

METAL LEVHALARA ŞEKİL VERME YÖNTEMLERİ

Nezihe AKAR

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisans Üstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Malzeme ve Konstrüksiyon Bilim Dalında**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd.Doç. Dr. Nermin KURŞUNGÖZ

SUBAT 1990

Nezihe AKAR'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "METAL LEVHALARA ŞEKİL VERME YÖNTEMLERİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce Lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

22/03/1990

Üye : Prof. Dr. Erdoğan Arıklı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nermi KURŞUNGÖZ (DANIŞMAN)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nedret AYDINBEYLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
.28-3-1990..gün ve .239/7....sayılı kararı
ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem K A Y A

Enstitü Müdürü

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

Ö N S Ö Z

Bu eser, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malzeme ve Konstrüksiyon Bilim Dalında " **METAL LEVHALARA ŞEKİL VERME YÖNTEMLERİ** " konusunda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin ilk bölümünde metal saçların(levhaların) şekil verilebilirliği konusunda açıklayıcı bilgiler sunulmuştur. İkinci ve üçüncü bölümlerinde metal saçların şekillendirilmesinin özel yöntemleri olan gererek şekillendirme ve lastik tamponlu şekillendirme konuları açıklanmıştır. Teze, ilave olarak bu iki konu hakkında 33 adet örnek verilmiştir. Bölümlerle ilgili ayrıntılı bilgiler için kaynak dizininde belirtilen yayınlara başvurulmalıdır.

Tezin, konu ile ilgilenen tüm mühendis ve öğrencilere faydalı olmasını diler, tezin hazırlama çalışmalarında teşviklerini gördüğüm sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Nermin Kurşungöz başta olmak üzere tüm Anadolu Üniversitesi Öğretim Görevlileri ile çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Eskişehir Hava İkmal Bakım Merkezi Personeline teşekkürlerimi sunarım.

Nezihe A K A R

Ö Z E T

Metal levhalardan yapılan ürünler günlük hayatımızın ayrılmaz parçalarıdır. Sanayide, mimaride ve inşaat sektöründe metal saçlardan üretilen birçok ürüne rastlamak mümkündür. Bunun yanında havacılık ve uzay teknolojisinde de geniş kullanım alanları olup, bu alanlar günden güne artmaktadır.

Özellikle hafiflik ve mukavemetin istendiği yerlerde tercih edilen metal saçların (levhaların) şekillendirilmesi işlemi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Eğme, bükme, derin çekme, basma, gererek şekillendirme bunlara örnek olarak verilebilir. Gererek şekillendirme ve lastik tamponla şekillendirme bunlardan ikisi olup, bu tezde iki metoda ilişkin konular incelenmiştir.

Bu iki yöntemin amaçları ve kullanım yerleri çok yakın özellikler göstermektedir. Özellikle paslanmaz çelik, bakır, alüminyum, çinko, magnezyum, titanyum levhaların şekillendirme işlemlerinde bunlardan biri seçilmektedir.

Gererek şekillendirme, iki ucundan tutulan malzemenin akma gerilmesi üzerindeki bir gerilmeye maruz bırakılması ve bu yolla istenen şeklin verilmesidir. Şekillendirmenin alt yöntemleri gererek çekme, gererek sarma, basma ve radyal çekmedir.

Lastik tamponla şekillendirme metodunda, saçın şekillendirilmesi, şekillendirme bloğu üzerine konulan metalik saça lastik bir tampon üzerinden basınç uygulanması ile gerçekleştirilir. Bu metodun da birçok değişik uygulamaları olup, üretilecek parçanın özelliği ve şekline göre hangi yöntemin kullanılacağına önceden belirlenmesi gerekmektedir.

S U M M A R Y

Products made of sheet metals are the parts of our day-life which can't be given up. It's possible to see different patterns of these products in industry, architecture and building sector. In addition, forming processes of sheet metals are mostly in use in aviation and space technology and their using areas are being enlarged day by day.

There are some different methods of sheet metal-forming which is especially preferable when the demands are lightness and strenght. For instance bending, deep drawing, compressing, twisting and stretch forming can be given for this arm. Stretch forming and rubber pad forming are just two methods in sheet metal forming and this thesis especially these two methods will be discussed.

The goal and using areas of these two methods show very close features. One of these methods is preferable especially in forming of stainless steel, aliminium, magnesium, zinc, copper and titanium sheets.

The principle of stretch drawing is exposing the sheet to a tension over the sheet-material's yield tension, and so giving the desired form to sheet. Sub-methods for stretch drawing are stretch draw forming, stretch wrapping, compression forming and radial draw forming.

In rubber pad forming process is acomplished by hydrualic pressure aplied behind a rubber pad over the sheet metal which is placed on form block. This method too, has different sub-methods like others and the appropriate method must be chosen according to form and features of product.

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
İÇİNDEKİLER	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. METALİK SAĞLARIN ŞEKİL VERİLEBİLİRLİĞİ.....	1
1.1 Deformasyon Çeşitleri.....	2
1.1.1 Çekme.....	3
1.1.2 Germe.....	6
1.1.3 Kompleks Şekillendirme İşlemi.....	7
1.1.3.1 Deformasyon Sertleşme Grani	7
1.1.3.2 Diğer Faktörler.....	8
1.2 Metal Saç Özellikleri.....	10
1.2.1 Fiziksel özellikler.....	10
1.2.1.1 Süneklik(Ductility).....	10
1.2.1.2 Çekme testi.....	10
1.3 Metal Saçlara şekil Verme.....	13
1.3.1 Şekil Verme Modelleri.....	13
1.3.1.1 Kap Çekme Modeli.....	14
1.3.1.2 Bükme ve Düzeltme Modeli...	14
1.3.1.3 Germe Modeli.....	14
1.3.1.4 Kompleks Basma Şekilleri...	14
1.3.2 Şekil Verme Limitleri.....	15
1.3.2.1 Kap Çekme Limitleri.....	15
1.3.2.2 Bükme Ve Düzeltme Limitleri	16
1.3.2.3 Germe Limitleri.....	17
1.3.2.4 İşleme Faktörleri.....	17
1.3.2.4.1 Parça Dizeyni....	17
1.3.2.4.2 Deformasyon Pra...	20
1.3.3 Yağlama özellikleri.....	22
1.3.3.1 Metal Akışı.....	22
1.3.3.2 Yüzey Pürüzlülüğü.....	22
1.3.3.3 Yağlama Usulleri.....	23
1.4 Saç Metal Malzemeleri.....	24
1.4.1 Düşük Karbonlu Çelik Saçlar.....	24
1.4.2 Yüksek Mukavemetli Çelik Saçlar...	25
1.4.3 Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımli	26
Çelikler (YMDA).....	26
1.4.4 Çok Yüksek Mukavemetli Çelikler...	28
1.4.5 Alüminyum Alaşımli Saçların Şekli...	28
1.4.6 Dövme Çinko Alaşımının Şekli....	30
1.4.7 Süperplastikler.....	32
2. GEREREK ŞEKİLLENDİRME.....	32
2.1 Uygulanabilirlik.....	35
2.1.1 Avantajları.....	36
2.1.2 Sınırlamalar.....	37

2.2	Gererek Şekillendirme Çeşitleri.....	37
2.2.1	Gererek Çekme Şekillendirmesi.....	38
2.2.2	Gererek Sarma Şekillendirmesi.....	40
2.2.3	Basma Şekillendirmesi.....	42
2.2.4	Radyal Çekme Şekillendirmesi.....	42
2.3	Makina Ve Aksesuarlar.....	44
2.3.1	Çeneler.....	44
2.3.2	Kalıplar.....	44
2.4	Gererek Şekillendirme Malzemeleri.....	46
2.4.1	Paslanmaz Çelikler.....	47
2.4.1.1	Yağlama.....	47
2.4.1.2	Yaylanma.....	48
2.4.2	Alüminyum Alaşımlar.....	48
2.4.2.1	Alaşımlar.....	49
2.4.2.2	Takımlar.....	51
2.4.2.3	Yağlama.....	51
2.4.2.4	Kullanımlar.....	52
2.4.3	Magnezyum Alaşımları.....	53
2.4.4	Titanyum Alaşımları.....	54
2.5	Yüzey İşlemleri.....	56
2.6	Çalışma Parametreleri.....	57
2.7	Gelişmeler.....	58
2.7.1	Sonuç.....	60
3.	LASTİK TAMPONLU ŞEKİLLENDİRME.....	61
3.1	Uygulanabilirlik.....	62
3.1.1	Avantajlar.....	63
3.1.2	Sınırlamalar.....	63
3.2	Lastik Tamponlu Şekillendirme Çeşitleri.....	64
3.2.1	Guerin İşlemi.....	64
3.2.1.1	Guerin İşleminde Kullanılan Presler.....	64
3.2.1.2	Takımlar.....	64
3.2.1.3	Aksesuar Teçhizatı.....	66
3.2.1.4	İşlem.....	66
3.2.1.5	Bükme.....	68
3.2.1.6	İnce Parçaların Çekilmesi.....	69
3.2.2	Marform İşlemi.....	69
3.2.2.1	Presler.....	70
3.2.2.2	Takımlar.....	70
3.2.2.3	İşlem.....	70
3.2.3	Kapalı Lastikle Şahmerdan Şekli.....	71
3.2.4	Lastik Diyafram Şekillendirme.....	72
3.2.4.1	Presler.....	72
3.2.4.2	Takımlar.....	73
3.2.4.3	İşlem.....	73
3.2.5	Verson Washlon İşlemi.....	74
3.2.5.1	Presler.....	76
3.2.5.2	Takımlar.....	76

3.2.5.3 İkinci Bir Sıkıştırma İşlemi için Kenar Basıncı Plakesinin Kullanılması.....	78
3.2.5.4 Dişi Kalıpların Kullanımı.	79
3.2.5.5 Keskin Radyüslü Parça Tkm.	80
3.2.5.6 İşlem.....	80
3.3 Lastik Tamponlu Şekillendirme Malzemeleri	81
3.3.1 Paslanmaz Çelikler.....	81
3.3.1.1 Derin Çekme.....	82
3.3.2 Alüminyum Alaşımlar.....	83
3.3.2.1 Takım Malzemeleri.....	83
3.3.2.2 Kapasite.....	83
3.3.2.3 Limitler.....	84
3.3.2.4 Uygulamalar.....	84
3.3.3 Magnezyum Alaşımlar.....	85
3.3.3.1 Isıtma.....	85
3.3.3.2 Basıncı.....	86
3.3.4 Bakır Alaşımlar.....	87
3.3.5 Titanyum Alaşımları.....	88
3.4 Dizayn Detayları ve Konstrüksiyon.....	90
3.4.1 Tespit Pimleri.....	90
3.4.2 Flanşların Yapılması.....	90
3.4.2.1 Minimum Flanş Yüksekliği..	91
3.4.2.2 Minimum Gökme Yarıçapı....	91
3.4.2.3 Yaylanma.....	92
3.4.3 Flanşların Gerilmesi.....	92
3.4.4 Hafifletme Boşlukları.....	94
3.4.5 Flanşların Çekilmesi.....	95
3.4.6 Kertikler.....	96
3.4.7 Yastık ve Girintiler.....	97
3.4.8 Özel Bloklar.....	97
3.4.9 Tampon ve Derinin Kullanımı.....	98
4. SONUÇLAR.....	100
Örnek 1.....	101
Örnek 2.....	102
Örnek 3.....	103
Örnek 4.....	103
Örnek 5.....	103
Örnek 6.....	104
Örnek 7.....	104
Örnek 8.....	104
Örnek 9.....	105
Örnek 10.....	106
Örnek 11.....	107
Örnek 12.....	107
Örnek 13.....	108
Örnek 14.....	108
Örnek 15.....	109

örnek 16.....	110
örnek 17.....	110
örnek 18.....	112
örnek 19.....	113
örnek 20.....	113
örnek 21.....	114
örnek 22.....	115
örnek 23.....	116
örnek 24.....	116
örnek 25.....	117
örnek 26.....	117
örnek 27.....	118
örnek 28.....	120
örnek 29.....	121
örnek 30.....	123
örnek 31.....	123
örnek 32.....	123
örnek 33.....	124
KAYNAKLAR DİZİNİ	125

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DIZINI

SEMBOLLER

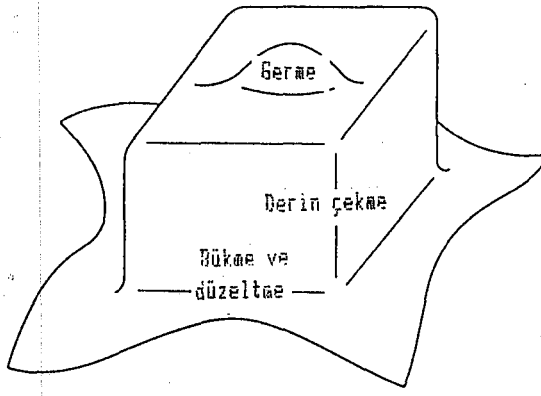
- r : Plastik uzama katsayısı
 $\bar{\epsilon}_w$: Enine yönde gerçek uzama
 $\bar{\epsilon}_t$: Kalınlık yönde gerçek uzama
 \bar{r} : Ortalama uzama katsayısı
 r_l : Boyuna yönde uzama katsayısı
 r_v : Dikey yönde uzama katsayısı
 r_{45} : Haddelene yönüne 45 de ölçülen uzama katsayısı
 Δr : Düzlemsel plastik uzama katsayısı (düzlemsel anizotropi)
 σ : Gerçek gerilim
 ξ : gerçek deformasyon
 n : Deformasyon sertleşmesi üssü
 K : Malzeme mukavemet katsayısı
 m : Deformasyon hızı duyarlılığı üssü
 σ_E : Mühendislik gerilmesi
 P : Yük
 A : Başlangıç alanı
 e : Mühendislik uzaması
 l_s : Son uzunluk
 l_0 : Başlangıçtaki uzunluk
 e_u : Uniform uzama
 μ : Sürtünme katsayısı
 F : Germe kuvveti
 Y_s : Malzeme akma mukavemeti
 A : İş parçası kesit alanı
 f_{xt} : Yerel uzamadaki gerilim
 t : kalınlık
 γ : % Kesit daralması
 δ : % Kopma uzaması
 l_k : Kopma uzunluğu
 D_0 : Saç çapı
 D_2 : Zimba çapı

KISALTMALAR

- BSD: Biçimlendirme sınır diyagramı
UTS: Malzeme ortalama gerilme mukavemeti
DCO: Derin çekme oranı

1. METALİK SAĞLARIN ŞEKİL VERİLEBİLİRLİĞİ

Üretimci bir kişinin görüşü açısından bakıldığında metal sağların şekillendirilmesinde ana istek, iyi şekil verilebilir olmasıdır. Şekil verilebilirlik; parçaya kırılmadan ve hasara uğratılmadan karışık şekiller verilebilmesidir. Metal sağ şekillendirme işlemi genel olarak üç yolla yapılır ; presle şekillendirme, derin çekme ve basma. Şekil 1.1 de bir metal sağın basma işleminde uygulanan genel şekillendirme işlemleri görülmektedir. (1)



Şekil 1.1. Çeşitli şekillendirme modellerini gösteren kompleks bir basma işlemi.(1)

Şekil verme işlemine kalıp dizaynı, yağlama ve pres hızı gibi mekanik faktörler doğrudan etki eder. Sonuç olarak, metal sağ şekil verilebilirliğini bir tek özellik olarak açıklamak doğru olmaz. Ancak çeşitli özelliklerin kombinasyonu olarak açıklanabilir. (1)

Tablo 1.1 de şekillendirme işleminde önemli olan bazı faktörler ve bunların etkileri listelenmiştir. Metal sağların özelliklerinin incelendiği şekil verme işlemlerinin mekaniğinin analizinde özellikle gerilebilme ve çekilebilme önem taşır. (1)

Tablo 1.1

Presle Şekillendirme İşlemi Faktörleri

BUYUK FAKTÖRLER

Saç Malzemesi

- n değeri (gerilme sertleşmesi ve gerilebilirliğin ölçülmesinde)
- r değeri (incelmeye direnç ve derin çekilebilirliğin ölçülmesinde)
- sac düzlemi anizotropisi (r_0 , r_{45} , r_{90} değerleri)
- kalınlığın üniformluluğu

Yağlama

- basınç duyarlılığı
- sıcaklık duyarlılığı
- denge
- uygulamanın kalınlık ve pozisyonu

Saç

- boyut
- şekil

Takım

- kalıp ve sac tutucunun sertliği
- yüzey pürüzlülüğü
- kalıp radyüsü

KUÇUK FAKTÖRLER

Saç Malzemesi

- abma gerilimine uzamanın oranı
- yüzey pürüzlülüğü

Saç

- lenar şartları (çapaklı, ağır işçilikli...)
- kalıp düzlemindeki yerleşim

Pres

- şabmerdan hızı
- sac tutma metodu
- işalet sertliği, kılavuz hareket hassasiyeti

1.1. DEFORMASYON ÇEŞİTLERİ

En genel metal sac şekil verme metodu presle şekil vermedir. Bu işlemden düz bir parça, eş çalışan kalıplar arasında şekillendirilir. Presle şekil verme veya diğer metodlarda asıl olan iki tip deformasyon geçidi vardır. Bunlar, çekme (drawing) ve germedir. (stretching) İyi bir çekme özelliği istenen metal sacın aynı derecede iyi germe özelliği istenmeyebilir. Parça, germe ve çekmenin çeşitli oranlarda uygulanmasıyla şekillendirilir. (1)

1.1.1. Çekme

Çekme, idealize edilerek anlatıldığında, sacın aşağıda tutulan kalıp boşluğu içine kırışıklık olmadan radyal olarak akmasını sağlayan bir işlemdir. Çekme, büyük enine kesitli parçalarda olabildiği gibi tel çekme gibi büyük boyda küçük enine kesitli parçalarda da olabilir. Metalin çekmeye olan yeteneği başlıca iki faktöre bağlıdır. İlki, zayıf kesme kuvveti nedeniyle sacın flanş bölgesinden kolayca akabilmesidir. Diğeri, çekme sırasında çevresel yönlerde algülerin değişmesini önleyerek akışın uzama ve incelme yönünde olmasıdır. (1)

Kalınlık yönünde, sac metalin akış mukavemetini ölçmek zordur. Düzlemsel yöndeki akış mukavemeti ise basit germe testinde genişlik ve kalınlık yönlerinde gerçek uzama katsayısı hesaplanarak bulunabilir. Özel bir yönde gerilen çelik bir malzemeyi örnek olarak alalım. (1)

$$r = \frac{\bar{\epsilon}_w}{\bar{\epsilon}_t} \quad (1.1)$$

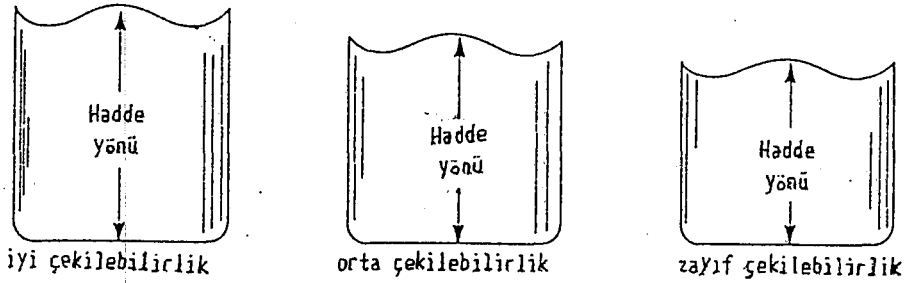
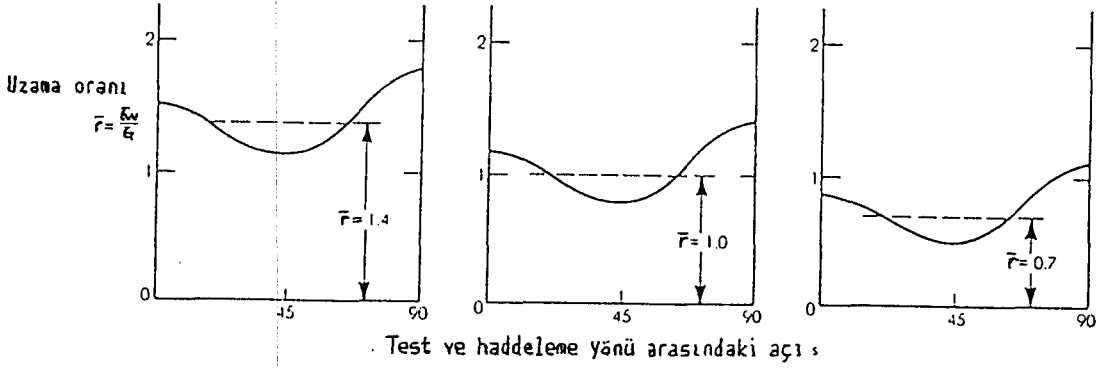
r : plastik uzama katsayısı
 $\bar{\epsilon}_w$: enine yönde gerçek uzama
 $\bar{\epsilon}_t$: kalınlık yönünde gerçek uzama

Sac düzleminde özellikler farklı yönlerde değişiklikler gösterir. Bu yüzden haddeleme yönüne paralel ve dik yönde 45° derecelik açılarda olan uzama katsayılarının ortalamasının kullanılması gerekir. (1)

$$\bar{r} = \frac{r_L + 2r_{45} + r_T}{4} \quad (2.1)$$

\bar{r} : ortalama uzama katsayısı
 r_L : boyuna yönde uzama katsayısı
 r_T : dikey yönde uzama katsayısı
 r_{45} : haddeleme yönüne 45 derecede algülen uzama katsayısı

Bileşimin ortalama uzama katsayısı sacın düzlem ve kalınlık yönündeki akış mukavemetlerini eşit belirtir. Kalınlık yönündeki mukavemet, ortalama mukavemetten fazla ise malzeme üniform incelmeye dirençlidir. Genelde, ortalama uzama katsayısı, \bar{r} çekme derinliği ile de doğrudan ilgilidir ve büyük \bar{r} değerlerinde daha derin çekme yapmak mümkündür. Şekil 1.2 de bu durum gösterilmiştir. (1)

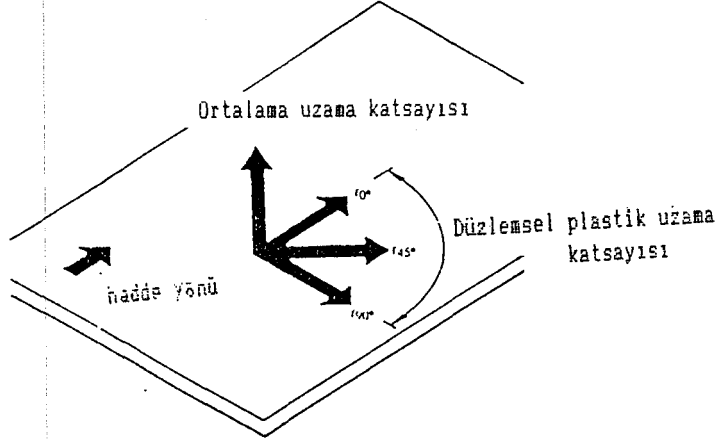


Şekil 1.2. \bar{r} değerleri ile haddeleme yönü arasındaki ilişki. (1)

Yassı metalik malzemeler için tanımlanan plastik uzama katsayısı (r) veya ortalama uzama katsayısı (\bar{r}) nin 1 den büyük olması istenir. Böylece plastik şekil verme, malzeme kalınlığında fazla incelme olmadan büyük oranda metalik saç düzleminde oluşacak ve biçimlendirme başarı ile sonuçlanacaktır. (2)

Kübik yüzey merkezli sistemine sahip metaller izotrop davranış gösterirler. Başka bir deyişle plastik uzama katsayıları 1 dir. Titanyum gibi plastik uzama katsayısı yüksek olan malzemelerde tek işlemde daha derin kaplar elde etmek mümkündür. Çinko gibi plastik

uzama katsayısı 1 olan malzemelerde plastik şekil değişimi kalınlık yönünde olur ve hasarlanmayı çabuklaştırır. Şekil 1.3 'te normal ve düzlemsel plastik uzama arasındaki ilişki gösterilmiştir.(2)



Şekil 1.3. Saç düzleminde farklı yönlerde uzama katsayılarında farklılık yaratan düzlemsel plastik uzama(anizotropi).(1)

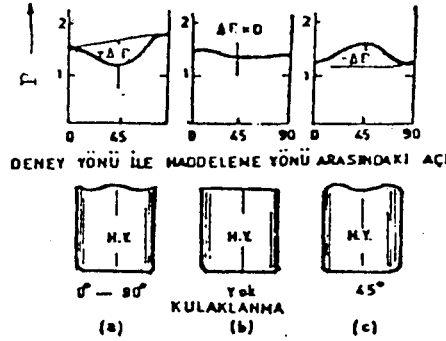
Düşük karbonlu çelik gibi kübik hacim merkezli metallerde kontrollü haddeleme işlemleri sonucu, dikey yöndeki uzama katsayısı(r) 1.6 - 1.7 arasında elde edilebilir. Alüminyum ile söndürülmüş düşük karbonlu çeliklerde ise 2 değerine kadar çıkabilir.(2)

Çekme işlemlerinde dikey yönde uzama özelliği istenmesine rağmen düzlemsel yönde uzama (Δr) özelliği istenmez. Düzlemsel plastik uzama katsayısı aşağıdaki bağıntı ile tanımlanır.(2)

$$\Delta r = \frac{r_0 + r_90 - 2r_{45}}{2} \quad (3.2)$$

Düzlemsel plastik uzamaya(anizotropiye) sahip parçalar, haddeleme yönünde, ona dik yönde veya bu iki yön arasındaki herhangi bir açıya sahip yönde (örneğin; 45° açılı yönde) farklı plastik şekil değiştirme özelliği gösterirler. $r_0 \neq r_{45} \neq r_{90}$ olup bu malzemeyle elde edilen parçanın yüksekliğinde dalgalanma görülür.Bu

dalgalandırmalara kulak adı verilir. $\Delta r=0$ iken kulaklanma olayı görülmez. $\Delta r < 0$ ise 45° derecelik yönlerde, $\Delta r > 0$ ise 0 ve 90 derecelik yönlerde kulak oluşumu görülür. (Şekil 1.4) (2)



Şekil 1.4. Çekme işleminde düzlemsel anizotropi katsayısına bağlı olarak kulak oluşumu(2)

Metal kaybına neden olduğundan kulaklanma olayının minimuma inmesi için gerekli önlem alınmalıdır.(2)

1.1.2. Germe

İdealize haldeki gererek şekil verme işleminde, metalik sac, iki ucundan veya çevresi boyunca bağlanır. Daha sonra biçimlendirme kalıbı saca doğru ilerleyerek, malzemenin gerilmesini ve kalıbın şeklini almasını sağlar.(2)

Gerilme testinde olduğu gibi deformasyon, uniform gerilme altındaki malzemeninkini aştığında lokalize olur ve kırılma kolaylaşır. Bu, gerilme testinde uniform uzama, e_u olarak adlandırılan maksimum uzamaya denktir.(1)

Düşük karbonlu çelik saclarda, gerilim-uzama eğrisinde plastik uzamanın olduğu bölüm gerçek gerilim ve uzama terimleri ile ifade edilir ve parabolik bir denklem ile tanımlanabilir.(1)

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n$$

(4.1)

σ : gerçek gerilim

ϵ : gerçek deformasyon

n: deformasyon sertleşmesi üssü

K: malzeme mukavemet katsayısı

Belirli bir malzeme için kalınlık arttıkça gererek biçimlendirme kabiliyeti artar. Bunun nedeni, malzemenin deformasyona uğramadan daha fazla şekil değiştirebilmesidir. Malzeme bina yapısının ince olması, kalınlıklardan arındırılmış olması, tek faz yapısında olması kabiliyetin artmasına neden olmaktadır. Deformasyon sertleşmesi üssü (n) yüksek olan malzemelerde, şekil değişimine uğrayan bölge sertleşir ve bu bölgede boyun verme olayına direnç başgösterir. Bu durumda, uygulanan gerilme altında plastik şekil değiştirme, bitişik bölgelere doğru ilerler ve birim şekil değiştirme homojen olarak dağılır. n değeri küçük olan malzemelerde boyun verme olayı belirli bir bölgede başlar ve o bölgede yoğunlaşır. Kalınlığın hızla azalması sonucu deformasyon erken oluşur. (2)

1.1.3. Kompleks Şekillendirme İşlemi

Pratikte presle şekillendirme işlemlerinde germe-çekme hareketi genellikle kompleks olarak oluşur. Parça üstündeki küçük alanlarda kritik bölgeler oluşabilir. n, deformasyon sertleşmesi üssü (strain-hardening exponent) ve $\bar{\epsilon}$ ortalama uzama katsayısı (average strain ratio) parametrelerinin bazı kombinasyonlarında saçın şekillendirilebilirliğinin ölçülmesi çok önemlidir. Farklı kalınlık malzemede deformasyon hızı değiştirilerek genel germe özellikleri sağlanır. Deformasyon hızı duyarlılığı üssü (m) vasıtasıyla tanımlanan deformasyon sertleşme oranı, metalin, test hızına gösterdiği akma mukavemetini belirtir. Farklı kalınlığın pozitif m değeri, vuruş mukavemeti, şekillendirilebilme gibi özelliklere yardımcıdır. (1)

1.1.3.1. Deformasyon hızı duyarlılığı üssü:

Deformasyon oranındaki bir artış ile, akma gerilimindeki değişiklik ölçülen olan deformasyon hızı duyarlılığı üssü, m sene bir parametredir. (1)

$$\sigma = k \dot{\epsilon}^m$$

(5.1)

σ : gerçek gerilim

$\dot{\epsilon}$: deformasyon hızı

k: malzeme mukavemet katsayısı

m: deformasyon hızı duyarlılığı üssü

m deformasyon hızı duyarlılığı üssü pozitif ve yüksek olan malzemelerde boyun verme olayından sonraki şekil değişim miktarı artar. Bu tür malzemelerde, boyun verme bölgesinde plastik gerilme artar ve boyun verme olayının etrafına yayılımı sağlanır. Böylece, kalınlık incelmesinin sadece bir bölgede yoğunlaşmayıp mümkün olduğunca malzemenin her yerine homojen olarak dağılımı sağlanır. Böylece çatlak oluşumu geciktirilir. m değerinin plastik gerilmeye, dolayısıyla boyun verme bölgesindeki birim şekillendirmeye etkisi yüksek sıcaklıklarda daha fazladır. Deformasyon hızı duyarlılığı üssü, malzemenin sünekliğini karakterize eder. $m \leq 0.1$ ise, malzeme sünek değildir. $m \approx 0.3 - 0.4$ ise sünektir. $m \geq 0.5$ ise süper plastiktir. $m = 1$ ise malzeme cam gibi akar.(2)

Örnek:

Düşük karbonlu AK çeliği: $n=0.210$, $m=0.01$, $h=30\text{mm}$

2024-T4 alüminyum : $n=0.245$, $m=0.006$, $h=23\text{mm}$

AK çeliğinin n değeri daha düşük olmasına rağmen gerilen kübik yüksekliği, h, 2024-T4 alüminyumdan 1/3 ü kadar büyüktür. Deformasyon sertleşme oranı küçüksede deformasyonun üniform olmasında önemli rol oynayabilmektedir. İş parçası sertliğinin geometrik yumuşama vasıtasıyla dengelenmesi sırasında üniform olan deformasyon üstünde m değerinin etkisi, büyüktür.

1.1.3.2. Diğer faktörler:

Deformasyon hızı ve deformasyon sertleşmesi, kırılma olmaksızın basılan parçadaki başarının hesabı için temel parametreler olmasına rağmen diğer bazı özelliklerde, parça kabulünde önemlidir. Örneğin, geniş bir akma noktası ucmasına sahip metal seçer, basma bölgesi yüzeyindeki işaretleri göstermesi için yavaşça deformasyon uyguladığımızı kabul edelim. Malzemedeki Lüder' hatları veya germe deformasyonu yüzeyde çirkin görünen yaralar ve basma işleminin başarısızlıkla sonuçlanmasına yol açabilir. Sağdaki yüksek akma

kuvveti, iş plakasının üstündeki tutma basıncını arttırmayı gerektirir. Bu, çekme- germe hareketlerini değiştirebilir, belvermeye ve kırılmaya sebep olabilir.(1)

1.2. METAL SAÇ ÖZELLİKLERİ

1.2.1. Fiziksel Özellikler

Metal şekillendirme işlemlerinde çalışma limitleri -akma mukavemeti üstü ve çekme mukavemeti altıdır. Kullanılan kuvvetler, çekme, basma, kesme veya bunların kombinasyonları olabilir. Verilen bir iş dalgası malzemesinin deformasyon sertleşme ve deformasyon oran hassasiyeti verileri ile mukavemet özelliklerinin bilinmesi gereklidir.(1)

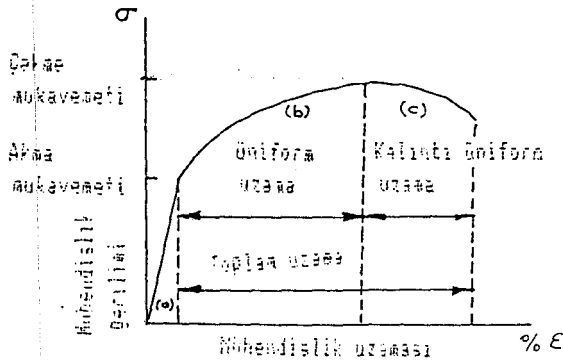
1.2.1.1. Süneklik (ductility)

Süneklik, metalin çekilebilmesi veya inceltilebilmesidir. Diğer ölçülerinde inceltme görülüyorken bir ölçüsünde uzama veya çekilme görülmesidir. Çekme veya dövme ile saçın % 100 veya daha fazla uzatılması mümkündür.(1)

Saç metalin şekillendirilmesi akma noktasını aştıktan sonra, kopmadan önce olan sünme ve plastik deformasyona bağlıdır. Metalin sünmesi ve işlenmesinden sonra kalıcı bir şekil verilebilir.(1)

1.2.1.2. Çekme testi

Kuvvet ve şekil değişimi arasındaki ilişkilerin incelenmesi bakımından uygulanan en basit deney çekme deneyidir.(4)



Sekil 1.5. Mühendislik gerilme-uzama diyagramı (1)

$$\sigma_E = \frac{P}{A} \quad (6.1)$$

σ_E : mühendislik gerilmesi
P : yük
A₀ : başlangıçtaki alan

$$\epsilon = \frac{l_s - l_0}{l_0} * 100 \quad (7.1)$$

ϵ : mühendislik uzaması
l_s : son uzunluk
l₀ : başlangıçtaki uzunluk

Elastite Modülü (E) : Gerilme ile birim uzama arasında $\sigma = E\epsilon$ bağıntısının (Hook Kanunu) geçerli olduğu doğrusal kısımdaki doğrunun eğimidir. Bir malzemenin elastite modülü ne kadar büyükse rijitliği -başka bir deyişle- şekil değiştirmeye olan direnci o oranda büyüktür.(5)

Elastite Sınırı (σ_E) : Kaldırıldığı zaman kalıcı uzamanın görülmediği yalnızca elastik şekil değiştirmenin olduğu en yüksek gerilmedir.(5)

Akma Sınırı (σ_A) : Gerilmenin yaklaşık olarak sabit kalmasına karşılık, plastik şekil değiştirmenin önemli derecede arttığı ve çekme diyagramının düzgünlük göstermeye başladığı gerilmedir. Akma sınırının belirgin olmaması halinde bunun yerine genellikle % 0.2 plastik uzamaya karşılık olan gerilme alınır.(5)

Çekme Mukavemeti (σ_M) : Çekme diyagramındaki maksimum gerilmedir. Bu gerilme değerine kadar deney parçasının kesiti, her yerde aynı oranda azaldığı halde, bu değerden sonra deney parçası bir noktada yerel olarak büzülmeğe başlar ve görünüşte daha küçük bir gerilmesinde kopar.(5)

Kopma Uzaması (% δ) : Kopma noktasındaki plastik uzamanın malzemenin ilk boyuna olan oranıdır.

$$\% \delta = \frac{\Delta l_k}{l_0} * 100 \quad (8.5)$$

Bu değer ne kadar büyükse, malzeme o derece sünektir.(5)

Kesit Daralması (% γ) : Kopma kesit alanının başlangıçtaki kesit alanına oranıdır.(5)

$$\% \gamma = \frac{A_0 - A_k}{A_0} * 100 \quad (9.5)$$

Tokluk : Malzemenin plastik şekil değiştirme sırasındaki enerji yutma yeteneğidir.(5)

Rezilyans : Malzemenin elastik şekil değiştirme sırasındaki enerji yutma yeteneğidir. σ -e diyagramı elastik bölge altında kalan alan ile belirlenir.(5)

Plastik Uzama Katsayısı : Saç metale akma noktasının üstünde şekil verildiğinde iki yönde incelme görülür. -Kalınlık ve ϕ genişlik yönünde- Saç metal şekillendirilmesinde incelme miktarı önemlidir ve çekme testinden bulunan verilerden çıkarılabilir. r değeri test yönü ve haddelene yönüne göre değişiklikler gösterir. Çeşitli açılar için bulunduktan sonra ortalaması alınır. (\bar{r} veya r_m) (1)

Uzama Sertleşme Kapasitesi : Akma mukavemetini aştıktan sonra plastik deformasyon sertleşme ve toparlanma işlemlerinin ulaştığı bir noktadır. Uzama sertleşmesinin gösterimi akmanın çekmeye bir oranıdır.(1)

$$n = \ln(1 + e_u) \quad (10.1)$$

n : deformasyon sertleşmesi üssü

e_u : Üniform uzama

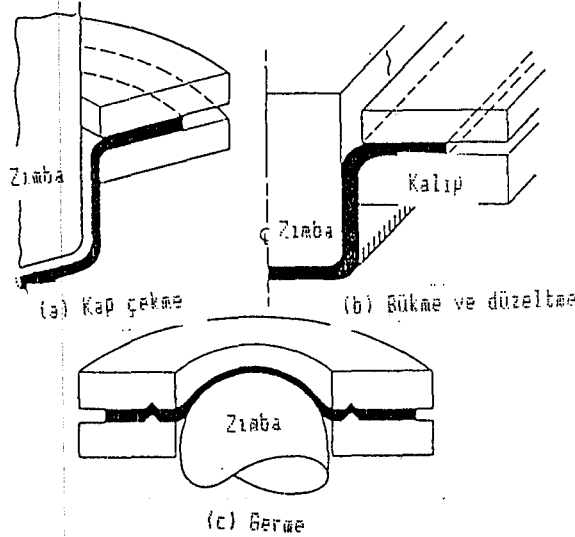
1.3. METAL SAÇLARA ŞEKİL VERME

Şekil verilebilirlik -her şekil verme modelinde- spesifik metal şekil verme parametreleri ile ilgilidir. Bu parametreler, yüksek mukavemetli çeliğin akma mukavemetinin artması gibi azalabilir veya artabilir. Önceden bilinebilir veya dereceli olarak değişime uğrayabilir. Gerçekte belirli şekil verme modelleri, akma mukavemetine duyarlı değildir. Şekil verme parametrelerinde bilinen bir değişiklik yapıldığında, parça dizaynında, takım dizaynında, yağlayıcı seçiminde ve pres parametrelerinde tamamlayıcı değişiklik yapılır.(1)

Kompleks şekil verme operasyonu genellikle farklı mekaniksel özelliklere dayanan ve her birinde çeşitli temel şekil verme modellerinin birleştirildiği bir şekillendirme biçimidir. Bundan dolayı, bir operasyon için uygun saç en başta kararlaştırılır.(1)

1.3.1. Şekil Verme Modelleri

Şekil 1.6 da görüldüğü gibi üç temel şekil verme modeli vardır; kap çekme (cup drawing), bükme ve düzeltme (bending & straightening), germe (stretching). İkinci derecedeki şekil verme operasyonları zımbalama, flanjlama, kenar bükme ...vb.dir



Şekil 1.6. Kompleks basmada temel şekil verme modelleri
Her model farklı özelliktedir.(1)

1.3.1.1. Kap çekme modeli

Kap çekmede radyal çekmede olduğu gibi dairesel bir sac, genellikle düz dipli silindirik bir zimba ile dairesel bir kalıp içersine çekilir.(Şekil 1.6.a.) Flanşın kalıp boşluğuna çekilmesinde olduğu gibi sac çevresindeki azalma, metalin çevresel baskısına sebep olur. Sacı tutan basınç, kontrol edilmediğinde bu çevresel baskılar, flanşta kolayca radyal bel vermeye sebep olacaktır.(1)

1.3.1.2. Bükme ve düzeltme modeli

Bükme ve düzeltme modeli, sık sık kap çekme modeli ile karıştırılır. İki durumda da metal, bir flanştan çekilir, bir kalıp üzerine sarılır ve sonra, tekrar düzeltilir. Bununla birlikte, bükme ve düzeltmede kalıp hattı düzdür, flanş boyu değişmez ve çevresel baskı ve bükme doğurur.(Şekil 1.6.b.) (1)

Deformasyon sırasında dıştaki lifler (bükmenin konveks kenarı) kalıp yarıçapının üzerine sarıldığı anda ilk uzamaya uğrar. Sonra, sac, düzeltme yönünde sıkıştırılır. İçteki lifler (konkav kenar) gerilme ile uygulanan baskıya eşit ve ters yönde hareket eder. Böylece radyal uzama ve inceltme olmadan zayıf bir bükme ve düzeltme işlemi gözlenir.(1)

1.3.1.3. Germe modeli

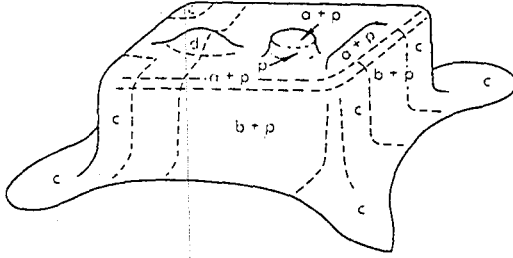
Germe modelinde (Şekil 1.6.c.) sac, tutma basıncı veya kilitleme çeneleri vasıtasıyla kalıp bileziklerinde kenetlenir. Kubbe şeklindeki zimba, kubbenin her yönünde metalin gerilerek uzamasına yol açarak sacı içeriye ittirir. Sacın kalınlığı azalma yönünde olmalıdır. Bu deformasyon, çift eksenli germe işlemi olarak adlandırılır.(1)

Zimba genişliğine oranla daha uzun ise (dikdörtgen kalıp açılımı) kenetli iş parçasının germe uzaması yalnızca bir yönde -zimba küçük radyüsüne doğru- meydana gelir. Deformasyonun en genel tipi olan bu şekle, düzlem uzama germe denir.(Plane strain stretching)(1)

1.3.1.4. Kompleks basma işlemleri

Şekil 1.7 perspektif açıdan kompleks basma işlemindeki şekil verme modellerini tek tek

göstermektedir. Kabin dört köşesi, kap çekme ile oluşturulur.(c) Köşeleri bağlayan düzlem parçaları bükme ve düzeltme (b) ile oluşturulur. Tutma basıncı ve çekme kuşakları, kalıp radyüsü üzerinde yüksek radyal çekme gerilimi yarattığından düzlem uzama germesi (p) bükme ve düzeltme (b) hareketine eklenir. Dipteki radyüsler bükme (a) ve düzlem uzama germesinin (p) bir kombinasyonudur.(Yarı yarıya) Kabin dibindeki kubbe, kabartma ve karakteristik hat, düzlem uzama germesi (p) ve bükme (a) yoluyla şekillendirilirken çift yönlü germe ile (d) oluşturulur.(1)



a: bükme
b: bükme ve düzeltme
c: kap çekme
d: kubbe ve çift yönlü germe
p: düzlem uzama germesi

Şekil 1.7. Şekil verme modelleri (1)

1.3.2. Şekil Verme Limitleri

Özel bir basma işlemindeki limit faktörleri, şekil verme modelleri özelliklerine göre gruplanabilir. -kap çekme, bükme ve düzeltme veya germe-

1.3.2.1. Kap çekme limitleri

Kap çekmede, zimba butonu, kap duvarı içine flanş çekmek için kap dibine bastırılır. Kap cidarı, flanş deformasyonunu sağlayacak ve sürtünmeyi yenecek olan yükü taşıyabilecek kalınlıkta olmalıdır. Kap cidarı, boyun verme olmaksızın daha büyük bir kuvveti

taşıyabiliyorsa, daha büyük bir saç, daha derin bir kap içine çekilebilecektir. Kap cidarının boyun vermeye olan direncini karakterize eden bir büyüklük, metalin normal anizotropisi veya \bar{r} vasıtasıyla olur. Daha büyük \bar{r} , metalin daha derine çekilebileceği anlamına gelir. Çelik için tipik \bar{r} değerleri aşağıda verilmiştir.(1)

<u>Çelik Tipi</u>	<u>\bar{r} Değeri</u>
Sıcak haddelenmiş 1008	0.8 - 1.0
Soğuk haddelenmiş 1008,çemberli	1.0 - 1.4
Soğuk haddelenmiş 1008,A1 ile san.(AK)	1.3 - 1.9
Sıcak haddelenmiş,yük.muk.,düş.ala.(HSLA)	0.8 - 1.0
Soğuk haddelenmiş,HSLA	1.0 - 1.4

Kap çekilebilirliğinde D_0/D_2 derin çekme oranı (DÇD) olarak tanımlanır. Burada D_0 , saç çapı, D_2 ise zımba çapıdır. Derinliği arttırmak için saç çapı sınırsız olarak arttırılamaz. Kullanılabilecek maksimum saç çapı derin çekme oranı sınırı (Limiting Drawing Ratio, LDR) (DÇDS) ile belirlenir.(2)

$$DÇDS = \frac{D_{0,max}}{D_2} \quad (11.2)$$

Akma mukavemeti 552 MPa, \bar{r} oranı 1.0 olan soğuk haddelenmiş HSLA çeliği ile, akma mukavemeti 186 MPa, \bar{r} oranı 1.8 olan soğuk haddelenmiş AK çeliğinde DÇDS değerinde % 25'lik bir düşüklük olmasına rağmen akma mukavemetinde % 300'lük bir fazlalık görülmektedir. Akma mukavemetinde olan büyük bir artış, kap çekmede küçük azalmalarla başarılabilmektedir.(1)

1.3.2.2. Bükme ve düzeltme limitleri

Bükme sırasında soğuk işlem gören metalin içteki liflerinin düzeltmede yapılan çekme uzamasına olan dayanma kabiliyeti, bükme ve düzeltmede sınırlayıcı faktördür. Yalnızca bükmenin olması halindedeki dış lif elemanları gerekli çekme uzamasına dayanmalıdır. Her iki haldede bükme ve düzeltme deformasyonuna dayanmadaki metal kabiliyeti çekme testi vasıtasıyla ölçüldüğü gibi metalin toplam uzamasına dönüştürülebilir. Daha büyük toplam uzama, daha büyük bükme radyüsünün olmasıyla gerçekleşir.

2 " (51mm) uzunluktaki malzemenin toplam uzama yüzdeleri Tablo 1.2 deki gibidir.(1)

Tablo 1.2

Akma mukavemeti	% Boyuna uzama	% Enine uzama
207 MPa	48	46
345 MPa	35	30
552 MPa	20	20

Bu ölçümlerde üç şey önemlidir. İki, akma mukavemetindeki kazanç toplam uzamadaki kayıpla birlikte. Böylece, akma mukavemetindeki artış aynı kalınlık için bükmede bir artış gerektirir. Sonuçta bu modelde şekil verilebilirlik, akma mukavemeti ile ters orantılıdır.(1)

İkincisi, 345 MPa akma mukavemeti olan çeliğin boyuna toplam uzaması, enine toplam uzamasından daha büyüktür. Bu yüzden, tercih edilen bükme ve düzeltme eksenini, liflerin haddelene yönüne diktir.(1)

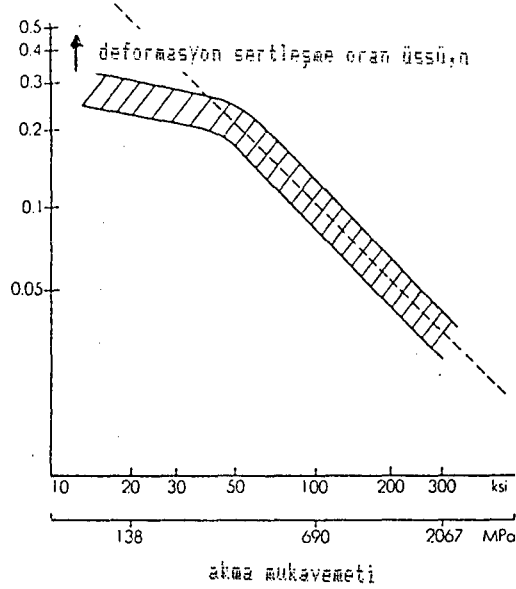
Üçüncüsü, 552 MPa akma mukavemeti olan çeliğin iç yapı şekli boyuna ve enine toplam uzamalar eşit olduğu için ihmal edilebilir. Kalıntı şekil kontrolü HSLA çeliklerinin enine bükme ve düzeltme yapılmasıyla iyileştirilebilir.

1.3.2.3. Germe limitleri

Metalin germe kapasitesi, çekme veya boyun vermeye olan direnci veya gecikmesidir. Boyun vermeye olan direnci deformasyon sertleşme üssü veya n değeri ($\sigma = K\epsilon^n$) dir. Yüksek n değeri, daha büyük üniform uzama ve daha büyük boyun vermeye direnç demektir.(1)

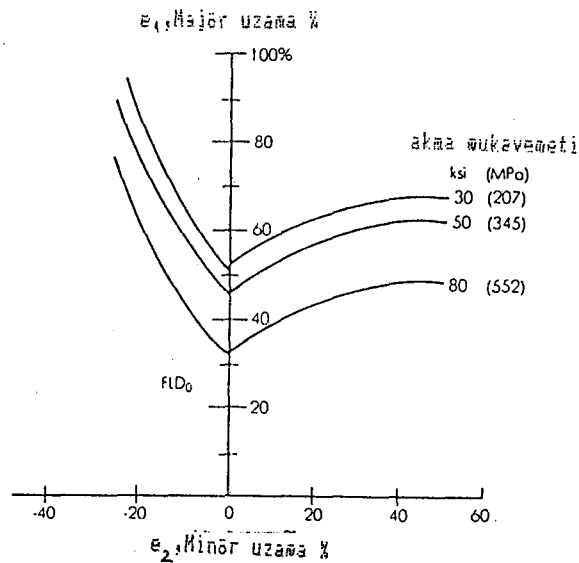
Akma mukavemeti ve n değeri arasındaki ilişki Şekil 1.8 de gösterilmiştir. n değeri iki türlü gerilebilirliği gösterir. İlki, yüksek n değeri metalin yüksek uzamaya direnç kabiliyetini gösterir. Bu uzamanın daha üniform olmasını ve mümkün olduğunca metalden daha fazla yararlanılmasını sağlar.(1)

İkincisi, biçimlendirme sınır diyagramı (Forming Limit Diagram, FLD) (BSD) nin çift eksenli germe bölümü n değerine bağlıdır. BSD, (Şekil 1.9) saçın uzama durumlarının geniş kombinasyonları için boyun

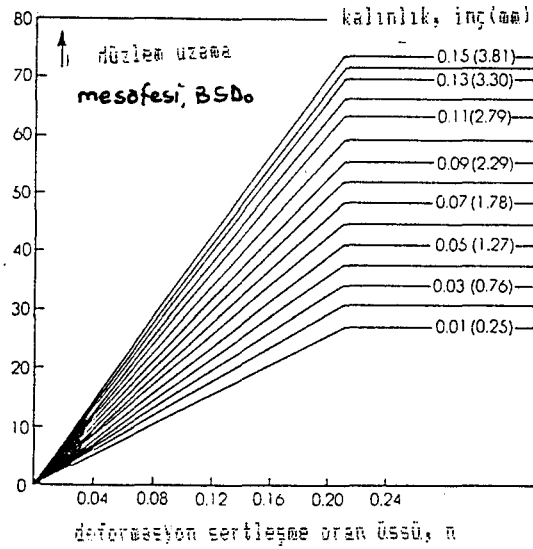


Şekil 1.8. Akma mukavemeti ile n deformasyon sertleşme üssü arasındaki ilişki (1)

verme olmaksızın maksimum uzamasını belirler. Düşük karbonlu çeliğin standart eğrisinin $e_2 = 0$ eksenini kestiği nokta vasıtasıyla tesbit edilir; bu nokta BSD olarak işaretlenir. Farklı kalınlıklar için n değeri üstündeki bağımsız BDS lar Şekil 1.10 da gösterilmiştir. (1)



Şekil 1.9. Düşük karbonlu çelik için BSD (1)



Şekil 1.10. n, sac kalınlıkları ve BSD düzlem arasındaki ilişki (1)

Şekil 1.8 de belirtilen 207 ve 345 MPa akma mukavemeti olan çeliklerin n değerleri yaklaşık eşittir. (Yayılmış bant içinde) İlavə olarak, bu iki çeliğin BDS leri çok yakındır. Akma mukavemetleri 207 ve 345 MPa olan çeliklerin gerilebilirliği şekil veren kişi tarafından yaklaşık eşit bulunur. Gerilebilirlikteki azalma 552 MPa akma mukavemetine sahip çelik için gözlenir.(1)

1.3.2.4. İşleme faktörleri

1.3.2.4.1. Parça dizaynı : Şekil 1.7 de belirtildiği gibi germe veya bükme ve düzeltme vasıtasıyla meydana gelen şeklin oluşturulması için özel boydaki bir takımın dizaynı gereklidir. 552 MPa akma mukavemetine sahip çeliğin gerilebilirliği adı 1008 çeliği ile karşılaştırıldığında azdır. Bununla birlikte, kalıp radyüsü, tutma basıncı, çekme basıncı ...vb. dikkatle seçildiğinde gerekli boy flanştan metali çekmek vasıtasıyla ve germe işlem değerlerini değiştirerek sağlanabilir. Uygun takım dizaynı ile yüksek mukavemetli çeliklerin en uygun olduğu şekil verme modelleri minimize edilebilir.(1)

Flanş köşeleri, metalin akma mukavemeti arttırıldığı veya saç kalınlığı azaltıldığında buruşma ve boyun vermeye daha hassas olur. Yüksek mukavemetli çeliğin buruşmaya olan meyli, tutma basıncını arttırarak telafi edilebilir.(1)

1.3.2.4.2. Deformasyon parametreleri : Yüksek mukavemetli çeliklerin deformasyonu için daha büyük ara basınçlar gereklidir. Arta basınçlara göre yağlayıcı, dereceli olarak arttırılmalıdır. Daha ste, dikkatli seçimi takımın fazla aşınmasını önlemek için gereklidir.(1)

Düşük deformasyon üssü n, yüksek mukavemetli çeliğin uzamaya direncini azaltır. Bundan dolayı parça ve takım dizaynı azalan gerilme derecesiyle tamamlanmalıdır. Zimba ve kalıp radyüsünü arttırma, üniform deformasyonu üniform yayacak yağ seçimi, düzlem uzama germeden kaçınma, flanş yükünü azaltma, iş derinliğini azaltma ...vb. modifikasyonları değiştirmek gibi uzun bir liste hazırlanabilir. Uygun parça ve kalıp dizaynı ile yüksek mukavemetli metallerin az olan gerilebilirliği telafi edilebilir.(1)

Diğer deformasyon parametreleri daha az tanımlanmıştır. Bükmede artan akma mukavemeti ile esneme de artar. Buna yaylanma (Springback) denir. Plastik uzayan metal, elastik uzamanın bir miktarına yaylanma derecesi olarak sahiptir. Sert kalın metaller ve daha küçük bükme radyüsü fazla yaylanmaya sebep olur. Yaylanmaya karşı koymada şu metodlar kullanılır.(3)

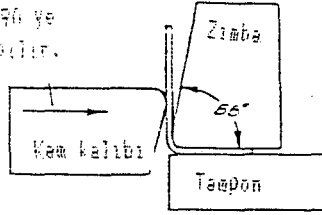
- 1) Fazla bükme (over bend)
- 2) Taban geçirme (bottom)
- 3) Gererek şekillendirme

Fazla bükmede, metal yaylanmadan sonra bükmenin arzulan derecesini sağlayacak miktardan fazla bükülür. (Kamlar kullanarak, kalıp boşluğunu azaltarak, V kalıp durumunda gerektiğinden küçük açıda zimba ve kalıp kullanarak gerçekleştirilir.) (3)

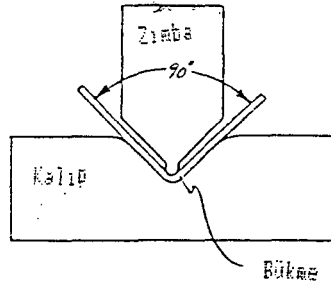
Taban geçirme, zimba üstüne bir bant yerleştirerek gerçekleştirilir. Yüksek sıkıştırma uzamaları yaylanmaya karşı koyar. Taban geçirme yapıldığında kuvvet yavaşça uygulanmalıdır. Aksi takdirde sarma kuvvetleri çok çabuk yükselir.(3)

Metal hareketinin hepsinin elastik limitte sürmesini sağlayan sacın gerilmesini gererek şekillendirme içerir. Arzulanan şekli bulması için metal, zımba üstüne kuvvetlice bastırılır.(3)

Kad ho yönde hareket ettikten sonra 90 ye fazla bükme yapılır.

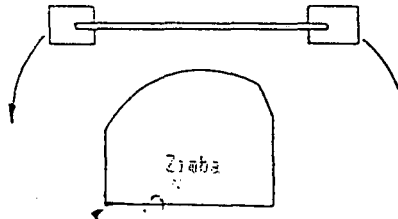


Kad vasıtası ile fazla bükme



Taban geçirme bükme bölgesinde incelmeye neden olur.

Taban geçirme



Zımba şeklinin üzerine metal gerilir.

Gererek şekillendirme

Şekil 1.11. Yaylanmanın önlenmesi (3)

1.3.3. Yağlama Özellikleri

Metal şekil verme işleminde sürtünme ve yağlama hayati önem taşıyan özelliklerdir. Takım ve iş parçası üzerindeki yükü ve sürtünmeyi azaltma, etkili bir yağlama sistemi ile sağlanır. Yağlama, şekil vermedeki adımların azaltılmasına izin verir. Azaltılan kuvvet seviyesi, hasarları azaltır ve parçanın ölçüsel hassasiyetini arttırır.(1)

Yağlayıcı, aşınma ve metal transferine (galling) minimize ederek, yüzey düzgünlüğünü sağlayacak ve sağı kalıp boşluğuna geçen kuvveti kontrol edecek karakterde seçilir. Hatta, basma sırasında uzamayı geçitli bölgelere dağıtarak ve germe oranına etki ederek şekil verilebilirliği doğrudan etkiler.(1)

1.3.3.1. Metal akışı

Sağ metale şekil vermede yağlamanın ilk görevi, kontrollü olarak metal akışına izin vermesidir. Özellikle basma ve basmanın değişik uygulamalarında nokta nokta metal akışının değişmesi istenir. Her farklı uygulama, özel şartlar ve ihtiyaçların gereklerini içermelidir.(1)

1.3.3.2. Yüzey pürüzlülüğü

Sağ metal pürüzlülüğü ve malzeme özellikleri yağlayıcı viskozitesi ile değişiklik gösterebilir.(6)

a. Düşük iç yüzey basınçlarında pürüzlülüğün artması, temasın artarak flanştan metalin çekilmesini geciktirir ve germe bölgesinde daha büyük uzama kuvveti oluşur. Sürtünme katsayısı, μ artar. Sürtünmenin azalması ve üniformluluğun sağlanması için daha fazla yağ taşır.

b. Yüksek iç yüzey basınçlarında pürüzlülüğün etkisi yağla bağlıdır. Viskoz sıvı ile daha fazla yağ sağlanır ve sürtünme katsayısı düşer. Yüksek viskozite ve/veya yüksek hızlar ile daha büyük etkilenme sağlanır. Yağ katı ise pürüzlülüğün etkisinin çok az olduğu kabul edilebilir. Yağ düşük viskoziteli ise yüzeyi tam dolduramaz ve sürtünme artar.

c. Yağ-film kalınlığının fazla olması kaba sağlarda daha çok görülen buruşmayı önler ve yüksek çekme kuvveti verilebilmesini sağlar.

1.3.3.3. Yağlama usulleri

Metal şekil verme operasyonlarında, yağlama usulleri, parçanın yüzey pürüzlülüğünü ve sürtünme nedeni ile olan takım aşınma oranlarını kuvvetle etkiler. Saç metal şekillendirmesinde dört temel yağlama çeşidi bulunmaktadır. Kalın film usulü; ince film usulü; karışık usul; sınır film usulü.(1)

Kalın film usulünde, yağ, düzgün yüzeyler arasında sürekli olarak mevcuttur. Takım ve işparçası yüzeyleri yağ tabakası ile tamamen ayrılır. Bu usulde toplam çekme kuvveti % 30 - 40 azaltılabilir.

İnce film usulüne geçiş, film kalınlığı azaldıkça veya yüzey pürüzlülüğü arttıkça gerekli olur. Soğuk haddeleme ve yüksek hızlı tel çekme gibi yüksek hız gerektiren yerler ince film usulünün kullanıldığı metal işleme proseslerinden ikisidir.

Karışık usulde film kalınlığı çıkıntılı yerlerde iyice azalır. Yüzeyler arasındaki yağ, girintili yerlerde kalın film, çıkıntılı yerlerde ince film yağlama ile taşınır.

Sınır film usulü, çıkıntılı yerlerde moleküler düzeydeki sınır film tabakaları ile yağın taşındığı yağlama çeşididir. Sürtünme katsayısı 0.1 - 0.3 arasındadır.

Metal Şekillendirme işlemlerinin çoğu, yüksek basınç ve düşük hızlarla karakterize edilir. Bu durumda, metal yüzeyleri moleküler kalınlıktaki ince film tabakası ile ayrılırlar. Yağın mekanik özellikleri sınır kayganlık, yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon hızı ile sağlandığında kalın film veya sınır film yağlamaya gerek olmaz. İnce film veya karışık usuldeki prosesler kullanılmalıdır. (1)

Saç metal şekillendirme, operasyon çeşitlerine göre çok farklılıklar gösterir. Bu işlemlerden bazıları, bükmede olduğu gibi yağlama yapılmadan kullanılırken, sıg çekme gibi işlemlerde bir dizi yağlama gereksinimi istenir. Derin çekme ve ütüleme gibi işlemlerde de iyi bir yağlama yapılması gerekir.(1)

1.4. SAÇ METAL MALZEMELERİ

Son yıllarda, çelik saçların ve daha mukavemetli saçların uygulama alanı genişlemiştir. Tablo 1.3'te akma ve çekme mukavemetlerine göre şekil verilebilirlik faktörleri gösterilmiştir.(1)

Tablo 1.3.

Çeliklerin şekilverilebilirlik sınıflandırması

Miz	Çek.muk. MPa	Akm.muk. MPa	Şek. verilebilir lik faktörü
Yumuşak çelik	> 379 448	241 310	1
yük.çek.,düş. ak.muk.çelik	> 552 621	207 276	1.2
ort.çek.,ort. ak.muk.çelik	> 414 517	310 379	1.7
yük.çek.,yük. ak.muk.çelik	> 724 931	621 690	3.1

1.4.1. Düşük Karbonlu Çelik Saçlar

Akma mukavemeti 172 - 241 MPa arasında olan düşük karbonlu çelik saçların genel tipleri otomotiv endüstrisinde kullanılır. Bu malzemeler, kolayca şekil alabilir ve kaynak olabilirler. Mukavemet, modeller ve fabrikasyonun kombinasyonu olarak düşük fiyatlı komponentlerin dizaynıyla tüm performans ihtiyaçlarını karşılayabilirler.(1)

Düşük karbonlu çelik saçların 0.36 mm inceliğe kadar soğuk haddelenmesi mümkündür. Bu ürünlerin, istenilen genişliğe getirilmeside mümkündür.(1)

Tablo 1.4.'te görülen SAE 1006 ve 1008 çeliklerinin her ikisinde yüksek sünekliğe sahip yumuşak çeliklerdir. Kolayca şekil alabilirler, ilk isteğin şekil verilebilirlik, ikinci isteğin mukavemet olması durumunda seçilirler. Genellikle, çemberli çeliklerde (rimmed steel) veya tam alüminyumla sendürlmüş ürünlerin optimum şekil verilebilirliğinin istendiği zamanlarda kullanılır.(1)

SAE 1010 ve 1012 çelikler, yukarıda bahsedilen

insaat geldiği uç farklı kimyasal yapılarında üretilir. Karbon-manganez ilaveyi; nitrojen ilaveyi ve fosfor ilaveyi. Bu çeliklerin hepsi yeni sonuç kapatma veya çemberleme deoksiasyon işlemleri ile üretilir. Yüksek mukavemetli ve düşük alaşımlı çelikler arasında bir karşılaştırma yapıldığında; yüksek mukavemetli çeliklerin daha az homojen; şekli verilebilir; kaynak olmur ve tok olduğu gözlenir. (1)

Yüksek mukavemetli çeliklerin büyük çoğunluğu tipik şekli verilebilirlik; kaynak edilebilirlik gibi özelliklerin optimizasyonu için verilir. Aynı zamanda bu çelikler; mukavemet; yolculuk ve sertlik gerekliliklerinde karşılanabilirler. Genelikle akma mukavemeti arttırgan kademeyle olarak şekli verilebilirlik azımsanabilir. (Şekil 1.12) (1)

Pekçok komponentin yapımlı azaltılan kalınlıkla yüksek mukavemetin gerçekleştirildiği şekilde dizayn edilmektedir. Yüksek mukavemetli çeliklerin mukavemet değerleri 241 - 552 MPA arasındadır. Düşük karbonlu çeliklerdeki avantajların pek çokunu birlikte kullanılabilmeleri için bunlardaki istenir. Bunun çok miktar olarak şekillendirilebilir; birleştirilebilir ve boyama gibi işlemler yapılabilir. (1)

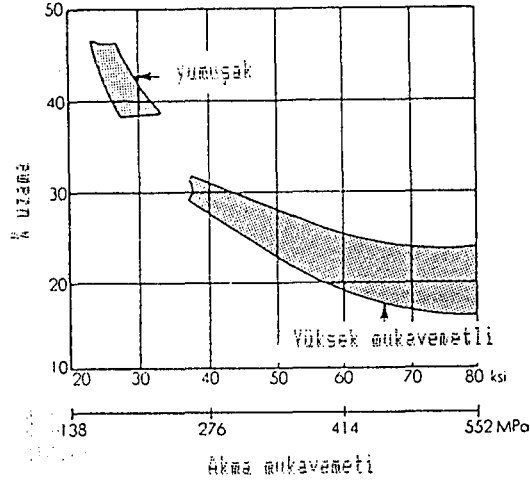
1.4.2. Yüksek Mukavemetli Çelik Saclar

Sınıf	Ak.muk. MPA	Çek.muk. MPA	2"teki % uzama miktarı
SAE 1006	174	276	35
SAE 1008	221	365	45
SAE 1010	207	310	30
SAE 1012	241	379	40

Düşük karbonlu çeliklerin tipik özellikleri

Tablo 1.4.

çeliklerden daha mukavimdirler. Daha düşük süneklik ve çeliklerin fazla hassas olmalıdır ve parça mukavemetinin az olması olduğun uygulamalarda seçilirler. (1)



Şekil 1.12. Akma mukavemetinin bir fonksiyonu olarak yumuşak ve yüksek mukavemetli çeliklerin % uzaması(1)

Karbon - manganez çeliği: Çeliğin mukavemetini arttıran bu elementler, süneklik ve kaynak edilebilirliği bozar.

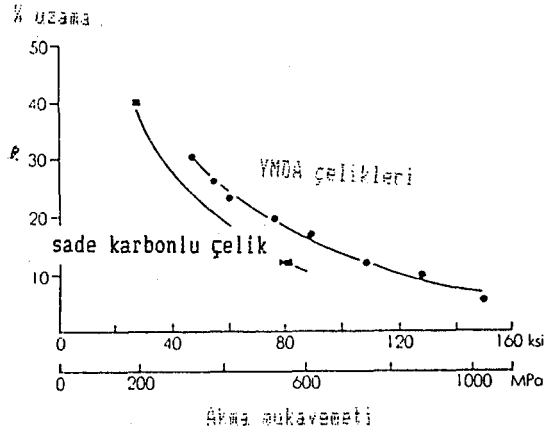
Nitrojenize edilen çelik: Karbon ve manganeze ilave olarak çeliklere nitrojen ilave edilmesi mukavemet ve sertliği artırır. Nitrojenize edilen çeliğin tane yağlandırma işlemi ile akma mukavemetinde % 25 lik bir artış sağlanabilir. Çekme mukavemetindeki artış ise, süneklik ve tokluğun kaybıyla birlikte.(1)

Fosforlu çelik: Nitrojenize edilen çeliklere ilave olarak mukavemeti arttırıcı fosfor ilavesiyle karakterize edilirler. Gerilebilme, tokluk, kaynak edilebilme özellikleri karbon - manganez ve nitrojenli çeliklerinkine benzer olmasına rağmen çekilebilirliği daha iyidir.(1)

1.4.3. Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımli Çelikler(YMDA)

Yüksek mukavemetli düşük alaşımli çelikler (High strength, low alloy steel, HSLA); mikro alaşım elementleri (kolumbiyum, vanadyum, titanyum, zirkonyum) veya düşük seviyeli alaşım elementleri (silikon, krom,

molibden, bakır ve nikel) ilavesiyle güçlenirler. Bu elementlerin kullanımı inşaat çelikleriyle karşılaştırıldığında şekillendirilebilme, tokluk ve kaynak edilebilirliğinin iyileştirmesi için karbon ve/veya manganez seviyelerinin azaltılması gereklidir. Şekil 1.13 te sade karbonlu çelik ve YMDA çelikleri gösterilmiştir.(1)



Şekil 1.13. Düzlem karbon çelikleri ve yüksek mukavemetli çeliklerin akma mukavemetleri ve % uzamaları arasındaki ilişki.(1)

Bu türdeki çelikler arasındaki temel farklar, akma ve çekme noktaları arasındaki yayılım, deoksidasyon uygulaması ve içerdikleri maddelerdir. Çekme mukavemetini etkileyen en büyük element, karbondur. Yüksek karbon seviyesi, akma ve çekme mukavemetlerinin artmasına neden olur. Mukavemet özelliklerinin iyileştirilmesi için düşük karbonlu çeliklere bazı alaşım elementlerinin ilavesi gereklidir.(1)

Deoksidasyon uygulaması, çeliğin özelliklerini önemli ölçüde etkiler. sendürülmüş çelikler, tokluk ve şekillendirilebilirlik bakımından daha iyidirler. Daha homojendirler ve kalitesi sülfür, zirkonyum, titanyum ve diğer nadir elementlerin ilavesiyle kontrol edilebilir, fakat bu, üretim fiyatını arttırmaktadır.(1)

BÜYÜK HACİM ÜRETİMİ: Sert takım gerektiren zımbanın kullanımının gerekli olduğu büyük miktarlardaki üretimler son yıllarda gelişmiştir. Yüksek mukavemetli hafiflik ve yüksek korzyon direnci alüminyumun büyük karbonlu çelikle karşılaştırılabilir. Alüminyum alaşımların şekillendirilmesinde 3 temel şekil verme parametresi önemlidir. - Parça şekli, ağırlık ve zayıflığı,

SXXX serisi deformasyon sertleşme alaşımları, tavlı işlemlerde yüksek mukavemetli şekillendirilebilirliği sağlar. Isıl işlem yapılabilen alaşımların şekillendirilebilirliği iyidir. Alaşımın mukavemetiyle, şekil verilebilirlik ters orantılıdır. (1)

Metal sacların şekillendirme uygulamalarında mukavemet, şekil verilebilirlik ve bunların çestili uygulamaları için alüminyum alaşımlar çok uygundur. Alüminyum alaşımlar ve diğer metaller arasında deformatyon bakımından, takım tasarımı ve operasyon işlem detayları açısından farklılıklar vardır. Bu farklılıklar, alüminyum için, deformatyon sertleşme katmanları, uzama oran hassasiyeti, akma ve çekme mukavemetleri değerlerinin daha büyük olduğunu göstermektedir. Kompozisyonlar ve uygulanan ısıl işlemlerde şekillendirme etkileri (1)

1.4.5. Alüminyum Alaşımı Sacların Şekillendirilmesi

Bu çelikler, parçanın mukavemeti kritik olduğunda kullanılır. Titanyum, vanadyum ve krom bilyum ilaveli büyük karbonlu çelikler, soğuk haddelemiş ve tavlanmış saclarda 887, 827, 965 MPa, 110 miniumum akma noktasında üretilebilirler. Büyük karbonlu martenzitik çeliklerin 1379 MPa akma mukavemetinin üzerine çıkması mümkündür. (1)

1.4.4. Çok Yüksek Mukavemetli Çelikler

- * Basit bükme sahalarında, yumuşak çelik ile karşılaştırılabilir.
- * Germede, performans olarak, kopma noktası ve zayıf uzama ezelliği hariç yumuşak çeliklere benzer.
- * Çekmede, radyal şekilli derin çekme ölçümleri sunar. Yüksek değerlerde kırılma ve kopmadan kaçınmak gerekir.
- * Yumuşak çeliklere göre yayılma daha fazladır.

YMDA çeliklerinin şekillendirme özellikleri şu şekilde sıralanabilir: (1)

takım(veya işlem).(1)

Alüminyum şekillendirme karakteristikleri: Alüminyum basma işlemleri, düşük karbonlu çeliklere göre farklılıklar gösterir. Alüminyum alaşım ve düşük karbonlu çelik arasında seçim yaparken iyi bir detay analizi yapmak gerekir. Aşağıda dikkat edilmesi gereken genel kurallar verilmiştir.(1)

* Orta mukavemetli alüminyum alaşımların derin çekme ve iki eksenli germe tip şekillendirme operasyonlarında düşük karbonlu çeliğe göre şekillendirme oranı yaklaşık 2/3 tür.

* Minimum bükme Yarıçapı, çeliğinkine göre yaklaşık 3 kat fazladır.

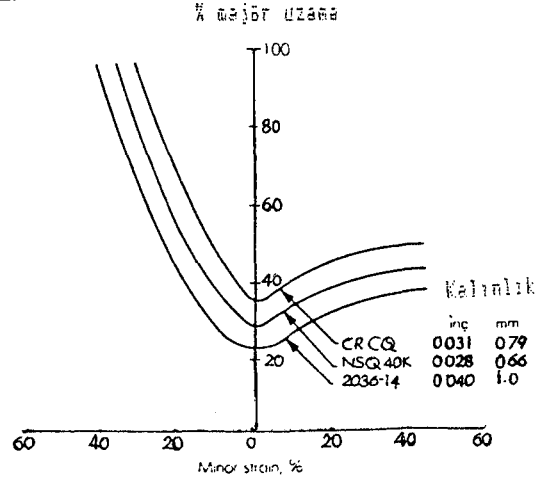
* Özellikle keskin köşelerde yakın toleranslar için düzenlenen takımlarda alüminyum kullanıldığında yüksek çentik hassasiyeti gerektirir. Takımlar, keskin ve çapak oluşumunu minimize edecek şekilde yapılmalı, bükme ve flanş germe işlemlerinde köşe ve yarık eğimlerini azaltmalıdır.

* Alüminyum alaşımın akma mukavemeti uzama oranından doğrudan etkilenmezken çeliklerde, uzama oranının artmasıyla artar.

* Mekanik preslerde, strok çevriminde en yüksek hız, iş parçası ile temasın başladığı anda oluşur. Alüminyumun düşük uzama hassasiyeti oranı, özellikle derin çekmelerde, metalin ilk hareketi sırasında yüksek gerilmelere yol açar. Bu, daha çok düşük saç tutma basıncı kullanarak, çekme bileziği ve zimba burun yarıçapını arttırarak ve alüminyum için formüle edilmiş özel yağlayıcı kullanarak dengelenir.

* Al elastisite modülü, çeliğinkinden düşük olduğundan şekillendirilmiş alüminyum saçlar çeliklerden daha fazla elastikiyete ve yaylanmaya sahiptirler.

Biçimlendirme sınır diyagramı(BSD): Alüminyum saç şekillendirilebilirliğinin kullanışlı bir göstergesidir. Temelde, başarıyla gerçekleştirilmiş çift eksenli bir gerilmeyi gösterir. Pekçok alüminyum alaşımın biçimlendirme sınır diyagramının düşük karbonlu çeliğinkine benzediğini şekil 1.14' ten görmekteyiz.(1)



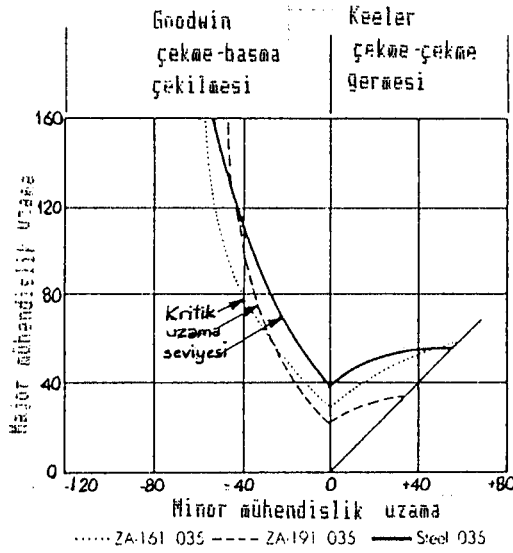
CRCQ-soğuk haddeli ticari çelik
 NSQ-40K-inşaat çeliği
 2036-T4-alüminyum alaşım

Şekil 1.14. Çeşitli çelik ve alüminyum sac malzemelerinin biçimlendirme sınır diyagramı(1)

1.4.6. Dövme Çinko Alaşımlarının Şekillendirmesi

Çeliğin şekillendirilebilirliğini karakterize eden malzeme özellikleri, çinko alaşımlarını karakterize eden özelliklerle aynı değildir. Çekme düşünüldüğünde, hadde yanüne 0 derecedeki plastik uzama katsayısı, diğer malzemelerde kullanılan normal anizotropi katsayısından daha iyi olarak alaşımın performansını gösterir. Çinko alaşımların gerdirilerek şekillendirme karakteristiklerinin değerlendirilmesinde n_{30} deformasyon sertleşme üssü hassas olarak kullanılamaz. Çinko alaşımlarının deformasyon hızı duyarlılığı üssü, m , nin toplam uzamayı içermesi gerekmektedir. Tam bir uyum için çok sayıda deney yapmak gerekir. Çinko alaşımlarının mekanik özellikleri diğer metallere karşılaştırılırken dikkatli olunmalıdır. Mutlak olan veriler, operasyonlarda karşılaşılan durularla çakışmayabilir veya malzemenin kabiliyetini tam açıklayabilir.(1)

Değişik çinko alaşımları için biçimlendirme sınır diyagramları, herhangi bir şekil verme işlemi için kullanılabilir. Şekil 1.15'te çelik ve çinko alaşımları arasındaki ilişki görülmektedir.(1)



Şekil 1.15. Çelik ve çinko alaşımları için biçimlendirme sınır diyagramı arasındaki ilgi (1)

1.4.7. Süperplastikler

Tüm demir dışı, demirli malzemeler ve bunların çeşitli alaşımları, süperplastiksel şekillendirme potansiyeline sahiptir. Özellikle titanyum ve yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları da bu teknolojinin uygulanmasında açık bir potansiyele sahip görünmektedir. Zn-Al ve Al-Cu-Zn gibi çeşitli alaşım sistemleri, süperplastiksel özelliklerinden dolayı özellikle gelişmeye sahiptir. Çeşitli alaşımların süperplastik karakteristikleri Tablo 1.5. de gösterilmiştir.(1)

Yüksek çekme uzaması, boyun verme ve kopmaya olan direnci yüzünden kompleks şekilli parçalara kolayca şekil verilebilir. Süperplastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan gaz basınçları oldukça düşüktür. (300 psi=2MPa) Bu, pahalı olmayan kalıp malzemelerinin kullanımına izin verir ve büyük kompleks

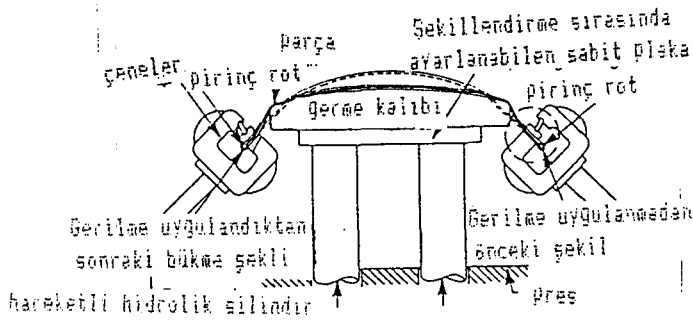
Tablo 1.5.

Çeşitli alaşımların süperplastik karakteristikleri

Alaşım	Süp.pl.sıc.		Test sonuçları		Akış geril. MPa
	C	% uz.	s	m	
Ti-6Al-4V Titanyum	927	1000-2000	2.10	0.8	10
Supral 100	450	600-1000	10	0.38	9
08050	565	500	10	0.3	2.8
7475(ince) Alüminyum	516	1200	2.10	0.75	2
Zn-22Al Çinko	200	2000	10	0.5	10
Fe-1.6C(1.5Cr)	650	1200	10	0.46	45
Fe-2.6Cr-6.5Ni Demir	900	1000	5.10	-	28
IN 199(PM) Nikel	1010	1000	-	0.5	35

* m: deformasyon hızı duyarlılığı üssü

parçaların düşük basınç yük kapasiteleri ile şekillendirilmesine imkan verir. Süperplastik malzemeler, izotermal şartlarda klasik derin çekme proseslerinde avantaj sağlamamaktadır. Kap cidarı ve zımba ucuyla temastaki malzemenin önceden sertleştirilmesi gerekmektedir. Süperplastik şekillendirmenin en büyük dezavantajı, düşük şekillendirme oranıdır. Bu sınırlandırma nedeniyle, süperplastiklerin yüksek miktarlardaki üretimi yapılmaz.(1)



Şekil 2.2. Hareketli çenelerle tutturulmuş, gererek şekil verme limitleri (1)

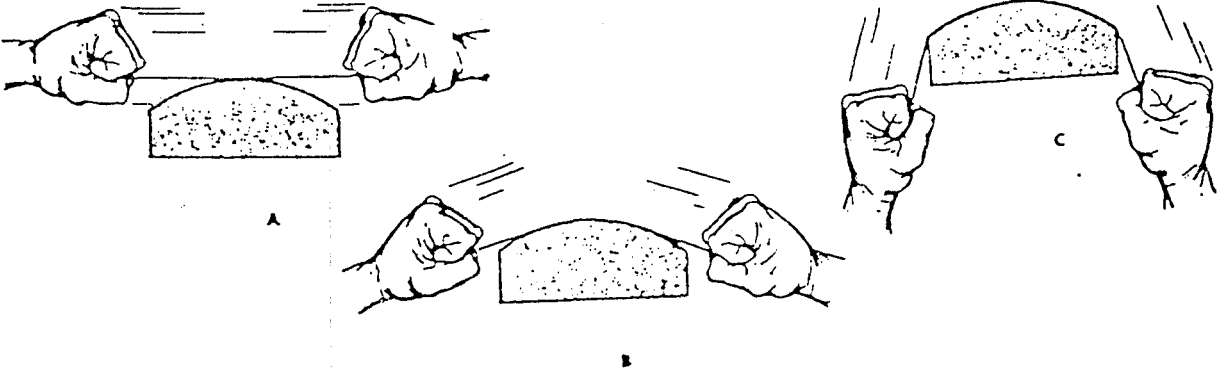
ALÜMİNYUM alaşımını bir sağı alıp çektiğimizde sağı üzerinde germe kuvvetleri oluştuğunu görürüz. Elastik sınıra kadar germe miktarı doğrusal olarak artacak, bir miktar bırakılması halinde eski boyut ve şekline geri dönecektir.(7)

Kuvvet değeri elastik limit değerini yeteri kadar aştığında test parçasına uygulanan kuvvet bir miktar bırakılsa dahi daha önce olduğu gibi orjinal boyutuna dönmeyecektir. Bu gerilim bir miktar daha arttırıldığında, akma noktasından daha fazla uzamadığı, bir miktar uzamaya direndiği görülür. Böylece, gerilim bir miktar arttırılarak, akma mukavemetinde artış sağlanabilir.(7)

Metalin akma olması için yeterli gerilim uygulanan malzeme, yarı plastik haldedir. Arzu edilen eğrilere kısa sürede ulaşmak için plastikliğe hazır hale getirilen iş parçası kullanılmalıdır. Şekil 2.3. te Hufford sistem germe-sarma şekillendirmesi çalışma prensibi açıklanmıştır.(7)

İstenen şekle sahip bir kalıp, emniyetli bir şekilde bağlanır ve şekillendirme sırasında hareket ettirilmez. İş parçası, kalıbın yüzeyine teğet tutulur ve akma noktasına kadar gerilir.(Şekil 2.3.a.) Gerilim devan ettirilerek, sağı kalıp üzerine sardırılır. (Şekil 2.3.b.) Sardırmanın tamamlanmasından sonra, iş parçasına elastik limiti bir miktar aşan ilave bir gerilme uygulanır. İstenen şekil, bu ilave gerilmeye

oluşturulur. (Şekil 2.3.c.) Kuvvet bırakılsa bile kalıp vasıtasıyla verilen şekil kalıcıdır. İşlem, basit, etkili ve hızlıdır. (7)

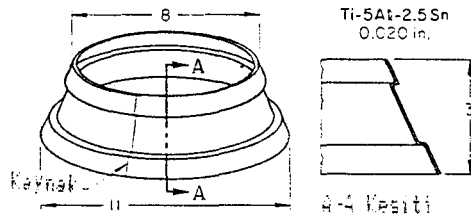


Şekil 2.3. Hufford sistem germe-sarma şekillendirme çalışma prensibi (7)

2.1. UYGULANABİLİRLİK

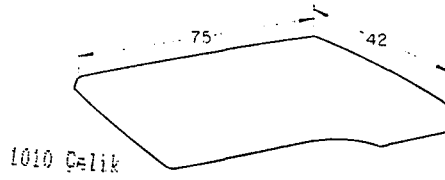
Diğer metodlarla meydana getirilebilen her şekil gererek şekillendirme metoduyla meydana getirilebilir. fakat özellikle düz silindirik parçaların şekillendirilmesinde, basma ve kabartma gibi sıkıştırma işlemleri sonucu ortaya çıkan detayları içeren şekillerin gererek şekillendirilmesi sağlanamaz. Ancak bazı kabartmalı şekiller eş kalıp metoduyla (mating die) yapılabilir. (Şekil 2.1.b.) (8)

Gererek şekillendirme, çelik, nikel, alüminyum, titanyum alaşımları ve diğer ısı dirençli metallere yapılan havacılık parçalarında özellikle kullanılır. Bu parçalardan bazılarında diğer metodlarla şekil vermek zor veya mümkün değildir. - örneğin; şekil 2.4.'te gösterilen titanyum alaşımlı gaz türbin bileziği. -



Şekil 2.4. Basma şekillendirme ile üretilen titanyum alaşımlı gaz türbin bileziği (8)

Gererek şekillendirme, iç ve dış otomobil gövde panellerinde ve daha yüksek maliyetle şekillendirilen otomobil gövde iskeletlerinin şekillendirilmesinde kullanılır. Şekil 2.5.'te gösterilen otomobil kaportası normal klasik presle şekil verme için gerekli ağırlıktan 2.9 kg daha hafif sac kullanarak yapılmış bir gererek şekillendirme örneğidir.(8)



Şekil 2.5. Gererek çekilen bir otomobil kaportası(8)

İki veya daha çok düzlemdaki karmaşık şekiller, bükme ve ters bükme, katlamalar gerektiren mimarlık ve havacılıkla ilgili şekillerde bu metodla yapılabilir.(8)

2.1.1. Avantajları

Klasik tip şekillendirme metodlarına göre avantajları şunlardır:(8)

1. Klasik tip presle şekil verme operasyonlarından yaklaşık % 30 daha az kuvvet gerektirirler.
2. Bu metod, malzeme maliyetini yaklaşık % 15 düşürür. Parçanın tutulması için bir destek gerekli olmasına rağmen tutma işlemi yalnızca iki uçtan yapılır. Düzeltme payı, genellikle klasik prelere göre daha azdır.
3. Gerdirerek şekil verme işlemi, iş parçasının her yerine yapıldığı için bel verme ve kırılma olasılığı çok azdır. Çekme kuvveti düzenli olarak % 10 arttırılır.
4. Yayılanma önemli ölçüde azaltılabilir.Çok az olan yayılma iyi bir şekil verme ile kontrol edilebilir.
5. Şekil verilen parçadaki kalıntı gerilim düşüktür.
6. Şekillendirme blokları tahta, plastik, demir, düşük karbonlu çelik gibi düşük maliyetli malzemelerden yapılır. Klasik şekillendirmeye göre maliyetler 1/3 daha düşüktür. Kalıplar, şekil verme

sıcaklığına dayanmalıdır. ancak şekillendirme oda sıcaklığında yapılır.

7. Değişiklik basittir. Yalnızca bir şekillendirme bloku ve iki tutucu seti bulunur. Farklı metalden aynı parçayı yapmak için aynı şekillendirme bloku kullanılabilir. Yalnızca mekanik çekme kuvveti değiştirilir.

2.1.2. Sınırlamalar

Gererek şekillendirme aşağıdaki sınırlamalara sahiptir:(8)

1. Gelişme ve transfer işlemlerine çok zor uydurulur.
2. Keskin köşelere sahip parçaların şekillendirilmesi sınırlıdır. Düzeye yakın ve derin olmayan parçaların şekillendirilmesi için uygundur.
3. Eş kalıplar arasına kısılma tam olmazsa, metal yüzeyinde hafif düzensizlik oluşur.
4. Bazı uygulamalarda - özellikle gererek sarma - diğer işlemlere göre yavaştır. Üretim hızı düşüktür. Bununla birlikte eş kalıpta yapıldığında, klasik presle şekil verme işlemi kadar hızlı ve otomatik olabilir.
5. Aşamalı saçlarda saçın tamamında üniform dağılmayan maddelerden dolayı - özellikle düşük karbonlu çeliklerde - yerel uzamalar görülür.
6. Titanyum ve benzer akma - çekme mukavemeti gösteren metallerde üniform sonuç elde etmek için uzama miktarını ölçen otomatik cihazlar gereklidir.
7. En iyi sonuçlar dikdörtgen bloklardan alınır. Uçak sanayisinde eşkenar dörtgen bloklar kullanılır. İyi sonuç almak için dikkatli gerektirir.
8. Serbest kenarları boyunca derinleştirme işlemi kullanışlı değildir.

2.2. GERERЕК ŞEKİLLENDİRME ÇEŞİTLERİ

Gererek şekillendirmede uygulanacak prosesin niteliğine göre farklı tip ve boyutlarda makineler kullanılır. Bu makinelerin seçimi, gerekli kuvvet, iş parçası boyutu ve şekline göre yapılır. Şekil verme geçidi ile karakterize edilen makina ve şekil verme çeşitleri şunlardır:(8)

- * Germe - Çekme Şekillendirmesi
- * Germe -Sarma Şekillendirmesi
- * Basma (sıkıştırma) Şekillendirmesi
- * Radyal Çekme Şekillendirmesi

2.2.1. Gererek Çekme Şekillendirmesi

Sığ çekme ile Gererek şekillendirmenin birleştirilmiş şeklidir. Özel tezgahlarda yapılır.(1)

Gererek çekme şekillendirmesi, bir şekillendirme bloğu yada eş kalıp ile yapılır. Şekillendirme bloğu olarak sabit yada hareketli bloklar kullanılır. Sabit şekillendirme bloğu, makinaya bağlanır. Blok üzerindeki saçı gereken şekilde çeneler hareket ettirilir. Bu teknik, örnek 12'de resimlerle açıklanmıştır.(8)

Hareketli şekillendirme bloğu, bir hidrolik pistonla bağlıdır. Çeneler tarafından tutulan saça çekme uygulanır. Şekil 2.1.a. da görüldüğü gibi parçaya şekil verecek şekilde blok hareket eder.(8)

Çubuklara ve inşaat malzemelerine genellikle radyal çekme ile şekil verilmesine rağmen örnek 13 ve 14 te söz konusu malzemelere gererek çekme ile şekil verme anlatılmıştır.(8)

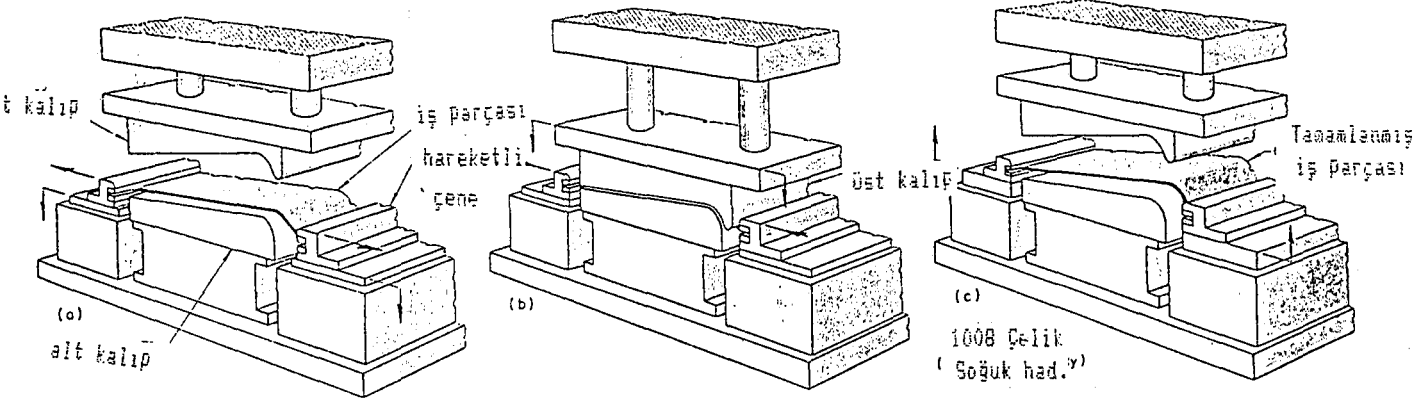
Eş kalıplar metodunda, tek hareketli bir hidrolik prese bağlı iki parçalı kalıp kullanılır.(Şekil 2.6.) Bu metod, klasik presle ve gererek şekil verme metodlarının avantajlarını içerir; Gererek şekillendirme ile parçaya ilk şekli verilir ve pres ile keskin ayrıntılar tamamlanır.(8)

Çeneler, alt kalıp ile parçaya ilk eğriliği kazandırır.(Şekil 2.6.a.) Metal akışı çok azdır.Kalıp ve germe hareketinin yardımıyla parçanın dış hattı oluşturulur. Ardından üst kalıp, detayları oluşturmak için alçalır ve son şekil elde edilir.(Şekil 2.6.b.)(8)

Otomatik malzeme tutma cihazı makinaya adapte edilebilir. Klasik tip tek ve çift yönlü preslerle germe presi özellikleri karşılaştırıldığında aşağıda belirtilen sonuç ortaya çıkar. Otomobil dış gövde panelleri gibi büyük parçaların gererek şekillendirme takım ağırlığı klasik presin 1/3 ü kadardır.(8)

Tablo 2.1.

Madde	Klasik Pres	Çerme Presi
Zimbe (Kap. ton)	900	250
Çene(saç tutucu)(")	600	85
Takım ağırlığı, ton	22	7
Pres yüksekliği, mm	7315	5080



Şekil 2.6. Gererek çekme Presinde bir otomobil parçasının Üretimi (8)

Otomobil dış gövde panelleri gibi dış yüzeyde bulunan parçalar max. 45 mikroinç' lik yüzey pürüzlülüğüne sahiptir ve gerdiricinin bıraktığı izlerin boyadan önce giderilmesi gerekmektedir. Bu izleri, balmumuş veya parçalı çeneler kullanılarak azaltmak mümkündür. Örnek 1 ve 2 de eş çalışan kalıplar arasında gererek geliştirilen arka bagaj kapağı imali görülmektedir. (8)

Eğer, gererek geliştirme ile seri üretilen parçalar geliştirilecekse, setelin germe limitleri,

derinliği fazla olan bölgelerde ağılabılır. Metalin sert Şekil verilecek kısımlara akması için yarıklar ağılabılır.(rnek 2.)

2.2.2. Gererek Sarma Şekillendirmesi

Gererek sarma metodunda, Şekil 2.4.c.de görüldüğü gibi Şekillendirme bloğu dönen bir tabla ile birlikte iş parçasını döndürdüğü sırada, akma noktasını aŐacak yeterli gerilimi iş parçasının bir ucuna uygular. iş parçasının diğer ucu, sabit bir ğeneye bağlanır veya Şekillendirme bloğunun ucuna tutturulur. iş parçasına gerilim uygulayan hidrolik silindir, gerilim temas noktasına teğet olsun diye serbestğe döner. Böylece, iş metali, diğer Şekillendirme usullerinde oluşan srtrme olmaksızın , Şekillendirme bloğu etrafında gerilmiŐ durumda sarılır. Sonuğta, az bir yaylanma ile tam olarak Şekil verilebilir.Bu nedenle Şekillendirme blokları esas lğsnde yapılır.(8)

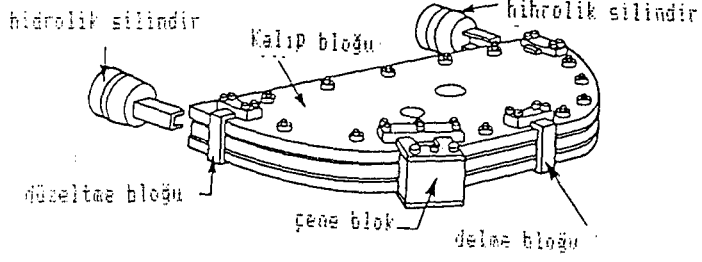
Srtrme olmadığı için, Şekillendirme blokları yumuşak metalden yapılabilir. Kirksite (24S, 14S, 75S, 52S, 3S alüminyum ve bunların temperleri, 1010, 1020, 3140 ğelikleri, paslanmaz ğelik ve bunların temperleri), fenolik döküm (rezolin 725), masonite, dural döküm, epoksi kullanımına sıkğa rastlanır.(7)

Haddelenmiş veya ekstrüzyonla elde edilen profil parğaların gererek sarma Őekillendirmesindeki Şekillendirme blokları, son parğa lğsnde yapılır. Bazan ağık ve iği boŐ kısımlar için ilave destek gerekir.(8)

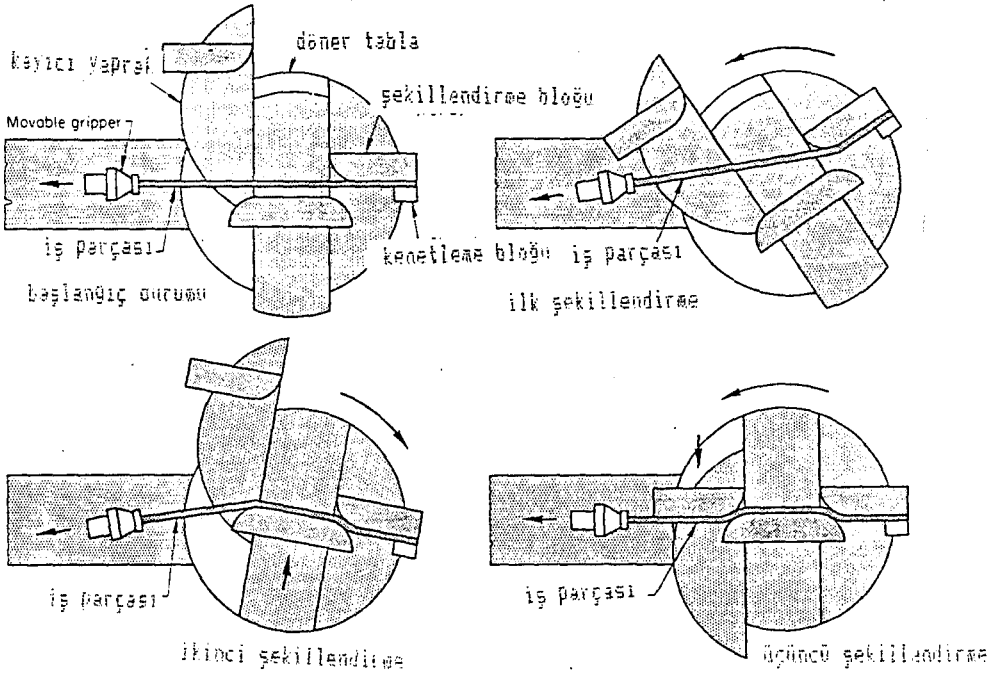
Bu usulde iki ğeŐit tezgah kullanılmaktadır. Birincisi döner kollu tezgahdır.(Şekil 2.7.) Tezgahta kalıbı tutan sabit bir kaide bulunur. Kaidenin iki yanında hidrolik silindir iğeren iki kol vardır. Ğeneler, kolların üzerindedir. İkinci bir silindir ğifti kolları döndürür.(1)

İkincisi, döner tablalı tezgahlardır. Ğenelerden biri, tutucu tablada diğer i ğekme silindiri ucuna bağlıdır. Parğa ğeneler arasına bağlı iken tabla dönüp, parğayı kalıba sarar. Sarma işlemi uğtan başlar.(1)

ğ plakalı kalıplarda, ters bkmelerde (Şekil 2.8.) yapılabilir. Bu plakalar, kızaklı olup, dönme yönünün değişmesi ile bükme ynde değiştirilir.(1)



Şekil 2.7. Çekerek sarma şekillendirmesinde kullanılan döner kollu tezgah (The Cyril Bath, Co.)(1)



Şekil 2.8. İki ters bükme yapmak için parçanın üç şekil bloğu etrafında gerilip sarılması (10)

2.2.3. Basma Şekillendirmesi

Bu metotta, iş parçası şekillendirme bloğuna sarılmak yerine, iş parçasına doğru bastırılır. Genellikle bu işlem;

- a. İş parçası kesit ölçülerini kontrol etmek için,
- b. Uzatma limitlerine göre az bükme yapmada,
- c. Uzatma limitlerine göre çok bükme yapmada,

ullanılır.

Basma şekillendirmesi, gererek sarma makinalarında yapılır. Ancak hidrolik silindir, iş parçasına çekme yerine basma uygular. Silindir dönmemesi için bir yerinden bağlanır. İş parçalarını şekillendirme bloğuna doğru bastırması için tablaya bir tutucu bağlanır. Tabla dönerken, hidrolik silindir üzerinden dönen bloğa doğru iş parçasını bastırır. (Şekil 2.1.d.)(8)

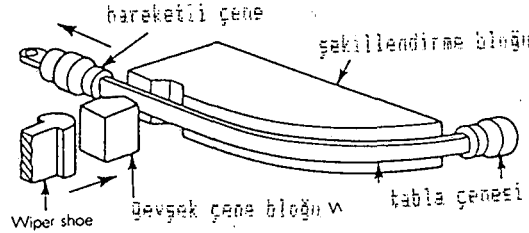
Bu metodla, diğerlerine nazaran daha küçük çaplı kavisler verilebilir. Oldukça ağır parçalarda şekil verilebilir.(8)

Saçlar, genellikle çenelerin hasarladığı yüzeyler atılacağı için son ölçülerinden daha uzun yapılır. Bu şekil verme metodunda, aynı düzlemde olmayan bükmelerde gerçekleştirilir. İşlem, hidrolik silindirlere bağlı çenelerin hareketiyle olur. Derin kesitlerde daha hassas küçük yarıçaplı bükmeler gerektiren parçalarda bu yöntem üstünlük gösterir. Ölçü ve yüzey hassasiyeti açısından da uygundur.(1)

2.2.4. Radyal Çekme Şekillendirmesi

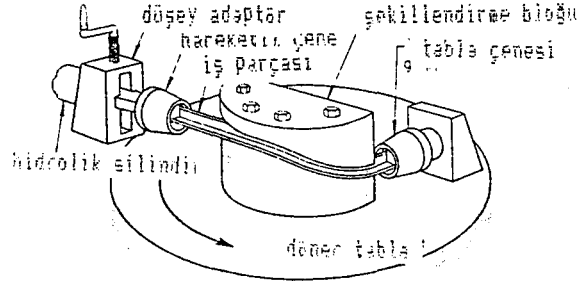
Şekil 2.1.e. de görüleceği üzere gererek sarma ve basma işlemlerinin bir kombinasyonu gibi düşünülebilir. Gererek sarmada olduğu gibi iş parçasının bir ucu, döner tablaya bağlı olan sabit çeneler tarafından diğer ucu, hidrolik silindirdeki çeneler tarafından tutulur. Bir silici palet veya makaranın bağlandığı ikinci bir hidrolik birim, temas noktasında, iş parçasını bloğun dış yüzeyine bastırır. Basınç uygulayan hidrolik birim, iş parçası ile silici paleti temasta tutmak için gerektiği kadar hareket edebilir.(8)

Parça, şekillendirme bloğundan uzaklaştırılmadan önce radyal çekme ile şekillendirildikten sonra haddelenmiş veya ekstrüzyon kesitlerdeki ince ayrıntılar verilebilir. Silici palet, bu ayrıntıları yapmak için yeterli gelmiyorsa, gevşek bir ayrıntı bloğu basınç uygulamak için kullanılabilir. (Şekil 2.9.)



Şekil 2.9. Radyal çekme şekillendirmesinden sonra ayrıntı bloğu ve silici palet ile ayrıntı oluşumu (8)

Şekil 2.10. da gösterilen düzey adaptör, iki veya daha fazla düzey düzlemdaki eğilmelerin radyal çekme şekillendirmesinde kullanılabilir. (8)



Şekil 2.10. İki veya daha çok düzlemda, bükme ve gerilme işlemlerinde düzey adaptörün kullanımı (8)

Mimari bölümler, profilli şekiller, bazen simetri düzlemi dışında şekillendirilmiş ise kendi eksenleri etrafında döndürülmeleri gerekir. Radyal çekme şekillendirmesinde, parçanın, şekillendirme bloğunun dış yüzeyini dönererek izlemesi nedeniyle, bu işlem, iş parçasının kendi etrafında dönmesi sağlanarak yapılabilir. Dönme, bağlılığın kendi etrafında dönmelerini sağlayan emniyet halkesini hafifçe gevşeterek sağlanır. Örnek 6 da bu metotla şekillendirilen açılı bir profil gösterilmiştir. (8)

2.3. MAKİNA VE AKSESUARLAR

Gererek sarma, basma ve radyal germe şekillendirmesi sırasında şekillendirme bloğunun montesi için döner bir tabla, mekanik ve hidrolik olarak hareket eden çeneler kullanılır. Bu işlemlerde kullanılan makinelerin kapasitesi 1000 tonun üzerindedir.(8)

Gererek çekme metodu, 3 tip makinada yapılır.(8)

1: Bir hidrolik silindir üzerine monte edilmiş şekillendirme bloğu, dönen dişler vasıtasıyla gerili durumda tutan saçı içeriye doğru iter.

2: Şekillendirme bloğu masaya sabitleştirilir ve bir çift çene vasıtasıyla tabla etrafında çekilir.

3: Makina kapanan ve hareket eden bir çift çeneye donatılmış tek yönlü hidrolik bir prestir.(Şekil 2.6.) Eş bir kalıp, şekillendirme bloğu yerine kullanılır.

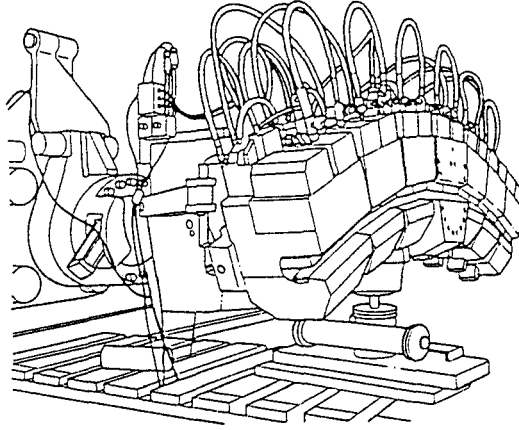
Gererek çekme şekillendirmesinde kullanılan presler genellikle 200 - 800 ton kapasitesindedir.(8)

2.3.1. Çeneler

3 çeşit çene kullanılır. Bunların seçimi parçanın şekline bağlıdır. Esnek çeneler,(Şekil 2.11.) parçanın şeklini alır. Çenelerin temas yüzeyi malzemeye bağlıdır. Alüminyum için yarıklı hafif konik olurlar. Bazan araya zımpara kağıdı konur. Çelik için malzemeden 1/4 daha az sert paslanmaz çelikler kullanılır. Tırtıllı yüzeyler, 1/4 daha fazla tutma kuvveti sağlar. Tırtıllı yüzeyler için paslanmaz çelik uygun değildir. Uygulanan kuvvet çekme muk. değerine yaklaşırsa düz yüzeyler kullanılmalıdır.(1)

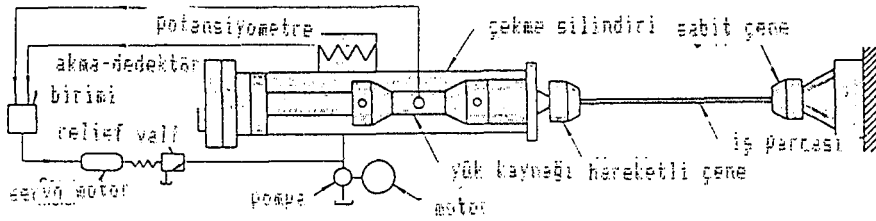
2.3.2. Kalıplar

Kalıplar parçanın şeklini sağlar. Yaylanma mevcutsa ölçüleri buna göre alınmalıdır. Değişik malzemelerden yapılan kalıplarda malzemenin şekil ve ölçüsüne göre değişir. Kalıplar, aşınmaya dayanmalı, boyutları büyük ise hafif olmalıdır. Kirksite, plastik ve tahta uygun kalıp malzemeleridir. Kirksite'in tekrar eritilip kullanma özelliği olmasına rağmen ağırdır. Sert ağçlar, az sayıdaki üretimler için uygundur. Plastik ve çelikle kaplanabilir. Plastik kalıplar hafiftir. Yüzeyleri kaplanabilir, kumlanıp parlatılabilir. Profiller için çelik, alüminyum, masonite ve ağaç kulla



Sekil 2.11. Radyüslerin oluşmasında ayarlı çene kullanımı (1)

nılır. Çelik kalıplar (SAE 1020) pahalı olup çok sayıdaki imalatlar için uygundur. Çelik ve alüminyum kolay işlenir. Magnezyum, titanyum ve bunların alaşımlarında ayrıca sık sık kullanılan malzemelerde seramik, masonite veya yüksek nikel alaşımlı malzemeler kullanılır. (1)



Sekil 2.12. Gererek şekillendirmede kullanılan otomatik Gerilim kontrol sistemi (8)

Sekil 2.12. de görülen gerdirme dedektörü ve gerilim kontrol aleti bir üretim sırasında her iş parçasına aynı değerdeki kuvvetin oluşumunu sağlar. Bu, akma ve çekme mukavemet değerleri birbirine yakın metaller için çok önemlidir. (8)

Gerilim kontrol null sisteminde, çıkış sinyali için iki tane giriş sinyali kullanılır. Sinyalin biri,

Yavaş uzamada hatların oluşumu azalır. Temperleme ve Germe arasında çok uzun bekleme süreleri yağlanma ve hatların oluşumuna sebep olabilir. Germe- uzama işaretleme, daha yüksek uzama oranlarında artarak gelişir.(1)

2.4.1. Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çeliklerin yüksek şekil verme özellikleri, gererek şekillendirmenin kolayca yapılmasına izin verir. Tam tavlandığında hepsi yüksek boyun vermeye sahiptir. Malzemenin diğer özelliklerindeki farklılıklar, genelde yalnızca şekil verme kuvvetini etkiler. Takımlar, daha hızlı aşınırlar. Yağlanma ve sertleşme, işlem arasında tavlama gerekliliği kılabilir. Son şekli elde etmek ve gerilme kırılmasını önlemek için özellikle kullanılır.

300 serisi paslanmaz çelikler, yüksek sertleşme oranı ve büyük uzama kabiliyeti yüzünden özellikle gererek şekillendirmeye uygun olmasına rağmen, 400 serisi çeliklerin yalnızca ince olanları gerilebilir. 301 tip astenitik çelik, gererek şekillendirme için en uygun olanıdır. Sertleşme oranı yüksek olduğundan süne olmaksızın gerilebilmeyi gerçekleştirmek için işlem yavaş uygulanmalıdır.(8)

Astenitik paslanmaz çeliklerin farklı çeşitleri için tek yönlü şekillendirmede germenin maksimum yüzdeleri şöyledir:

Tavlı çep. 301,302,304,305,316,321,345- tipik % 20,
simetrik ve katı kesitlerde % 30
Çeyrek sert çep. 301,302- tipik %15, opt.balg. % 20
Yarım sert çep. 301,302- tipik %5 , opt.balg. % 10
Tam sert çep. 301- , opt.balg. % 2

2.4.1.1. Yağlama

Genellikle Al - Fe alaşımli metaller, yağın bir beldede toplanmasını önlediği ve farklı yağlarda kullanılabilirdiği için tercih edilir. Sararak germe veya tek kalıpta germe işlemlerinde olduğu gibi iş parçası ve şekillendirme bloğu arasında temasın az olduğu veya olmadığı durumlarda, deformasyonun çok şiddetli olduğu durum hariç yağlama hiç istenmez veya az istenir.(8)

Hafif işler için klor içeren viskoz yağlar yeterlidir. Viskozite arttığında ve polibulan kullanıldığında performans düzelir. Temiz klorlu

Gererek şekli verme metoduyla yapılan tipik

Alüminyum alaşımların hemen hepsi gerilerek şekillendirilebilir. İşlem metali bir şekli üzerine getirilir ve arzu edilen şekli elde etmek için ekma noktasının üzerindeki bir değerde kuvvet uygulanır. (1)

2.4.2. Alüminyum Alaşımlar

Bloklama; en kıvrıma veya en bükmenin geçitli metodları ile bu distorsiyon düzeltilebilir. Örnek 8 de simetrik olmayan bir kesitte sahip bir parçanın yaylanma etkisini azaltmak için kenarları kıvrılan bir parçanın şekillendirilmesi gösterilmiştir. (8)

Uygun derinlik ve kesitte sahip keskin köşelere sahip şekillerde; hatta bazan tavlı metallerde yaylanma önlenemez. Geçitli germe işlemleri sırasında; işlenen yüksek mukavemet konveks yüzeylerde dahada artar. Düzgün simetrik kesitlerdeki yaylanma; parçanın fazla bükülmesiyle giderilebilir. İş parçası üzerindeki eğilimsel farklılıklar; yaylanmada büyük titreşimlere sebep olur. Düzgün kesitteki veya en şekle sahip parçalar; belli bir açıya sahipse veya parçanın tamamında eğrilikler varsa bu; iş parçasının düzensiz distorsiyonuna yada kırılmasına sebep olur. (8)

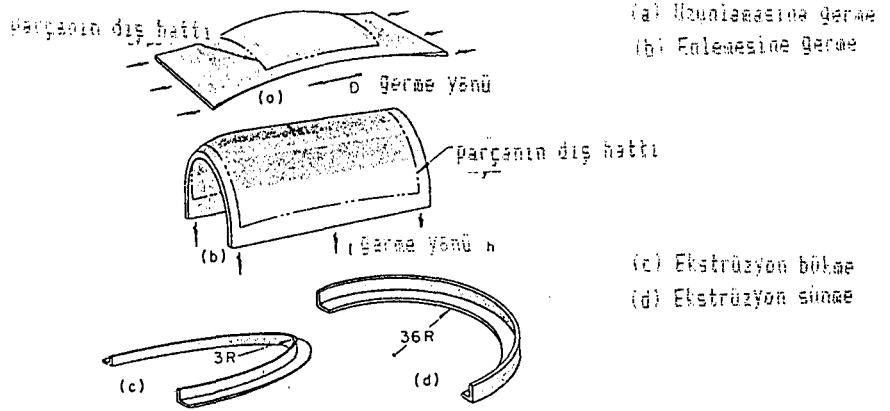
2.4.1.2. Yaylanma

Keskin bir şekle sahip parçanın gererek şekillendirilmesinde yağın kullanılmadığı durum örnek 7 de gösterilmiştir.

Orta işler için ayık film tabakaları; kuru sabunlar; balımsu benzeri maddeler kullanılır. Bu ve organik elementler içeren klorlu polimerlerde çok kullanılır. Yüksek kaliteyi aranan parçalarda soyulabilir filmler kullanılması zorunludur. Bu kapsaada engok kullanılan oksalat; sabun işlemleridir. Gereksiz en üstte MoS_2 uygulanabilir. Kalıp; TIC kaplıysa; klorlu yağ yeterlidir. Alternatif olarak iş parçası kurşun gibi metal ile de kaplanabilir. (6)

parafinler en iyi performans verir. Grafit iş yağları ve boyalı yağlar (pigmented oil) ve pastalar bazen kullanılır. Ancak; grafit iş yağları zaman karbürizasyona neden olur. (6)

parçalar şekil 2.13 te gösterilmiştir. Bu parçalar, saçların boylamasına ve enlemesine gererek şekillendirildiği açılı şekilleri göstermektedir. (Şekil 2.13.a,b,c,d) (1)



Şekil 2.13. Çeşitli gererek şekillendirme parçaları (8)

2.4.2.1. Alaşımlar

Gererek şekillendirme için istenen özellikler yüksek uzama, geniş şekillendirme oranı (akma ve çekme

Tablo 2.2

Gererek şekillendirmede yaygın kullanılan alüminyum alaşımlarının mekanik özellikleri ve gerilebilme oranları.

Alaşım	Çek.muk psi	Ak.muk psi	Şek.or. psi	50mm'deki % uzama	Gerilebilme oranı
7075-W(C)	48000	20000	28000	19	100
2024-W(C)	46000	18000	28000	20	98
2024-T3	64000	44000	20000	18	95
6061-W(C)	35000	21000	14000	22	90
7075-O	32000	14000	18000	17	80
2024-O	27000	11000	16000	19	80
6061-O	18000	8000	10000	22	75
5003-O	16000	6000	10000	30	75
1100-O	13000	5000	8000	35	70
7075-T6	76000	67000	9000	11	10

ci: ısıtıl işlemden sonra su verilmiş

mukavemeti arasında büyük dağılım) sertlik ve ince taneli yapıdır. Tablo 2.2 de gererek şekillendirmede kullanılan alaşımlar için bazı değerler gösterilmiştir.

Gerilebilme oranı,- 6061-W (diğerlerinden daha yüksek uzamaya sahip) ve 7075-T6 listede en düşük uzamaya sahip) hariç - şekillendirme oranı ile doğrudan değişir. 1100 ve 3003-O en yüksek uzamaya sahip olarak görülsede listede bunların üstünde bulunan alaşımlardan daha az arzu edilir. Düşük mukavemetleri ve çekme mukavemetleri arasındaki yakınlık, özellikle yer yer boyun vermeye ve gererek şekillendirmede başarısızlıklara sebep olur.(8)

Tablo 2.3

Gererek Şekillendirmede Çeşitli Alaşımlar İçin Pratik Uzama Limitleri

Alaşım	% max. uzama
2014-O, 2014-T3, 2024-O, 2024-T3, 7075-O	8-10
2014-W, 2024-W, 7075-W, 7178-W	10-14
6061-W	15

Tablo 2.3 de endüstride kullanılan bazı alaşımların gererek şekillendirmede % olarak uzama limitleri görülmektedir. Lokal bölgelerdeki gerçek uzama ortalama uzamadan daha yüksek olabilir. Tablo 2.3 deki limitler 50 mm. uzunluktaki çekme uzamasının % 40-70'i kadardır. Tablo 2.2 ve 2.3 deki tablolardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.(8)

1. Gererek şekillendirme kapasitesi, uzamada olduğu gibi, çekme mukavemetinin etkisine ve akma-çekme mukavemetleri arasındaki yayılıma bağlıdır.

2. Isıl işlem yapılmayan alaşımlar tavlamaş temperler içinde en iyisidir. Fakat çoğu ara temperlerde iyi işlenebilme kabiliyetine sahiptir.

3. Isıl işlemden yeni çıkan W temper olduklarında gererek şekillendirme için en uygun durumdadırlar. Şekil vermeden sonra, ısıl işlem yapıldığında elde edilen yüksek mukavemette bu avantaja ilave edilebilir.

4. Düşük mukavemetli 1100 ve 3003 alaşımları pekçok şekil verme işlemleri için üstün olmasına rağmen, gerilme kabiliyeti bakımından ısıl işlem gören D, W, T3 e göre daha kötüdür.

5. Bütün alaşımların suni olarak yağlandırılmış temperleri, W temperlere göre daha az gererek şekillendirilebilir.

2.4.2.2. Takımlar

Şekillendirme bloğu ve kalıbı için kullanılan malzemeler gerekli üretim miktarına, kalıp üzerindeki aşınmaya, basıncı şiddetine ve şekil verilecek parçanın aşınma özellikleri ve kalınlığına bağlıdır. Takımları tahta, plastik, kaplanmış beton, dökme çinko alaşımları, alüminyum, dökme demir ve krom kaplı çelikten yapılır.(6)

2.4.2.3. Yağlama

Alüminyum alaşımlarda kullanılan yağlar, genellikle viskozitesi yüksek emilmesini az, suda çözünabilir ve sınır konsantrasyonu yüksek olanlardır. Gererek çekme için Kravtsov'un özel bir formülü şöyledir: % 35 yağlı asit esterleri, % 7 dietilen glikol, % 0.6 bakır diolat ve % 47.4 su. E.P. ilaveli yağların kullanılması halinde koruyucu film tabakasıyla birleştirilerek kullanılmalıdır. Kalıp içinde yağ bir yerde birikiyorsa lokal uygulama yönüne gidilmesi gereklidir.(6)

Çoğunlukla, kalıp ve iş parçası arasında katı film yağlayıcılar (sabunlar, mumlar) kullanılır. Grafit kullanımı azdır. Yüksek sürtünme olduğu yerlerde MoS kullanılır. Polimerler, kaplı veya boyalı saçlarda kullanılır.(6)

Ayrıca, alüminyum yüzeyler nötral oksit ile kaplanır. Bu oksit tabakasının kalınlığını elektrolitik tekniklerle arttırmak mümkündür. Oksit tabakası nedeniyle, stearik asit veya iç yağ kullanılarak yağlamalara benzer özellik gösterirler. Otomotiv alaşımlarında 5-10 nm, 6009 ve 6010 alaşımlarında 15 nm 2036 alaşımlarında 25 nm ye kadar ulaşılabilir.(6)

2.4.2.4. Kullanımlar

Çeşitli gererek şekillendirme teknikleri geniş olarak uçak ve otomotiv endüstrisinde kullanılır. Yapılan tipik parçalar, kanat yüzeyleri, gövde panelleri, motor kapakları, kapı- pencere çerçeveleri vb. dir.

Gererek Çekme: Alüminyuma gererek çekme şekillendirmesi hem eş kalıp hemde şekillendirme bloku teknikleri kullanılarak yapılır. Eş kalıp metodunda saçın her ucunu tutan açılır - kapanır ve hareketli çenelerle donatılmış tek yönlü bir hidrolik pres kullanılır. Zımba, pres yatağına ve kalıp, üst bölüme bağlanır. Saç, çeneler ile tutturulur. (8)

Şekillendirme bloklarıyla gererek şekillendirme, örnek 10,11,12' de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. İlk örnekte, şekillendirme bloku hareket ederek dikey pozisyonda tutulur. İkinci örnekte saç ve şekillendirme bloku arasında yağlayıcı olarak polivinil klorid tabakası bulunur. Üçüncü örnekte şekillendirme sırasında ve şekillendirilmiş iş parçasını taşımak için bir destek tabakası kullanılır. (8)

Ekstrüzyonlu veya haddelenmiş şekiller, çubuklar, genellikle radyal çekme şekillendiricisi içinde gererek şekillendirilir. Örnek 13 ve 14'te bu tip parçaların şekillendirilmesi gösterilmiştir. (8)

Gererek Sarma: Döner bir tabla üzerine civatalanmış şekillendirme bloğu kullanılır. Saçın bir ucu şekillendirme bloğuna veya masaya bağlanır. Hidrolik silindir veya çene saçın diğer ucuna çekme uygular. Bu sırada, şekillendirme bloğu tabla ile birlikte dönmektedir. Saçlara, bu şekilde şekil verilir. (8)

Ekstrüzyon veya hadde kesitlerindeki şekillendirme blokları destek olarak kullanılırlar. Çekmeyi önlemek için çeşitli bantlar kullanılır. Örnek 15'te şekillendirme bloğu ve parça dolgu malzemesi kullanarak gererek sarma yapılan bir ekstrüzyon profil görülmektedir. (8)

Radyal Çekme İşlemi: Bu işlemde gererek sarma ve basma işlemleri bir arada bulunur. Bu metodda, iş parçası döner ve bir şekillendirme bloğu etrafında sarılırken bir silindir veya palet ile bloğa doğru bastırılır. Örnek 16'da görüldüğü gibi karışık şekiller üretmede

kullanılabilir.(8)

Gererek şekil verme, şekillendirilmiş iş parçalarının iç ve dış yüzeylerindeki gerilimler, çekme mukavemetinin altında tutulduğu sürece kullanışlıdır. Genellikle bir operasyonda parçalara derin şekil verildiği ve kenarı büküldüğü zaman zorluklar belirir. Önceden belirli bir şekle sahip parçaların şekillendirilmesi daha zordur. Aralıklı olarak ısıtma işlemi yapılarak veya derinlik ve bükme bölgesinin doğallığını bozan işlemleri düzeltilerek şekil verme sağlanır.(8)

2.4.3. Magnezyum Alaşımları

Yüksek sıcaklıklarda gerilebilme özelliği hariç gererek şekillendirmesi diğer metallerle aynıdır. (8)

150 -260 C arasındaki sıcaklıklarda şekillendirme yapılabilmesi için magnezyum, alüminyum veya çinko alaşımlardan yapılan kalıp ve şekillendirme blokları kullanılması uygundur. 232°C sıcaklığa kadar beton şekillendirme blokları kullanılabilir. Daha yüksek sıcaklıklarda dökme demir bloklar kullanılır. (8)

Magnezyum alaşımların şekillendirilmesinde kullanılan çeneler kertikli olmamalıdır. Bu, iş metalinin yırtılmasına sebep olabilir. Yırtılmayı önlemek için iş metali ve çeneler arasında kaba emme kağıdı veya bez konabilir. (8)

Takım ve iş metali, elektrik ısıtma elementleri veya yaygın ısıtma metodları vasıtasıyla ısıtılabilir. Isının uygun dağıtılmasına, özellikle kertik şekilli yerlere yerleştirilmesine dikkat edilmelidir.(8)

Az kavisli yerlerde pratikte maksimum germe % 15 tir. Yaylanma göz önüne alındığında bu germe değeri maksimum % 12 dir. Kolaylıkla kırılmaması, bir avantaj olmakla beraber düşük kavisli simetrik olmayan parçalarda bir problem teşkil edebilir. Kırıksıklıklar kalıp içindeki uzamaları ayarlayarak kontrol edilebilir.(8)

Çeneler, aşınmayı önlemek için kesinlikle ısıtılmaz. (1)

Düşük sıcaklıklarda yapılan şekillendirmelerde,

% 20'lik düşüğe neden olabilir.(8)

Olanaklara ve üretim miktarına göre ön şekil verilen iş parçası, arzulanan son şekle sahip bir kalıbın üzerine yerleştirilerek gerekli ısı ve basınca maruz bırakılır. Alternatif olarak ön şekil verme bir kalıp içinde tutularak bir fırın içinde ısıtılabilir. Gerilim giderme için gerekli sıcaklık ve zaman değerleri Tablo D.4'te verilmiştir.(5)

Tablo D.4

Ti alaşımlarında gerilim giderme işlemleri

Alaşım	Sıcaklık (F)	Zaman(dak)
Zayıf Ti	900-1000	30-60
Ti-8Mo	1000	30-60
Ti-5Al-2.5Sn	1175	30-60
Ti-6Al-4V Tavlı	1175	30-60
Ti-8Al-1Mo-1V çift tavlı	1175	30-60
Ti-13V-11Cr-3Al tavlı	1325	15

Gerilim giderme, sıcak şekillendirme ile aynı anda uyguladığında oluşabilecek pek çok hata giderilebilir. Örneğin, kırışıklıklar, ezilmeler, yayılma) Uygun gerilim giderme işlemi ile kalıntı gerilimler tamamen giderilebilir ve tavlı Ti-6Al-4V ve işlem görmemiş titanyumda olduğu gibi aynı alaşım içindeki akma mukavemeti ile Baushinger etkileri yok edilir. Ti-8Mo ve Ti-5Al-2.5Sn gibi bazı alaşımların akma mukavemetleri, gerilim giderme ile % 3 düşer.(8)

Sıkça kullanılan Ti-5Al-2.5Sn nin büyük boyutlardaki parçalarının gererek şekillendirilmesinde gerilim giderme için yeterli fırın kapasitesi olmadığı durumlarda germe işlemi yavaş olarak uygulanır. Bu problem, sıcak şekillendirme ve gerilim gidermenin birleştirilmesi ile çözümlenir.(8)

Isıtılan saçlarda, germe için gerekli kuvvet azalır. Radyal çekme makinelerinde olduğu gibi silici takım kullanmakta germe kuvvetini azaltmak için kullanılan diğer bir methodur. Metal kalınlığı ve flanş genişliği azaltılarakta iş parçası düzgünlüğü ve şekle uyumu iyileştirilebilir.(9)

Titanyum, ısıtma işlemi veya tavlama yapılarak basit olarak gererek şekillendirilebilir. Soğuk gererek şekillendirme tercih edilmesine rağmen, yeterli kuvvet elde edilmediği durumlarda iş metali ısıtılır. Titanyum alaşımlı saclar baştaki orjinal boyutlarının en fazla % 20 sine kadar sıcak gerilebilir. En çok kullanılan adı titanyum % 20 sıcak veya soğuk, Ti-8Mn % 15 soğuk, Ti-5Al-2.5Sn % 8 soğuk ve Ti-6Al-4V % 6 soğuk gerilebilir.(8)

Ti-6Al-4V alaşımlı sacın basit soğuk gererek şekillendirilmesinde % 9, birleşik şekillendirilmesinde % 4 şekil değiştirme sağlanabilir. Ti-8Al-1Mo-1V alaşımlı sacın birleşik gererek şekillendirilmesinde % 5 soğuk germe sağlanabilir. Titanyum sacların birleşik şekillendirilmesinde, enine yönde olan gerilmenin, asal gerilmenin yarısından fazla olmaması istenir. (8)

Değişik en ve kalınlıkların sağlanması için germe oda sıcaklığında ve açı verilerek yapılır. Örnek 18 de açılı gererek şekillendirilen bir parça gösterilmektedir.(8)

Gererek şekillendirme için uygun hız, üç boyutlu pek çok faktöre bağlıdır. Hızın büyük olduğu ve benzer olarak gerilimin büyük olduğu durumlarda daha kalın saclar şekillendirilebilir.(8)

Genel zayıf titanyum ve Ti-8Mn nin sıcak şekillendirilmesi 425-450 C , Ti-5Al-2.5Sn ve Ti-6Al-4V alaşımlarının sıcak şekillendirilmesi 600-650 C arasında yapılır.(8)

Sünekliğin az olması nedeni ile şekillendirilmesi zor olan titanyum alaşımlarında, sürekli ayırık film tabakası istenen polimer hatta kuru mum yağlayıcılar kullanılır. Hafif işler için E.P. yağı yeterlidir. Ağır işlerde mum ve kuru sabunla birleştirilen bir karışım kullanılır.(6)

2.5. YÜZEY İŞLEMLERİ

Gererek şekillendirmede takım belirli bir yüzeye temas ettiğinden yüzey bozulması çok az olmaktadır. Bununla birlikte uygulamada orjinal yüzey düzgünlüğünün korunması için aşağıdaki önlemlerin alınması önerilmektedir:(8)

* Aşırı germeden kaçınmak: Çoğu metallerde arzulanan sonuçlara ulaşmak için % 2-4 germe yeterlidir. Alüminyum gibi bazı metallerin aşırı gerilmesi boyun vermeye sebep olacabilir.

* Yüzey bozulmasından kaçınmak: Özellikle alüminyum alaşımlarda basma şekillendirmesi ve radyal çekme şekillendirilmesinde plastik silici paletler kullanılabilir.

Çok iyi yüzey düzgünlüğü elde etmek için alüminyum alaşımılı yüzeylerin şekillendirme bloğu ile olan doğrudan temaslarını kesmek gerekir. Pratikte özellikle yağlayıcı olarak polivinil kloridin ve özel taşıyıcıların kullanımı aşındırıcı tozları engellemesi bakımından tercih edilir.(8)

2.6. ÇALIŞMA PARAMETRELERİ

İş parçasının boyut ve şekli, malzeme cinsi, operasyon geçidi, daha önceden uygulanan işlemler, kullanılan makina ve takımlar, üretim sayısı, gererek şekillendirmeyi etkileyen değişkenlerdir. Çalışma parametreleri, kuvvet ihtiyacı ve yağ gibi özellikler, önceden bilinmelidir. Bunlar, metal saçlarda işlemi doğrudan etkileyen özelliklerdir. Özellikle, maksimum uzama sağlamak için saçlar germe yönünde kesilmelidir. Çentik etkisi yaratması yüzünden, kenarların işlenmesi özellikle kritiktir. Eğeleme, kumlama, parlatma yapılarak pürüzlülüğün etkisi azaltılmaya çalışılır.(1)

2.6.1. Kuvvet İhtiyacı

Gererek şekillendirmede fazla gerilim iş parçasında bozukluklara, az gerilim ise zayıf şekillenme, buruşma veya yaylanmaya sebep olmaktadır. Makina ihtiyacının karşılanması için, gererek şekillendirmede gerekli kuvvetin mutlaka bilinmesi gerekir.(1)

$$F = \frac{Y_s + UTS}{2} * A$$

F : germe kuvveti, (lb)

Y_s : malzeme akma muk., (Psi)

UTS: malzeme ortalama gerilme muk.,(Psi)

A : iş parçası kesit alanı

Not: Metrik hesaplarda, kuvvet değeri 4.448 ile çarpılarak Newton'a dönüştürülebilir.

rnek: İş parçası kesit alanı $0.5 \times 120(60''^2)$, akma muk. 36000 psi., çekme muk. 52000 psi. olan 2219 alüminyum alaşım için gerekli kuvvet ;

$$F = \frac{88000}{2} \times 60 = 2640000 \text{ lb} = 1320 \text{ ton} = 11.7 \text{ MN.}$$

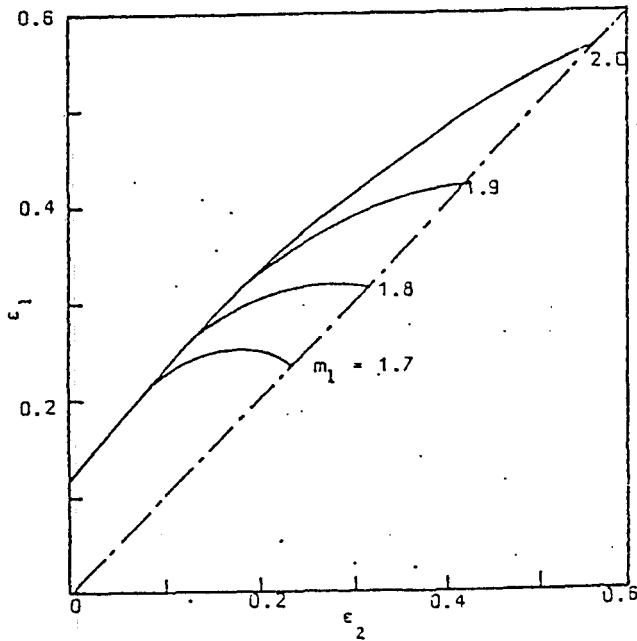
Bulunan değerler ortalama değerlerdir. Bazı uygulamalarda sertleşme, sürtünme, karmaşık Şekiller ve bunun gibi bazı etkenler nedeni ile bulunan değere % 25 ilave yapılır.(1)

2.7. GELİŞMELER

Düz başlı germe kalıbı ile yapılan derin çekme işlemi cidardaki düzlem uzama gerilmesi gibi düşünülebilir. Gerilmenin Şekli r değerine doğrudan bağlı olan tek eksenli gerilme altındaki akma bölgesinin eğimi ile kontrol edilmektedir.Daha karmaşık basma işlemlerinde, iki eksenli gerilme altında sünek kırılma kritik bölgesi, tek eksenli gerilmeden dengeli iki eksenli gerilmeye değişen bir değer alır. Akma yeri en büyük eğriliğin olduğu yerdedir. Bu yer, aynı zamanda özellikle dengeli iki eksenli gerilme yakınlarında büyüyen akma bölümünde belirsizliklerin bulunduğu bir yerdir. Bu bölgedeki düzlem uzamalı gerilme noktası, boyun vermenin oluşacağı teorik tek noktadır. Fakat tüm bölgedeki kırılmanın genellikle düzlem uzama boynundan sonra oluştuğu deneylerden görülmüştür. Sağ metal Şekillendirme zerindeki araştırmalar son yıllarda büyük ölçüde yoğunluk kazanmış fakat kırılma ve kararsızlığın gerçek mekanizması anlaşılamamıştır.(9)

Biçimlendirme sınır diyagramları, sağ metal yüzeyinde çok yoğun bir inceleme yada boyun bölgesinin görünür duruma geldiği en büyük ve en kk asal yüzey gerilmelerinin kombinasyonlarını ampirik olarak vermek üzere hazırlanmıştır. Konuyu son olarak Mellor incelemiş, sınır uzama değerinin tahmini için yüzey gerilmesinin pozitif olduğu diyagramın ilk çeyreğine ilişkin olan formül, Marciniak ve Kuczynski tarafından sunulmuştur.(9)

Bunlar sağta, plastik deformasyonun artmasıyla en büyük asal gerilmeye dik yönde oluşan ve boyun vermeye yol açan bir ilk homojensizliğin bulunduğunu varsayarlar. $m_1=2.0$, $r=0.5$, $n=2$ ve homojensizlik faktörü $f_0=0.98$ olan bir malzeme için limit uzama tahmini Şekil 2.14'te görülmektedir. Bu diyagramda, pekçok ilginç nokta bulunmaktadır: ilki, düzlem uzama gerilme durumu için $f_0=0.98$ faktörü, daha düşük bir sınır değeri olması gerektiğini işaret etmektedir. Bu noktada varsayılan homojensizlik olmadan kendiliğinden bir düzlem boynu oluşur. Deney sonucu $n=2.0$ tahmini değerine yakın bulunmuştur. Bu sonuç, $m_1=2.0$ için verilen r değerlerinin kombinasyonunun birbirinden farklı olması dolayısı ile ticari ürünler için geçerli olamaz. İkinci olarak, malzemenin karakteristikleri, deneysel olarak bulunmuş olan dengelenmiş iki eksenli uzama altında daha büyük gerilmelerin olmasını beklememizi sağlar. Görüldüğü üzere Şek. 2.14'teki $m_1=1.7$ değeri tavllanmış alüminyum için daha doğrudur. Dengeli iki eksenli gerilmelerdeki "düşme" ile eğrinin şekli deney sonuçlarına uygundur. (9)



Şekil 2.14. Marciniak ve Kuczynski modelinde teorik biçimlendirme eğrisi. (9)

Şekil 2.14'teki $m_1=1.7$ değerine karşılık gelen ϵ_1 değerleri tavllanmış alüminyum için tesbit edilen

deneysel değerlerden çok daha büyüktür. Bu, deformasyonun iki aşamada olabileceği hipotezini getirmiştir. Shift'in bu önerisinin ardısıra Tadros ve Mellor birinci aşama deformasyonun bitişinin bir dengesizlik durumu olduğunu öne sürmüşlerdir. Buradaki zorluk ince cidarlı tüplerin i basınç ve eksenel gerilime maruz kalma örneğinde olduğu gibi açıkça gözlenebilen bir kararsızlık durumu bulunduğudur. Wilson et al, sınır gerilmelerde tane anizotropisinin etkileri üzerinde çalışmış ve bireysel tanelerin plastik anizotropisi, gerilme homojensizliğinin ana nedeni olduğunda eşit iki eksenli gerilmedeki sınır gerilme, sa kalınlık oranının tane çapına yaklařtıķa düştüğünü görmştir. Thomson ve Noyak alüminyum ile söndürülmüş çelikteki boşlukların kesitlerini ölçmüşler ve tek eksenli çekmedeki yerel kararsızlığın deformasyon sırasında oluşan yüzey özelliklerinden dolayı olduğunu görmüşlerdir; boyun verme kararsızlığının nedeni değil yalnızca bir sonucudur. (9)

İki eksenli çekmede, boşluklar kararlı biçimde deformasyonun başlaması ile büyümekte ve büyük bir olasılıklarda kararsızlığa neden olmaktadırlar. Tane anizotropisi etkisi, yüzey bozukluklarının ve i boşlukların büyümesi, deformasyonda kararsızlık için ana sebeplerdir. Ancak bu sebeplerden hiçbiri sabit düzlem uzama yüklü durumda yeterli görülmez. Düzlem uzamaya yakın deformasyon, geometrik kısıtlar veya Şek. 2.15.b'de belirtilen sürtünme kısıtlarından dolayı olmaktadır. Sa metaldeki limit uzama hiçbir şekilde önceden bilinemez. (9)

Soruna daha kullanışlı ve pratik bir yaklaşım Hobbs tarafından verilmiştir. Bu işlemede, malzemenin şekillendirmesini önceden bilmek için özel bir takım kullanarak gerilme ve uzamalar önceden görülür. Bu metod, potansiyel kopma yada kırışma yerlerini belirlemek için yüzey uzamalarının hassasiyetle ölçülmesini kapsar. Uzman personel gerktirmesine rağmen en iyi çözüm gibi görünmektedir. (9)

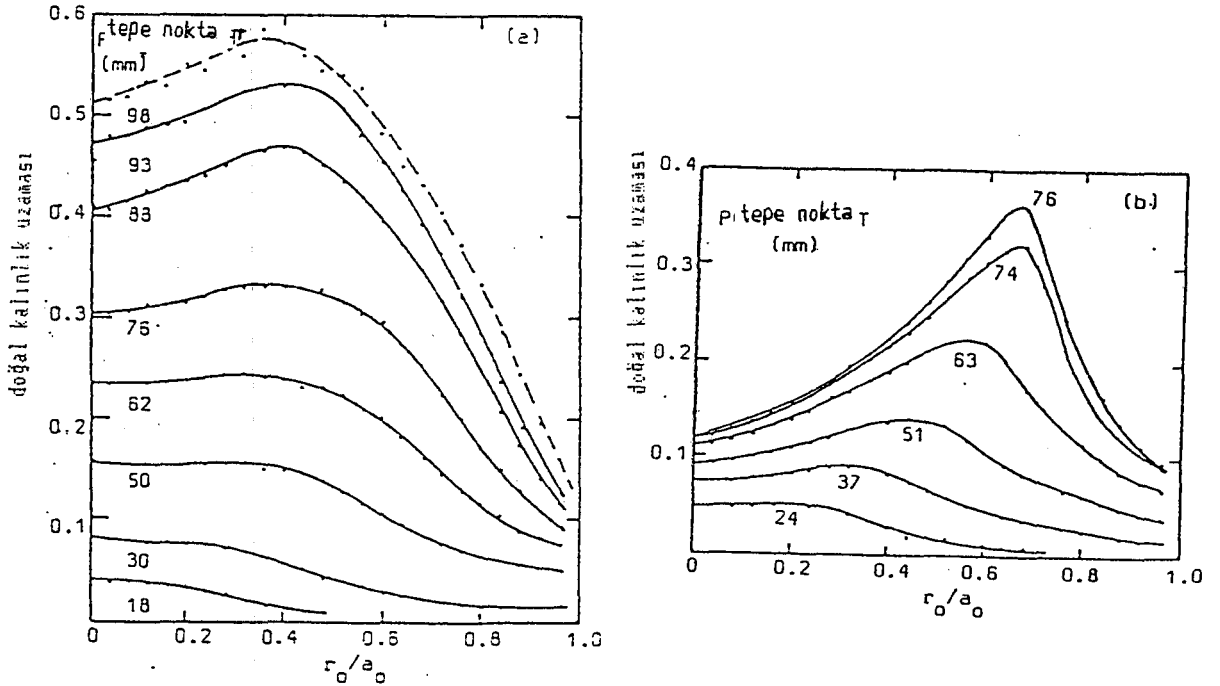
2.7.1. Sonuç

Bu kadar çok değişkenle sa metal şekillendirmesi öyle karmaşıktır ki, bunu ciddi bir iş olarak görmeyip, bir resim gibi sanat olarak görmek gibi yanlış bir eğilim vardır. Aslında sa metal şekillendirmesi çok sayıda ürünü kapsar ve birçok özel işlem içerir. Araştırmalar çoğunlukla metalurjistler, mühendisler ve

matematikçiler tarafından yapılmıştır.(9)

Tarihsel olarak konuya en büyük ilgi ve konu hakkındaki en büyük ilerlemeler bu ayrı grupların bir süre için işbirliği yaptıkları zaman ortaya çıkmıştır.(9)

Bu açıklamalar, saç şekillendirme mekanizmasının önemli yanlarını göstermeyi amaçlamıştır. Önemli olanların pekçoğu ele alınarak gerilme-uzama, sıcaklık ve takımlardaki aşınma üzerinde durulmuştur. Bunlar, kendilerine uygun ayrı işlem gerektiren ana konulardır.(9)



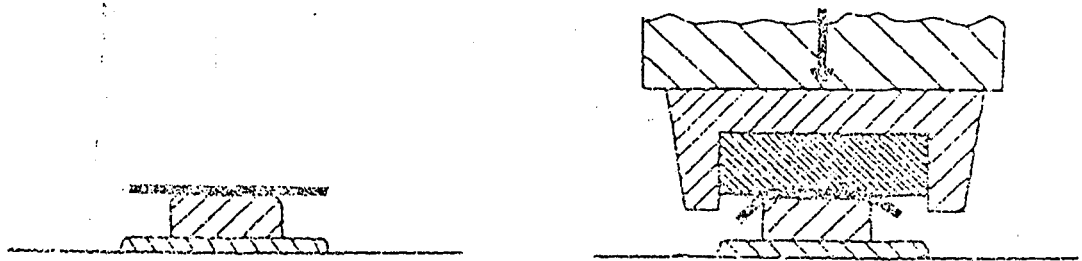
Şekil 2.15. Yarıküre başlıklı zimba ile dairesel bir saçın germe şekillendirmesi. r_0 , ilk radyüs; a_0 , kalıp radyüsü.(9)
a) Don yağı-grafit ile yağlanmış.
b) Yağlanmamış.

3. LASTİK TAMPONLU ŞEKİLLENDİRME

Lastik tampon işlemini ilk önce 1935 yılında Douglas Aircraft Co. Santa Monica, Calif. şirketi sac metallerin şekillendirilmesinde kullanmış, fakat bu gelişme, ince sacların büyük preslerde şekillendirilmesini kapsayamamıştır. 1945'li yıllara gelindiğinde ancak şişirilebilen lastik torbanın kullanımıyla küçük preslerde gene aynı şirket tarafından geliştirilmiştir.(10)

Lastik tamponlu şekillendirme (Rubber pad forming) işleminde, presin şabmerdanı üzerinde bir lastik tampon ve tabla üzerinde bir şekillendirme bloğu yer alır. Kalıp olarak kullanılan blok, sabit bir zimbaya benzer. Kalıp içinde boşlukta bulunması mümkündür. Şekillendirme bloğunun etrafı basınçlandırıldığında, lastik, iş parçasının tüm yüzeylerine eşit olarak etkiyen hidrolik sıvı basıncına benzer şekilde hareket eder.(8)

Lastik tamponlu şekillendirimin basit prensibi şekil 3.1. de gösterilmiştir.



(a) Sacın şekillendirme bloğu üzerine yerleştirilmesi

(b) Yeterli kuvveti taşıyan bir taşıyıcı içinde lastik tampon ile basıncın saca iletilmesi

Şekil 3.1. Lastik tamponlu şekillendirimin temel prensibi.(11)

3.1. UYGULANABİLİRLİK

Sac metallerin şekillendirilmesinde kullanılan çok ekonomik bir methodur. Sadece yarım kalıp gerektirir ve farklı kalınlıktaki malzemeler için aynı takım kullanılabilir. Çift kalıpla yapılan normal şekillendirmeye göre yavaş olmasına rağmen iş parçası

boyut ve şekil karışıklığına göre hızı değişebilir. 20000 farklı şekil üretilebilir.(1)

Tek hareketli hidrolik presler kullanılması vasıtasıyla lastik tamponlu şekillendirme yapılması mümkün görülmektedir. BÜYÜK bükme bölgeleri olması ile yüksek basınçlar elde etmek, hem ekonomik hemde daha emniyetlidir.(10)

Son beş yılda eğriliğin azaltılması gerekliliği nedeniyle yapılan çalışmalarda 3.175, 4.775, 6.350 mm kalınlıklarındaki jet uçak kanat levhalarına şekil verme başarılmıştır. Pek çok üretici firma, basıncı arttırmak yerine sağı inceltmeyi tercih etmektedir. Çünkü büyük basınçları elde etmek için çok büyük boyut ve fiyatlarda preslere ihtiyaç duyulmaktadır.(10)

Lastik tamponlu şekillendirme en çok uçak ve uzay sanayiinde kullanılmaktadır. Çalışmanın başlamasından itibaren ilk uçak parçasının başarılı bir şekilde preste yapılabilmesi için en az üç ay geçmektedir.(10)

3.1.1. Avantajlar

1. Bir parçanın şekillendirilmesi için yalnızca bir rijit takım yarası gereklidir.
2. Lastik tampon veya diyafram, farklı şekillere girer ve basınç bırakıldığında tekrar eski konumuna döner.
3. Takımlar, hidrostatik basınç kullanarak düşük fiatlı üretilebilirler.
4. Radyüs, konvansiyonel kalıplardakinin aksine daha düzenli ve derin olabilmektedir.
5. Derin çukurda olduğu gibi iş perçesi kalınlığını azaltmak mümkündür.
6. Farklı metal ve kalınlıklar, aynı takımla şekillendirilebilir.
7. Yüzey düzgünlüğü işleme olmadığından bozulmaz.
8. Ayar zamanı, takımların kaplanması olmadığından kısalmıştır.(8)

3.1.2. Sınırlamalar

1. Lastik çabuk aşınır, keskin köşelerde çalışan yerler yırtılır. Bir lastik tamponun ortalama ömrü 20000 iş parçasıdır.

2. Özel takım avadanlık kullanmayı gerektirecek olan kırışıklıklar ve daha az keskin köşeler oluşur.
3. Üretim oranı düşüktür, uygun konvensiyonel tezgahlarla düşük hacimli üretimli işlerin yapılması uygundur.(8)

3.2. LASTİK TAMPONLU ŞEKİLLENDİRME ÇESİTLERİ.

Guerin işlemi, lastik tamponlu şekillendirme ile eşdeğirdir. Bu işlemin gelişmiş olan Marform işleminde daha derin çekmeleri sağlamak ve kırışıklık problemini çözmek için bir saç tutucu ve kalıp yastığı ilave edilmiştir. Guerin işleminin diğerd bir varyasyonu olan kapalı - lastik işleminde kuvvet, hidrolik basınç yerine bir çekiş ile sağlanır. Marform işleminde, kapalı -lastik işlemine benzer, fakat daha derin çekmelerde kullanılır ve kırışma yüzünden daha az almazeme ziyan olur. ASEA Quintus lastik tamponlu Presler Guerin ve Marform işlemlerinin daha geliştirilmiş dizayn ve yapıda olanlarıdır.(8)

3.2.1 Guerin İşlemi

Guerin işlemi lastik tamponlu şekillendirmenin en eskisi ve temel olanıdır. Ekipman ve takımların küçük parçalara ayrılması ve değiştirimi başlıca avantajlarıdır. Tablo 3.1 de Guerin işlemi ile şekillendirilen bazı metaller görülmektedir.(8)

3.2.1.1. Guerin işleminde kullanılan Presler

Guerin işleminde kullanılan preslerde, tek veya çok katlı (katmerli) lastik tampon, presin üst tablası üzerinde şekillenir. Şekillendirme bloğu veya zimba, en alt tabakaya monte edilmiştir. Bu işleminde, yaklaşık 100 mm yüksekliğindeki şekillendirme bloğu ile basit şekilli ve ince saçlar şekillendirilebilir. Ortalama çevrim zamanı yaklaşık bir dakika veya daha azdır.(1)

3.2.1.2. Takımlar

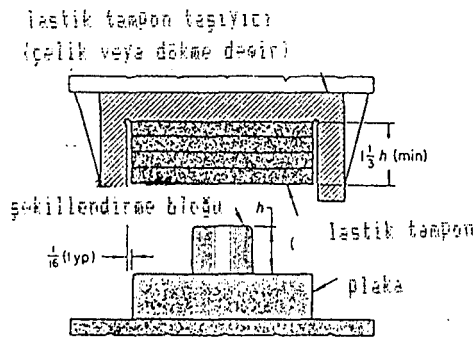
Ana takımlar, Şekil 3.2 de gösterilen lastik tampon, şekillendirme bloğu ve zimbadır. Kullanılan lastik tampon oldukça yumuşaktır. (durometer A60 ile 70) Lastiğinin kalınlığı, şekillendirilecek parça kalınlığının yaklaşık üç katıdır. Şekilde görüldüğü

Tablo 3.1.

Guerin işleminde kullanılan metaller

Metel	Maksimum kalınlıklar (mm)
Alüminyum alaşımları:	
2024-O, 7075-W	4.7
2024-T4	1.6
Östenitik paslanmaz çelikler:	
Tavlennmiş	1.3
Çeyrek sert	0.8
Titanyum alaşımları:	
	1.0
Germe flanşları:	
2024-T4	1.6
Östenitik paslanmaz çelikler:	
Tavlı	1.3
Çeyrek sert	0.8

gibi tampon, bir koruyucuyla çevrelenerek yerleştirilmiş ve levhalar, birbirine yapıştırılmış lastikler grubundan oluşmuştur. Bununla birlikte bu levhalar gevşek olarak bulunabilir. Çerçeve çelik yada demir döküm olup 254 mm. dir. Lastik tampondan daha derindir. Mukavemet olarak üst limit 2000 psi olarak verilmesine rağmen 20000 psi basınca kadar dayanabilir.(8)



Sekil 3.2. Guerin işleminde lastik tamponla şekillendirmedeki takım ve düzenler.(8)

Minimum lastik tampon kalınlığı şekillendirme bloku yüksekliğin 1.1/3 ü kadardır. Genelde lastik tampon kalınlığı 152-304 mm arasında değerir.(E)

Şekillendirme blokları tahta, plastik, alüminyum, demir döküm, çelik veya alüminyum, magnezyum alaşımlarından yapılır. Daha yumuşak malzemeler deneme safhasında prototip uygulamalarda kullanılır. Baskıleri çelik kaplanarak uzatılabilir. Şekillendirme blokları şekil vermeye başlarken iş parçasını sabitlemek amacıyla konumlandırma pimleri ile tutturulur.(E)

Şekillendirme bloku, bir tabla veya pres bloku üstüne gevşekçe bağlantılıdır. (Şekil.3.2.) Çapıtli şekillendirme bloklarının bir tabla üstüne bağlanmasıyla birden çok parça presin bir vuruşu ile aynı anda şekillendirilebilir. Her presta, iki veya üç tabla bulunabilir ve bunlar, yüklü veya yüküz olarak döndürülebilir veya kaldırılabilir.(E)

3.2.1.3. Aksesuar teğizatı

Çekme kancası, kılıf tablaları, silme plakaları, bilezikler, çubuklar, setler ve kenar blokları iş parçasının belirli yerlerinde basıncı arttırmakta kullanılırlar ve iş parçası kıvrımlı yerlerinin oluşmasına yardımcı olurlar.(E)

Çekme kancaları, flanş üzerinde çapıt çekme kuvveti sağlayacak şekilde, işlenecek malzemenin kenarına bağlanmıştır. Böylece, bürölme ve buruşma önlenir. Silme plakaları basınç bloğuna genellikle bağlanmış olup, lastik tampon basıncının flanşlara doğru hareket etmesini sağlarlar. Şekillendirme bilezikleri ile aynı doğrultuda çalışırlar. Fakat bunlar bir yere bağlı değildir. Setler, kenar yüzeylere yerleştirilmiştir. (örnek: 21, 22, 23, ve 29) Kenar blokları, işlem sırasında malzemeyi tutar.(örnek.20)

3.2.1.4. İşlem

Lastik tampon tutucusu, presin üst bölümü alt tablasıyla eğlendirilmiştir. İşlenecek malzeme pres yatağına yerleştirilir ve iki veya üç yerinden pimlerle tutturulur, üst bölüm açılırken, lastik şekillendirme blokları etrafında iş parçası basınçlanır ve şekillenir. Normalde bu işlemler sırasında basınç

1000-7000 psi arasındadır. Tablanın durumuna göre 20000 psi'a kadar çıkabilir. Basınç, şekillendirilecek parça sayısına bağlı olmayıp toplam yüzeye geredir. Presin her bir vuruşuyla maksimum sayıda üretim yapmak için tek pleke üzerine, mümkün olduğu kadar çok şekillendirme bloğu bağlanabilir. Bu işlemlerde, iş parçası kalınlığı genellikle 38 mm. den azdır. Daha kalın saçlarda, büyük tonajlı presler ve küçük yüzey üstüne lastik tamponlar kullanılır.(8)

70 mm. kalınlığında bir flanş şekillendirmek için bazen 20000 psi gerekebilir. Düz flanşlar, Guerin işlemiyle kolayca bükülebilir. Eğer flanşlar genişse, kuvvetin aksesuar takımlarıyla desteklenmesi gerekir.(8)

Lastik tamponla bükme işleminde, çelik ve alüminyum alaşımlı flanşlar için minimum genişlik, tablo 3.2. de verilmiştir. Yumuşak metallerde, maksimum sapma olarak, ± 1 derecelik açı alınmalıdır. Sert metallerde ise ancak ± 5 derece olarak gerçekleştirilebilir. Cidar toleransı ise yumuşak metallerde ± 0.381 mm, sert metallerde ± 0.51 mm. ye arttırılır. Germe ve çekme flanşları, köşelerde ve deliklerde oluşturulabilir.(8)

Tablo 3.2

Paslanmaz çelik ve alüminyum alaşımları için lastik tamponlu şekillendirilmede minimum flanş genişlikleri

Alaşım ve/veya temper	min.flanş genişliği(mm)
Paslanmaz çelikler	
- Tavlama	4.8 + 4.5t
- Çeyrek sert	14
Alüminyum alaşımlar	
- 2024-O, 7075-O	1.6 + 2.5t
- 2024-T3, 2024-T4	3.2 + 4t

t: saç kalınlığı

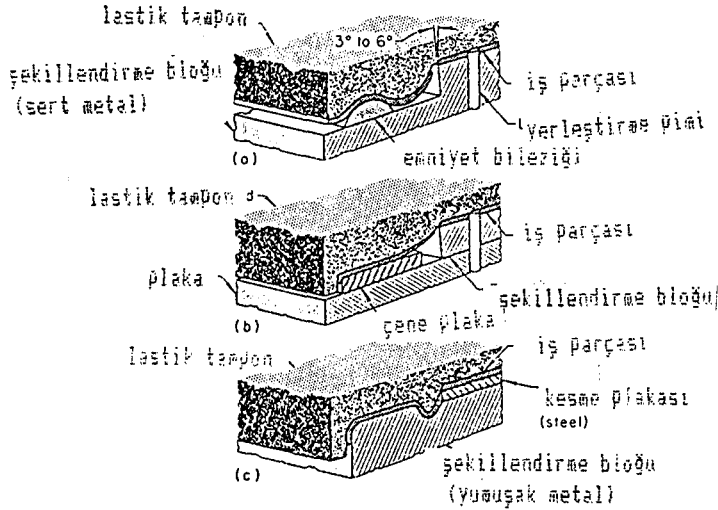
Kılıf tablaları, flanşlar şekillendirilmeye başlarken, düz yüzeyleri tutmakta kullanılır. Örnek 20' de konuyla ilgili örnek verilmiştir.(8)

3.2.1.5. Bükme

Lastik tamponlar, Guerin işleminde şekil oluşturmada kullanıldığı gibi, bükme ve delme işlemlerinde de kullanılır. Kenar oluşturmada, testereden daha iyi yüzey düzgünlüğü daha iyi sonuç verir, hatta freze kadar iyi olabilirler. Lastik tampon metodu ile 2024-O alüminyum alaşım, 0.81 mm kalınlığa ve bazı şekillerde 1 mm kalınlığa kadar şekillendirilebilirler. Delik çapı veya çıkarılmış kısmın genişliği enaz 50 mm dir. Diştan yapılacak kesimlerde 38 mm pay gerekir.(8)

Saçın kesildiği yerde, şekillendirme bloğuna keskin bir set konur. Sert metallerde bu kenar, şekil 3.3.a. ve b.' de gösterildiği gibi şekillendirme bloğu veya yumuşak metallerde plastik ve ağaç şekillendirme bloğu üzerindeki ilave bir plaka ile çözümlenir. (Şekil 3.3.c) Kesme açısı, 3 - 6 derece arasında olmalıdır.(8)

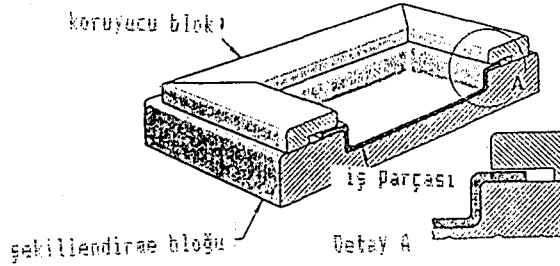
Parçanın kesilmesinden sonra, iş parçasını hasarlamaması için sabit bir yerde tutulmasına dikkat edilmelidir. Bu tutulma, bir kilitleme parçası (Şekil 3.3.a), tutucu plaka (Şekil 3.3.a,b) ve şekil bloğu uzantısı(Şekil 3.3.c) ile yapılır.(8)



Şekil 3.3. Guerin işlemi vasıtasıyla gerçekleştirilen üç bükme tekniği.(8)

3.2.1.6. Ince Parçaların çekilmesi

Şekillendirme bloğunun yükseltilmesi yerine oyma işlemi yapılarakta Guerin işlemi gerçekleştirilir. Sağ, şekillendirme başlamadan önce lastik tampon ve oyuğun etrafındaki yüzeyde emniyetli olarak tutulur. İş parçasının düzensiz akmasını ve buruşmasını önlemek için emniyetli olarak tutturulmalı fakat iş parçasını inceltecek veya yırtacak kadar sıkılmamalıdır. İncelme ve yırtılmanın önlenmesi için kenarlar yağlanır yada bir koruma bloğu iş parçası kenarları üzerine yerleştirilir. (Şekil 3.4.) Bloğun genişliği ve derinliği ile tutma kuvveti ve çekme kuvveti arasında bir denge sağlanmalıdır. Alçaltma bölümü, iş metali kalınlığından 0.076 - 0.152 mm daha fazla olmalıdır. (8)



Şekil 3.4. Guerin işlemi ile ince metallerin çekilmesi (8)

3.2.2. Marform işlemi

Marform işlemi, derin çekme, flanş şekillendirme benzeri işlemlerin, Verson-Wheelon ve Guerin işlemleri yerine daha ucuz takım kullanarak gerçekleştirilmesi için geliştirilmiştir. Bir sağ tutucu tabla ve basınç ayarlayıcı valf ile birlikte, bir hidrolik silindir, Guerin işleminde kullanılan benzer bir şekillendirme bloğu ve ince bir lastik tampon ile kullanılır. Sağ, tutucu ile lastik tampon arasında tutulur. Çekme hızı, basınç kontrol valfi ile kontrol edilir. (8)

Yumuşak alüminyum alaşımlar şekillendirilirken çapta % 57 lik bir azaltma yapmak mümkündür. Özel durumlar için bu azaltma % 72 ye kadar çıkabilir. İş parçası çapıyla derinliğinin eşit olması, et kalınlığının çapın % 1 inden az olması halinde mümkündür. (8)

0.038 mm kalınlığındaki levha, 0.76 mm kalınlığındaki iki alüminyum arasına yerleştirilerek te gerçekleştirilebilir. Böylece bir kerede üç parça şekillendirilebilir. İşlem sonunda alt ve üstte bulunan tabakalar atılır.(8)

3.2.2.1. Presler

Marform işlemi, kalıp dolgusu ve saç tutucu hariç diğer işlemlere benzerdir. Basınç kontrollü olduğundan ve kırılma olasılığı az olduğundan daha derine çekme yapılabilir. Marform işlemi ile yapılan şekillendirmede tek yönlü presler, kalıp dolguları ve saç tutucuları ile donatılır. Kullanılan basınç, pres tonajına ve tamponun yüzey alanına bağlıdır. Genellikle 5000-10000 psi arasında değişmektedir.(1)

3.2.2.2. Takımlar

Lastik tampon, Guerin işleminde kullanılanlara benzer. Normal olarak, payda dahil parça toplam derinliğinin 1 1/2 -2 katıdır. Lastik tampon aşınması, saçın üstüne konmuş yada tampona yapıştırılmış bir plaka ile giderilir. (8)

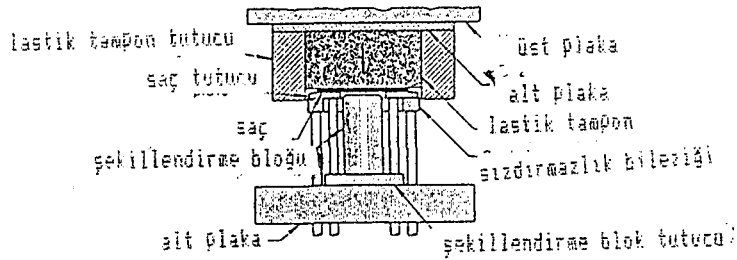
İyi parlatılmış çelik şekillendirme blokları, uzun süreli çalışmalar ve derin çekme için kullanılır. Alüminyum alaşımlı şekillendirme blokları, 38 mm. den daha derin çekmelerde ezilme olmaması için sert kaplama yapılarak kullanılmalıdır. Masonite şekillendirme blokları az sayıdaki üretimlerde kullanılır. Genellikle ekonomiklik açısından alüminyum veya çinko alaşımlar kullanılmaktadır. (8)

Saç tutucu tablalar, genellikle düşük karbonlu çeliklerden yapılır. Temas yüzeyleri çok iyi işlenmiştir. Bir şekillendirme bloğu ile saç tutucu arasındaki yüzleşme mesafesi, 0.762-1.524 mm. ve kenar radyüsü, 1.5875 mm. olmalıdır. (8)

Makina basıncı, flanş radyüsünü gerçekleştirmekte yetersiz olduğunda, parça plakasız olarak çekilir ve sonra gerçek radyüsü vermek için plaka ile birlikte çekilir. Radyüs plakası, genellikle 12.7 mm. kalınlıkta ve iş parçasından 25.4 mm. daha geniş olmaktadır. (8)

3.2.2.3. İşlem

Saç, şekillendirme bloğunun üstündeki saç tutucu Plakanın üzerinde bulunmaktadır. Contayı, saç plakayı (Şekil 3.5) destekleyen çubuklar, değişken basınçlı bir hidrolik tamponla desteklenir. Pres aşağı indikçe, saç, lastik yastıkla saç tutucu arasında şekillenme başlamadan önce sıkışır. Lastik tampon inmeye devam ettikçe hidrolik basınç kontrol valfi, alışkanı kontrollu bir hızda boşaltırken, saç, şekil bloğunun üzerine sarılır. Hidrolik tampondaki basınç, kırışıklığı önleyecek ve saçı kabın içine çekecek değerdedir. (8)

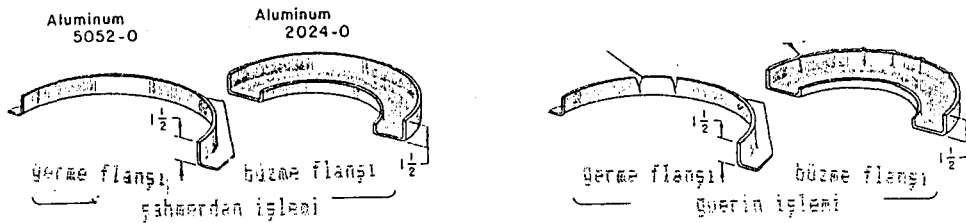


Şekil 3.5. Lastik tamponlu şekillendirme Marform işleminde kullanılan düzenek ve takımlar. (8)

3.2.3. Kapalı Lastikle Şahmerdan Şekillendirmesi

Guerin işlemine benzeyen, yüzeysel parça şekillendirmesinde kullanılan ve hidrolik pres yerine şahmerdan kullanıldığı bir işlemdir. Ana fark, çekicinin darbe gücü ve yüksek hızıdır.

Şekil 3.6 da 5052-O ve 2024-O alüminyum alaşımlarındaki Guerin işleminin ve şahmerdan işleminin etkileri görülmektedir. 31.75 mm. den daha derin olan flanşlar Guerin işlemiyle yapıldığında, gerilen flanşlar yırtılabilir veya kırışabilir. Şahmerdan işleminde daha az deformasyon görünür. (8)



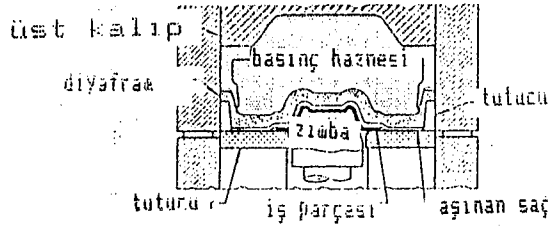
Şekil 3.6. Guerin ve şahmerdan işlemiyle elde edilen flanşların gerilme ve büzülme etkileri. (8)

3.2.4. Lastik Diyafram Şekillendirme

Lastik diyafram şekillendirme (Verson Hydroforming) işlemi, önceki tanımlarda kalıp boşluğunu tam dolduramayan lastik yerine 63.5 mm. kalınlıktaki, kap şeklindeki lastik diyafram vasıtasıyla hidrolik sıvının uygulanmasıdır. Bu boşluk, basınç haznesi (Şekil 3.7) olarak adlandırılır. Değiştirilebilen bir aşınma plakası, diyaframın alt yüzüne yerleştirilir.(8)

Daha güç çekimler, diyaframa gelen yağ basıncının zimba üstünde olduğu gibi metalin kenarlardada sıkıca tutturulmasına neden olduğu için, klasik çekim kalıplarının yerine bu metodla yapılır.(8)

İlk çekimde, sac çapındaki % 60-70 düşüş normaldir. İkinci bir çekim gerekli olduğunda, düşüş % 40 a ulaşabilir. Genellikle 0.254-1.651 mm. kalınlıklarındaki düşük karbonlu çelikler, paslanmaz çelikler ve alüminyumlar şekillendirilebilir. Isıya dirençli alaşımlar ile bakır alaşımlarının bir bölümüde bu yöntemle şekillendirilebilir.(8)



Şekil 3.7. Hidroform Preste lastik-diyafram şekillendirmesi(8)

3.2.4.1. Presler

Hidroform pres olarak adlandırılan özel bir pres, bu işlem için kullanılır. Alttaki hidrolik bölüm, presi yukarı hareket ettirir, üstteki bölüm ise genellikle pozisyonu sağlayan bir cihaz olarak kullanılır. Bir hidrolik pompa, hidroliği basınç haznesine gönderir. Sac tutucu, sert bir altlık ile desteklenir ve işlem sırasında hareket etmez.(8)

Bu işlemden kullanılan en geniş pres, 635 mm. çapta bir sacı en fazla 305 mm. derinliğe çekebilecek kapasitededir. Zimba çapı, 482 mm. ye kadar çıkabilir. Maksimum hazne basıncı 15000 psi dir. En yüksek çevrim

saatte 1500 dür. Pratikte kullanılan üretim hızı, makine oranının yaklaşık 2/3 ü kadardır.(8)

3.2.4.2. Takımlar

Zimbeler, takım çeliğinden, soğuk dövülmüş çelikten, döküm çeliğinden, çinko alaşımdan, plastikten, piring, alüminyum veya sert ağaçtan yapılabilir. Malzemenin seçimi, iş metalinin şekillendirilebilirliğine, üretilecek parça sayısına, parça şekline ve çekim derecesine göre yapılır.(8)

Saç tutucular, genellikle dökme demir ve çelikten yapılır. Gerekiirse sertleştirilir. Kalıp ve saç tutucu arasındaki mesafe kritik değildir. Çekilmekte olan metalin kalınlığının % 50 si veya daha fazlası olabilir.(8)

Kısa süreli çalışmalar için ek bir saç tutucu plaka, takılı olan saçın üstüne yerleştirilebilir. Ek saç tutucu plaka, pres mesafesinde kendi kalınlığından fazla çıkmamalıdır ve esas saçtan geniş olmamalıdır. Çekme sırasında, hazne hareketi nedeni ile oluşan vakumu yok etmek için, saç üzerine lastik bantlar yerleştirilir.(8)

3.2.4.3. İşlem

İşlenecek saç, saç tutucuya yerleştirilir. Hidrolik sıvıyla dolu ve lastik diyaframla kaplı basınç haznesi, saçın üzerine indirilir ve hidrolik depo hattından bir pompa ile ön basınç uygulanır. Bu basınç, parçaya bağlı olarak 200-10000 psi arasındadır.(8)

Zimba yükselir ve saça alttan bastırılır. Saçtaki şekil, hidrolik hazneye yükseldikçe, bu haznedeki basınç eniden artar., 15000 psi a kadar yükselir. Parçalar, ince metalden yapıldığında şekillenme oluştuktan sonra ayılmaya yardımcı olması amacı ile kalıbın içine bir vakum boşaltma valfi bağlanabilir.(8)

Makinedeki üç kaa, makine işlemlerini kontrol etmek için programlanmıştır. Birincisi, kalıbın kalkış yüksekliğini kontrol eder, ikincisi kenar radyüsünün keskinleştirilmesini sağlar ve üçüncüsü ise şekil verilmiş parçayı saç tutucunun kalıptan sıyırması esnasında, kalıbı stroğun sonuna kadar getirmeye yarar .(8)

Komleks bir parçanın, lastik diyafram yöntemiyle şekillendirilmesi örnek 26 da açıklanmıştır.(8)

Örnek 27 de lastik diyafram işleminin limitlere yaklaşan derinlikte çekme yapılması esnasındaki yağlanması ve bunun uygulama şeklinin önemi görülmektedir.(12)

Bir lastik tampon işleminin amacı, normal pres şekillendirme takımları ile gizilebilecek veya kalıp izi çıkabilecek iş parçasının şekillenen yüzeyini korumaktır. Örnek 28 de bu önemli işlem gösterilmiştir. Parçanın Cu-Ni-Cr ile kaplanması işleminde, lastik diyafram yöntemiyle şekillendirmenin yapılması kaplanmadan önce oluşabilecek temizlenmesi güç izleri önler.(8)

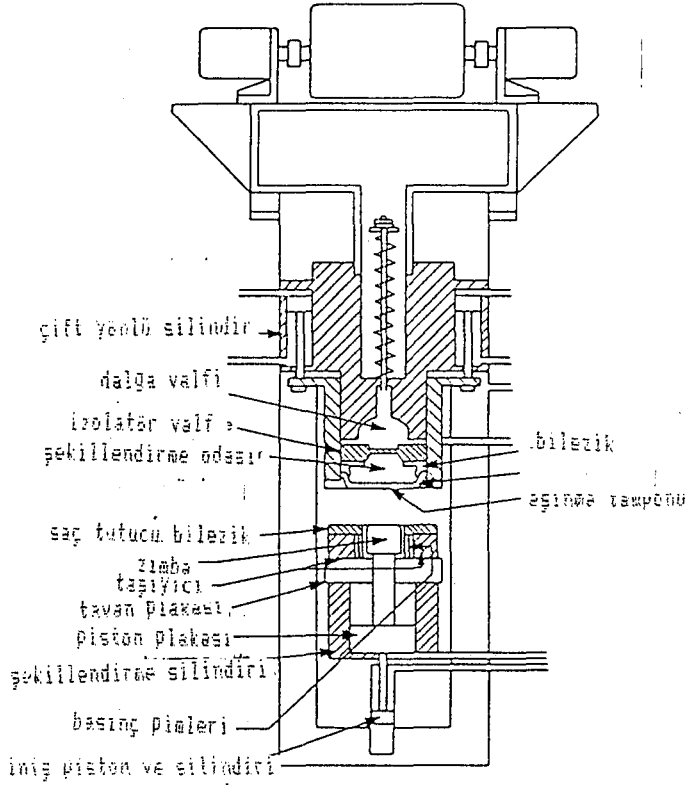
Aşağıda Verson tipi bir Hydroform pres görülmektedir. (Şekil 3.8) Bu presler, kaynak noktaları üzerinde yük yok iken, tüm yüklerin, katı metal boyunca taşınır olmasına göre dizayn edilmiştir. Maksimum şekillendirme basınçları 6000-15000 psi (41.4-103.4 MPa) ve kuvvetleri 700-4473 ton (48-30.8 MN) arasındadır. Maksimum saç çapı (305-1016 mm), zımba çapı (254-864 mm), ve çekme derinliği (178-365 mm) olarak kullanılır.(1)

Her pres monitöründe bir çevrim boyunca bu basınç gözlenir, otomatik çevrim programlanan bir kontrol ediciyle sağlanır. Programlı limit swiçleri alttaki zımbanın veya kalıbın hareketini sağlar.(1)

Kayma, Yarı otomatiktir. Hidrolik takım değiştirici, kalıp değişimini kolaylaştırdığı için tercih edilir. Gerektiğinde standart takımlar ile konvansiyonel tek hareketli hidrolik presler gibi kullanılabilir. Otomatik saç yükleyici ve iş parçası çıkarıcıları isteğe bağlı olarak kullanılabilir.(1)

3.2.5. Verson Wheelon İşlemi

Guerin pres operasyonlarında kullanılan ana prensipler Verson-Wheelon prese tatbik edilir. Yüksek basınçta çalışırken, düşük basınçlarda başarıyla kullanılan zayıf sertlikteki malzemelere göre, daha dayanıklı şekillendirme blok malzemeleri gereklidir. Çünkü yüksek basınçta, lastik küçük boşluklara girer.



Şekil 3.8. Hydroform Pres detayları (Verson Allsteel Pres Co.) (1)

Bu nedenle, şekillendirme bloğu üzerinde lastiğin aşınmasına sebep olacak derin delik ve boşluklardan kaçınmak gerekir. (13)

Lastiğin verdiği basınç, hidrolik basınca benzer. Bloklardaki yüzey veya kenar basıncı yükseklikten bağımsızdır. Uygulamada da flanş ve saç diplerindeki bölümlerde en iyi sonuçlar elde edilir. (13)

Verson-Wheelon preslerinde uygulanan yüksek basınçlı şekil verme işleminin en büyük özelliği, parçaların daha iyi şekillendirilebilmesidir. Daha iyi şekillendirilebilme dediğinde, daha hassas boyutlar, çizik ve çentiklerden arınma ve basit kıvrımlardaki daha az eğim anlaşılmalıdır. (13)

3.2.5.1. Presler

Bu presler, önceden şekillendirilerek levha haline getirilmiş çelikten yapılan ve basınç odası görevini yerine getiren yatay silindirik pres yuvalarına sahiptirler. Kenar rayları üzerinde eğime karşı koyan hidrolik silindirler bulunmaktadır. Akışkan hücresi, kalıp boşluğunun üst kısmını oluşturur ve odanın dibini takım ve iş parçası ile döner tablaya dayandırılır. Sağlar, bir dişli kutusuyla birlikte çalışan bir hidrolik motor vasıtasıyla hücreye güç ileten tablalardaki zimba ve kalıp üzerine yerleştirilir. Yüksek basınçlı hidrolik sıvı, torbanın yayılmasına sebebiyet vererek hücre içine pompalanır, böylece zimba üstüyle veya kalıp içiyle esnek tamponun dövülmesi sonucu şekil verilir. (Şekil 3.9) Basınç bırakılır ve tabladan yük kaldırılır ve tekrar yüklenir.(1)

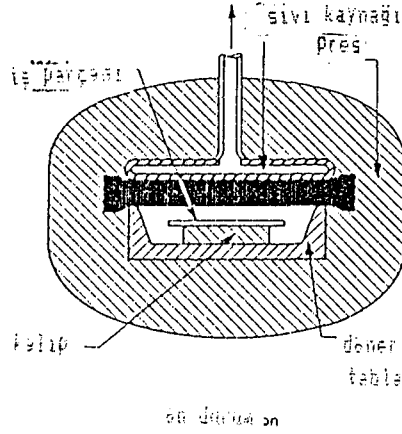
Bu preslerdeki çalışma basıncı 5000-20000 psi (24-5-138 MPa), kuvvet kapasitesi 2500-82000 ton (22.2-730 MN) arasında olabilir. Çalışma alanı 50x164" (1270-4166mm) yi geçmemelidir. Sıvı hücresi torbası, neopren ve poliüretandan yapılır. Bu otomatik vakum tamponu tutucu sistem, torbanın sarkmasını önler, böylece daha yüksek takım kullanmaya izin verir. Bu preslerde biri yüksüz iken, diğer tabla, basınç odasında yüklü olacak şekilde çift tabla kullanılabilir. Bu tablalar 315 C dereceye kadar sıcak şekillendirilebilir.(1)

3.2.5.2. Takımlar

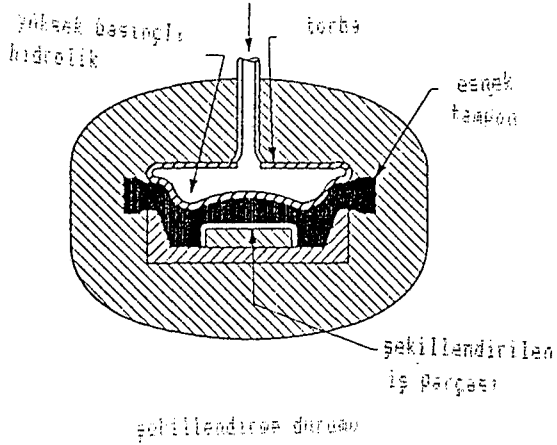
Şekillendirme blokları, Guerin işleminde olduğu gibi yapılır. Basınç seti veya yön değiştirici çubuklar basıncı belli alanları yönlendirme ve flanşları büzme veya yönünü çevirmede kullanılır. (Şekil 29 a bak.) (8)

Alüminyum parçaların şekillendirilmesinde alüminyum veya kirksite şekillendirme blokları tavsiye edilir. Masonite kalıplar yeterli kalıp sarfı sağlar, eski ve aşınmış olanları ise, sıkıştırmaya meyilli olduğundan kullanımlarda bozulmalara sebep olacaktır.(13)

Richlight ve Micarta gibi bazı plastik malzemeler lokal basınçların yüksek olmadığı yerlerde



başlangıç durumu



şekillendirme durumu

Şekil 3.9. Verson-Wheelon pres çevrimi. (Verson Allsteel Pres Co.) (1)

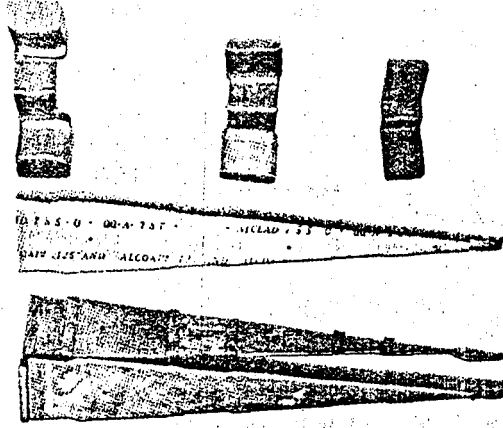
kullanılabilir. (13)

Haddelenmiş 61S-T6, lastiğin değiştirilmesi sırasında meydana gelebilecek bozulmalara karşı yeterli olabilir. Fakat blokların belli yerlerinde toplanan yabancı maddeler ve kalından inceye geçiş yerlerindeki kırılmalar kötü özellikleridir. (13)

Bloklerin kolay imal edilebildiği yerlerde yumuşak çelik levhelerin kullanılması oldukça yaygındır. (13)

3.2.5.3. İkinci bir sıkıştırma işlemi için kenar basınç plakasının kullanılması.

Elde edilen yüksek yan yüzey basıncı, ikinci bir sıkıştırma işlemiyle kırışıklıkların giderilmesinde kenar basınç plakalarının kullanımını mümkün hale getirmiştir. Ayrıca büyük parçalarda yakın toleranslarda bulunan kertiklerin oluşumunu ayarlayabilir. Şekil 3-10 da alttaki şekilde ortada



Şekil 3.10. 3 mm kalınlıklı alüminyum alaşımlı uçak parçası ve şekillendirme blok ve sıkıştırma parçaları. (10)

gerülen alüminyum alaşım parçaya şekil vermeye kullanılan şekillendirme blokları görülmektedir. Üstteki resim, kertikleri oluşturmada kullanılan sıkıştırma pabuçlarıdır. (10)

Kenar basınç plakaları kullanım tekniğinin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür. (10)

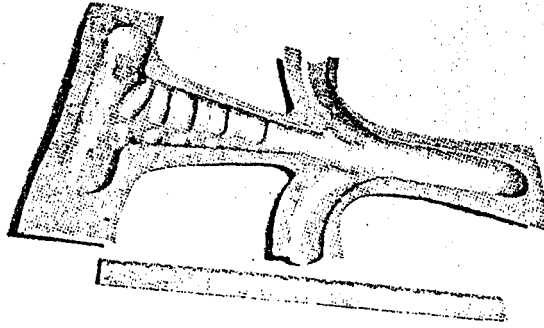
1. Takımlar daha ucuzdur. ^a
2. Şekillendirme bloklarına göre daha az yer kaplar. Böylece daha fazla iş yapılır.
3. Basma plakası iş parçasıyla birlikte kaymadığından hassaslaşır.
4. Yardımcı takımlar üzerindeki aşınma klasik olarak kullanılan kenar bloklarına göre daha azdır.

Kenar basınç plakaları kirksite, Cerro-True, fiber glass ten yapılabilir.

3.2.5.4. Dişi kalıpların kullanımı

Uçak parçalarının şekillendirilmesinde alüminyum alaşımlar ve paslanmaz çelik dişi kalıplar kullanılabilir. Şekil 3.11 de buna iyi bir örnek görülmektedir. Bu iş için, önce bir başlangıç kalıbı yapılır ve birkaç parçanın kaynakla birleştirilmesiyle oluşturulur. (10)

Dişi kalıpların kullanımında, kalıp malzemelerinin kullanılan malzemeye uygun bir sürtünmeye sahip olması ve yağlama şekli çok önemlidir. Dişi kalıplarda başarılı olarak kullanılan malzemeler, (1) fenol emdirilmiş sert ağaç, (2) Richlite gibi fenolik malzemeler, (3) çelik, (4) Kirksite, (5) Alüminyum.



Şekil 3.11. Komplike dizaynlı paslanmaz çelik parçanın çekilmesinde kullanılan dişi kalıp. (10)

Genellikle yüksek sürtünmeye sahip alüminyum plakalar çelik gibi düşük sürtünmeli bir malzeme ile kaplanarak kullanılır. Ayrıca sıkışmadan dolayı olan yüzey bozukluğunu gidermek için bir hava deliği bırakılmalıdır. (10)

Verson-Wheelon preslerinde dişi kalıpların kullanılma işlemleri hydroform ve Marform Preslerinde kullanılan işlemlerindekilerine benzemektedir. Derinliği pek fazla olmayan parçalar bu yolla gerçekleştirilebilir. Parçayı tutma ve çekme basıncının eşit olduğu cihazlar kullanılabilir. (10)

3.2.5.5. Keskin radyüslü Parça takımları

19 mm. flanşlı ve oldukça keskin yarıçaplı 1.83 mm kalınlığında alüminyum sac'tan yapılan parça ve bu iş için kullanılan takım, şekil 3.12 de gösterilmiştir. Boşluk çok az olduğundan oluşan kırışıklıkları elle yok etmek mümkün değildir. Düşük basınçta geleneksel presle bu kırışıklıkları yok etmek için yaklaşık 35 dakikalık bir el işçiliği gerekmektedir.(10)

Bu metodla şekillendirme için 7500 psi lik bir basınçla tek operasyonda şekillendirme yapılabilir. Örneğin 30-40 shore lik nispeten yumuşak bir lastik kullanılarak ve blank tutucuya tutunma mesafesini 3 mm. yaparak veya bend veya çekme seti ile şekillendirme sağlanabilir.(10)

3.2.5.6 İşlem

Verson-Wheelon tipi işlemden, şekillendirme bloğunu içeren iş tablası yüklenir ve presin altına kaydırılır. Hidrolik akışkan sıvı hücrelerine pompalanır ve lastiği iş parçası etrafına sardırır. Basınç boşaltılır ve şekil verilen tabla dışarı kaydırılır. Ardından yeni iş için yüklenir. (8)

Birkaç çalışmadan sonra şekillendirme bloklarında aşınma olacağına lastik tampondaki aşınma azalacaktır. Levhadan biraz daha geniş olan sert lastiğin kullanımı flanşların uniform şekillenmesine yardım eder ve kırışıklıkları önler. (8)

Verson-Wheelon için işlem zamanı, klasik preslerden daha uzundur. Hücre dolma ve boşalma zamanını düşürmek için tablayı tam kapasitesine kadar yüklemek veya tek bir parça şekillendiriliyorsa tabla üstüne sahte bloklar koymak gerekmektedir. (8)

Bir parçayı Verson-Wheelon presinde şekillendirme için geçen zaman Guerin işlemine göre daha azdır. Daha yüksek olan şekillendirme basıncı parçayı bir operasyonda tam olarak şekillendirir.(Guerin işlemi için iki operasyon gerekir.)(8)

Daha yüksek şekillendirme basınçlarının kullanılmasına rağmen Verson-Wheelon işlemi ile yapılan pek çok parçada özellikle kırışıklıkları düzeltmek için el işçiliğine ihtiyaç vardır. (8)

Şekilli tamponlar, normal tamponların daha gelişmiş türleridir.

3.3. LASTİK TAMPONLU ŞEKİLLENDİRME MALZEMELERİ

Lastik tamponlu şekillendirme ile pekçok malzeme şekillendirilebilir. Ençok kullanılanları arasında çelikler, ısı dirençli alaşımlar, alüminyum, bakır, magnezyum ve titanyum vardır. Şekillendirme, malzemeler yumuşak durumda iken yapılır. Isıl işlem veya soğuk işlem sırasında mukavemeti arttırırken şekillendirme zorlaşır, daha yüksek basınç gerekir ve yayılma daha ciddi bir hal alır.(13)

3.3.1. Paslanmaz Çelikler

301, 302, 304, 305, 321 ve 347 tipi austenitik paslanmaz çeliklerin 1.3 mm kalınlığa kadar olanları lastik tamponlu metod ile şekillendirilebilirler. İşlemlerin ençoğu özellikle daha kalın iş parçalarında düz flanş haline getirmedir. Yardımcı aletler ile kenarlar yuvarlatmalar 2 mm kalınlığa kadar şekillendirilebilir. Yüzeğe uygulanan kuvvetin dağıtılması için flanşlar yeterince geniş olmalıdır. Tavlanmış paslanmaz çelikler için minimum flanş genişlikleri aşağıda verilmiştir.(8)

Tablo 3.3

Paslanmaz çeliklerin kalınlığının flanş genişliği ile değişimi

Kalınlık(mm)	Flanş Genişliği (mm)
0.4	6.35
0.5	6.86
0.6	7.37
0.8	8.4
1	9.1
1.3	10.4
1.63	12.2
1.83	13

Çeyrek sertlikteki 301, 302 temperleri için enaz 16 mm genişlikte 0.81 kalınlıkta olanlar şekillendirilebilir.(8)

Paslanmaz çeliklerdeki şekilli flanşların lastik tampon ile şekillendirilmesi, düz flanşta kullanılanlara göre daha güçlü cihaz gerektirir. Flanşların en iyi şekli, paslanmaz çeliklerde yapılmıştır. Fakat bu yalnızca çeyrek sertlikteki malzemelerle sınırlanmıştır.(8)

Flanşların gerilmesi, 1.3 mm kalınlığa kadar olan tavlanmış paslanmaz çeliklerden kolayca yapılır. Lastik tamponlu şekillendirme ile gerilen flanşlar genellikle daha düzdür ve tek yönlü kalıplar vasıtasıyla daha hassas şekillendirilebilir. Kalıp şekilli flanşların daha sonradan elle düzeltilmesi gerekir.(8)

Guerin işleminde kullanılan hidrolik preslerde 5000 psi şekillendirme basıncına kadar çıkılabilir. 5000 psi dan daha büyük basınç gerektiren dar germe flanşları, yardımcı aletler kullanılarak şekillendirilir.(8)

İnce metaller, basit şekillendirme blokları ile şekillendirilebilir. Buna rağmen bağlantı parçaları dar ise hasardan kaçınmak için blok kaplanarak iş parçaları korunmalıdır. Aşağıdaki örnek, paslanmaz çeliklerdeki germe flanşının lastik tamponlu şekillendirme sınırlamalarını göstermektedir.

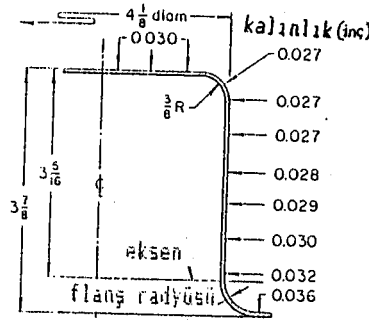
- a. Ana malzeme, çeyrek sertlikteki 302 tipidir.
- b. İş parçası dar bağlantılı ise şekillendirmede bir kılıf gerektirir.
- c. İş parçası dış delik flanşıdır.
- d. Germe flanşı 16 mm genişliktedir.
- e. Bükülen iş parçası yaklaşık 965 mm uzunluğundadır.

3.3.1.1. Derin çekme

Oldukça derin balmeler için konvansiyonel metodlara göre daha büyük derin çekmeler 300 ve 400 serilerinde lastik tamponlu şekillendirme ile gerçekleştirilebilir. Daha derin kesitler için daha az sert 302 ve 305 astenitik tipler geliştirilir.(8)

Lastik tamponlu metodun iki karakteristiği ile çekme işlemini daha derin yapmak mümkündür. Bunlardan birincisi sağ tutucu veya aşağıda tutma mekanizmasında basıncın ayarlanabilmesi ve kontrolüdür. ikincisi ise sürekli değişken çekme radyesüdür.(8)

Şekil 3.12 de lastik tamponlu şekillendirme ile gerçekleştirilebilen cidar kalınlıkları gösterilmiştir. Sağın ilk kalınlığı 0.030 inç (0.762 mm) tir.



Şekil 3.12. Lastik tamponlu şekillendirme ile gerçekleştirilebilen uniform cidar kalınlıkları (8)

3.3.2. Alüminyum Alaşımlar

Alüminyum alaşımlar, lastik tamponlu şekillendirmenin birkaç metodu ile şekillendirilebilir. Isıl işleme tabi tutulmayan alüminyum alaşımlar ile birlikte şekillendirme tavlı ve şekillendirilmeyen bölgedeki maksimum mukavemeti sağlayacak temper, genellikle seçilir.(8)

Genellikle tavllanmış temper olarak 24S-0 ve 75S-0, 61S-0 ve 3S-0 kullanılırlar. Söndürülmüş temperlerden 24S, 75S ve 61S benzer özelliklere sahiptir. Oda sıcaklığında yağlandırılarak özellikleri geliştirilebilir. 24S-T3 ısıl işlem yapılan " T " temperi daha yüksek fiziksel özellikleri yüzünden kullanılır.(13)

3.3.2.1. Takım malzemeleri

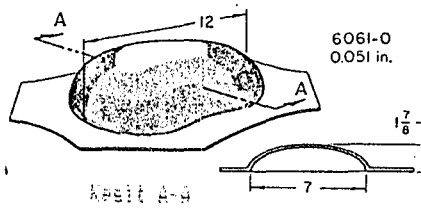
Kısa süreli kullanımlar için genellikle masonite uzun kullanımlar için ise Al, Zn ve Çelik kullanılır. Tampon malzemesi olarak birkaç farklı tip lastik kullanılabilir. Kaliteli lastikler, yağlara iyi direnç gösterirler ve farklı şekil verme gereksinimlerini karşılamak için sertlik, çekme mukavemeti ve sapma karakteristiklerine sahiptirler.(8)

3.3.2.2. Kapasite

İş parçasına uygulanan kuvvetlerin çok yönlü olması nedeni ile verilen alaşım veya temper, lastik

tampon şekillendirmede kovensiyonel Preslere göre Yapılandan daha sert olabilir. Bununla birlikte şekillendirme tamponunun değişken radyüsü iş Parçasının daha uniform uzamasına yardım eder.(8)

Şekil 3.13 te lastik tampon ve rijit dişi kalıp kullanımı ile değişken radyüsün avantajını gösteren bir örnek verilmiştir. Kırıklıkların oluşumu çekme Geliştikçe iş düzlemi ile lastiğin temasta olması nedeni ile azaltılır.(8)



Şekil 3.13. Lastik tampon ve dişi kalıp ile çekilen bir Parça (8)

3.3.2.3. Limitler

Lastik tampon metodu ile şekil vermenin daha basit tipleri nispeten düşük imalatlarda kullanılır ve işçilik ücreti yüksektir. Bununla beraber, lastik diyafram işlemi otomatik yükleme cihazına adapte olabilir ve seri imalata geçilebilir.(8)

3.3.2.4. Uygulamalar

Bu metod, özellikle uçak sanayiinde yapısal ana parçalar ve yüzey parçalarının yapımında kullanılır. Diğer uygulama alanları arasında tanıtım plakaları, yapıların dış panelleri, reflektörleri...ve sayılabilir.(8)

Metodun pekçoğunda 1.5 mm veya daha az kalınlıklı malzemeler kullanılır. 6.3 mm den daha kalın malzemeler nadiren şekillendirilir. Bununla birlikte 16 mm kalınlığa sahip alüminyum parçaların özel tezgahlarda şekillendirildiği görülebilir. Bazı bölümler, hem düz hemde eğik flanşlara sahiptir. Böyle parçalar için şekillendirme blokları bazen Guerin ve Verson Wheelon işlemleri arasında değiştirilebilir. Kertikler ve küçük eziklikler, el işlemleri ile düzeltilebilir.(8)

Lastik tamponlu şekillendirme ile elde edilen şekil, klasik tamponlu şekillendirmeye göre daha yumuşaktır. Ayrıca çubuk haline getirme işlemlerinde uygundur. Bantlar, geniş yüzeylerde inceltme olmadan rijitliği sağlamak açısından sıkça kullanılır. Klasik bir çelik zımba, kalıp ve saç tutucu ile iş parçalarının kenarlarından bantlara doğru hareket ettirilir. Çok fazla inceltmenin ve bantların kırılmasının önlenmesi için metalin akışının şekilli kısma doğru olması arzu edilir. Bazı parçalarda metal hareketinin yalnızca bant çevresinde sınırlanması gerekli olabilir.(8)

3.3.3. Magnezyum Alaşımları

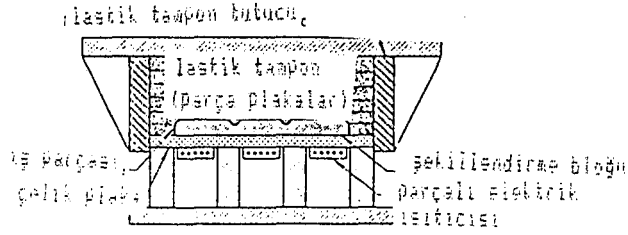
Magnezyum alaşımların lastik tampon şekillendirilmesinde genellikle hidrolik presler kullanılır. Takımlar, yalnızca tek bir şekillendirme için kullanıldıklarından daha basittirler.(8)

Öde sıcaklığındaki şekillendirmelerde şekillendirme bloğu malzemesi olarak odun veya masonite kullanılabilir. Çok sayıdaki üretimlerde dayanıklı olması bakımından Al, Zn, veya Mg kullanılır. Bununla birlikte AZ31B-0 veya LA141A alaşımları herç soğuk şekillendirmede büyük radyüsler kullanılmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda ise şekillendirme blokları, çalışma sıcaklıkları ve basıncında fazla sönmeyen malzemelerden yapılmalıdır; Mg, Al veya Zn 232 C dereceden daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirler. Daha yüksek sıcaklıklarda ise çelik bloklar kullanılır.(8)

Katı lastikten birleştirilmiş levhalar 316 C derece sıcaklığın üzerine kadar kullanılırlar. Lastiğin sertliği önemlidir. 40-70 durometer A sertliğinde olmalıdır. 316 C derece civarında yaylanma olmadığından tercih edilebilirler.(8)

3.3.3.1. Isıtma

Şekil 3.14 te gösterildiği gibi, ısıtma elemanları çelik platabı ısıtır. Isı, şekillendirme bloğuna plaka vasıtası ile iletilir. Alternatif olarak şekillendirme bloğu ayrıca bir fırın içinde ısıtılabilir ve sonra plaka üzerine yerleştirilir. Bu metotta bir asbest blok, ısıtılmış şekillendirme bloğu ile soğuk blok arasına izolasyon için yerleştirilir. Saç platalar genellikle ısı kaybını enaza indirmek için presin kenarına yerleştirilmiş fırın içinde ısıtılır.(8)



Sekil 3.14. Mg alaşımların şekillendirilmesi için takım ve ileticilerin düzenlenmesi.(8)

3.3.3.2. Baskı

Lastik tamponlu şekillendirme basıncı, sac kalınlığı ve şekillendirme sıcaklığının bir fonksiyonudur. 500 psi iş için en uygundur. Uygulanan basınç bir noktada toplandığından veya metal akışı genel basınç uygulanmadan önce başlaması gerektiğinden sepmatırma çubukları kullanılır.(8)

Şekillendirme sırasında iki operasyon vardır. İlk olarak iş parçasına kısmen şekil verilir. Kırışıklıklar, elle düzeltilir ve tam basınç altında preste tekrar şekillendirilir. Diğer metodlara göre, magnezyum alaşımlarından daha büyük baskı ile kırışma düzeltilmesi yapılabilir. Maksimum çekme limitleri tablo 3.4 te verilmiştir.(8)

Tablo 3.4

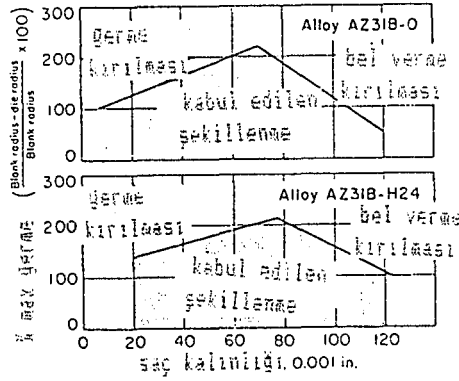
Lastik tamponlu şekillendirmede çekme flanşlarında bulunan maksimum sıkıştırma

Alaşım ve temper	Sacın kalın lığı (mm)	Şekillendirme sıcaklığı(°C)	Maksimum sıkıştırma %
AZ31B-H24	0.6	163	2.5
	1	163	4
AZ31B-O	0.6	288	3
	1	288	5

Kırışıklıklar enlecek olursa daha çok sıkıştırma mümkün olmaktadır. Kenar kıvrırma yapıldıktan sonra, küçük kırışıklıklar elle düzeltililebilir.(8)

Lastik tamponlu şekillendirmede germe kenar kıvrıması, sert haddeli magnezyum alaşımlı saçlarda (H24 temper) % 40, tavlı saçlarda % 70 e çıkabilir. Çeşitli kalınlıklar için AZ31B-0 ve AZ31B-H24 alaşımlı saçların 150 C derecede lastik tampon ile şekillendirilmesi sonucu çeşitli germe-kenar kıvrım limitleri şekil 3.15 te gösterilmiştir. AZ31B-H24 alaşımı için 163 C derecede 5t' lik minimum kenar kıvrım radyüsü önerilir. Kalıbın radyüsü yayılma dolayısı ile yaklaşık 1/2 t az yapılır.(8)

Lastik tamponlu şekillendirmede içe ve dışa bükülmelerin her iki türünde yapılabilir. Dışa bükmede kırışma daha az ve şekillendirme daha kolaydır.(8)



Şekil 3.15. 150 C derecede AZ31B-0 ve AZ31B-H24 alaşımlarının çeşitli kalınlıkları için flanş germe limitleri.(8)

3.3.4. Bakır Alaşımları

Bakır alaşımları, lastik tampon şekillendirme metodları olarak tanımlanan çeşitli teknikleri kullanarak şekillendirilebilir veya çekilebilir. Lastik tamponlu şekillendirmede lastik kalıp genellikle ucuz erkek zımba ile birlikte çalışan dişi kalıp gibi kullanılır bununla birlikte rijit kalıplar ve derin çekmede kullanılan alaşım ve temperler gerektirir.(8)

Lastik diyafram veya Marforming teknikleri vasıtası ile derin çekme, pahalı son işlem operasyonlarını gerektiren kırışma ve hatalara izin vermezsiniz tek bir çekişte çapta % 65 azalmayı sağlayabilir. Örnek 32 de metal kalıp ile birlikte konvansiyonel derin çekme ile karşılaştırmalı olarak

bakırın lastik diyafrem ile şekillendirilmesi dolayısı ile maliyet azalışı ve üretimi kolaylaştırıcı işlemler gösterilmektedir.(8)

3.3.5. Titanyum Alaşımları

Titanyum şekillendirmesinde lastik tamponlu şekillendirme, kenar kıvrımda, bükmede ve boşluk yapımında sıkça kullanılır. Presin kapasitesi, şekillendirilecek parçanın boyutlarını, mukavemetini ve kalınlığını kontrol eder. Bununla birlikte ilave sınırlamalar masa ve yarıklar ile ayarlanabilir.(8)

Kaplama, silici bilezikler, sıkıştırma panelleri gibi yardımcı aletler lastik tampon şekillendirmesinde olabilecek kırışıklık ve ezilmeleri azaltmak için gereklidir. Lastik tampon şekillendirme genellikle oda sıcaklığında veya orta sıcaklıklarda yapılır. Genellikle şekillendirmeyi takiben yaylanmayı, kırışıklıkları ve ezilmeleri gidermek ve şekillendirmeyi tamamlamak için sıcak şekillendirme yapılır. Şekli tamamlamak için el çalışması gerekebilir. Soğuk şekillendirme yapıldıktan sonra 24 saat içinde gerilim giderme işlemi yapılmalıdır. Keskin kıvrımların yapılabilmesi için basıncı arttırmak gerekir.(8)

Lastik tamponlu şekillendirmede titanyum alaşımlarının yaylanması diğer şekillendirme metodlarında gözlenenlerden herhangi bir şekilde farklılık gösterir. Genellikle yaylanma, şekillendirme hareketinin tersine yönde oluşur ve bükme radyüsü sıcaklıkla ters, kalınlıkla doğru orantılı olarak değişir.(8)

Tablo 3.5 de dört farklı sıcaklıkta beş titanyum alaşımının, derziliten flanşların lastik tamponlu şekillendirme için yaylanma değerleri görülmektedir. İş metali kalınlığı ve bükme radyüsü etkisi bu karşılaştırmada önemli görülmemiştir.(8)

Farklı basınçlar için iki alaşımın 0.5 mm kalınlıktaki sağlarının soğuk şekillendirmesinde yaylanma eğrisi ile basınç arasındaki ilişki gösterilmektedir.(8)

Basınç, Psi	Ti-6Al-4V	Ti-13V-11Cr-3Al
10000	17	15
50000	13	12

Tablo 3.5

Dört ayrı sıcaklıkta beş titanyum alaşımının Germe ve bükme flanşlarının yaylanması

Alaşım	Şekillendirme sıcaklığında yaylanma açısı							
	21 C		600 C		650 C		800 C	
	G	B	G	B	G	B	G	B
Ti-3Mn-1.5Al	8	10	11	11	9	13	7	8
Ti-2Fe-2Cr-2Mo	12	13	11	11	9	8	0	1
Ti-2Mn	14	13	10	11	8	10	8	9
Ti-6Al-4V	11-15	12-13	13-14	13-14	12-13	11-12	6-8	4-7
Ti-3Al-2.5Sn	14	14	18	14	14	14	12	12

* sac kalınlığı 0.6-2.3 mm iken, bükme radyüsü 3t-5t arasında

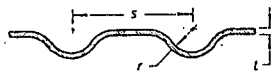
** G : Germe, B : Bükme

Lastik tamponlu şekillendirmede titanyum alaşımlarının bükülmesi ancak sınırlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Oda sıcaklığında yapılan bükme şekillendirmesi sınırlamaları tablo 3.6 da verilmiştir.

Tablo 3.6

Guerin işlemi için 3000 psi ve oda sıcaklığında bükme şekillendirme limitleri

r/t	Alaşım	Şekillendirme sınırlamaları	
		r/s	s/t
	Ti-8Al-1Mo-1V		
2		0.093	21.5
5		0.123	40.6
15		0.178	84.3
	Ti-13V-11Cr-3Al		
7		0.12	50
15		0.14	104
30		0.17	173



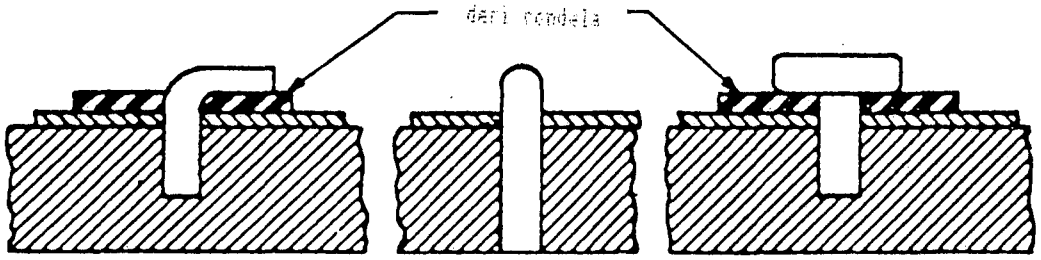
Lastiğin ısıya karşı sınırlı olan direncinden dolayı lastik tasponlu şekillendirme sıcak türü geliştirilememiştir. Tablo 3.6 da görüldüğü şekilde bükme yapılırken kordonun iç radyüsü(r), sac kalınlığı (t) ve bükme mesafesi(s) arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Belirgin bir kıvrım yapmak için ve lastiğin akmasının düzgünlüğü bakımından kıvrımlar arasında yeterli mesafenin bulunması gerekir.(8)

3.4. DİZAYN DETAYLARI VE KONSTRUKSIYON

Genellikle erkek şekillendirme bloğu gaz snüne alınarak dizaynlar hazırlanır.(13)

3.4.1. Tesbit Pimleri

Herhangi bir yere dayanmadıkça veya lastik yüzey üzerindeki pimi zorlamadıkça tesbit pimleri bloğun dibine kadar uzanmalıdır. Sakülebilir pimler için pim başı altındaki çizilmeleri önlemek amacı ile deri pullar kullanılabilir.(şekil 3.16)



Sekil 3.16. (13)

3.4.2. Flanşların Yapılması

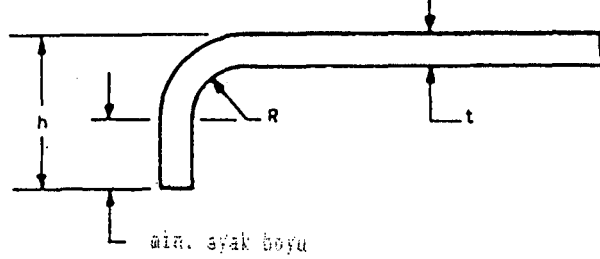
3.4.2.1. Minimum flanş yüksekliği

Lastiğin flanşın altına girmesini önleyen flanş yüksekliği, lastik basıncı ve sacın mukavemetine bağlıdır.

Yumuşak malzemeler için(245-0, 755-0) minimum serbest ayak yüksekliği ince kalıplarda 1t den daha az

iken bu yükseklik, kalın malzemelerde daha fazla olacaktır. Mukavemeti daha büyük olan malzemelerde(24S-T, 18-8SS)ince kalıplardaki flanş yüksekliği $2t$ iken, kalınlarda daha fazla olacaktır.(13)

Yumuşak tamponlarda lastik, flanşın altına kayacağından şekillendirme olmayacaktır.(13)



Şekil 3.17. (13)

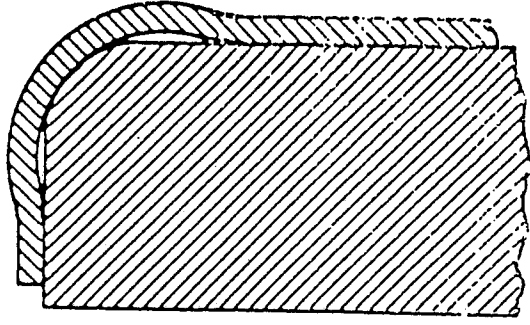
3.4.2.2. Minimum bükme Yarıçapı

Bu çap, presin basıncına bağlı olmayıp şekil verilecek metalin sünekliğine bağlıdır. Normal de kırılmanın kırılmanın başlayacağı yarıçapa kadar çıkabilir. Bu, parçelerin kenar şartlarına, malzemenin içeriğine ve bloğun bükme yarıçapı toleransına bağlıdır.(13)

3.4.2.3. Yaylanma

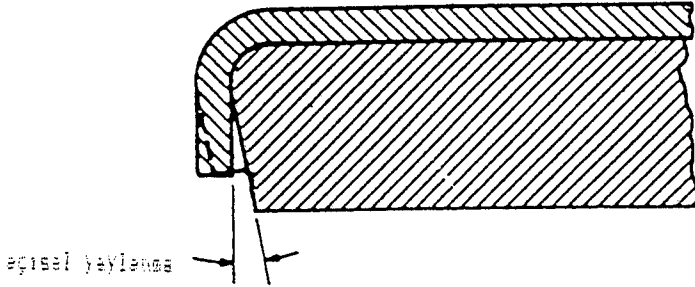
Malzemenin elastiklik özelliği, flanşın blokten kıvrılarak kalkmasına izin verir. Eğer malzeme blok ile tam bir temas sağlayacak şekilde bloğa bastırılırsa, yaylanma, malzemenin karakteristiklerine bağlı olup basıncıdan bağımsız olacaktır. Gerçekte ise aşağıdaki durum meydana gelir.(13)

En büyük değişim, bükme yarıçapı ve blok arasındaki geçiş bölgelerinde meydana gelir. Yüksek basınç daha yakın temas sağlar. Gerçekte ise yüksek basınçlardaki yaylanma düşük basınçtakilerden daha az olur. Normal bükme yarıçapı yerine minimum bükme yarıçapının kullanılması yaylanma sorununu azaltacaktır. Yumuşatma tavlamaları ve/veya sıcak işlemler yaylanmayı en aza indirir.(13)



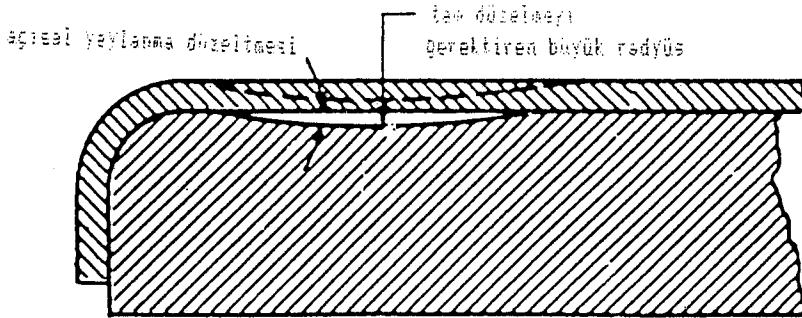
Sekil 3.18. (13)

Açısal gelişmeyi karşılamak için bloklar 1-3 derece kısaltılır. Böylece parça doğru açığa gelir.(13)



Sekil 3.19. (13)

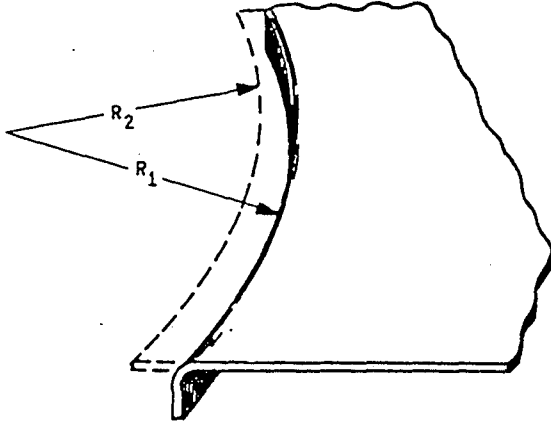
Yüksek mukavemetli malzemeler veya şekilli flaşlar kullanıldığında kalıp yüzeyinin çukur olması veya tam şeklinde olması önerilir. Böylece yüzey fazla hasarlanmamış olur.(13)



Sekil 3.20. (13)

3.4.3. Flaŋların Gerilmesi

Makas ile kesilmiş kenarlar veya önceden delinmiş kılavuz delikleri mevcut ise, yalnızca düşük uzamalar için kullanılmalıdır.(13)

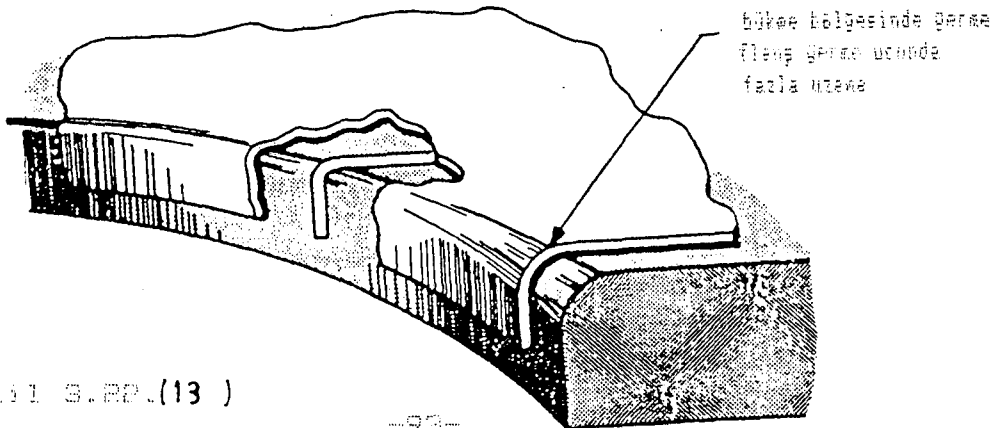


$$\% \text{ uzama} = \frac{R_2 - R_1}{R_1}$$

Sekil 3.21.(13)

Büyük eğrilik yarıçapı ve yüksek flaŋlar için gerilme kabiliyeti malzemenin uniform uzaması ile ilgilidir. Bu A3 ve T₃ ler için 0 temperlerden daha fazladır ve ısı ile azalır. Keskin eğrilik yarıçaplı ve kısa flaŋlar için malzemenin yerel uzaması daha önemlidir. Bu değer, yumuşak 0 temper için daha yüksektir.(13)

Bükmedeki açısal gelişim ve dairesel uzama hafif malzemelerde ciddi bir sorun değil iken, yüksek mukavemetli malzemelerde sorun yaratır. Kalıp yüzeyinin gütürleştirilmesi, bu olayı önler.(13)

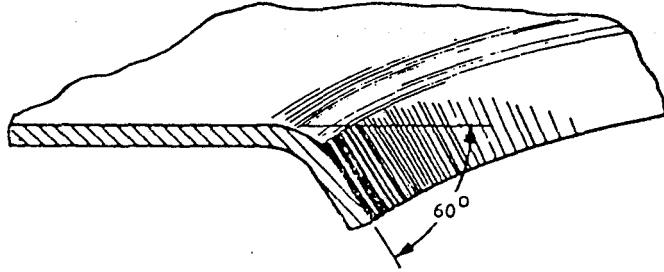


Sekil 3.22.(13)

3.4.4. Hafifletme Boşlukları

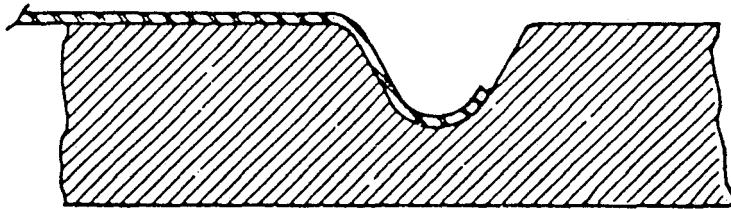
Hafifletme boşlukları gerilen flaşın bir formudur. Aşağıdaki şekiller, yaygın kullanımlarıdır. (13)

60 dereceli flaş boşlukları: Küçük ölçülerde kenarların hassas olması ve kırılmayı önlemesi açısından parlatma yapılmalıdır. Düz şekiller kolayca yapılabilir. Bununla birlikte dışı doğru zamanın yüksək olduğu yerlerde flaş yüksekliğinde azalma vardır. 60 dereceden farklı açılar için özel blok gerekebilir. 90 derecelik bükülmeyi sağlamak için 30 ar derecelik adımlar ile bu iş gerçekleştirilebilir. (13)



Şekil 3.23. (13)

Geri dönen kıvrımlar: Pek çok dizayncı, ağız boşluklarının kıvrık kenarlı olmasını düz flaşlara tercih eder. Blokları çukurlaştırmak yerine yumuşak malzemeler kullanılarak elastik bükülme önenebilir. (13)



Şekil 3.24. (13)

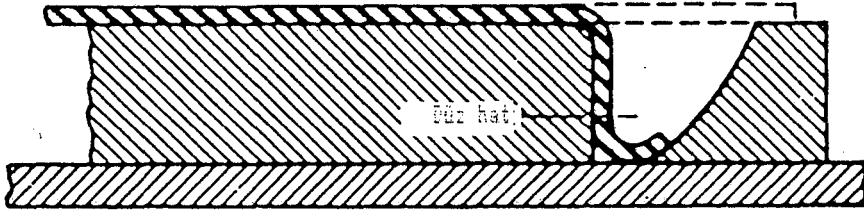
Geri dönen kıvrımlar, yuvarlak veya düzensiz şekillerde olabilir. Alüminyum sacların profil makinesinde şekillendirilmesi sırasında delüm kırkısite yeterlidir. (13)

3.4.5. Flanşların Çekilmesi

Lastik preste bir serbest kenarın büzülmesi çok zordur. Yüksek basıncılar, normal bir çekme ile flanşlara ekil verecektir. Bununla beraber eğer kontrol edilmez ise artan basıncı son düzeltme işlemine dahada zorlaştırır.(13)

Bentler: Sağı tutma görevini yerine getiren ve serbest kenardaki buruşuklukları sleyen yardımcı, sabit bir bent kullanılabilir. Bükme gerçekleştirildikten sonra yuvarlatılarak sokulacak bir sarma işlemi yapılır.(13)

Ağırı büzülme gereken yerlerde, sağı tutmak için gerekli malzemeye bir miktar daha ilave yapılır ve daha fazla derinlik sağlanır. Fazlalık daha sonra ayrı bir işlem ile alınır.(13)



şekil 3.25.(13)

Kademeleme: Bazan sınırlı bir üretim söz konusu olduğunda yardımcı bir blok kullanılarak ekil verilir.(yaklaşık 1/2 flanş yüksekliği) Bu yardımcı bloğun yüksekliği ilk işlemin kirişiksiz olmasını sağlayacak yükseklikte olmalıdır. Özellikle paslanmaz çelikte el işçiliği gerekebilir.(13)



şekil 3.26.(13)

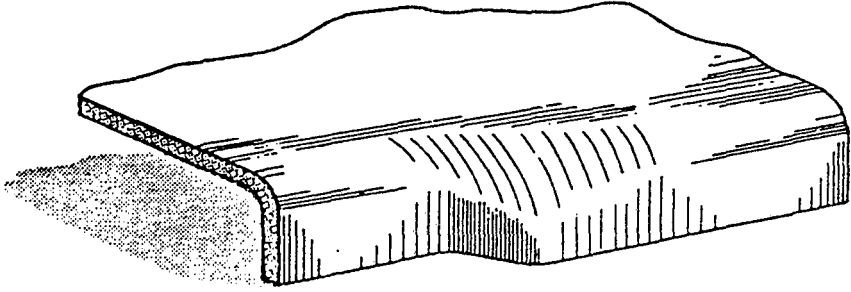
Kilitlemede kullanılan fazla flanş ve C flanş: Sağta fazladan bırakılan flanş normal çekmeye yardımcı olur.(13)

Tek bir işlemede "C" flaşlar tam olarak şekil verebilmek çok önemlidir. Yeterli yükseklik sağlanarak dönüş yapılır. 90 derecelik pozisyonda flaşı yeteri kadar tutabilmek için sağ yüksekliği gerektiğinden fazla olmamalıdır. (13)

Perçinin tek ucunda "C" flaş ve diğer ucunda düz flaş varsa, katı şekillendirme bloğunu esnettirebilir. Eğer iki tarafta "C" flaş varsa veya bloğu esnetemeyecek ağır malzemeden yapılmış ise yarık bloklar önerilir. (13)

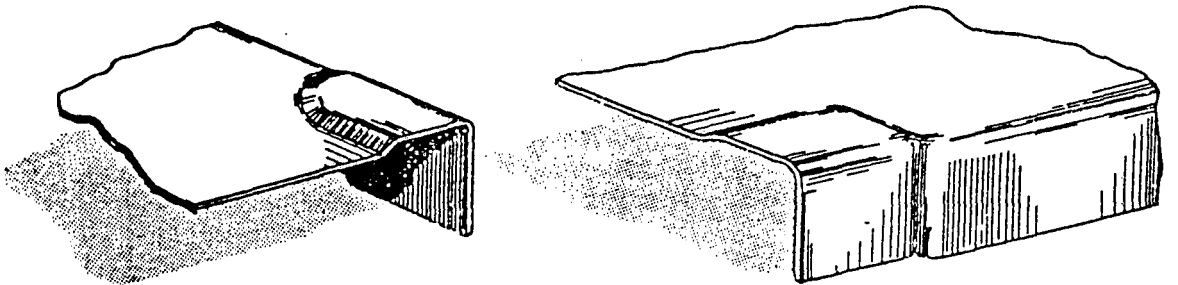
3.4.6. Kertikler

1.3 mm kalınlığa kadar olan saçlarda 4 ile 6 katı kadar uzunlukta (joggles) kolayca oluşturulabilir. Daha kısa uzunluklarda veya daha kalın saçlarda kertik oluşturmak için özel bloklar gerekebilir. (13)



Şekil 3.27. (13)

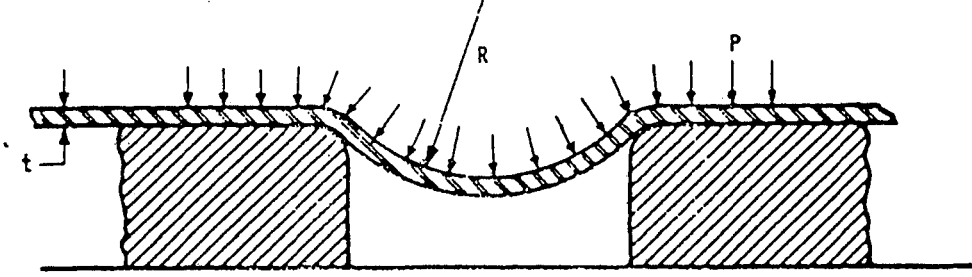
Şekilde görüldüğü gibi yarıçap eğimini arttıran Perçinler kullanılabilirler. Yüzeydeki bir plaka da aynı etkiyi yapar. Yüksek mukavemetli malzemelerde (24S-T) yüzey değişimleri boşluklara izin verilen yerlerde istenir. Düz şekillerde kertikler kaçıklıklara sahip değildir. (13)



Şekil 3.28. (13)

3.4.7. Yastık ve girintiler

Çıkıntı, yani yastıkların yapımı kolay olmasına rağmen girinti yapılması sırasında parça daha az gerilir. Girintiler, malzemenin mukavemeti ile, lastiğin dairesel geriliminin dengeye ulaştığı anda oluşur.(13)



Şekil 3.29.(13)

$$f_{ht} = P \frac{R}{t}$$

f_{ht} : yerel uzamadaki Gerilim
 P : lastik basıncı
 t : kalınlık

Bükme işleminde, çatlama olmadan elde edilebilen derinlik, malzemenin karakterine bağlıdır.(13)

Su verilmiş haldeki malzemede, tek bir vuruşta max. % 12 lik uzama elde edilir. Daha büyük derinliklerde ise iki aşamalı işlem önerilir. İlk olarak, düşük basınçta işlem yapılır, ardından ısıtma işlemi yapılır ve son basınç uygulanır. 18-8SS sağıta tek bir işlem yapıldığında genişliğinin yaklaşık % 35 derinliğinde şekil verilebilir.(13)

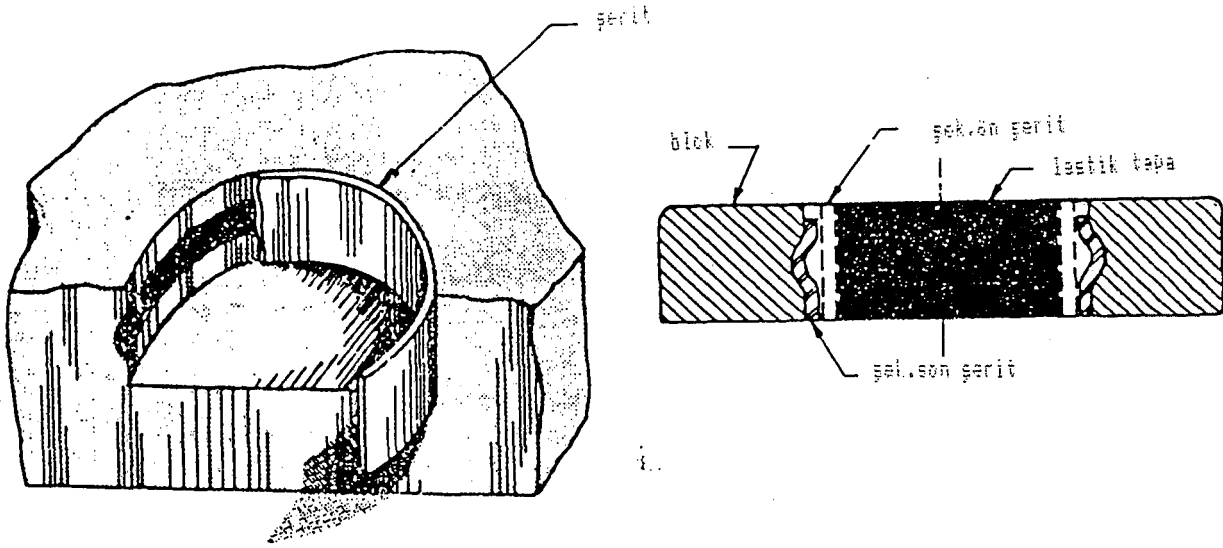
3.4.8. Özel Bloklar

Bazı parçalarda standart erkek bloklar yerine dişi bloklar kullanılır.(13)

Dişi Bloklar: Çekme presleri ve şahmerdan parçaları olarak sınıflandırılan bazı parçalar için uygun bir çekme yarıçapı üzerinden malzemeyi besleten dişi bir kalıp yapmak mümkündür. Kesin limitler oluşturulmadığı halde yuvarlak şekiller için 145 mm çapındaki 755-0 sağı 50 mm derinliğe gerilebilir. Kalıp üzerinde, sağıın alt yanında uygun bir yağlayıcı gereklidir. Çelik kaplanmış veya çelik malzemeli kalıplar, en iyi

şartları sağlarlar. Bununla birlikte dökme kirksite de kullanılır.(13)

Göbekler: Bükülen silindirik flanşlar, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kalıplar içersinde paslanmaz çelikten yapılabilir. Kalıp katı ve düzgün, şgölü ve tek bir operasyonda yapılacak şekildedir. Parça kalıbın dışına doğru esneklerir. Silindirik kısımlar için düz kalıpların yeterli olması gerekir.(13)



Sekil 3.30. (13)

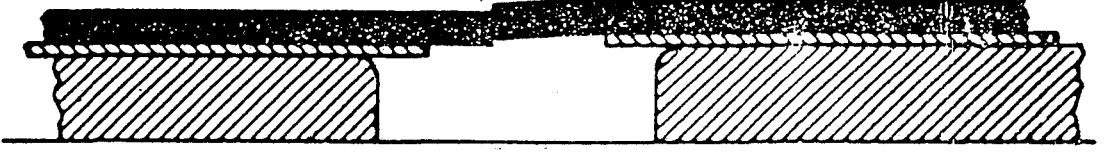
3.4.9. Tampon ve Derinin Kullanımı

Tamponun aşınma olasılığı, yüksek basınçta daha fazladır. Esas tampon malzemesi uzun ömürlü, iyi uzama özelliklerine sahip, yumuşak (35-40 durometer) Neoprene dir. ertme tamponları, kesilme oluncaya kadar lokal aşınmayı en aza indirmek için döndürülebilir veya ters çevrilebilir.(13)

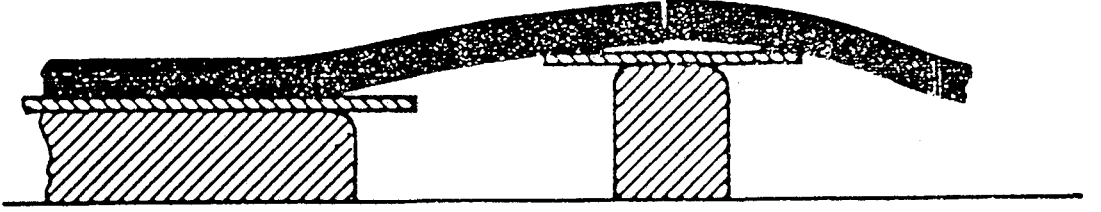
En uygun ertme tamponunu seçmek mümkündür: Bazı işler kırılacak derecede sert tamponlara ihtiyaç duyarken bazıları da yumuşak tamponlara ihtiyaç duyarlar. Tamponların birbirine yapışmasını önlemek için talk pudrası kullanılabilir.(13)

Genel işler için, masayı tam kaplayan tampon önerilir. Blok yüksekliği izin verdiği takdirde 25 mm lik tamponlar önerilir. Genellikle 12 mm lik tamponlar kullanılır. Çok parçalı tamponlar, büyük boyutlu

Parçaları şekillendirmede kullanılır.(13)



İzgi



Yarılg

Sekil 3.31.(13)

Yumuşak Tamponlar: Normal basınç uygulanan yerlerde 30-40 durometer sertliğindeki tamponlar yeterlidir. Lastiği serbest uç kenarlarına getirmeye gerek yoktur. Bükülme flaşlarında olduğu gibi sünek şekil vermenin istendiği yerlerde uygun değildir.(13)

Sert Tamponlar: Minimum flaşlar ile karşılaşılan yerlerde 70-80 durometer sertlikte tamponlar kullanılır. Blok veya masa, tamponun karşılayamayacağı yüksek uzama yarattığı zaman tampon kırılmaya meyil gösterir. Bu durumda bloğa göre daha geniş tampon kullanılır.(13)

Deri: Deri kullanımı, iyi sonuçlar verir. Özellikle eğilecek, bükülecek fakat çok söndürülmeyecek yerlerde kullanılır. Hafif malzemelerin çekilmesinde deri, süneyi önler ve küçük kıvrımları düzeltebilir. Ayrıca lastiğin serbest kenar altına girmesini önler. Derinin sert lastik ile birlikte kullanılması daha uygundur.(13)

4. SONUÇLAR

Bu tez, metal levhalara şekil verme yöntemleri temel alınarak hazırlanmış olup, özel olarak gererek şekillendirme ve lastik tamponla şekillendirme yöntemleri anlatılmıştır.

Bu iki yöntem, kendi bölümlerinde açıklandığı gibi metal levhaların şekillendirilmesinde çok fazla kullanım sahasına sahiptir. Gerek tek kalıp ile şekil vermenin gerçekleştirilmesi, gerek ölçüsel hassasiyetin küçük olması, gerekse uygulanan kuvvetin genel şekillendirme preslerine göre az olması iki yöntemde avantajları içindedir.

Metal levhaların şekillendirilmesinde pekçok değişkenin kombinasyonu rol oynar. Sağ malzeme özellikleri, yağlama özellikleri, takım malzemesi ve şekli, kullanılan presin özellikleri gibi pekçok etken şekillendirilebilmeyi doğrudan etkiler. Üretim aşamasında metalurjist, matematikçi ve mühendislerin işbirliği ile tecrübe faktörü birleştirilerek optimum sonuca ulaşmak mümkündür.

Hem gererek şekillendirmede hemde lastik tamponla şekillendirmede şekil verilecek parçanın boyutu, malzeme, şekil ve şekillendirme kuvvetine göre değişim gösteren prosesler mevcuttur. Bu proseslerin seçimini doğru şekilde yapmak gerekir. Prosesler: -- Gererek Şekillendirmede: Germe-Çekme, Germe-Sarma, Basma, Radyal Çekme; Lastik tamponla şekillendirmede: Guerin, Marform, Kapalı lastikle şekillendirme, Lastik diyafram, Verson-Wheelon.--

Bu çalışmada, yukarıda sözü edilen sorunlara açıklık getiren teorik bilgiler ve örnekler bulunmaktadır. Bununla birlikte çok kompleks bir işlem olan metal levha şekillendirmesi için teorik bilgilerin yeterli olmadığı bir gerçektir. Bu yüzden üretim sırasında pekçok araştırma ve denemelere ihtiyaç duyulacaktır.

ÖRNEKLER

ÖRNEK 1. Bir otomobil arka bagaj kapağının gererek şekillendirilmesi. (Şek. 2.6)

Şek. 2.6. da gösterildiği gibi eş kalıpların kullanılması ile Germe-çekme Presi altında meydana getirilir. Saçlar, ticari nitelikte soğuk haddelenmiş 1008 çeliğidir. (0.9144 mm kalınlık, 1447 mm genişlik, 1702 mm uzunluk) Bu örnekte yalnızca, artık freze yağı kullanılır. Üretim değeri her saat için 360 parçadır. Yıllık üretim 400000 bagaj kapağıdır. (8)

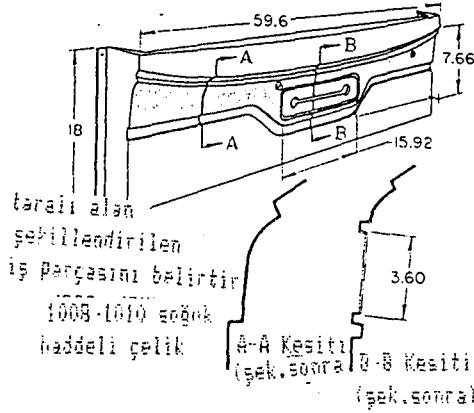
Hareket eden bölüm nedeni ile çeneler kullanılarak saça gerilim uygulanır. (Bu işlemden genellikle hidrolik silindireler kullanılır.) Gerilim uygulanan saçın üzerinde gerilim mevcut iken alt kalıp üzerinden gerdirmek için saç alçaltılır. Sonunda, üst kalıp, kapağa şekil vermek için her iki kalıp içinde saçı sıkıştırır. (8)

İşlem süresi 7 saniyedir. Bu düzeltilmiş parçalar, çiziksiz, iyi, kaliteli ürünlerdir. (8)

ÖRNEK 2. Sert olarak şekil vermeye yarıkların kullanımı (Şek. 1)

Kamyon kapağının, 1727*457*0.89 mm lik soğuk haddelenmiş alüminyum ile söndürülmüş 1008 veya 1010 çeliğinden eş kalıplar kullanılarak gererek çekme metodu ile şekillendirilmesi gösterilmiştir. Şekil verme daha sonra kesilecek olan bölgede serttir ve uzamanın burada serbest bırakılması gerekir. Metalin sert şekilli bölgede akmasını sağlamak için atılacak kısımlarda yarıklar açılır. Deliklerin yok edilmesi zor olduğu için yarık açma daha çok kullanılır. Topuzlanma etkisi, şekil verme aşamasında yarığın yuvarlatılmış uçlarından uzayan metalin çekilmesine neden olur. (8)

Gererek çekme metodu ile kaportanın imalat değeri, pres ile şekil verme değeri ile aynıdır. Bir saatte yaklaşık 100-150 parça üretilir. Saçları çenelere yerleştirmek ve işlenmiş ürünü almak için otomatik bir yükleyici kullanılır. Çeneler, 70 ton gerilim uygulayabilir. Pres kapasitesi ana şahmerdan üzerinde 800 ton dur. Uygulanan germe % 1-1.5 tur. Yıllık üretim 25000 parçadır.

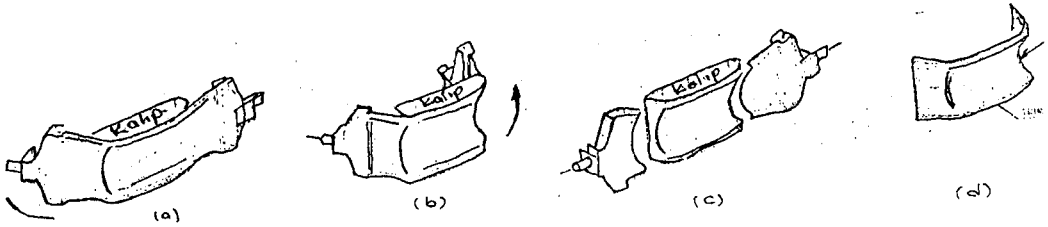


Şekil 1. Bir pres içinde eş kalıplar ile kamyon kapağının gererek çekilmesi.(8)

ÖRNEK 3. Boydan boya konveks olan "U" şekilli bir parçanın şekillendirilmesi.(Şek.2)

Malzeme 0.82 mm kalınlıklı 24S-T3 Alclad' tir. Çenelere bitişik olan kalıbın eğimli kenarına ağır, alt ve üst kışelerine ince yağ uygulanır. Akma noktasına kadar ön gerilme uygulanır ve akma basıncında kalıbın düz bölgesi ile sağ temas edene kadar bükülerek parçaya ilk şekil verilir. Bu noktada iki kol da durdurulur. Nötral durumda, sağ yarısına gerilim silindiri yerleştirilir. Sol yarısına son işlem yapılır ve nötral durumda iken sol yarı gerilim silindiri yerleştirilir. Sağ yarısına son işlem yapılır.(7)

Bu örnekte akma basıncı çok önemlidir. Malzeme kalıptan çıktıkten sonra fazla gerilme uygulandı ise sağ, şekil verme çevriminin ilk aşamasında kalıbın kenarına doğru kayabilir. Akma basıncı çok düşük ise, sağ, kalıbın düz kenarı ile temastan önce bükülür. Kalıp üzerindeki boşluklardaki yüzeyde bükülme görülebilir. Bükülme meydana geldi ise bu durumda bükme hızına göre germe oranı arttırılması yoluna gidilmelidir.(7)



Şekil 2. "U" şekilli parçanın şekillendirilmesi.(7)

ÖRNEK 4. Gererek sarma metodu ile bir uçağın ana kanat paneline şekil verme.

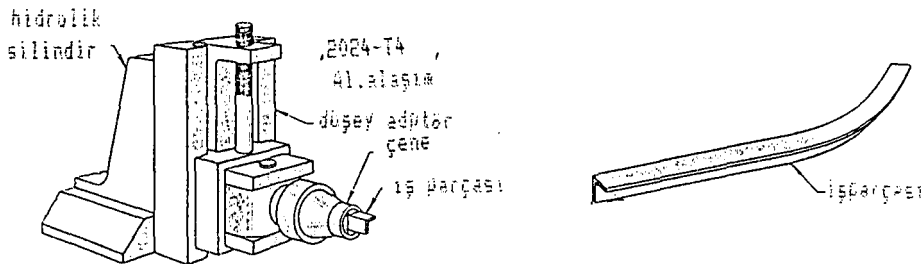
6061-0 Alüminyum alaşımı oluklu bir kanat paneline dikey eksen etrafında dönebilen bir tablada şekil verme makinası ile şekil verilebilir. Üzerinde hava ekış yönünde oluklar açılmış bu saç, çeneler ile tutturulur. Uygulanan gerilim, işlem metalinin akma noktasının biraz üzerindedir. Döner tablaya bağlanmış şekillendirme bloğu, olukları yassılaştırmadan kanada düzgün şekil verdirerek, iş parçasına doğru yavaşça döner. Şekillendirme bloğu saça doğru hareket ederken hidroliki olarak gerilimi, akma noktasının az üzerinde tutar. Şekillendirme bloğu son şekle göre yapılır. Yaylanma çok az olduğu için hesaba katılmaz.(8)

ÖRNEK 5. Tren vagonları için iskelet kavislerinin basma ile şekillendirilmesi.

201 Paslanmaz çelikten yapılmış tren vagonu iskelet kavislerine bu metod ile şekil verilebilir. Şekillendirme bloğu, istenen şeklin iç tarafına göre hazırlanır. Sıkıştırma şahmerdanı üzerindeki silici palet, şeklin dışına göre hazırlanır. İmalat, 2000 parçadır. Saatte 20 parça üretilir. Şekil verme kuvveti, pres ile şekil verme işleminde gerekli olan kuvvetin yalnızca % 2 sidir.(8)

ÖRNEK 6. Yüzey şekillendirmesi sırasında açılı profilin oluşturulması.(Sek.3)

Bir deniz emniyet taşıtının küpeştesi için "L" kesitli bölüm radyal kesit ile birlikte döndürülerek oluşturulmuştur. Parça, 2024-T4 Alüminyum alaşımıdır. Şekillendirmeyi çok düzlemsel olarak ta gerçekleştirmek mümkündür. Fakat, tutucu emniyet bileziği, parçanın dönmesi için gayrettilerle te bu şekil oluşturmak mümkündür. Genel üretim miktarı, 500 parçadır ve saatte 10 parça hızı gerçekleştirilebilir.(8)



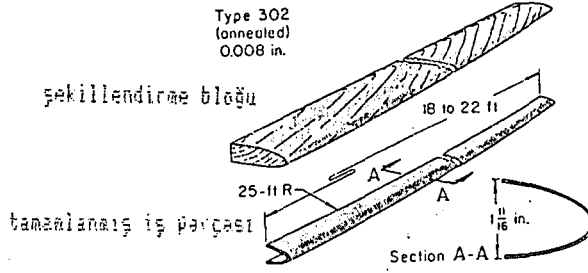
Sekil 3. "L" kesitli küpeşte profili.(8)

ÖRNEK 7. Uçak kanat taşıma kenarının gererek şekillendirilmesi.(Şek. 4)

Şekil 4' te kesit AA da görülen kanat konturu, 0.2 mm kalınlık, 114 mm genişlik ve 5.5-6.7 m uzunluktaki 302 paslanmaz çelikten, kuru germe metodu ile şekillendirilir. Saç, ilk önce kıvrılır ve tavlama yapılır. Tavlama sonrası, işaretlenen şekilde 7.6 m radyüse getirilir.

Kanat, sert ağaç blok üzerine ve tüm yüzeyine doğru radyal bir çekme mekanizması içinde gererek şekillendirilir. Yağ, sürtünme sırasında lokal değişikliklere sebep olabileceğinden kullanılmaz. Şekil verme zamanı üç işçi ile her parça için 10 dakikadır. Ayarlama zamanı iki saattir. Tipik üretim 100 parçadır.

Kıvrılan şeklin germeden sonraki hassasiyeti - 0.127 mm dir.(8)



Şekil 4. Uçak kanadının yağsız olarak gererek şekillendirilmesi (8)

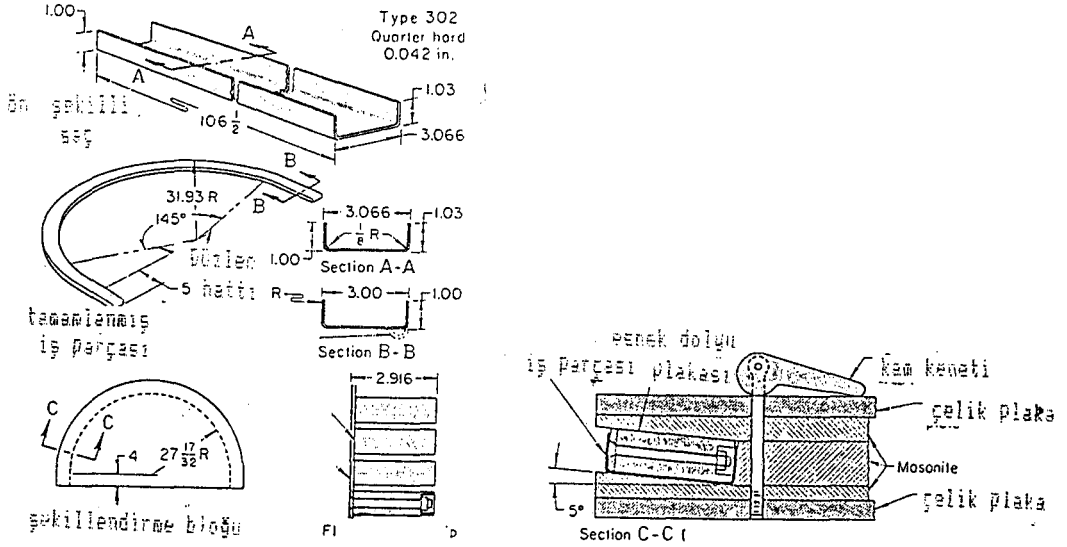
ÖRNEK 8. Yaylanmanın önlenmesi için bükmenin kullanılması. (Şek.5)

Şekil 5 te görülen kanal kesiti, bir pres içinde bu şekil verilerek 1.047 mm kalınlıklı çeyrek sert 302 paslanmaz çelikten yapılmıştır.

Satışın dış kenarına yakın metal ve flanş dışındaki elastik düzelme, şekillendirme geriliminin bırakılması ile parçada kıvrılma ve bel vermeye sebep olabilir. Bunu önlemek için parça, şekillendirme bloğu vasıtasıyla şekillendirilir ve gerilim dereceli olarak arttırılır.

İş parçasındaki ilk ters bükmenin oluşturulması için 5 derecelik kama şekillendirme bloğuna ilave edilir. Takım detayları şekilde gösterilmiştir.

Başlangıçta uygulanan gerilim 7701 kg, 45 derece bükmede 8856 kg, 90 derecede 9241 kg, 135 derecede 9626 kg ve bükme tamamlandığında 10011 kg dir. Şekillendirme tamamlandıktan sonra iş parçası, 145 dereceye kesilir.(8)

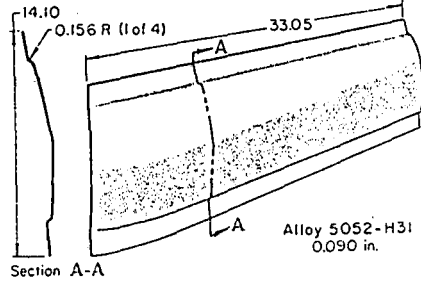


Şekil 5. Kanal kesitin gererek şekillendirilmesi.(8)

ÖRNEK 9. Otobüs gövde panelinin iki usulde şekillendirilmesi için şekille çenelerin kullanımı(Şek.6)

Şekil 6 da görülen motor gövde paneli, eş kalıp metodu ile şekillendirilir. Parça, hem yatay hem dikey durumda şekillere sahiptir. 381*840 mm boyutunda, 2.3 mm kalınlığındaki 5052-H31 alaşımli sac çeneler tarafından tutulur. Yan taraftaki özellikleri belirten hatlardan dolayı istenen şekli vermek için zımbe üzerinden çekilir. Sac, M 1 ile 1.5 gerdirilir. Şekil verildikten sonra eş kalıp ile panel tam olarak birleştirilir. Zımbe ve kalıp dökme demirden yapılmıştır.

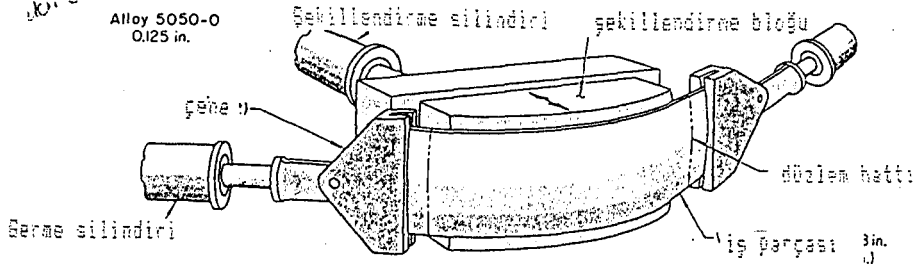
Gererek çekme kalıbının maliyeti, klasik pres kalıbının maliyetinin yaklaşık 1/3 ü kadardır. Yıllık üretim, her bir araç için 23000 paneldir. Şekil verilen paneller, sülfirik asit işleme tabii tutularak parlak hale getirilir. (8)



Şekil 6. Otobüs gövde panelinin yatay ve dikey düzlemlerde gererek çekme ile şekillendirilmesi.(8)

ÖRNEK 10. Parabolik mikrodalga reflektörünün gererek çekilmesi. (Şek.7)

Şekil 7 de gösterilen 5050-0 alaşımına üç boyutlu parabolik kavis verilmesi (1625*4267*3.175 mm) gererek çekme ile gerçekleştirilir. Hidrolik bir silindir ile hareket ettirilen şekillendirme bloğu ile 196 tonluk bir yatay pres kullanılır. Kavisin tepesi 228 mm yüksekliğindedir. Hassas çekilde düzeltilen parçaların mikrodalga reflektör olduğu için yüzeylere zarar verecek zerrelerden korunmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 7. Parabolik reflektör şekillendirilmesi.(18)

Şekillendirme blok malzemesi epoxy fiber glass'tir. Malzemeye bir şablon ile sürülür.

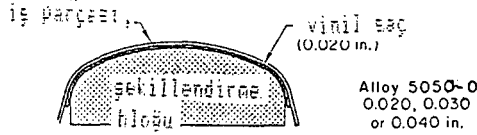
Yağlayıcıların toz çekmemesi için tüm şekillendirme işlemi kuru yapılır. Her parçaya çekil vermeden önce şekillendirme bloğu temizlenir. Şekillendirme bloğu üzerine presin ana şahmerdanı ile 3 veya 4 tonluk bir kuvvet uygulanır. Şekillendirme süresi 7 dak.dır. Sağı hazırlamak ve şekillendirme bloğunu temizlemek için ayarlanan süre 2 saattir. Tipik imalat parça sayısı 150-200 dür.(9)

ÖRNEK 11. Parabolik reflektörün gererek çekme işleminde sentetik bir tabakanın kullanımı. (Şek.8)

Şekil 8 de gösterilen sabit şekillendirme bloğu ile yatay bir gererek çekme presinde parabolik mikrodalga reflektöre şekil verilir. 5050-0 alaşım sac 1270*5588*0.5/0.76/1 mm boyutlarındadır.

İnce bir tabaka sentetik klorit yağlayıcı vazifesini sağlamak ve yüzeyleri tozdan korumak için şekillendirme bloğu ve sac arasına yerleştirilir.

Şekil verilen panel için toplam tolerans -0.760 , şekillendirme bloğu için 0.5 mm dir. Yaılanmaya izin verilmez her parçaya şekil vermek için gerekli zaman 7 dakikadır. İmalat 150-200 parçadır.



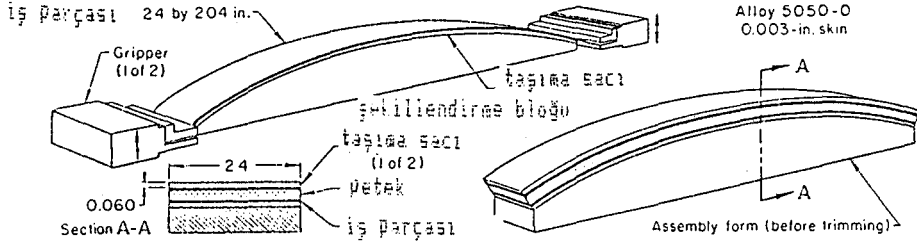
Sekil 8. Parabolik mikrodalga reflektörün şekillendirmesi. (8)

ÖRNEK 12. Bir petek paneli cidarının gererek çekme şekillendirmesi.

9 m çapındaki parabolik reflektör petek panelinden yapılmıştır. Bu peteğin her iki yüzünde 5050-0 alaşımli 0.076 mm kalınlıklı ince tabakalar mevcuttur. Fabrikasyon kolaylığı için reflektör tabanında 610 mm genişlikte bir pasta şekli oluşturulur. Yansıtıcı yüzeyler için 0.076 mm kalınlığında 610 mm genişliğinde 5.2 m uzunluğunda dikdörtgen tabakaları 150 tonluk dikey preste şekil verilir. Önce, 5050-0 alaşımli 1.5 mm kalınlığındaki taşıyıcı tabaka, şekillendirme bloğu üzerinde gerilerek çekilir. İş parçası folyosu bir makara üzerine aktarılır. Tabaka yani folyo şekil verme yüzeyi üzerine sarılmaz, bir ucunda madale bağlanır.

İş parçası, şekil verildikten sonra taşıyıcı bileğe üzerine alınır. Daha sonra petek çene bağlanır. İş parçasındaki ince levheler çenen reflektör kısmındaki diğer şekil verilir. Her dış kısım, şekil verildikten sonra taşıyıcı bileğe bağlanır. Dış kısımlarda şekil verme yüzeyi diğer kısımlardan tabaka şekillendirme

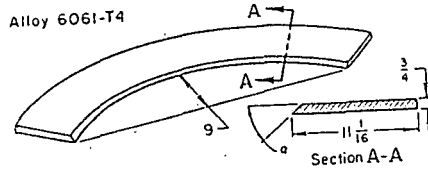
bloğu üzerinde kalır. Şekillendirme blok yüzeyleri ve taşıyı tabakaların toz zerrelerinden uzak tutulması ve her işlemden önce temizlenmesi gerekir. (8)



Şekil 7. 0.076 mm kalınlıklı cidarın gererek çekme ile şekillendirilmesi. (8)

ÖRNEK 13. Açılı bükmeli bir parça için germe-çekme presinin kullanımı. (Şek.10)

Şekil 10'da görülen mikro dalga reflektör iskeletleri 6061-T4, 1.9 mm kalınlık, 280 mm genişlik ve 3810 mm boyundaki alaşımdan yapılır. Parabolik şekli uyması için kenarına açılı bükme yapılır.



Şekil 10. Açılı bükmenin gererek çekmeyle şekillendirilmesi. (8)

Bükmeden önce her bant bir kesici ile düzeltilir. Kavis, parabolik olduğu için yarıçap eürekli değişmektedir. Eğrilikten kirişe olan en mesafe 228 mm dir. Bövde kirişine yatay bir Preste şekil verilir. Yağlayıcı kullanılmaz. Şekillendirme bloğunun enü uzunudur. Ayar zamanı 2 saattir. Her parça için şekil verme süresi 7 dakikadır. (3 operatör kullanarak) (8)

ÖRNEK 14. Ekstrüzyon kesiti gererek çekme şekillendirilmesi (Şek.11)

38*38*4.7 mm ölçülerindeki ekstrüzyonlu 6063-T5 alaşımlı "Z" şekilli çubuk ısıl işleme tabi tutulur. Şekil 11'deki çatı temasını oluşturmak için gererek şekillendirilir. Şekil verme sırasında flanşı desteklemesi açısından şekillendirme bloğuda "Z"

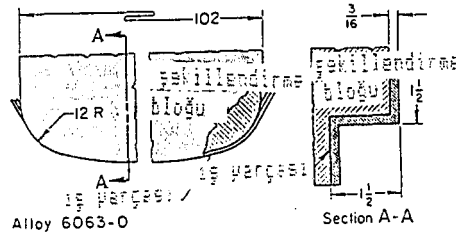
şekilli yapılır.

Metal, akma noktasının üzerinde bir noktaya getirilir ve yaylanma olmadan şekillendirme bloğunun şeklini alır.

Yağ, normal iş parçasından 200 mm daha uzun kesilir ve şekil verildikten sonra kenarlardan 100'er mm kısaltılır.

Bu çubuğa, bir şablon kullanarak haddelene ile de şekil vermek mümkündür. Bu işlemi yapmak için gerekli adam-saatler aşağıda verilmiştir.(8)

	<u>Germe işlemi Haddelene</u>	
Ayar zamanı, adam-saat	4.0	0.5
Tek parça zamanı, adam-saat	0.1	0.5

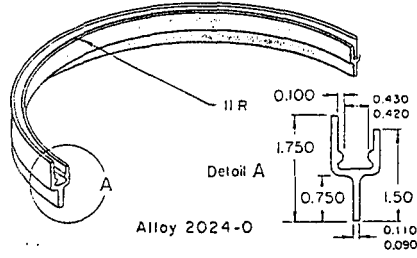


Şekil 11. Ekstrüzyon "Z" çubuğun gererek çekme şekillendirilmesi.(8)

ÖRNEK 15. Gerçek sarma sırasında profil kesitin desteklenmesi(Şek.12)

Şekil 12' de gösterilen profil kesit, bir uçak kanopisi için en kısa kirisi olarak kullanılan kısımdır. 2024-O alaşımı, kavis çevresince profil kesiti desteklemek için bir dolgu parçası ve dış şekli verilmiş bir şekillendirme bloğu kullanarak gererek sarma işlemi yapılır. W temper, ısıtma işlemi yapıldıktan sonra tekrar iş parçası gererek sardırılır ve bir fixture de kontrol edilir. Şekildeki ve kesitteki değişiklikler -0.254 mm içinde korunur.

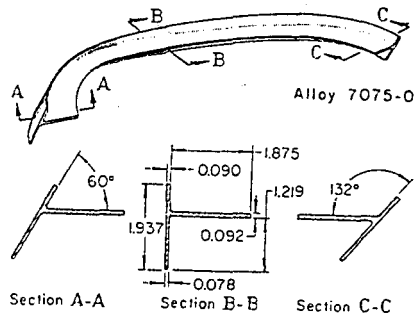
Şekillendirme bloğu, çinkodan yapılır. Yağ, freze yağıdır. Ayarlama süresi 1 saattir. İki kişi çalıştığında imalat süresi her parça için 9 dak.dır.(8)



Şekil 12. Gererek sarma ile şekillendirilen ekstrüzyon kesiti. (8)

ÖRNEK 16. Flanş ve ayak arasında açısal farklılık bulunan bir "T" profilin radyal çekme şekillendirilmesi. (Şek.13)

Şekil 13 de görüldüğü gibi, bir "T" profilden yapılan kanopi parçası uzunluk bakımından ve kesitiyle tamamen farklıdır. Özgün olarak monte edilir ve 3 ayrı şekillendirilmiş parçadan radyal çekme şekillendirmesiyle yapılır. Malzeme 7075-0 dur. Flanşa bir basma pedalı ile kerişik bir şekillendirme bloğu eğriligi verilir. "T" profil, şekillendirme bloğundaki yarık sayesinde gerdirilir. Böylece "T" profilin eğilme ve bükülmesi, gererek sarılma ve basma şekillendirmesi ile aynı zamanda yapılır. İmalet değeri, bir saatte 15 parçadır.

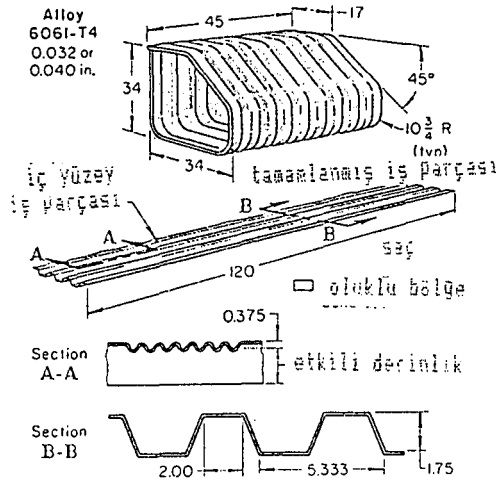


Şekil 13. "T" kesitli profilin radyal çekme ile şekillendirilmesi (8)

ÖRNEK 17. Eğilme derinliğini azaltmak için düzeltilmiş olukların kullanımı. (Şek.14)

Oluklu - eğilme şekil 14' te gösterildiği gibi ayak

kargo taşıyıcısı yapmak için 90 derece ve 45 derece eğik şekil verilir. Esas parça 3048 mm uzunluklu 1143 mm genişlikte, 0.81 veya 1 mm kalınlıkta bir "V" saçtır. Üzerinde hadvesi 135 mm olan 45 mm derinlikli oluklar mevcuttur. 45 derecelik eğiklik, radyal çekme şekillendirmesi ile rahatca yapılır. Fakat 90 derecelik eğikliklerin yapılması gerçekleştirilememiştir. Ya, iç kısımlar çökmüş yada onları destekleyen dış kısımlar yırtılmıştır. 90 derecelik eğimde iç kısım sirtlarının çökmesini önlemek için 9.5 mm derinliğinde bir oluk dizisi, eğim bölgesinde oluşturulur. Bu kanallar, eğimin doğallığını değiştirir ve 9.5 mm derinlikte etkiyi azaltır. 90 derecelik eğim yapıldığında dış sirtlardaki çekme gerilimi düşürülür ve iç sirtlardaki oluklar basınç ile oluşturulurlar. Saçlar, mümkün olduğunca iyi temizlenmelidir. Kalan çapak ve tozlar, gererek şekillendirme için zarar verici etkiye sahiptirler.



Şekil 14. "V" şekilli saçtan radyal çekme ile şekillendirilmiş bir taşıyıcı plaka.(8)

Şekillendirme bloğu, gelik tabanlı bir epoxy fiber glass 'dan yapılır. Ticari bir "V" şekilli saçın ana boyutlarına göre hazırlanan bir şablonla epoxy sürülür. Silici' papuç ve mandallar dakümdendir. Epoxy fiber glass şekillendirme bloğu 5000 parçalık ömre sahiptir.

Tüm bükümlerin iç çapı 228, dış çapı 273 mm dir. Eğriliğin dış yüzey şekil toleransı 0.76 mm dir.

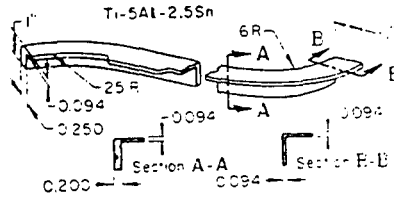
Bu toleransların uçak gövde şekline uyması gerekir. 90 derecelik bükümler, yaylanabilmesi bakımından 20 derecenin üzerinde sardırılır. Açısal değişim 1 derece içinde olmalıdır. İmalat süresi 3 kişinin gelişmesi halinde 15 dak.dır. Ayar süresi, 1.5 saat ve üretim değeri ayda 300 parçadır.(8)

ÖRNEK 18. İki operasyon ile bir ağırlığın oluşturulması.
(Sek.15)

Şekil 15 te gösterilen parça Ti-5Al-2.5Sn alaşımının tavlama ekstrüzyonundan dik kenarı 6.35 mm yan kenarı 2.4 mm olacak şekilde makinede işlenir. Makinada işlenen parça, düşük karbonlu kalıp kullanarak 15876 kg kapasitesindeki makinada oda sıcaklığında gererek şekillendirilir. Operasyon sırası şayledir.

1. Kirli yüzeyi kaldırmak için makine işlemi yap.
2. 650 C derece sıcaklıkta 2 saat gerilim gider.
3. İstenen şekile gelmesi için oda sıcaklığında ger.
4. 650 C derecede sıcaklıkta gerilim gider.
5. 650 C derecede gererek şekillendirme yap.
6. Son boyutuna getir.
7. Nitrik hidroflorik asit banyosunda temizlik yap.

Üretim zamanını kısaltmak için şekillendirme takımları sık sık ısıtılır. Şekillendirme takımları, 540-650 C sıcaklık arasıdır. Ağırlığın her yerinin ısıtılması operasyon boyunca yapılabilir.(8)

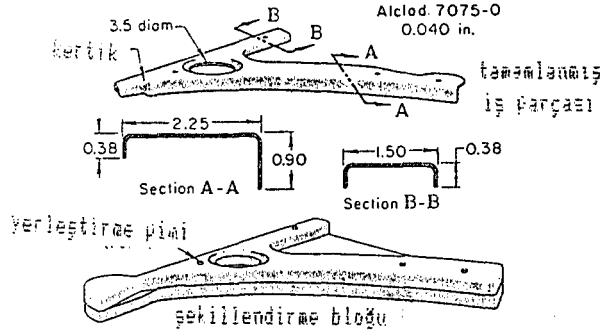


Şekil 15. 950 mm uzunluklu ağırlık profiline soğuk ve sıcak şekillendirilmesi. (8)

ÖRNEK 19. Guerin işlemi ile uçak yapısal parçasının şekillendirilmesi. (Şek.16)

Şekil 16 da görülen parçayı oluşturacak 7075-O Al alaşımını sağı, 482 mm genişlik, 674 mm uzunluk ve 1 mm kalınlığındadır. İşlem görmeyen önce, delikler delinmiş ve çapaklar alınmıştır. Böylece, lastik tamponun hasarlanması önlenir. Şekillendirme işlemi, 1118*2845 mm boyutlarındaki bir yatağı ve 2500 ton hidrolik kapasiteye sahip preste yapılır. Tırnak kısmı, şekillendirmeden sonra el aletleri ile yapılır.

Şekillendirmede sonra mesonit şekil blokları, kontrol mastarı olarak kullanılır. Daha sonra T6 ya temperlenir. Toplam işlem zamanı her parça için 5 dak. dir. (8)



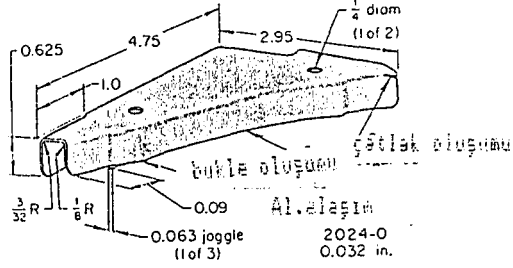
Şekil 16. Guerin işlemi ile uçak yapısal parçasının şekillendirilmesi. (8)

ÖRNEK 20. Guerin işleminde bir Al kuşağın şekillendirilmesi için kılıf tablasının kullanımı. (Şekil 17)

6 mm kalınlığındaki kılıf, flanş kuşağı üzerinde şekil verileneğe bağlanırken, düzgün yüzey elde etmekte kullanılır. Kılıf kenarları, şekillendirme bloğunun etrafında, lastik tamponun akışını sağlayacak şekilde yuvarlatılmış ve 30 derece açı verilmiştir.

Şekillendirme bloğu, 32 mm kalınlığındaki Al plakadan 16 mm genişliğindeki flanşları şekillendirecek biçimde imal edilmiştir. Lastik tamponun kalınlığı 228 mm dir. Ayrıca 12 mm kalınlığında itici sağı ile tutulmaktadır. Her ikisinde durometer A70 sertliğindedir. Tampon tutucu, 1000 tonluk hidrolik prese monte edilmiştir. Çevrim zamanı 1.5 dak. dir. Parçanın en uç kısmındaki tırnağı bitişik flanşın içinde, küçük bir kıvrılma görülmektedir.

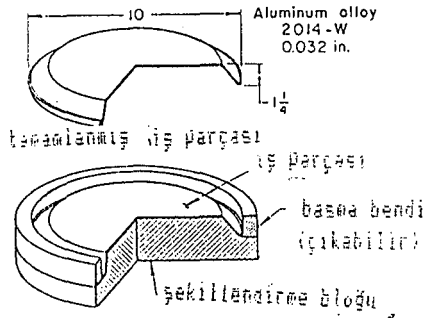
Bu bölümler işlem sonrası elle düzeltilmektedir. Ara sıra çatlaklar, gerilmeler görülmektedir. İstenmeyen bu durumun minimuma indirilmesi (% 1 veya 2) talk pudrası ile sağlanmaktadır.(8)



Şekil 17. Al kılıf tablası kullanılarak Al bir kuşağın şekillendirilmesi.(8)

ÖRNEK 21. Guerin işlemi ile uçak kuyruk kapağının şekillendirilmesi.(Şek. 18)

Şekil 18' de görülen uçak kuyruk kapağı 3000 tonluk pres ve 508 mm çaplı lastik vasıtası ile 20000 psi basınçta şekillendirilmiştir. Santrifüj sıvama ile imali sırasında saatte ancak bir adet imali mümkün iken Guerin işlemi ile saatte 12 adede çıkılması mümkündür.

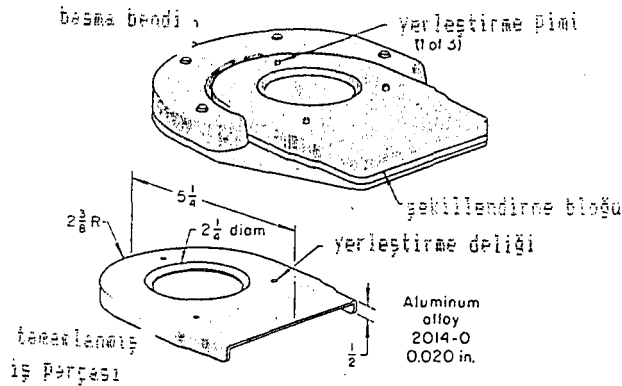


Şekil 18. Yüksek basınçta Guerin işlemi ile uçak kuyruk kapağı şekillendirilmesi.(8)

0.81 mm kalınlıktaki 2014-O alüminyum alaşım, saç W tempere kadar ısl işleme tabi tutulur ve yüksek seviyeli dşeme cilası ile yaşlanır. Yaşlanma sertleşmesi, tamamlanmadan önce, parça şekillendirilmiş durumdadır. Bir sıkıştırma benti şekil bloğunu çevreler ve basıncı flanşta yoğunlaştırmada kullanılır.(8)

ÖRNEK 22. Bir çekme flanşı ve kertiğin, Guerin işleminin tek operasyonda şekillendirilmesi.
(Sek. 19)

20000 psi basınç, plastik tampon şekillendirme flanş, büzülmeksizin uçak kontrol yüzeyi kaburgasına şekil vermede kullanılır. Kullanılan yüksek basınç nedeni ile hafifletme boşluğu ve kertiği flanşlarına 45 derece şekil vermek için yalnızca tek işlem gerekir. Hareket arttırılabilir ve sıkıştırma benti, parçanın etrafındaki flanşta ki şekillendirme basıncını yoğunlaştırmada kullanılır.



Şekil 19. Uçak yüzey kaburgası flanş ve kertiğinin Guerin işleminin tek operasyonda şekillendirilmesi.(8)

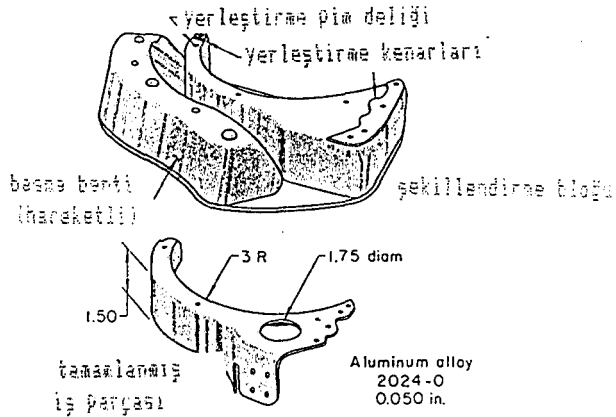
0.5 mm inceliğindeki 2014-O alüminyum alaşım, bir saç kesilir ve yüksek karakterli dşeme cilası ile yaşlanır.

Şekillendirme bloğu, 2014-T6, 2024-T4 veya 7075-T6 alüminyum alaşımından, bent ise masonitten yapılmıştır. Üretim hızı saatte 20 parçadır ve ince detay ve sert şekiller için önceden el işleminin gerektirmemesi.(8)

ÖRNEK 23. Guerin işleminde gerilen ve büzülen flanşların kombinasyonu(Şek. 20)

Şekil 20' de gösterilen uçak şasesi kuyruk kısmı, yüksek basınç (20000 psi) kullanılarak Guerin işlemi ile şekillendirilmiştir. Şekillenme sırasında, iş parçasına dermeden çekmeye yavaş ve düzgün bir geçiş yapılmıştır. kullanılan malzeme, 1.0 mm incelikteki 2024-O Al alaşımıdır. Isıl işlemden sonra tekrar şekillendirilir. Yağlayıcı olarak ağır yer cilası kullanılır.

Alüminyum alaşından yapılan şekillendirme bloğu ve hareketli bentin yapımı 20 adam-saat alır. Sağın uçları, şekillendirme bloğundaki civatalar ile tutturulur. Büyük plakanın dış yüzeyindeki dalgalar, iş parçasının kaymasını önler. 44.5 mm çaptaki delikte flanş mevcuttur. Üretim hızı saatte 20 parçadır.



Şekil 20. Guerin işlemi ile uçak şase kuyruk kısmı flanşının yapımı. (8)

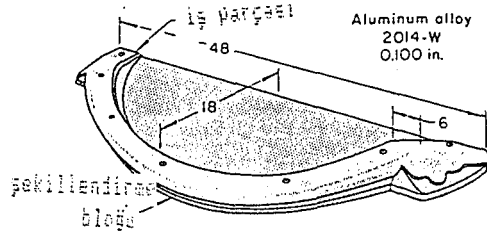
Kuyruk bölümü, preste gelik kalıplar ile şekillendirilir. Fakat bu işlem için hem yüksek aparat maliyeti, hemde yüksek işçilik saati (130 saat) gerekmektedir.(8)

ÖRNEK 24. İki parçalı kokpit rayının tek bir şekil bloğunda şekillendirilmesi.(Şek. 21)

Klasik kalıp yerine lastik kalıp kullanarak bir kokpit ray bölümünün epüšen iki parçasının tek bir gelik bloğunda imali mümkündür. İki parçadan biri şekil 21 de gösterilmiştir.İkinci parça, birincisi şekillendirildikten sonra onun üzerinde

şekillendirilmiştir.

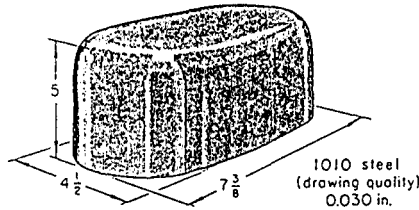
2014-0 alaşımılı alüminyum sacdan 2.54 mm kalınlığında bir parça kesilir ve ısıl işlem yapılır. Enaz 7500 psi basınçta Guerin işlemi uygulanır. İşlemden yağlayıcı kullanılmamıştır. Şekillendirme bloğu masonitten yapılmıştır ve plastik kaplanmıştır. Takımları yapmak için harcanan toplam adam saat, 40' tır. Üretim hızı, saatte 20 parçadır. (8)



Şekil 21. Guerin işlemiyle tek şekillendirme bloğu üzerinde kokpit rayının şekillendirilmesi. (8)

ÖRNEK 25. Marform işlemi ile ekmek kızartıcı kapağı derin çekimi. (Şek. 22)

Şekilde görülen ekmek kızartıcı kapağı 0.762 mm kalınlıktaki 1010 çeliğinden büyük miktarda (50000) çekilmiştir. Saçlar sabun ile yağlanır. 6000 psi lik basınç uygulanır. Üretim, her parça için 22 saniyedir.



Şekil 22. Marform işlemi ile ekmek kızartma kapağının derin çekilmesi. (8)

ÖRNEK 26. Kompleks bir jet motor parçasının lastik diyafram metodu ile şekillendirilmesi. (Şek. 23)

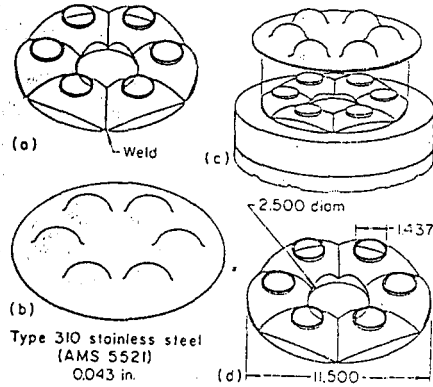
Yüksek verimli turbojet motorlar için yakıt 101e parçası, 310 paslanmaz çelikten imal edilerek 6 parça sooradan kaynak ile birleştirilmiştir.

Bir hidroform preste, lastik diyafram metodu ile deneme yapıldığında daha az pres kuvveti kullanılarak maliyet % 50 düşürülmüştür. 1 mm kalınlıkta 324 mm çaplı bir plaka kullanılmıştır.

Şekillendirmeden önce plaka, 150 tonluk bir hidrolik preste 35 mm derinliğe çekilir ve kalınlığı 0.99 mm ye azaltılır.

Yağı alınıp tavlandıktan sonra kısmen şekillendirilmiş plaka 305 mm ye çekilir. Bu işlem için Şekil 22.c de görülen hidroform pres zımbası kullanılır. Zimba ve saç tutucu arasındaki çapsel farklılık iş metali kalınlığının minimum % 50 si kadar olmalıdır. Üretim oranı saatte 30 parçadır.

Şekillendirme olduktan sonra 6 eşit aralıklı 36.5 mm çaplı delik ve 63.5 mm çaplı bir merkez delik 55 tonluk mekanik preste delinir. Parça delindikten sonra bir tornada işlenir. Tamamlanmış iş parçası Şekil 22.d de gösterilmiştir.(12)



Şekil 22. Turbojet motoru parçasının şekillendirme aşamaları.(8)

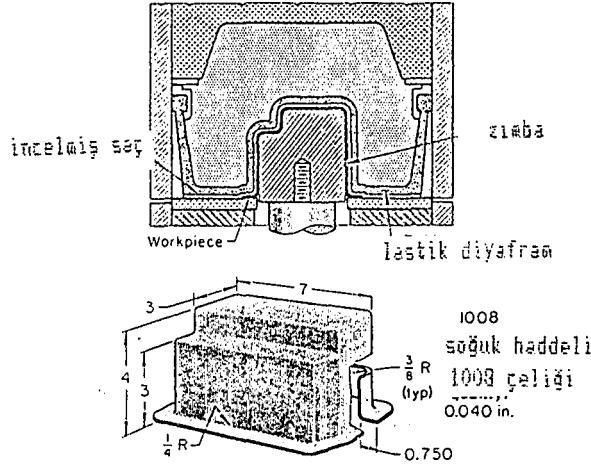
ÖRNEK 27. Sert lastik diyafram şekillendirme sırasında yırtılma ve kırışıklıkların önlenmesi için yağlayıcı kullanımı.(Şek. 24)

Şekil 24'te gösterilen basamaklı kılıf, mevcut lastik diyafram teçhizatı için şekillendirmede sertliğin sınırlandırıcı özelliğini belirlemektedir. Malzeme 1 mm kalınlıkta soğuk haddelenmiş 1008

çeliğidir. Kapak 101 mm derinlikte ve dış tarafında bir basamağa sahiptir. Bir hidroform preste, tek işlem ile basamağın oluşumu sağlanamamıştır. Bu neden ile önce büyük olan kısım çekilir, ardından üzerindeki dar kısım çekilerek parçanın şekillenmesi sağlanır.

İlk işlemden, plakayı tutma basıncı çok iyi ayarlanmalıdır. Basıncı çok düşük olur ise metal serbest olarak hareket eder ve köşelerde kırışıklıklar görülür. Çok yüksek tutma basıncı, dar kenarlar boyunca yırtılmalara neden olur. Metale hasar veren yırtık ve kırışıklıklar, diyaframda hasarlanmalara neden olur. Her sağın maliyeti 3 dolar, her diyafram ise 30 dolardır.

Kırışıklık ve yırtılmaları önleyici bir yağlama geliştirilebilir. İlk çekme işleminden sonra, iş parçası temizlenir, tavlanır ve fosfat ile kaplanabilir. Fosfat, daha ince yağ kullanımını mümkün kılar. Denemeler ile yağ kalınlığı ve yerlerini saptamada kolaylıklar bulunabilir. Yağı uygulama mekaniğininde yeterli derecede sistemli ve uygulanabilir olması gereklidir.



Sekil 24. Lastik diyafram şekillendirme metodu ile basamaklı kapağın çekilmesi.(8)

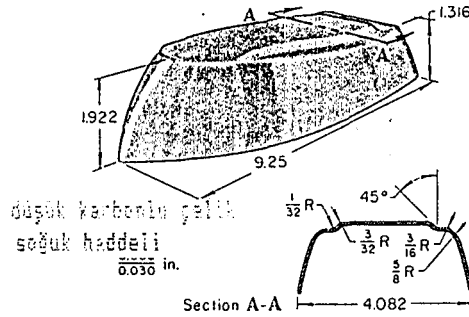
Parçanın klasik derin çekme teknikleri ile işlenmesi hemen hemen imkansız olduğundan, lastik diyafram yöntemi kullanılmıştır. İki kalıbı ve sağ tutucuyu içeren takımlar, diğer işlemlerde ihtiyaç duyulan kalıpların pek çoğundan ucuza mal olacaktır. Geliştirilen yağlama tekniği ile de daha az kırıma ve yırtılma tehlikesine sahiptir.(12)

ÖRNEK 28. Bir ütü kılıfındaki işlem sonrası yüzey düzgünlüğünü korumada lastik diyafram işleminin kullanımı.(Şek 25)

Mekanik bir çekme presi, iş parçasında çıkarılması güç darbe izleri bıraktığından 400 tonluk bir hidroform pres kullanarak lastik diyafram yöntemi ile ütü kılıfı imal edilmiştir. Durometer A92 sertliğindeki lastik çekme bileziği, ürünün kırılmaması için basıncı ayarlamaya yardım eder. Bileziklerden biri, diyaframı korur, diğeri dış hatta takılır.

İlk önce parça 100 ton kapasiteli bir mekanik preste çekilir. Takımlar D2 takım çeliğinden yapılmıştır. Destek, sabunlanır ve parçanın kenar kısımları yırtılma olmaması için yağlanır.

Hidroform pres dakikada 450 ştok yapar. Ürün hacmi 50000 parça ve senelik üretim 850000 parçadır. Lastik tampon şmrü 20000 parçadır.



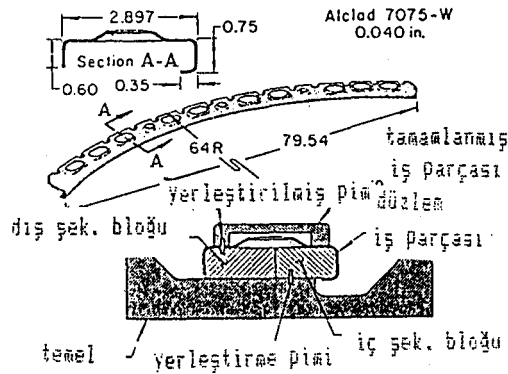
Şekil 25. Yüzey düzgünlüğünü korumak için lastik diyafram metodu ile şekillendirilen ütü kılıfı (8)

İşlem sırası şöyledir: Plaka kesilir, hidroform preste çekilir, pay verilir, delinir, bakır kaplanır, rötüş yapılır ve krom-nikel kaplanır. Destek, 0.84 mm kalınlıkta soğuk haddelenmiş, düşük karbonlu çelik

sağtan yapılmıştır. Destek için iki çeşit malzeme kullanılabilir; (a) söndürülmüş Al, çekme kaliteli, ticari işlenmiş çelik, kuru, en yüksek sertlik Rb 60, (b) Al ile söndürülmüş kuru çelik bant, gerilimsiz, max. Rb 55 dir.

ÖRNEK 29. Karmaşık yapıda bir parçanın Verson-Wheelon ve Guerin işlemleri ile şekillendirilmesi. (Sek.26)

Şekil 26' da görülen parça, 1 mm kalınlıkta 7075-W Al alaşımıdır. Normalde 4500 tonluk bir Guerin Preste şekillendirilebilir. Ayrıca, 41000 ton kapasitesindeki Verson-Wheelon Presinde 10000 psi altında da şekillendirilmesi mümkündür. İki işlemde de aynı takımlar kullanılmaktadır.



Şekil 26. Verson-Wheelon preste şekillendirilen kompleks bir parça.(8)

Guerin işleminde şekillendirme iki aşamada yapılmaktadır. Kertik ve delikler işlem bittikten sonra yapılabilir. İlk aşamada dış flanş tamamen, iç flanş kısmen şekillendirilir. İkinci aşamada Lastik kayışlar ve bentler vasıtası ile son şekil verilir. Her parça için toplam harcanan süre 8 adam-dakikadır.

Verson-Wheelon işleminde, iç-dış ve döner flanşlar tek işlemlerde tamamlanır. Şekillendirme zamanı pres için 6 adam dakikadır. Kayışların ayarı için harcanan el işçiliği 3 adam dakikadır. Böylece Verson-Wheelon işlemi ile tasarruf edilen toplam zaman her parça için 3.5 adam dakikadır.

Isıl işlem yapılmış 6064 Al alaşımli şekillendirme bloğu, bent vazifesi gören iç ve dış

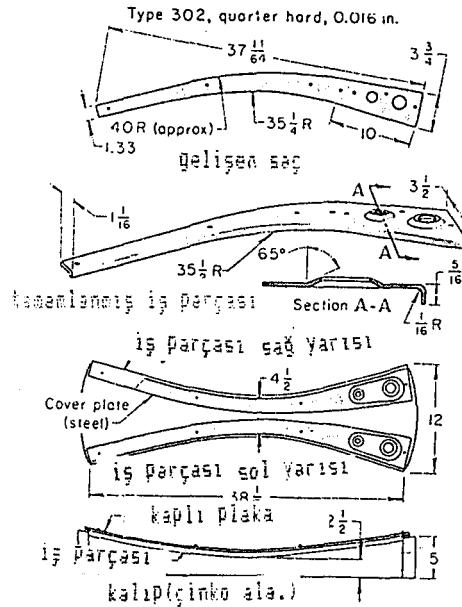
kasnaklar ile birlikte tablaya monte edilir. Parçanın iç radyüsündeki döner flanş nedeni ile uzunlamasına yardırılır ve dış yarısı, alt tablaya bağlanır. İç yarısı alt tabladan çıkan pimplere yerleştirilir. Sağtaki yerleştirme delikleri ve dış şekillendirme bloğu, kapak plakası üzerindeki yerleştirme pimleri ile çakıştırılır.

127*2235 mm ölçüsündeki sağın akacağı yol önceden belirlenir. Hafifletme delikleri, lastik tampon şekillendirmesinden önce iki işlemede yapılmıştır. Şekillendirmeden sonra parça T-6 sıcaklığına yağlandırılır.(8)

ÖRNEK 30. Lastik tamponlu şekillendirmede eğri bir kalıbın kullanımı.(Şek. 27)

Şekil 27' de görülen destek, 8 mm genişliğindeki germe flanşına ve hafifletme deliği üzerinde 65 deracelik diğer bir flanşa sahiptir. Malzeme, 0.4 mm kalınlıktaki 302 tip çeyrek sert paslanmaz çeliktir.

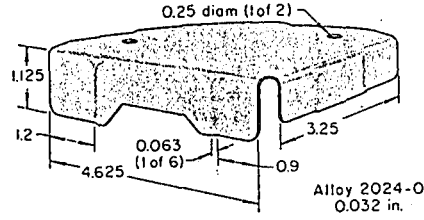
Çinko alaşımli kalıp, flanşın yaylanmasını dengeleyecek eğrilikte yapılır. Sağ ve sol parça, aynı kalıp ile aynı anda yapılır. Kalıplar şekillendirme sırasında oluşabilecek hasardan kaçınmak için çelik kaplama ile korunur. Yağlama kullanılmamıştır. Basınç, 1500 psi dir.(8)



Şekil 27. Eğri kalıp ile şekillendirilen flanş (8)

ÖRNEK 31. Lastik tamponlu şekillendirmeden sonra rötüş çalışmalarının yapılması. (Şek. 28)

Parçalara , Verson-Wheelon işlemi ile şekil verildikten sonra şekilde görülen flanş ucundaki kertiklerin el ile ayarlanması gerekmektedir. Bu saç, 0.81 mm kalınlığında 2024-O alaşımıdır.



Şekil 28. Kertiklerin şekillendirmeden sonra yapıldığı bir parça. (8)

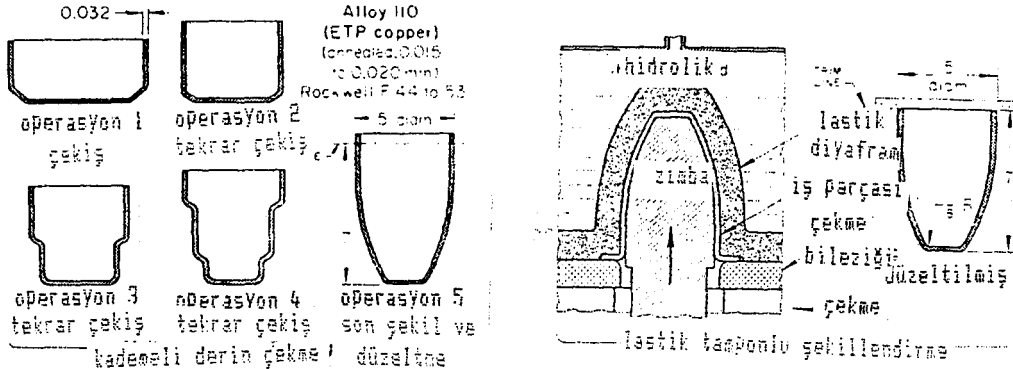
Şekillendirme bloğu, 48 mm kalınlıktaki Al alaşımından yapılmıştır. 6 mm çapında iki pim bulunmaktadır. 6 mm kalınlığındaki bir kapak şekillendirme sırasında dip kısmın düz kalması için kullanılır. Kapağa belli bir eğim verilmiştir. Flanş etrafındaki lastik akışına yardım etmesi için kenarlar yuvarlaklaştırılmıştır. Lastik tampon, 2.5 mm kalınlıklı bir tabaka ile korunur. Şekil verme basıncı, 3000 psi ve her parça için harcanan süre 2 dakikadır. İmalat sayısı 25 parçadır.

Aynı parçaya Guerin işlemi ile de 600 psi basınçta şekil verilebilir. 12 mm kalınlığındaki kapak, lastik tampon üzerine konur. İki işlem arasındaki tek fark, Guerin işleminde gözlerin daha büyük oluşmasıdır. Ayrıca kertiklerinde el ile oluşturulması gerekmektedir. (8)

ÖRNEK 32. Bakır için lastik diyafram şekillendirmesi ile derin çekme işleminin karşılaştırılması. (Şek.29)

Şekilde görülen kahve fincanı bakır gövdesinin, lastik diyafram metodu ile tek bir çekişte, derin çekmede ise çegitli şapanelardan geçerek şekillendirilmesi gösterilmiştir. Lastik diyafram şekillendirme kullanılarak, üç çekme, bir kesme ve iki tavlama işlemi diskalifiye edilebilir. Lastik

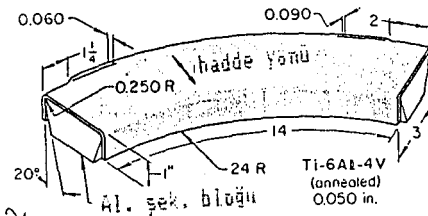
diyaframın çok yanda olan şekillendirme kuvveti nedeni ile şekillendirme basıncı dereceli arttırılarak ve çekme radyüsü azaltılarak yerel uzamalar önlenebilir. Böylece daha yüksek şekillendirme yapılabilir.(8)



Şekil 29. Bakır kahve fincanı gövdesinin lastik diyafram ve derin çekme ile şekillendirilmesi.(8)

ÖRNEK 33. Verson-Wheelon işleminde titanyum alaşımlı sacın şekillendirilmesi.(Şek. 30)

Ti-6Al-4V alaşımlı 1.3 mm kalınlığındaki sac, şekillendirme yapılmadan önce kenarlarından düzeltilmiştir. Şekillendirme bloğu, alüminyum alaşımlı olup, esnemeye izin verecek şekilde esas ölçüsünün altında yapılmıştır. Bloğun temizlenmesi, metil-etil-keton ile yapılmıştır.(8)



Şekil 30. Verson-Wheelon işlemi ile şekillendirilen kanal kesiti.(8)

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Wick C., et al. 1984. Tool and Manufacturing Engineers Handbook. Volume 2, Forming. Fourth Edition. Society of Manufacturing Engineers One SME Drive Dearborn, Michigan. 1.H.B.M.K. 1191 Kütüphanesi. Bölüm 1-1,5-1,7-1.
2. Kayalı S., Ensari C., 1986. Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları. İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Ofset Atelyesi. İstanbul. 143, 375-378, 388-389 s.
3. Eary D.F., Reed E. A. 1958. Techniques of Pressworking Sheet Metal. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs N.J. B.Ü. Kütüphanesi. 45-55 s
4. Çapan L., 1977 Plastik Şekil Verme Teori ve Uygulamaları Birsen Kitabevi Yayınları, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
5. Güleç S. Makine Mühendisliği El Kitabı Cilt 2 Bölüm 7
6. Schey J.A. 1983 Tribology in Metal Working, Professor Department of Mechanical Engineer University of Waterloo Ontario, Canada, American Society for Metals. B.Ü. Kütüphanesi. 538-546, 549, 558-562 s.
7. Mc.Clellan Air Force Base. 1983. A-7 Model 80 Stretch Wrap Forming Machine Manuel. L&F Industries Huntington Park Cal.
8. Metals Handbook. 8th Edition Volume 4. Forming Metals Park Ohio. 1.H.I.B.M.K. 1191 Kütüphanesi. 209-216, 239-245, 366, 368, 391-395, 422, 429-430, 442-443 s.
9. The Metals Society. 1983. Development in the Drawing of Metal. London. O.D.T.Ü. Kütüphanesi. 78-82 s
10. Schubert P.B. 1966 Die Methods. Design, Fabrication, Maintenance and Application. Book 1 Industrial Press. Inc. Newyork N.Y. O.D.T.Ü. Kütüphanesi. 270-277 s.
11. Verson Wheelon Press Özel Tanıtım Kitapçığı. 1985. 50*116 inch 7500 Psi 22500 ton. Verson Allsteel Press Co. Chicago, Ill 1.H.I.B.M. K. 1191 Kütüphanesi

12. Metals Handbook 9th Edition Volume 10 Forming. Metal
Park Ohio. An.Ü. Kütüphanesi.591-598,605-615 s.

13. Verson Europa S.A. 1989. Rue La Villette, 51,B-6001
Charleroi, Belgium. A Member of the Verson
International Group.