları

ve toleranslar program tarafından atanmaktadır. Analiz koşulduktan sonra oluşan değerler post-processing'e girilerek kontrol edilebilir.



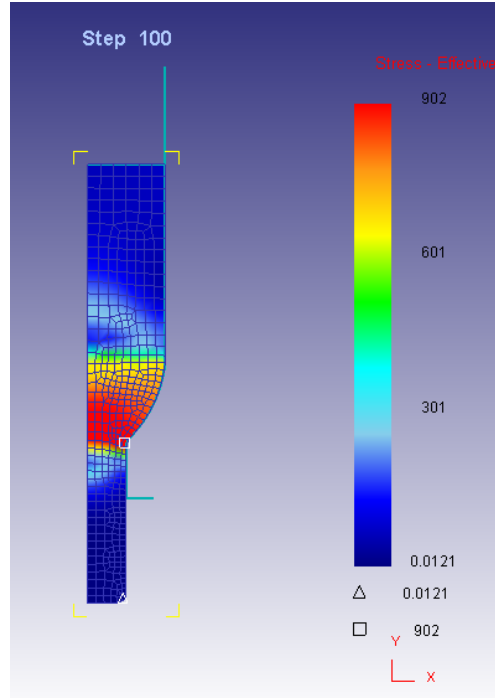
Şekil 5.5. 58.adım remesh'den önce



Şekil 5.6. 60. adım remesh'den sonra

Şekil 5.5. de görüldüğü gibi analizin 58. adımına kadar mesh aynı şekilde devam etmektedir ama bundan sonra jakoben matrislerinin çözümü olanaksız hale geldiğinden program otomatik olarak remesh yapmaktadır ve yeniden atılan mesh sonucunda (Şekil 5.6.) analiz işlemi devam etmektedir.

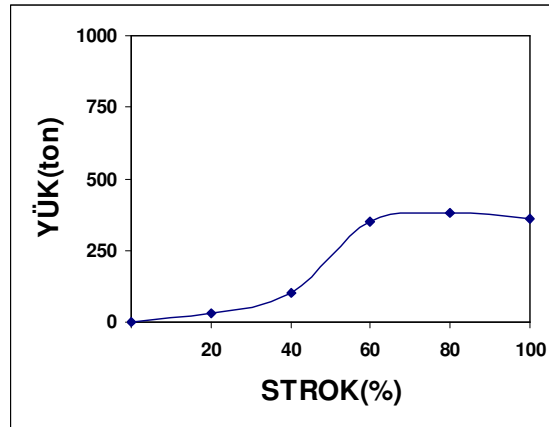
Şekil 5.7'de görüldüğü gibi ekstrüzyon işleminden sonra malzeme son halini almıştır. Gerilim değeri malzemenin akma noktası olan 460 MPa'nın iki katı (902 MPa) düzeyindedir. Böylece iş parçası plastik alanda rahatça şekillendirilebilmiştir.



Şekil 5.7. Ekstrüzyon son hali.

Şekil 5.8.'de ekstrüzyon analizi sonucunda üst kalıp için gerekli pres yükünü, grafikte olduğu gibi strokumuzun başlangıcından bitiş anına kadarki durumu görülmektedir. Maksimum kalıp yükü 380 ton olarak bulunmuştur.

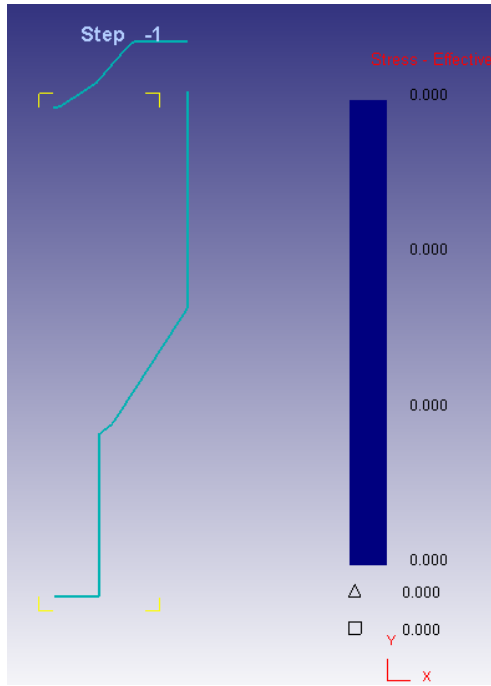
Maksimum üst kalıp yükü = 380 ton



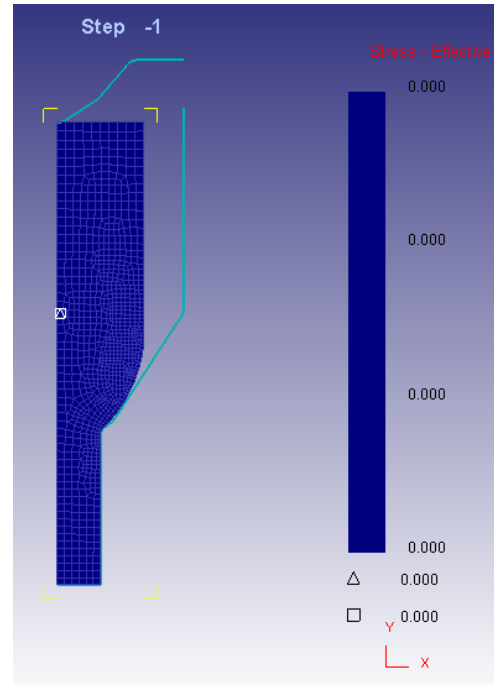
Şekil 5.8. Aısı-1035 ekstrüzyon Yük-Strok dağılım grafiği

5.2. Kafa Şişirme Analizi

Kafa şişirme (yığma) analizinde Şekil 5.9.'de görüldüğü gibi kalıplar tasarlanıp Deform2d'ye aktarılmıştır. Daha sonraki aşamada yığma yapılacak ekstrüzyondan gelen malzeme meshlenmiş elaman sayısı 994 ve node sayısında 1080 olarak program tarafından otomatik olarak girilmiştir.

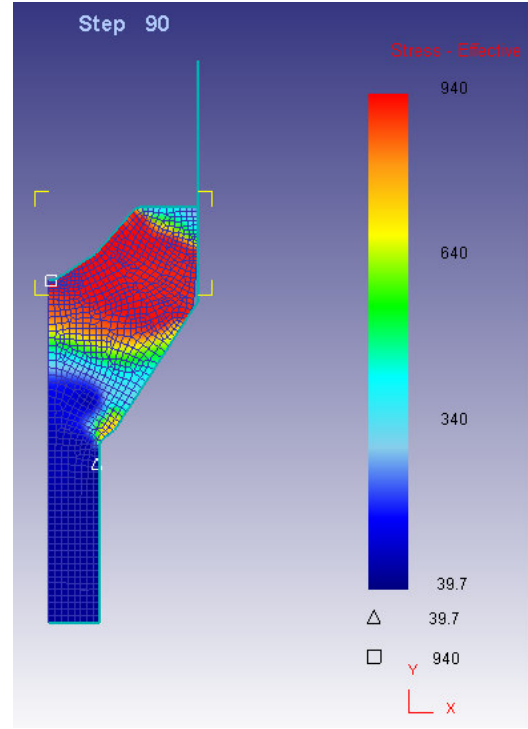
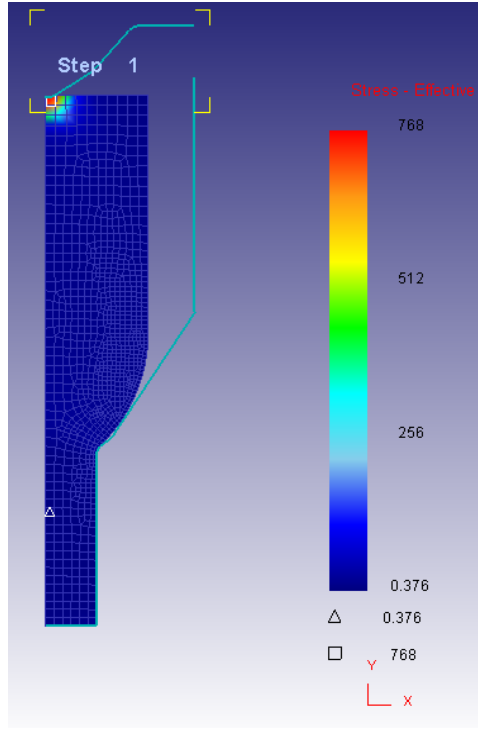


Şekil 5.9. Alt ve üst kalıplar (yığma)



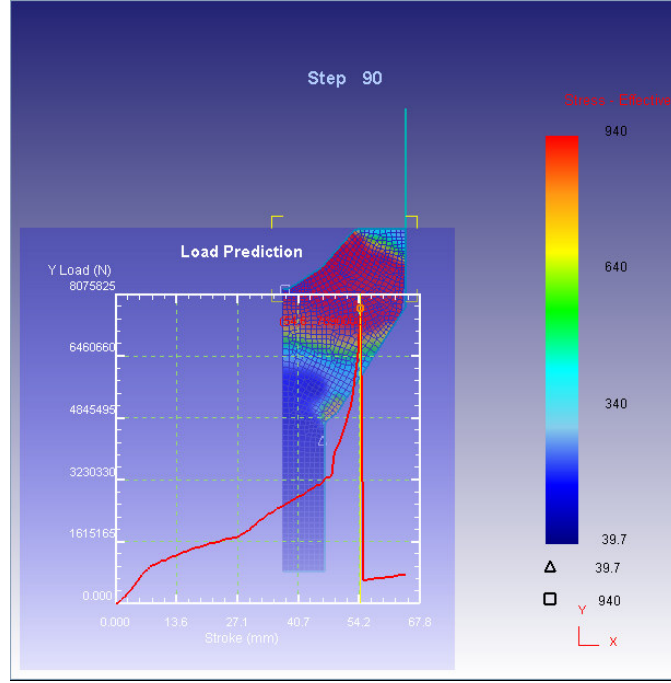
Şekil 5.10. Mesh'li parça ve kalıplar

İş parçası gerilme giderme tavlamasından geçirilip malzeme ilk andaki fiziksel özelliklerine getirilmiştir. Bundan sonra diğer tüm değerler ekstrüzyon analizinde olduğu gibi girilerek analiz hazır hale getirilmiştir. Analizde kalıbın hammaddeye ilk temas hali Şekil 5.11.'de görülmektedir.



Şekil 5.11. Kafa şişirme 1. adım görünüş Şekil 5.12. Kafa şişirme son adım

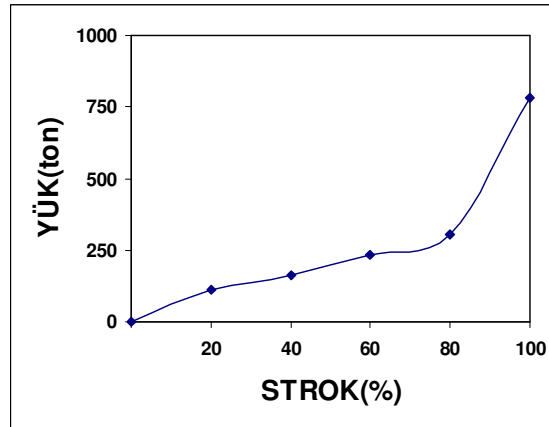
Şekil 5.12.'de görüldüğü gibi analizimiz başlamıştır ve program her 5 adımda bir dataları kaydetmektedir. İş parçası tam istenilen ölçülere geldiğinde üzerinde oluşan gerilmeler gözükmemektedir, gerilme malzemenin akma sınırın yaklaşık iki katı kadardır (940MPa). Şekil 5.12.'de iş parçası 90. adımda istenilen ölçülerdedir. Kafa şişirme (yığma) işlemi sona ermiş ve iş parçasının ortasında bir sonraki işlem için yardımcı bir oyuk oluşturulmuştur.



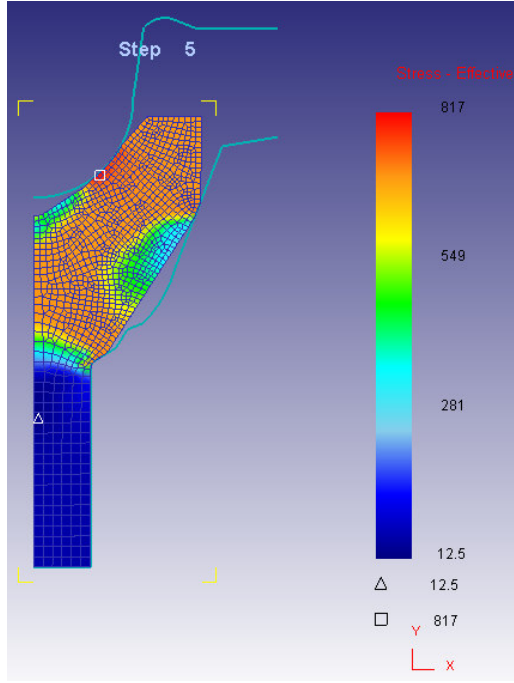
Şekil 5.13. Kafa şişirme işleminde üst kalıp strok-yük grafiği

Şekil 5.13.'de görüldüğü gibi kafa şişirme işleminin 90. adımında malzememiz kalıbı tam olarak doldurmuştur ve ondan sonra program malzemeye remesh atarak analizi sonlandırana kadar devam etmiştir.

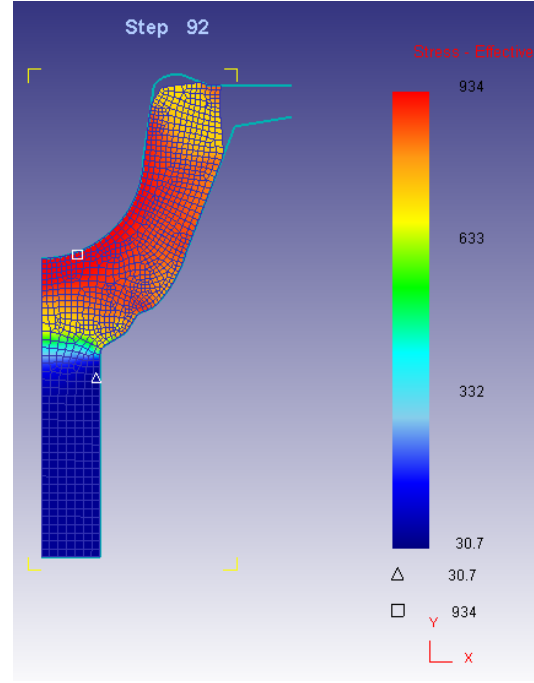
Maksimum üst kalıp yükü = 784 ton



Şekil 5.14. A1s1-1035 Kafa şişirme Yük-Strok dağılım grafiği

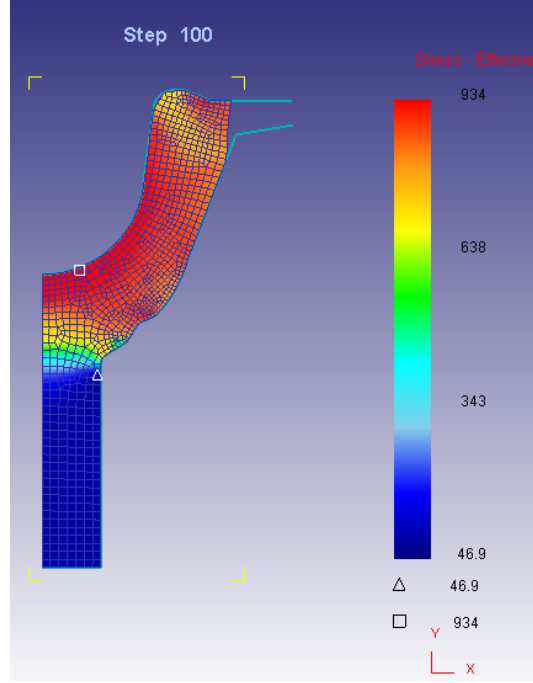


Şekil 5.17. Geriye ekstrüzyon 5. adım



Şekil 5.18. Geriye ekstrüzyon 92. adım

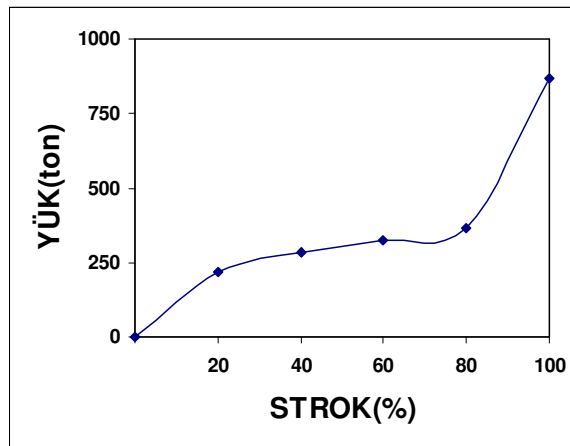
Şekil 5.17.'da görüldüğü gibi analiz işlemi başlamıştır ve program her 5 adımda bir dataları kaydetmektedir. İş parça 92'inci adıma geldiğinde jakoben matrislerinin çözümü olanaksız hale geldiğinden dolayı program otomatik olarak ağ yapısını yenilemiştir yani remesh yapmıştır (Şekil 5.18.). Remesh işleminden sonra eleman sayısı 982, node sayısında 1076 olarak atanmıştır. Gerilme malzemenin akma sınırın yaklaşık iki katı kadardır (934MPa). Şekil 5.19.'de iş parçası 100. adımda istenilen ölçülerdedir. Geriye ekstrüzyon işlemi sona ermiş ve iş parçamız ütüleme işlemi için gereken ölçüye gelmiştir.



Şekil 5.19. Geriye ekstrüzyon son adım

Şekil 5.19.'de görüldüğü gibi iş parçamız 100. adımda istenen ölçülerdedir ve üzerindeki gerilme yığılması görülmektedir. Üst kalıba gereken maksimum yük 867 ton olarak hesaplanmıştır.

Maksimum kalıp yükü = 867 ton

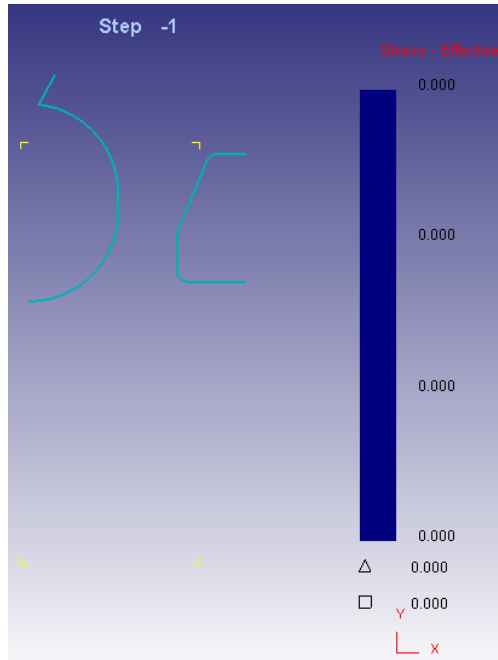


Şekil 5.20. Aısı -1035Geriye ekstrüzyon

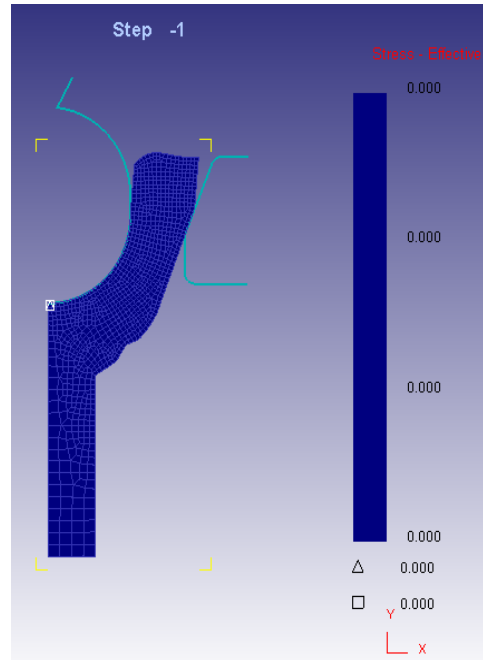
Strok-yük dağılım grafiği

5.4. Ütöleme Analizi

Ütöleme (ironing) analizinde Şekil 5.21.'de görüldüğü gibi kalıplar tasarlanmıştır. Daha sonraki aşamada ütöleme yapılacak ekstrüzyondan gelen malzeme meshlenmiş elaman sayısı 1017 ve node sayısında 1108 olarak program tarafından otomatik olarak girilmiştir (Şekil 5.22.).

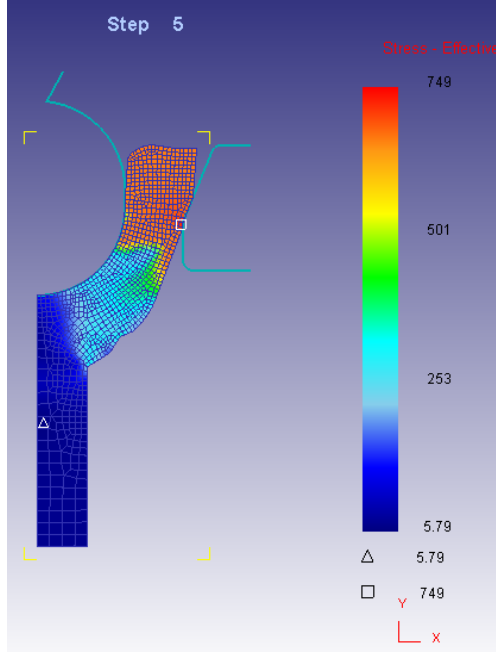


Şekil 5.21. Ütöleme (ironing) kalıplar

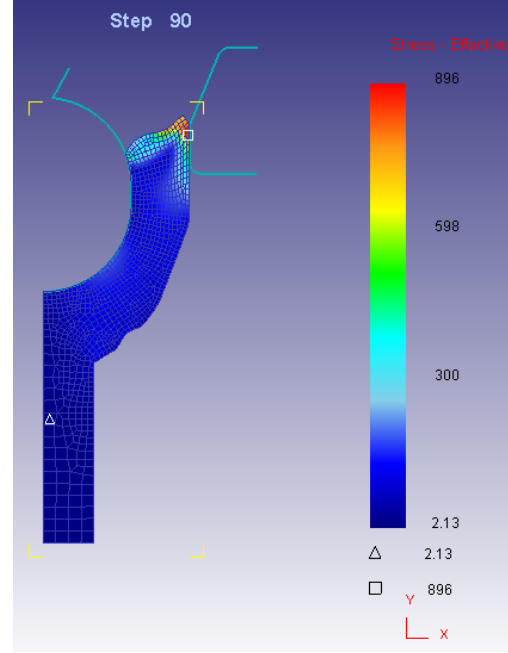


Şekil 5.22. Ütöleme meshli iş parçası

İş parçası gerilme giderme tavlamasından geçirilip malzeme ilk andaki fiziksel özelliklerine getirilmiştir. Bundan sonra diğer tüm değerler ekstrüzyon analizinde olduğu gibi girilerek analiz hazır hale getirilmiştir. Diğer analizlerden farklı olarak burada hareketli kalıbımız Y yönünde hareket etmektedir. Analizde kalıbın iş parçasına ilk temas hali Şekil 5.23.'da görülmektedir.

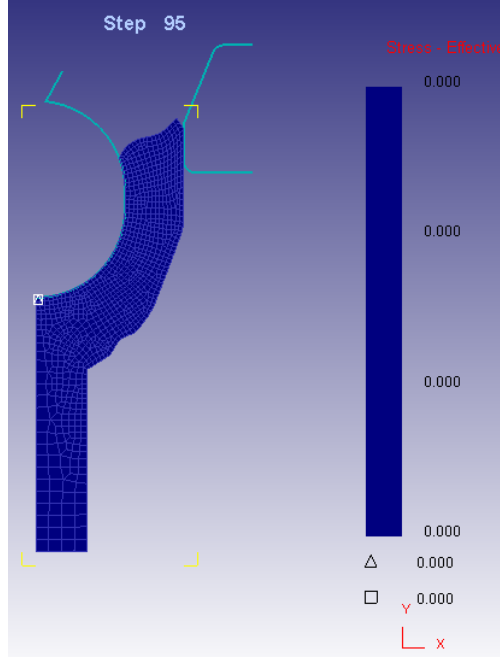


Şekil 5.23. Ütöleme 5. adım



Şekil 5.24. Ütöleme 90. adım

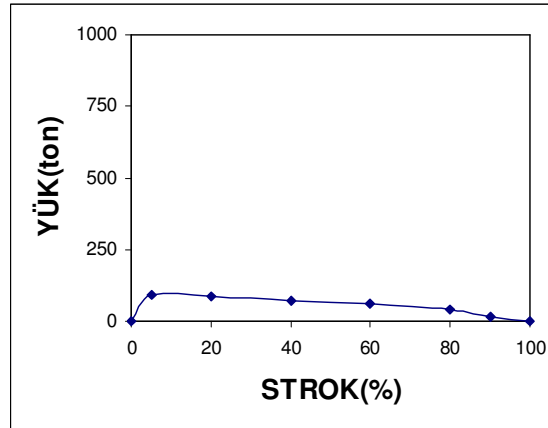
Şekil 5.23.'da görüldüğü gibi analiz işlemi başlamıştır ve program her 5 adımda bir dataları kaydetmektedir. İş parça 90'inci adıma geldiğinde kalıpla son temas noktasına ulaşmıştır (Şekil 5.24.). Gerilme malzemenin akma sınırın yaklaşık iki katı kadardır (896MPa). Şekil 5.25.'de iş parçası 95. adımda istenilen ölçülerdedir ve kalıpla iş parası arasındaki temas ortadan kalkmıştır. Ütöleme işlemi sona ermiş ve iş parçası gerekli talaş kaldırma işlemlerinden sonra kullanılması için hazır hale getirilmiş olur.



Şekil 5.25. Ütölleme son adım

Şekil 5.25.'de görüldüğü gibi iş parçamız 95. adımda istenen ölçülerdedir. Kalıpla iş parçası arasındaki temas kalkmıştır ve iş parçası üzerinde gerilme görülmemektedir. Hareketli kalıba gereken maksimum yük 91 ton olarak hesaplanmıştır.

Maksimum üst kalıp yükü = 91 ton

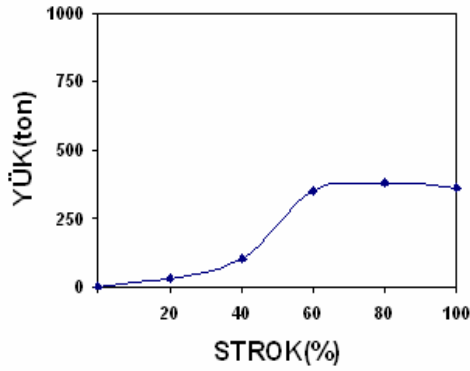


Şekil 5.26. Aısı -1035Geriye ekstrüzyon

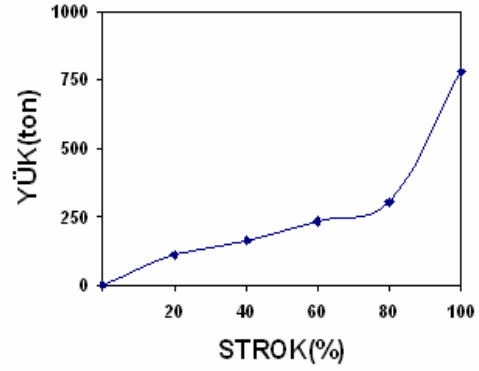
Strok-yük dağılım grafiği

5.5. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

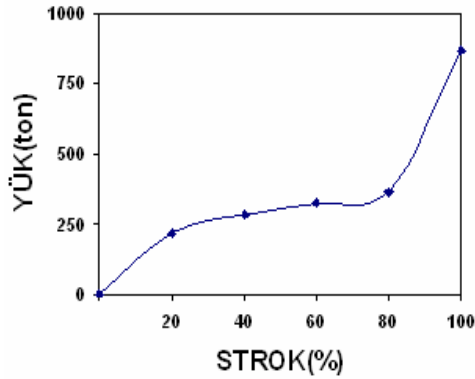
Sabit hız mafsalı lalesi (housing) imalat işlemleri serisi günümüzde sıcak ve soğuk dövme yöntemleriyle yapılmaktadır. Bu araştırmada sabit hız mafsalının soğuk dövme yöntemiyle imalatının incelemesi yapılmıştır. Dövme işlemlerinin analizleri bir sonlu elemanlar analizi programı olan Deform2D'yle yapılmıştır.



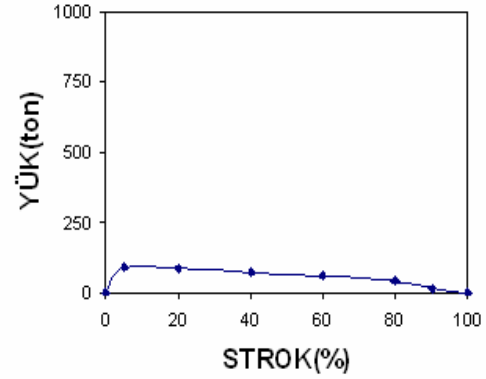
(a) ekstrüzyon



(b) kafa şişirme (yığma)



(c) geriye ekstrüzyon



(d) Ütüleme

Şekil 6.1. Dört operasyon işlemi için yük-strok grafikleri.

Elde edilen sonuçlarla sabit hız mafsalı lalesinin üretilmesi için gereken pres yükü, kalıp geometrisi ve gereken diğer işlemler ortaya çıkarılmıştır. Şekil 6.1.'de görüldüğü gibi ekstrüzyon için gereken pres yükü 380 ton'dur, kafa şişirme işlemi için gereken pres yükü 784 ton'u bulmaktadır, bir diğer işlem olan geriye

ekstrüzyonda pres yükü 867 ton'dur ve en son işlem olan ütüleme için gereken pres yükü 91 ton'dur. Böylelikle sabit hız mafsalı lalesinin imalatında gereken pres gücü 1000 ton'luk bir hidrolik presle sağlanabilir. İmalat prosesinin ara kademelerinde iş parçası normalizasyon fırınına sokularak artık gerilmeler ve yapı bozuklukları giderildiği varsayılmıştır. Bu aşamalardan sonra sabit hız mafsalı lalesinin içerisine bilyaların hareket yeri olan bilya oyukları talaş kaldırma yöntemleri kullanılarak açılmalıdır. Bu araştırmayla sabit hız mafsalı lalesinin yeni bir imalat serisi bulunmuştur. Bu seri 4 plastik şekil verme işlemi, 3 ısıtma işlemi ve gereken yerlerin talaş kaldırma yöntemiyle taşlama işlemleridir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Yapılan araştırmalar ve analizler neticesinde sonuç olarak yeni seri 4 plastik şekil verme işlemi, 3 ısıtma işlemi ve gereken yerlerin talaş kaldırma yöntemiyle taşlama işlemleri elde edilmiştir. Bu araştırmayla elde edilen veriler neticesinde ülkemizdeki soğuk dövme yapan firmalara önemli bir kaynak sağlanmış olmaktadır. Sabit hız mafsallı'nın ülkemizde üretilmesi için gerekli ön çalışma yapılmış olmaktadır. Bu parça sıcak ve yarı sıcak dövme işlemleriyle de yapılabilir. Ama günümüzde soğuk dövmenin giderek artan kullanımı ve bu alana yönelişin artmasından dolayı, bu araştırma soğuk dövme yöntemine bir giriş olarak algılanmalıdır. CAD/CAM uygulamalarının tasarım ve imalat sektöründe artışı düşünüldüğünde soğuk dövme yönteminde yaygın bir şekilde kullanılması kaçınılmazdır ve bu durumda mühendisler için zaman ve maliyetten kazanım sağlamaktadır. Yurdumuzda da soğuk dövmeyle üretilen parçaların artması gelecek için önemli bir konu olduğu yapılan çalışma neticesinde elde edilmiştir.

6.2. Öneriler

Japonya uluslararası sanayi ve ticaret bakanlığının yaptığı araştırmada, dövme parçalarının %60'ı otomobil endüstrisinde kullanıldığı saptanmıştır [Suzuki, 1989]. Bu nedenle soğuk dövme yönteminin gelecekte çoğu imalat sektöründe yaygınlaşması beklenmektedir. Hali hazırda sıcak dövme, talaş kaldırma gibi yöntemlerle yapılan imalatların soğuk dövmeyle üretim olanakları araştırılmalıdır.

Sabit hız mafsallı lalesinin üretim prosesleri serisi kalıp tasarımları ve malzeme değiştirilerek başka imalat serileri denenmelidir. Analiz işlemleri deneysel olarak yapıp sonuçların karşılaştırılması da yapılmalıdır. Ayrıca ütüleme aşamasında iş

parçasının ortasına yerleştirilecek kalıbın, yapısının iki parçalı ve lale uçların kapandığında içerisinden çıkabilecek şekilde tasarlanması ayrı bir araştırma konusudur.

KAYNAKLAR DİZİNİ:

[Kang and Kobayashi, 1994] Kang, B.S., Kobayashi, S., “ Process sequence design in cold forging to form a constant velocity joint housing ” Int. J. Mach. Tools Manufact. Vol. 34. No. 8. pp. 1133-1146, 1994

[Altan et al, 2005] Altan. T., Ngaile, G., Shen, G., “ Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications ” The Materials Information Society, Ohio, (February 2005)

[Mısırlı, 2003] Mısırlı, C., “ Ekstrüzyon Tipi Dövme Proseslerinin Analizi” Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2003)

[Çapan, 2003] Çapan, L., “ Metallerde Plastik Şekil Verme ” Çağlayan Kitapevi, Dördüncü Baskı (2003)

[Altan and Vazquez, 2000] Altan, T., Vazquez, V., “ New concepts in die design-physical and computer modeling applications ” Journal of Materials Processing Technology 98 (2000), p. 212-223

[Vazquez et al, 1996] Vazquez, V., Sweeney, K., Wallace, D., Wolff, C., Ober, M., and Altan, T., Tooling and process design to cold forge a cross groove inner race for a constant velocity joint — physical modeling and FEM process simulation, *Journal of Materials Processing Technology, Volume 59, Issues 1-2, 15 May 1996, Pages 144-157*

[Yu and Altan, 1985] Yu, G. B., and Altan, T., Dean, A practical computer-aided approach to mould design for axisymmetric forging die cavities, *International Journal of Machine Tool Design and Research, Volume 25, Issue 1, 1985, Pages 1-13*

[Lee and Kang, 1996] Lee, J.H., Kang, B.S., Process design in multi-stage cold forging by the finite-element method, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 58, Issues 2-3, 15 March 1996, Pages 174-183

[Onodera and Sawai, 1994] Onodera, S., and Sawai, K., Modern cold forging applications for the manufacture of complex automotive parts• *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 46, Issues 1-2, October 1994, Pages 169-183

[Law Enginneers, 1990] K.J. Law Engineers Inc, Heat treatment inspection for constant velocity joints, *NDT International*, Volume 23, Issue 2, April 1990, Page 122

[Hazebrook, 1990] Constant velocity joint cage and method for making same : Daniel W Hazebrook, Jurgen Wagner assigned to GKN Automotive Components Inc *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Volume 30, Issue 2, 1990, Pages vi-vii

[Kobayashi et al, 1989] Kobayashi, S., Oh, S.I., Altan, T., “ Metal Forming and the Finite Element Method” Oxford University Pres” Oxford University Press, (1989)

[Doğan, 2000] Doğan, Ö., “Finite Element Analysis of Effects of Tapered Preforms on Final Product in Cold Upsetting” Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (2000)

[Suzuki, 1989] Suzuki, T., “Recent Developments of Forging in Japan” *Int. J. Mach. Tools Manufact.* Vol. 29. No. 1. pp.5-27. Printed in Great Britain, Pergamon Pres, (1989)

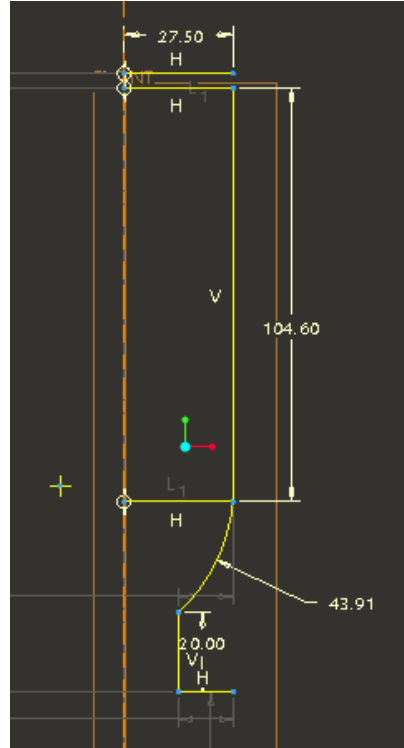
[Torvec.com] http://www.torvec.com/products_cvjoint.html

EKLER:

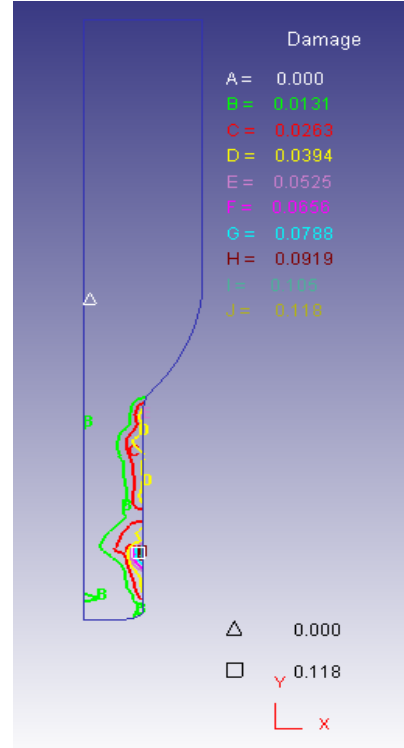
Ek A:

Ekstrüzyon Analizinden Elde Edilen Sonuçlar:

Şekil A.1.'de ekstrüzyon analizinde elde edilen iş parçasındaki deformasyon durumu görülmektedir. Takip eden şekillerde de gerinim ve gerilim değerleri görülmektedir.



Şekil A.1. Kalıp tasarımı ve hammadde

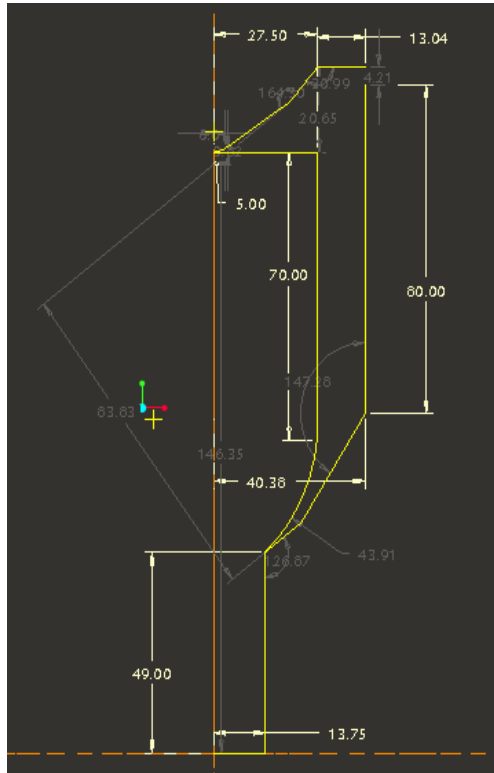


Şekil A.2. İş parçasındaki deformasyon dağılımı

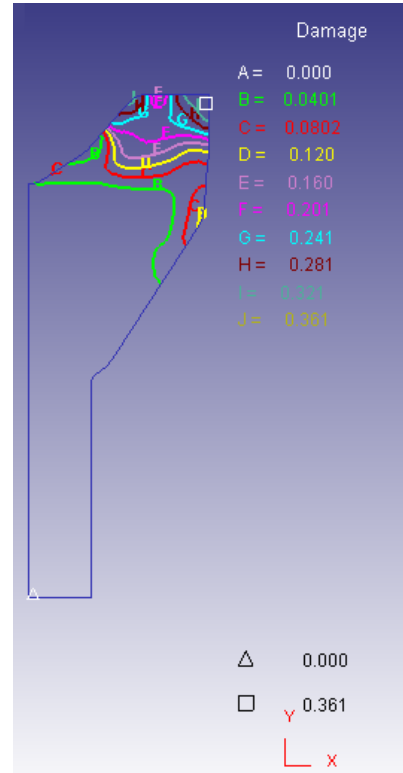
Ek B:

Kafa Şişirme (Yığma) Analizinden Elde Edilen Sonuçlar:

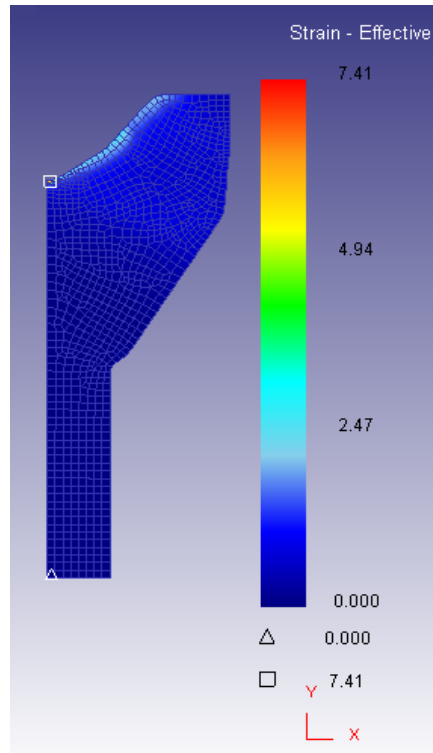
Şekil B.1.'de yığma analizinde elde edilen iş parçasındaki deformasyon durumu görülmektedir. Takip eden şekillerde de gerinim ve gerilim değerleri görülmektedir.



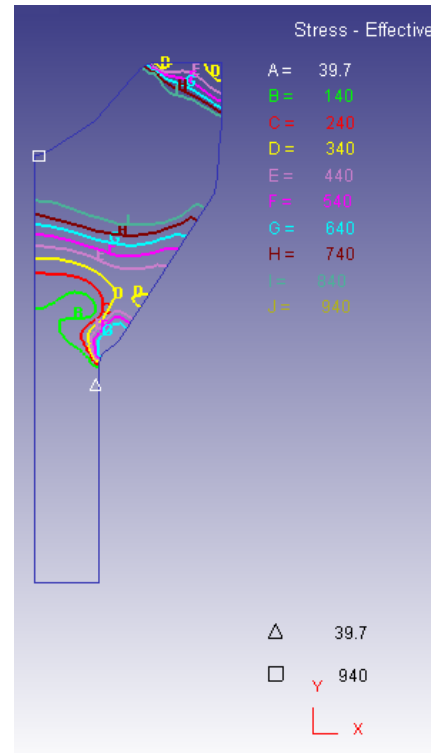
Şekil B.1. Kalıp tasarımı ve hammadde



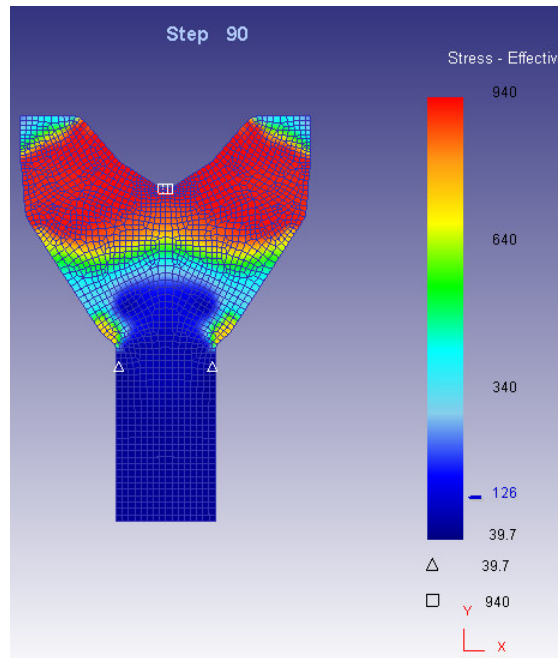
Şekil B.2. İş parçasındaki deformasyon dağılımı



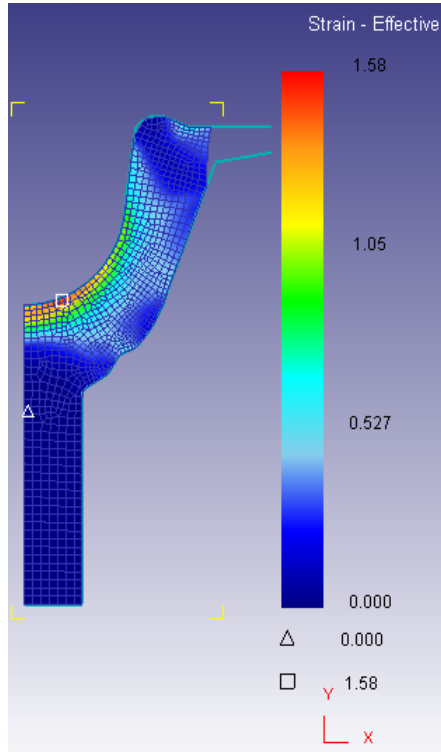
Şekil B.3. Efektiv gerinim değeri



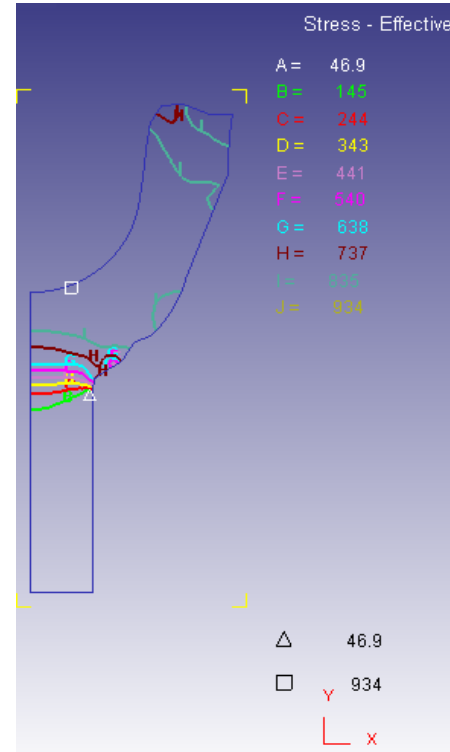
Şekil B.4. Efektiv gerilim değeri



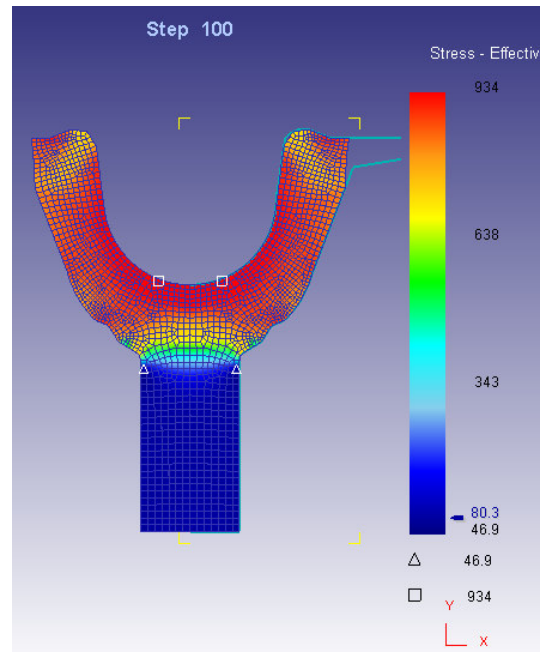
Şekil B.5. Simetrik olarak efektif gerilim değeri



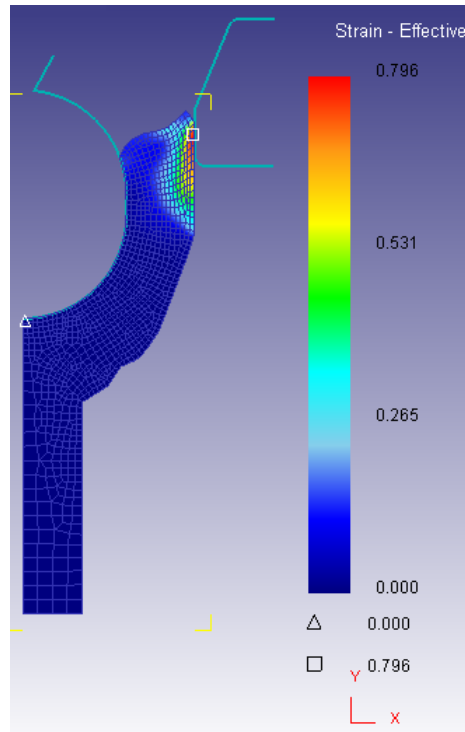
Şekil C.3. Efektiv gerinim değeri



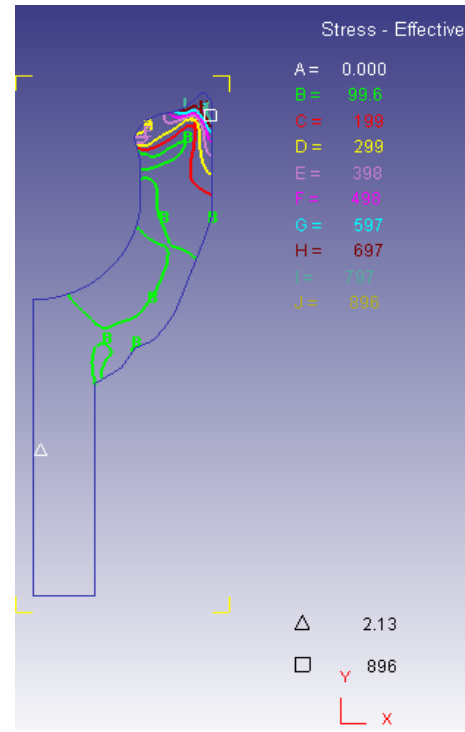
Şekil C.4. Efektiv gerilim değeri



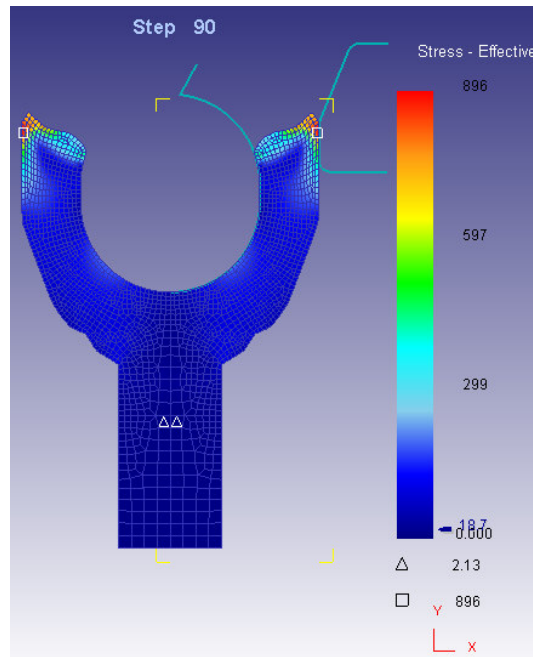
Şekil C.5. Simetrik olarak efektiv gerilim değeri



Şekil D.3. Efektiv gerinim değeri



Şekil D.4. Efektiv gerilim değeri



Şekil D.5. Simetrik olarak efektiv gerilim değeri

ÖZGEÇMİŞ

10.04.1980’de Trabzon’un Maça ilçesi Anayurt köyünde dünyaya geldim. İlkokulu Zonguldak Bahçelievler İlköğretim Okulu’nda tamamladım. Ortaokulu Gebze Eşrefbey İlköğretim Okulu’nda tamamladım. Liseyi İstanbul Özel Fatih Süperlisesi’nde tamamladım. Üniversiteyi 1999-2003 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirerek Makine Mühendisi ünvanını elde ettim.