

47021

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROFİLLİ DERİN ÇEKMEDE
HATALARIN ANALİZİ
VE
ALINABİLECEK ÖNLEMLER**

Mak. Müh. Serhat ERDİR

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. M. Emin YURCİ

İSTANBUL, 1995

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TANIMLAMA VE YERLEŞTİRME BÜYÜK BAŞKANLIĞI
MÜHÜR**

TEŐEKKÜR

Tez çalışmam sırasında benden desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. M.Emin YURCİ 'ye , hertürlü deney yapma ve fotoğraf çekme imkanı sağlayan ve normlarının kullanılmasına izin veren Oyak Renault Otomobil Fabrikaları A.Ő ve çalışanlarına , Y.T.Ü imal kürsüsü asistanlarına ve tüm desteğinden ötürü Mak .Müh. Nermin KARAMUKLUOğLU 'na sonsuz teőekkürü bir borç bilirim



Mak. Müh.

Serhat ERDİR

20/02/1995
İSTANBUL

İÇİNDEKİLER :

Bölüm

Sayfa No:

İÇİNDEKİLER	.....	1
GİRİŞ	.....	III
ÖZET	.....	IV
1	..... Sac Şekillendirme İşlemlerinin Sınıflandırılması	..... 1
2	..... Derin Çekme İşleminin Esası ve Kriterleri	..... 2
2.1	..... Derin Çekme - Esası - Yöntemleri	..... 2
2.1.1	..... Bastırcısız Çekme	..... 2
2.1.2	..... Bastırcısız Çekme	..... 2
2.1.3	..... Çevirme Çekme	..... 3
2.2	..... Çekme Donanımları	..... 5
2.2.1	..... Presler	..... 5
2.2.2	..... Bastırcılar	..... 5
2.2.3	..... Federler	..... 5
2.2.4	..... Kalıplar	..... 5
2.2.4.1	..... DerinÇekmeKalıpları	..... 5
2.3	..... Çekmede Kuvvet - İş - Hız - Yağlama	..... 6
2.3.1	..... Kuvvet	..... 6
2.3.2	..... Çekme İş	..... 7
2.3.3	..... Çekme Hızı	..... 8
2.3.4	..... Yağlama	..... 10
3	..... Şekil Değişim Oranı ve Yönlenme	..... 12
3.1	..... Karmaşık Gerilim Halleri ve Akma Kriteri	..... 12
3.2	..... Şekil Değişim Hali	..... 14
3.3	..... Yönlü Malzemelerde Akma Kriteri	..... 15
3.4	..... Şekil Değişiminin Akma Elipsine Etkisi	..... 16
3.5	..... Derin Çekilebilirlik	..... 17
3.5.1	..... Derin Çekilebilirliği Etkileyen Diğer Etkenler	..... 19
3.5.2	..... Kulaklanma	..... 19
4	..... Sacların Biçimlendirilebilirliğini Etkileyen Faktörler	..... 20
4.1	..... Malzeme Faktörleri	..... 20
4.1.1	..... Pekleşme Üssü " n "	..... 20
4.1.2	..... Gerinim Hızı Duyarlılığı Üssü " m "	..... 21
4.1.3	..... Anizotropi Katsayısı " r "	..... 23
4.1.4	..... Akma Noktası , Akma Dayanımı ve Young Modülü	..... 25
4.1.5	..... Kimyasal Bileşenler	..... 27
4.1.6	..... Sac Kalınlığı ve Tane Boyutu	..... 27
4.1.6.1	..... Plaka Kalınlığının Etkisi	..... 28
4.2	..... İşlem Faktörleri	..... 29
4.2.1	..... Kalıp Geometrisi	..... 29
4.2.2	..... Bastırcı Basıncı	..... 30
4.2.2.1	..... Metal Akışının Gerilimi	..... 30
4.2.2.2	..... Bastırcı ve Yarımamül Arasındaki Etkileşim(Bastırcı Kuvveti ve Basıncının Etkileri)	..... 30
4.2.2.3	..... Hata Sınırları	..... 30
4.2.2.4	..... Dairesel Kapların Derin Çekilmesinde Bastırcı Kuvveti Değişiminin Optimizasyonu	..... 30

Bölüm	Sayfa No:
4.2.2.5 Zimba Kuvvetinin Kontrolü	..... 37
4.2.2.6 Radyal Gerilimin Kontrolü	..... 38
4.2.2.7 Kalınlık Gerinim Kontrolü	..... 38
4.2.2.8 Deneysel Çalışmalar	..... 38
4.2.2.9 Sonuç	..... 42
4.2.3 Sac Parça Kenar Geometrisi	..... 42
4.2.4 Yağlama	..... 43
5 Saclarda Biçimlendirilebilirlik Özelliğinin Saptanması için Standart Test Yöntemleri	..... 44
5.1 Benzer Çökertme Testleri	..... 44
5.1.1 Erichsen ve Ball - Punch Testleri	..... 44
5.1.2 Swift Testi (Derin Çekme Testi )	..... 44
5.1.3 Bulge Testi	..... 46
5.1.4 Punch - Stretch Testi	..... 47
5.2 Çekme Testi	..... 47
5.3 Eğme ve Katlanma Testi	..... 50
5.4 Formlamada Diğer Simülatif Deneyler	..... 52
5.4.1 Jovignot Hidrolik Uzatma Deneyi	..... 52
5.4.2 Kiwi Boşluk Uzatma Deneyi	..... 52
5.4.3 Fukui Boşluk Uzatma Deneyi	..... 54
6 Saclarda Deformasyon Analizi	..... 55
6.1 Şekillendirme Limit Eğrisi	..... 55
7 Deneysel Çalışmalar	..... 68
7.1 R9 Yağ Yağ Karteri Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Normal Yağlı)	..... 68
7.2 R9 Yağ Yağ Karteri Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (İnceYağlı)	..... 71
7.3 R9 Yağ Yağ Karteri Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Yağsız)	..... 74
7.4 R9 Yağ Yağ Karteri Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Kümülatif)	..... 77
7.5 R9 Sağ Arka Pano Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Normal B.B)	..... 84
7.6 R9 Sağ Arka Pano Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Arttırılmış B.B)	..... 87
7.7 R9 Sağ Arka Pano Biçimlendirme Haritası Deney Çalışması (Kümülatif)	..... 90
7.8 XSES Malzeme Sacı Ait Erichsen Deneyi Çalışması (Kuru)	..... 98
7.9 XSES Malzeme Sacı Ait Erichsen Deneyi Çalışması (%50 yağlı)	..... 100
7.10 ZES Malzeme Sacı Ait Erichsen Deneyi Çalışması (Kuru)	..... 100
7.11 ZES Malzeme Sacı Ait Erichsen Deneyi Çalışması (%50 yağlı)	..... 110
7.12 XSES Malzeme Sacı Ait Çekme Deneyi Sonuçları	..... 120
7.13 ZES Malzeme Sacı Ait Çekme Deneyi Sonuçları	..... 120
8 Yorumlar	..... 120
SONUÇ	..... VI
YARALANILAN KAYNAKLAR	..... IX
EKLER	

GİRİŞ

SAC MALZEMELERDE SINIR GERİNİM DEĞERLERİ VE BUNA BAĞLI HATALARI ÖNLEME YOLLARI

Mekanik mukavemet, malzeme kazancı, işçilik, verim ve karlılığın son derece önem kazandığı günümüz teknolojisinde talaşsız şekil verme yönteminin önemi ve kullanım alanı oldukça artmıştır. Bahsi geçen faktörlerden en önemlisi şüphesiz karlılık ve beraberinde minimum zarardır. Konuyla paralel olarak sac parçaların plastik şekil verme ile şekillendirilmesinde fire olayı da güncel duruma gelmiştir.

Sac parçaların şekillendirilmesinde meydana gelen hataların önlenmesinde ilk adım hatanın önceden tespit edilmesidir. Bu nedenle imalat esnasında ve/veya imalat öncesi bazı tedbirler almak zaruridir.

Malzemelerde imalat öncesi alınabilecek en uygun tedbir, malzemede sınır gerinim değerinin tespitidir. Bunun için izlenebilecek en iyi yol " Biçimlendirme Sınır Eğrisi " deneyidir. İmalat sırasında ise , bastırıcı basıncı, yağlama, kalıp dizyni, feder yeri ve konstrüksiyonu gibi faktörler sacın hatalı çıkmasında etkili olup çeşitli uygulamalarla optimum şartlar tespit edilmelidir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden ötürü konu teorik ve pratik uygulamalarla birlikte incelenmiş, optimum imalat koşulları tespit edilmiştir. Konuya " Şekillendirme Sınır Eğrisi" deneyi, " Erichsen Çökertme " deneyi , "Çekme" deneyi ile destek verilmiştir.

ÖZET

Daha önce de belirtildiği gibi sac parçaların imalatında plastik şekil vermenin önemi çok büyüktür. İmalatta karşılaşılan problemlerin oluşumunda ve çözümünde birçok faktör etkili olmaktadır. Hataların önlenmesinde ilk adım hatanın önceden tespit edilmesidir. Bu nedenle imalat esnasında ve/veya imalat öncesi bazı tedbirler almak zaruridir.

Sac malzemelerin, özellikle metal plakaların imalinde uygulanan en etkili yöntem derin çekmedir. Yöntemin önemi malzeme kaybının olmayışı ve diğer hiçbir yöntem ile gerçekleştirilemeyecek tipte imalatın seri ve mekanik yönden dayanıklı üretilmesindedir. Burada parçanın hatalı veya hatasız üretilmesi oldukça fazla önem taşımaktadır.

Bu türden bir imalatta en sık rastlanan hatalar, malzeme buruşmaları, çatlamlar veya bölünmeler, kulaklanma veya ondülasyon, gripaj , deformasyon dur. Bu türden hataları önlemede en etkili yöntem malzeme yapısını metalurjik açıdan inceleyip çok iyi seçim yapmak ve uygun işlem parametrelerini seçmektir.

Şekillendirme esnasında malzeme oldukça karmaşık gerilimlere maruz kalır. Bu karmaşık gerilimler altında hangi gerilimde akmanın başlayacağı bilinmelidir. Malzemedeki akmanın gerçekleşeceği gerilimin yanısıra, belirli gerilimde malzemede oluşacak şekil değişim hali de önemlidir. Burada malzeme çeşidi de oldukça önemlidir. Zira yönlü malzemelerde ($R=1$) ve yönlülük göstermeyen malzemelerde ($R= 1$) durum farklıdır.

Sacların hatasız şekillendirilebilmesinde malzemenin maruz kaldığı gerilimler kadar malzemenin metalurjik özellikleri de etkilidir. Malzeme pekleşme üsteli "n", gerinim hızı duyarlılığı üsteli "m", anizotropi katsayısı "r", malzemenin tane büyüklüğü ve plaka kalınlığı da biçimlendirilebilirliğe etki etmektedir.

Hataların oluşumunda etkili olan bir diğer faktör de, işlem faktörleridir. Kalıp geometrisi , Bastırıcı basıncı ve kuvveti, sac parça kenar geometrisi, yağlama gibi işlem faktörleri sac parçaların şekillendirilmesine olumlu yada olumsuz yönde etki ederler. Bu suretle parametreler OHİO State Üniversitesinden temin edilen deneysel çalışmalar ile desteklenerek incelenmiştir.

Daha önce de bahsedildiği gibi şekillendirmede hataların elemine edilmesinde en etkin yol deneylerle malzemenin biçimlendirilebilirliğinin saptanmasıdır. Bu amaçla yapılabilecek birçok deney mevcuttur. Örneğin ; Erichsen ve Ball- Punch testleri, Swift testi, Bulge testi, Punch- Stretch testi, Çekme deneyi, Eğme ve katlanma deneyi, Jovignot deneyi, Kiwi deneyi, Fukui deneyi, Şekillendirme limit eğrisi deneyi gibi deneyler malzemenin biçimlendirilebilirliğinin tespitinde kullanılabilir.

Bahsi geçen deneylerden en fazla kullanılanı Biçimlendirme limit eğrisi deneyi ve Erichsen testidir. Bu çerçevede Regie Nationale des Usines Renault 'nun çalışmalarından ve literatüründen faydalanılmıştır. Oyak Renault Otomobil Fabrikaları Pres Departmanında " Renault 9 Yağ karteri " ve " Renault 9 Sağ arka pano " ya " Biçimlendirme Haritası " deneyi yapılarak sonuçları yorumlanmıştır. İlgili deneyler yağlama ve bastırıcı basıncı faktörleri değiştirilerek tekrarlanmıştır. Aynı parçalara ait " XSES " kalite ve " ZES " kalite saclara "

Erichsen Çökertme" deneyi farklı yağlama şartları için Y.T.Ü İnşaat Fakültesi Labaratuvarında yapılmıştır. Yine aynı malzemeler için Oyak Renault Otomobil Fabrikaları Metroloji Labaratuvarında " Çekme " deneyi gerçekleştirilip sonuçlar Regie Nationale des Usines Renault normlarına göre kıyaslanmıştır.



SUMMARY

Many factors effect the formations and solutions of faults met at the productions. The first step of protecting these faults is preestablishing. For that reason, we have to take some prevents during the production and/or before the production .

The most effectual methot for producing metals specially sheet metals is deep drawing. The importance of this methot is there isn't any material loss. Also this methot is the unique for producing the complex shapes with a mass production . At this time, production with and without faults is very important.

The most common faults at that type of production are wrinkling (bucling) , fracture (. tearing), . splitting , . ondulation or deformation. The most effectual methot for preventing these faults are observing and examining the structure of the material metalurigically and determining the the optimum conditions ans parameters.

Materials are exposed to the complex stresses during the forming. Under these complex stresses, beginning of flow and with which stress have been known. In the mean time, the type of differences of the material is also important. Because of the differences of " R " , type of the material is very important.

The metalurgic specialities of materials of " n " , " m " , " r " , thicness of the sheet and grain of the material is another factor which effect the formability.

Operation factors also effect the formation of the faults. Geometry of die, Blankholder pressure and force , geometry of sheet side , lubrications effect the forming sheet metals positif or negatif. These parameters were examined theorically and pratically with the documents from OHIO State University .

The most effectual methot for eliminating the faults is determining the formability of the materials. There is alot of experiements to determine the formability of the materials. For example , Erichsen and Ball-Punch , Swift , Bulge , Punch - Stretch , Drawing , Bending and Bearing , Jovignot , Kiwi , Fukui , Determination of forming limit diagram are used for determining the formability of the materials.

In overthe most common experiements are Determination of forming limit diagram and Erichsen. In this frame , Experiemens and documents from "Regie Nationale des Usines Renault" are used. Also in the departement of pres of Oyak Renault, the experiements of determination of forming limit diagram for the parts of " Renault 9 oil cartel " and " Renault 9 right behind panel " were made and interpreted. In these experiements, lubricant and blankholder presurre were changed. For the " XSES " and " ZES " type materials which belong to the same parts, Erichsen experiements were made at the laboratuary of Y.T.Ü . For the same materials, Drawing experiements were made at the laboratuary of the laboratuary of metrology of Oyak Renault and the results were compared with the norms from "Regie Nationale des Usines Renault."

1 SAC ŞEKİLLENDİRME İŞLEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI (2)

Basit eğme işlemleri dışında nispeten karmaşık sayılabilecek sac şekillendirme işlemleri genel olarak iki ana grupta toplanabilirler :

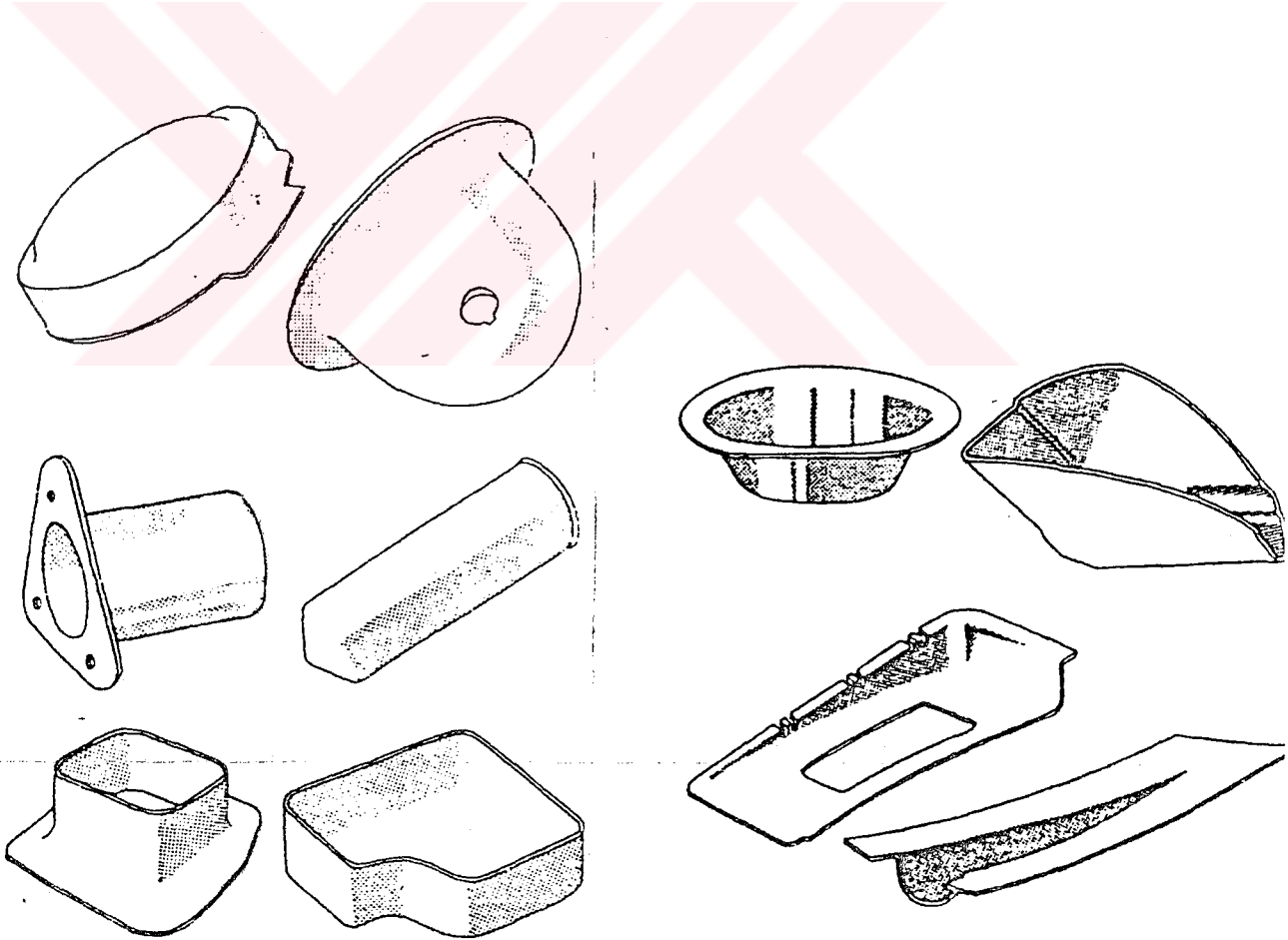
I - Derin çekilmiş dik kenarlı parçalar. Bunlar ;

- a- Az derin yuvarlak
- b- Derin yuvarlak
- c- Geniş yakalı yuvarlak
- d- Dikdörtgen veya diğer yuvarlak parçalar

II - Derin çekilmiş ya da gerilmiş eğimli kenarlı parçalar. Bunlar;

- a- Koni şekilli
- b- Yarı küresel
- c- Dikdörtgen ya da diğer yuvarlak olmayan parçalar

Her ne kadar sözü edilen parçalar yukarıda belirtildiği gibi iki ana grupta toplanabilirse de, uygulamada söz konusu üretimin büyük çoğunluğu belirtilen çeşitlerin bir karışımı niteliğindedir. Yukarıda belirtilen çeşitlere örnekler şekil 1 'de verilmiştir.



Şekil 1 : a) Dik Kenarlı çekme parçalar

b) Eğik Kenarlı çekme parçalar

2 DERİN ÇEKME İŞLEMİNİN ESASI VE KRİTERLERİ (3)

2.1 DERİN ÇEKME - ESASI - YÖNTEMLERİ (3)

Madeni ilkel pulların veya plakaların çekme kalıbı dediğimiz düzenlerle pres altında çökertilerek belirli derinlik ve profillerde kap şekline sokulması işlemine presçilikte " Çekme " işlemi adı verilmektedir.

Derinliği fazla olan kaplar birkaç çekme işlemiyle elde edilebilirler . Birkaç işlemle yapılan çekme " Derin Çekme " olarak isimlendirilir. Çekilecek parçalar silindirik ,konik , küresel v.b biçimlerde olabileceği gibi herhangi bir biçimde de olabilir.

(So) kalınlığında ve (D) çapında bir pulun çekilerek (h) yüksekliğinde ve (d) çapında bir kap biçimine sokulması Şekil 2 'de görülmektedir. Bu tür çekme işlemi silindirik çekme olarak isimlendirilir.

İşin şekline , ölçülerine ve malzemeye bağlı olarak çeşitli çekme yöntemleri uygulanmaktadır ;
Bastırıcılı Çekme
Bastırıcısız Çekme
Çevirme Çekme

2.1.1. BASTIRICILI ÇEKME (3)

Bastırıcılı çekme uygulaması Şekil 3'de şematik olarak görülmektedir. Bu tür çekme düzeni bastırıcı , çekme kalıbı ve çekme zımbasından oluşmuştur. Çekmenin başlangıcında (D) çaplı ilkel pulun üzerine (1) no 'lu baskı plakası tarafından belirli bir kuvvet uygulanarak çekilecek sac plaka , bastırıcı arasına sıkıştırılır.

(C) şeklinde görülen ikinci kademe presin bastırıcı hareket ünitesinden bağımsız şekilde hareket eden ve ana baskı devresine bağlı , çekme zımbası devreye girerek ilkel pulu kalıp içerisine iteler. Böylece flanş çapı (D_r) , iç çapı (d) olan bir kap elde edilir. Eğer istenirse zimba daha da aşağıya indirilerek flanşlı çekilmiş parça (h) yüksekliğinde bir kovan şekline dönüştürülebilir. Bu durum (D) şeklinde görülmektedir.

2.1.2. BASTIRICISIZ ÇEKME (3)

Geniş yüzeyli ve ince plakaların ,derinliği fazla kaplar haline dönüştürülmesinde malzeme kıvrışmasına engel olmak amacıyla uygulanan bastırıcılı çekme ,özel yapılı pres tezgahı ve pahallı kalıp düzenleri gerektirir. Kalınlığı fazla olan saclardan yapılacak derinliği az olan parçaların çekilmelerinde kıvrışma olasılığı daha az olduğundan , basit yapılı parçalardan oluşan bastırıcısız çekme kalıpları kullanılır. Şekil 4'de görüldüğü gibi zimba ve kalıp ikilinden oluşan çekme düzeni basit yapılı pres tezgahlarında kullanılabilir. Pres koçuna bağlı zimba iş parçasına baskı uygulayarak onu çekme kalıbı içerisine iteler. Bu uygulamanın yapılabilmesi için aşağıdaki şartların olması gerekir:

$$s \geq 0.01 \cdot D \quad \text{ve} \quad d_1 / D \geq 0.55 \quad (3)$$

Çekilmiş kabın çapının küçültülmesi amacıyla tekrar çekilmesi istendiğinde bastırıcısız çekme uygulanabilmesi için :

$$s \geq 0.015 \times D \quad \text{ve} \quad d_2 / d_1 \geq 0.78 \quad (3)$$

şartları aranmalıdır. Verilen eşitliklerde ;

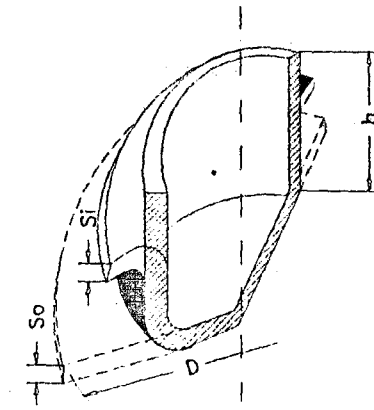
s : Çekilecek sac kalınlığı
D : İlkel pul çapı
d₁ : İlk çekmede zimba çapı
d₂ : İkinci çekmede zimba çapı

2.1.3. ÇEVİRME ÇEKME (3)

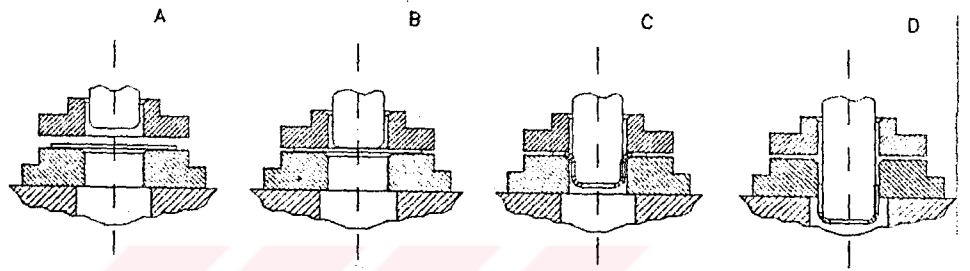
Çevirme çekme Şekil 5 'ten görülebileceği gibi bir pres kursunda iki çekme yapma şeklinde tanımlanabilir. Bu çekme yönteminde iki çekme zımbası vardır. Parça çapını veren zımba alt tarafta ve sabittir. İlk çekme çapını verecek zımba pres koçuna bağlanmıştır ve içi parça dış çapında delinmiştir.

Üst zımba birinci çekme çapını çektikten sonra presin aşağıya inmesiyle alt zımba devreye girerek parçayı ikinci kere çeker. Presin aşağıya inme konumuna bağlı olarak parça tam silindirik şekle sokulabileceği gibi çekme kursu tamamlanmayarak çift cidarlı parçalarda elde edilebilir. Kullanılacak presin kursu çekilecek parça yüksekliğinin iki katından fazla olmamalıdır. $s/D \cdot 100 > 0.25$ şartlarında uygulanabilen bu yöntem özellikle küresel , parabolik ve benzeri parçaların imali için uygundur.

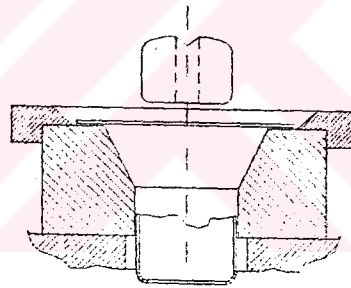




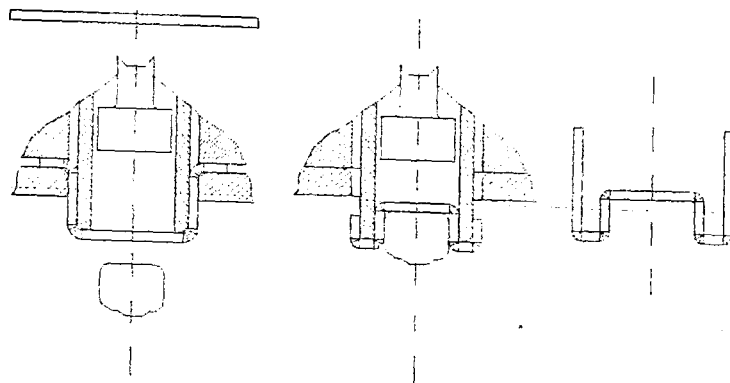
Şkil 2:



Şkil 3:



Şkil4 :



Şkil 5:

2.2..... ÇEKME DONANIMLARI (4) (5)

2.2.1 . PRESLER (4)

Metal plakalar , hem hidrolik hem de mekanik preslerde çekilebilirler , ancak çift etkili presler bütün derin çekme işlemleri için tercih edilirler. Çünkü , bu tip preslerde daha üniform bir parça kuvveti korunabilmektedir. Çift etkili hidrolik presler derin çekmede , kalıp yastıklarıyla birlikte genellikle tercih edilirler. Çünkü bu presler , sabit çekme hızına , strok uyumuna ve üniform sıkıştırma basıncına sahiptirler.

Kayma kuvvetleri ihmal edilmek suretiyle , derin çekme işlemleri için en fazla tercih edilen presler ,çift etkili düz yanlı tipte olanlardır. Bu tip presler kalıp yastıklarıyla birlikte , geniş tonaj kapasitesi , yatak hacmi , strok ve kapalı yükseklik sağlarlar.

Derin çekmede kullanılan preslerde gözönüne alınması gereken en önemli faktörler ; tonaj ihtiyacı , kalıp boşluğu ve strok miktarıdır. Krank mili , yatakların durumu ve ayrıca saplamalar da pres seçiminde birer faktördürler.

2.2.2 .. BASTIRICILAR (4)

Bastırcılar parça çekilirken kenarlardan oluşabilecek buruşmaları önlemek amacıyla kullanılırlar. Buruşmalar, parça kenarından çeperine doğru gerçekleşen metal dizilişini önleyici bir düzene sahiptirler. Bastırcı kullanılan uygulamalarda daha büyük redüksiyonlara ulaşmak mümkündür.

Bastırcılar çift etkili ve tek etkili preslerin her ikisinde de kullanılabilir. Çift etkili bir preste ,bastırcı zımbanın önünde yavaşça ilerleyerek çekme safhası boyunca alt ölü noktada yer alır. Bastırcının yerleşimi genellikle belirlenmiş bir kovanın pozitif akışına tekabül eden zımba üst stroğunda bir noktaya uzar.Tek etkili preslerde de kalıp yastığı ve ters çevrilmiş kalıp kullanımı ile benzer etki elde edilebilir.

2.2.3 .. FEDERLER (4)

Federler , çekme işleminde buruşmayı önlemek ve metal akışını kontrol etmek için kullanılırlar. Feder kullanımı, üretim gelişimini , takım maliyetini ve bakımını arttırmasına rağmen , belirli bir şekli olmayan parçaların çekilmesinde metal akışı için tek kontrol mekanizmasıdır.Fedreler yalnız ilk çekme için kullanıldığı için imalat oranları bastırcı uygulamaları ile aynı değerdedir.

2.2.4 .. KALIPLAR (5)

Sacların şekillendirilmesinde kullanılan kalıplar, yaptıkları işe göre, kesme, delme,derin çekme, bükme kalıpları vb. şeklinde sınıflandırılabilir. Diğer işlemler içinde, benzer tarzda isimlendirmeye gidilmektedir.

2.2.4.1 . DERİN ÇEKME KALIPLARI (5)

Derin çekme kalıpları, bastırcısız ve bastırcılı olarak dizayn edilmektedirler. Aynı zamanda, ters çekme ve ardışık çekme kalıpları ile bileşik kalıplar da bulunmaktadır.

Bastırcısız kalıplar, daha ziyade basit şekilli ve derinliği az parçalar ile kalınlığı fazla olan sacların çekilmesinde kullanılmaktadır. Nispeten basit şekilli olan bu kalıpların imalatı kolay ve maliyetleri düşüktür.

Derin çekme kalıplarında, çekim esnasında oluşabilecek kırışmaları önlemek, daha ince saclar ile daha derin çekimleri gerçekleştirebilmek bakımından bastırcılar düzenlenmektedir.

2.3 ÇEKMEDE KUVVET - İŞ - HIZ - YAĞLAMA (1),(3),(4)

2.3.1 ... KUVVET (1)

Derin çekme işlemlerinde çekme kuvvetinin hesaplanabilmesi için , pratik olarak ;

$$P = \pi . d . s . m . \zeta_f$$

amprik formülü kullanılabilir. Ayrıca, kademeli çekim işlemleri için, her bir kademedeki çekme kuvvetleri şöyle verilmektedir :

$$P_1 = 5 d_1 . s . \zeta_{A1} . \ln (1 / m_1)$$

$$P_2 = 0.5 P_1 + 5 . d_2 . s . \zeta_{A2} . \ln (1 / m_2)$$

$$P_3 = 0.5 P_2 + 5 . d_3 . s . \zeta_{A3} . \ln (1 / m_3)$$

Buradaki kademe düzenlemesi ;

$$d_1 = m_1 . D$$

$$d_2 = m_2 . d_1$$

.....

.....

.....

$$d_n = m_n . d_{n-1}$$

Çekme oranları, çekilecek malzeme cinsine ve kalınlığına göre seçilmektedir. Ostergood 'a göre, derin çekme sacları ve kaliteli çelik saclar için çekme oranları şöyle seçilebilir ;

Tablo 1 (1)

Tablo 1 : Çekme Oranları				
Sac Kalınlıkları (mm)	Çekme Oranları (m)			
	1. Çekme Kademesi	2. Çekme Kademesi	3. Çekme Kademesi	4. Çekme Kademesi
1.6 'dan ince	0.52 - 0.60	0.75 - 0.80	0.80 - 0.82	0.80 - 0.84
1.6 - 3.2	0.52 - 0.60	0.82 - 0.85	0.85 - 0.86	0.86 - 0.87
3.2 - 4.75	0.52 - 0.60	0.85 - 0.88	0.88 - 0.89	0.89 - 0.90
4.75 - 6.4	0.52 - 0.60	0.87 - 0.90	0.90 - 0.91	0.95 - 0.92
6.4 'den kalın	0.52 - 0.60	0.90 - 0.92	0.92 - 0.93	0.93 - 0.94

2.3.2 ... ÇEKME İŞİ (3)

Çekme kuvveti çekme esnasında sabit değerde olmayıp çekme yoluna bağlı olarak değişmektedir. Bunlardan başka aynı çekme ölçülerine sahip malzemelerden çekmeler bile çekmede uygulanan şartlara bağlı olarak değişik değerlerde seyretmektedir.

Şekil 6 aynı çap ve yüksekliğe sahip kabın , aynı kalınlık ve ilkel puldan çekilmesi görülmektedir. Her iki çekmede parça ölçüleri aynı olmakla birlikte çekme kavisleri farklı seçilmiştir. Şekil 'den görüleceği üzere küçük kavisli parçada çekme kuvveti daha yüksek değerde ve daha dik seyretmektedir.

Çekme işi Şekil 6 'da görülebileceği gibi kuvvet - yol diyagramının alanına eşittir. Diyagram alanının hesaplanması kuvvet değişken seyrettiğinden oldukça zordur. Bu bakımdan hesaplarda çekme yolu ile çarpıldığında diyagram alanını veren ortalama çekme kuvveti kullanılır. Bu durumda aşağıdaki eşitlik yazılabilir ;

$$A = P_m . H = \int_0^h . Ph . dh = .P_{max} . H . x [Kg / mm.]$$

Çift etkili presler için çekme işinin değerini bulmaya yarayan yukarıdaki formül tek etkili preslerde baskı kuvvetinin ilavesiyle aşağıdaki şekilde yazılabilir ;

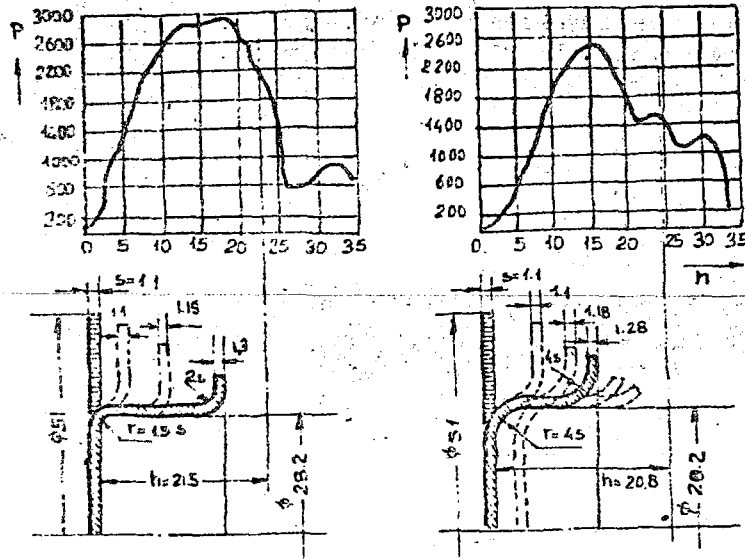
$$A = (x . P_{max} . Q) . H [Kg / mm.]$$

Formülde ;

- P : Çekme kuvveti [Kg]
Q : Baskı kuvveti [Kg]
H : Parça yüksekliği [mm]

Formülde ortalama çekme kuvvetini bulmakta kullanılan (x) katsayısı ön planda malzeme cinsine ve çekme oranına bağlıdır. (x) değeri ; 0.5 - 0.8 arasında alınabilir. Normal çekmeler için çekmeye uygun malzemelerde (x) değeri 0.065 0.75 arasında alınabilir.

Çekme işinin hesaplanmasında , kullanılacak presin belirlenmesi açısından önemlidir. Seçilecek pres kuvvet ve kapasite olarak çekme için hesaplanan kuvvet ve kapasiteden büyük olmalıdır



Şekil 6 : Çekme kuvvetinin çekme yoluna ve takım kavisine bağlı değişimi

2.3.3 ... ÇEKME HIZI (3), (4)

Çekme hızının çekme olayına etkisi üzerindeki çalışmalar henüz kesin kurallara bağlanmamıştır. Soğuk olarak şekil değiştirmede mukavemetin değişimine şekillenme hızının etkisi olmaktadır. Bununla beraber malzemeye şekillenme için gerekli zamanın bırakılması uygun olur. Özellikle karmaşık şekilli parçaların çekilmelerinde kritik bölgelerdeki malzeme zayıflamalarını arttıracak ve yırtılmalara sebep olacak yüksek hızlardan kaçınılması gerektiği hatırlanmalıdır. Çekme hızı olarak zımbanın malzemeyle temas ettiği anki hız anlaşılmalıdır.

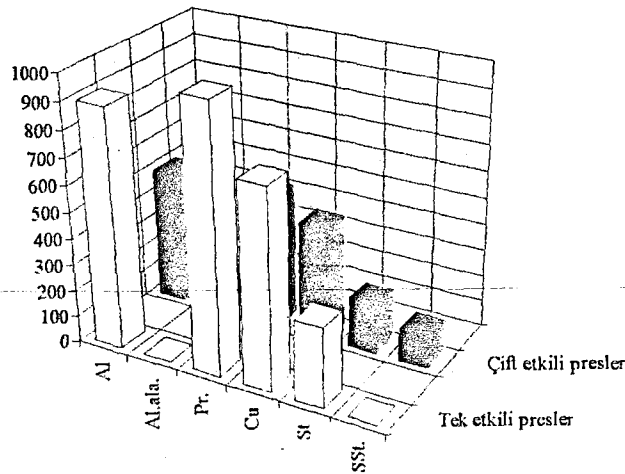
Kranklı preslerde koç hızı kurs boyunca değişkendir. Hidrolik preslerde koç kuvveti ve hızı kurs boyunca sabit tutulabilir. Kranklı preslerde koç'un herhangi bir konumundaki hızı aşağıdaki formüllerle bulunabilir ;

$$c = 0.105 \cdot w \cdot n \cdot (H/W - 1)^{1/2} \quad [\text{mm}]$$

w : Pres koçu'nun alt ölü noktaya uzaklığı [mm]
n : Krank mili devir sayısı [dev / dak]
H : Pres kursu [mm]

Tablo 2 : Ortalama çekme hızları: (3)

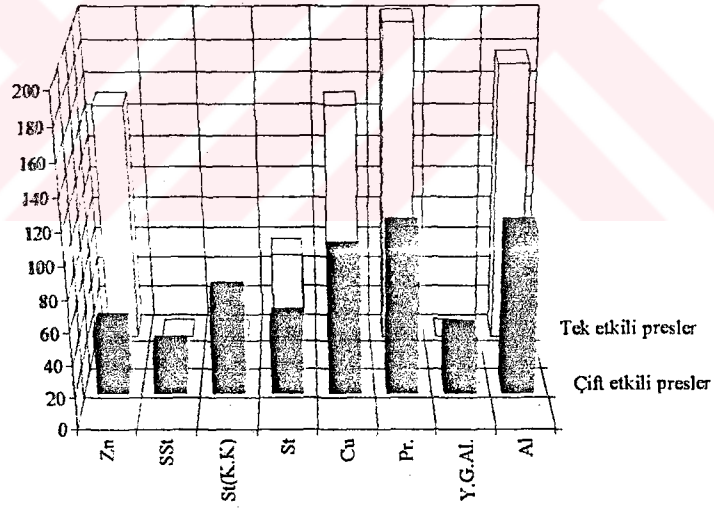
Ortalama Çekme Hızları		
Malzeme	Çekme hızları [mm / s]	
	Tek etkili presler	Çift etkili presler
Alüminyum	900	500
Alüminyum alaşımları	-	150 - 200
Pirinç	1000	500
Bakır	750	430
Çelik	300	180 - 250
Paslanmaz çelik	-	100 - 150



Şekil 7 : Ortalama çekme hızları

Tablo 3:Farklı metallerin normal çekme hızları (4)

Metal	Çekme hızları [mm / s]	
	Tek etkili presler	Çift etkili presler
Alüminyum	175	100
Yüksek gerilimli Al.	-	30 - 40
Pirinç (Sarı)	200	100
Bakır	150	85
Çelik	55	35 - 50
Çelik (Karpit kaplı)	-	60
Paslanmaz çelik	-	20 - 30
Çinko	150	40



Şekil 8 : Farklı metallerin normal çekme hızları

2.3.4 ... YAĞLAMA (3) (4)

Çekme 'de yağlama malzeme ile takım arasındaki sürtünmeyi azaltmayı amaçlar. Böylece malzemenin şekillendirmeye karşı göstereceği direnç azaltılmış olur. İyi bir yağlama takım ve iş parçası yüzeylerinin zamansız bozulmalarını önlediği gibi kalıp ömrünün artmasına sebep olur. Yağlama iş parçasının takımdan kolayca ayrılmasını sağlamak amacıyla da kullanılır. Yağlama için kullanılacak maddelerde aşağıdaki genel özelliklerin bulunması gereklidir :

- a-) Yağlama maddesinin meydana getirdiği yağ filmi homojen olmalı ve yüksek basınçlarda yırtılarak kuru sürtünmeye sebep olmamalıdır.
- b-) Yağlama maddesi malzeme yüzeyini iyi ıslatmalı (yapışmalı) ve bütün yüzeylere homojen olarak dağılmalıdır.
- c-) İş parçası üzerindeki yağ tabakası operasyondan sonra kolayca temizlenebilmelidir.
- d-) Yağlama maddesi takım ve malzeme yüzeyinde kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar meydana getirmemelidir.
- e-) Yağlama maddesinin bileşimi karalı olmalı ve sağlığa zararlı etkileri bulunmamalıdır.
- f-) Yağlama maddesinin temini kolay ve ucuz olmalıdır.

Pratikte dolgu maddeli denilen içinde grafit talk (mağnezyum silikat) ,tebeşir (kalsiyum karbonat), MoS₂ (Molibden disülfid) vs. gibi katık maddeleri bulunan yağlarla dolgu maddesiz çok çeşitli yağlama maddesi kullanılmaktadır. Tecrübeler dolgu maddesiz yağlama maddelerinin , dolgu maddeli yağlar kadar yağ filmi kararlılığına sahip olmadığını göstermektedir. Aynı zamanda dolgu maddeli yağlarda sürtünmenin diğerine nazaran 2....3 kat daha az olduğu, bu sebepten takım ömrünün uzadığı görülmektedir.

Yağlama maddesinin kullanımı ile ilgili birkaç öneriyi aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- 1-) İlkel pulun yağlama maddesine daldırılarak bütün yüzeylerin yağlanması tavsiye edilmemektedir.
- 2-) İlkel pulun yalnız çekme kalıbına bakan tarafı belli aralıklarla yağlanmalıdır.
- 3-) Malzemenin zimba boyunca kayarak cidar incelmeye uğrayacağı düşünülerek ilkel pulun baskı plakasına bakan tarafının yağlanmaması iyidir.
- 4-) Parçanın tabanı ile zimba alın yüzeyi arasındaki sürtünmeyi arttırmak için zimbanın alın yüzeyi ile kavis bölgeleri yağlanmamalıdır. Hatta sürtünmeyi arttırmak için zimbanın alın yüzeyinin parlatılmaması gerekir. Malzeme zimba alın yüzeyinden kolayca kayarsa kavis bölgesinde malzeme incilmesi daha fazla olacak ve malzemenin çekmede yırtılması kolaylaşacaktır.
- 5-) Malzeme ile takım elemanları arasındaki sürtünmeyi azaltmak malzemenin kıvrışmaya olan eğilimini artırır. Bu sebepten $s/D < \% 0.3$ gibi düşük malzeme kalınlığı oranlarında ilk çekme operasyonunda yağlama yapılmaması tavsiye edilir. Fakat takım aşınmalarını ve iş parçası yüzey bozukluklarını önlemek için dişi kalıp kavis bölgelerinin yağlanması gerekir.
- 6-) Beşinci maddede açıklanan önerileri ince saclardan yarım küre ve benzeri şekilli parçaların çekimleri için de uygulamalıdır.
- 7-) Magazine doldurularak otomatik besleme yapılan küçük boyutlu şikel pulların yağlanması besleme esnasında pulların birbirlerine yapışmalarına sebebiyet verebileceğinden yağlama yapılmaması iyidir. Bu durum takım aşınmalarını artırır ve çekme oranını olumsuz yönde etkiler.

Tablo 4 : Düşük Karbonlu Çeliklerin Pres Altında Formlanması Yağın Olarak Kullanılan Yağlayıcılar ⁽⁴⁾			
Yağlayıcı Tipi ve Bileşimi	Temizleme Kolaylığı		Paslanmaya karşı Koruması
	Su Bazlı	Solventler	
Su Bazlı Yağlayıcılar			
Düşük Şiddetli Pres Operasyonları			
1 -) %5 ~20 su emülsiyonlu çok amaçlı çözülebilir yağ veya cila	Çok İyi	İyi	Vasat
Orta Şiddetli Pres Operasyonları			
2 -) %5~20 su emülsiyonlu sabun	Çok İyi	Çok İyi	Vasat
3 -) Su emülsiyonlu çözülebilir ağır hizmet yağı (Sülfür yada klor katkı maddesi içerir)	Çok İyi	İyi	Vasat
Yüksek Şiddetli Pres Operasyonları			
4 -) Su ile inceltilmiş yağlı sabun (cila içerebilir)	Vasat	Zayıf	Vasat
5 -) Su emülsiyonlu çözülebilir ağır hizmet yağı (yüksek konsantrasyonda sülfür yada klorlu katık içerikli)	Çok İyi	İyi	Vasat altı
Maksimum Şiddetli Pres Operasyonları			
6 -) Su ile inceltilmiş boyalı yağlı - sabun	Zayıf	Çok Zayıf	İyi
7 -) Kuru sabun veya cila (su solüsyonu ile uygulanır) Boraks gibi çözünür astar içerebilir	İyi	Çok Zayıf	İyi
Yağ Bazlı Yağlayıcılar			
Düşük Şiddetli Pres Operasyonları			
8 -) Makina yağı, artık (genellikle ortalama 100F 'da 100 sus)	İyi	Çok İyi	Vasat
9 -) Mineral yağlar (100F 'da 40~300 sus)	İyi	Çok İyi	Vasat
10-) Acıbadem Yağı	Temizleme gerektirmez		.....
Orta Şiddetli Pres Operasyonları			
11-) %10 ~ 30 dolgun yağ ilaveli mineral yağ	İyi	Çok İyi	Vasat
12-) %2 ~ 20 sülfürlü veya klorlu yağ (EP yağı) ilaveli mineral yağ	Vasat üstü	İyi	Vasat altı
Yüksek Şiddetli Pres Operasyonları			
13-) Organik yağ	Vasat	Vasat	Vasat
14-) Mineral yağ (100F 'da 100~300sus) + %5 ~ 50			
a-) Emülsiyonlaştırılmamış klorlu yağ	Zayıf	İyi	Çok zayıf
b-) Emülsine klorlu yağ	İyi	İyi	Çok zayıf
15-) Konsantre fosforlu yağ	Vasat	Vasat	Vasat
Maksimum Şiddetli Pres Operasyonları			
16-) Boyalı yağlı sabun ile karıştırılmış mineral yağ	Zayıf	Zayıf	Vasat
17-) Konsantre sülfürlü yağ			
a-) Emülsiyonlaştırılmamış	Çok zayıf	Vasat	Zayıf
b-) Emülsine	İyi	Vasat	Zayıf
18-) Konsantre klorlu yağ			
a-) Emülsiyonlaştırılmamış	Çok zayıf	Vasat	Çok zayıf
b-) Emülsine	İyi	Vasat	Çok zayıf

3 ŞEKİL DEĞİŞİM ORANI VE YÖNLENME (6)

Çekme deneyi tek yönlü gerilim altında numunenin şekil değişim davranışını vermektedir. Bu gerilim altında numunede oluşacak uzamanın ne kadarının numune eninden, ne kadarının ise numune kalınlığından karşılanacağını, numunenin dokulu veya dokusuz oluşuna göre değişir. Numunede üç asal yönde olacak şekil değişimi hacim sakınımlarını sağlamak zorundadır.

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$$

Burada ϵ_1 , ϵ_2 , ve ϵ_3 numunedeki boy, en ve kalınlık doğrultusu boyunca oluşan şekil değişimlerini ifade etmektedir. Dokusuz (ve dolayısıyla her yönde aynı özellik gösteren) malzemeler ile $\epsilon_2 = \epsilon_3$ dir. Diğer bir ifadeyle bu malzemelerde numune, kalınlık ve en boyunca eşit miktarlarda şekil değişimine uğrarlar. Şekil değişim oranı " R " numunenin eni boyunca oluşan şekil değişiminin, kalınlık boyunca oluşan şekil değişimine oranıdır.

$$R = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_3}$$

R 'nin alacağı değer numunenin dokusuna bağlıdır. Dokusuz numunede R=1 olurken, dokululara dokunun çeşidine bağlı olarak R birden büyük veya küçük olabilir. R > 1 durumu malzemenin incelmeye karşı dirençli olduğu anlamındadır. R levha üzerinde değişik doğrultularda değişik değerler alabilir. Malzeme için ortalama R değeri bulunmak istenirse haddeleme doğrultusu boyunca, buna 45° doğrultuda ve 90° doğrultuda hazırlanacak üç numunede R değerlerinin ölçümü uygundur. Bu durumda ortalama R değeri ;

$$R = \frac{R_0 + 2R_{45^\circ} + R_{90^\circ}}{4}$$

biçiminde hesaplanabilir. R 'nin sahip olacağı değer, yanında R değerinin levha düzlemi üzerindeki değişimide önemli olabilmektedir. ΔR bu değişimin bir ölçüsüdür.

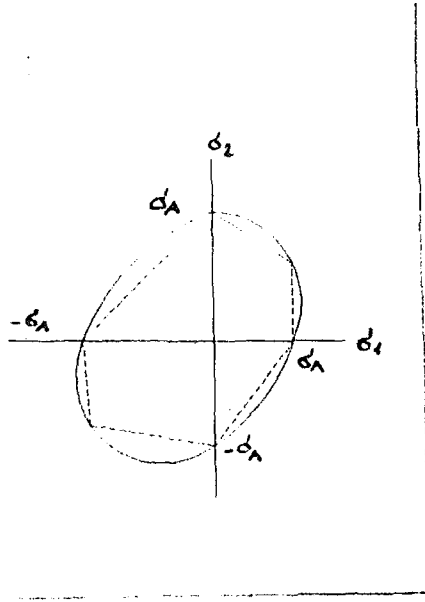
$$\Delta R = \frac{R_0 - 2R_{45^\circ} + R_{90^\circ}}{2}$$

3.1 KARMAŞIK GERİLİM HALLERİ VE AKMA KRİTERİ (6)

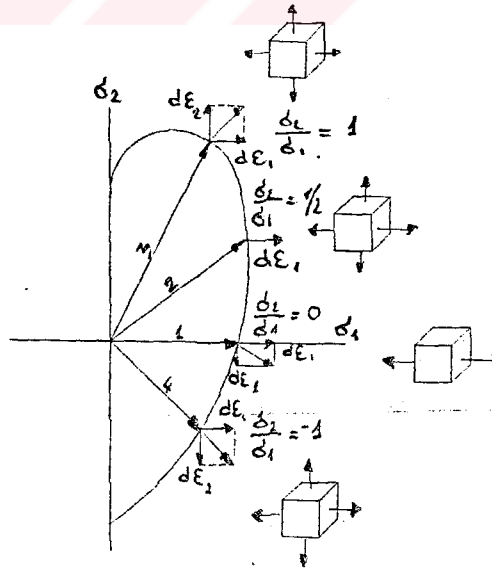
Çekme deneyi malzemenin tek eksenli gerilim altında göstereceği davranışı yansıtmaktadır. Deneyle ölçülen σ_A , malzemenin tek eksenli gerilim altında hangi gerilim düzeyinde akmaya başlayacağını göstermektedir. Uygulamada ve özellikle şekillendirmede malzemenin maruz kaldığı gerilimler ise genellikle daha karmaşıktır. Bu karmaşık gerilimler altında hangi gerilim deneylerinde akmaya başlayacağını bilmesi gerekir. En genel haliyle gerilimler üç eksenli olabilecek ise de levha malzemeler için iki eksenli gerilimleri göz önünde bulundurmak genellikle yeterli sayılabilir. Von Mises akma kriterine göre iki eksenli gerilimler altında (yönlülük göstermeyen, R = 1) malzeme ;

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1 \sigma_2 = \sigma_A^2$$

sağlandığında akacaktır. Burada σ_1 ve σ_2 levha düzlemindeki asal gerilimleri, σ_A ise malzemenin çekme deneyi ile saptanan akma dayanımını göstermektedir. Verilen haliyle akma kriteri, Şekil 9 'da gösterildiği gibi bir eliptir. Bazı örnek gerilim halleri Şekil 10 'da gösterilmiştir.



Şekil 9 : İki eksenli gerilmeler için Von Mises Akma elipsi.



Şekil 10 : Bazı örnek gerilim ve bunlara denk gelen şekil değişim halleri

1-) $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 0$ Tek eksenli gerilim hali . Gerilim düzeyinin elipse doğması halinde, diğer bir ifadeyle σ_1 'in σ_A 'ya eşit düzeye gelmesiyle akma olacaktır.

2-) $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1/2$ Bu durumda akmanın olabilmesi için,

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \sigma_1$$

$$\sigma_1^2 + (1/2 \sigma_1)^2 - \sigma_1(1/2 \sigma_1) = \sigma_A^2$$

$$\sigma_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_A \text{ değerine ulaşması gerekmektedir.}$$

3-) $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$ Dengeli çift etmenli gerilme hali olarak isimlendirilen bu durumda akmanın olabilmesi için σ_1 'in (yada ona eşit olan σ_2 'nin) σ_A düzeyine erişmesi gerekecektir.

4-) $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$ σ_1 'in çekme, σ_2 'nin ise basma gerilimi olduğu bu durumda akmanın olabilmesi için

$$\sigma_2 = - \sigma_1$$

$$\sigma_1^2 + (-\sigma_1)^2 - \sigma_1(-\sigma_1) = \sigma_A^2$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_A$$

σ_1 'in $\sigma_A/\sqrt{3}$ düzeyine erişmesi yeterli olacaktır.

3.2 ŞEKİL DEĞİŞİM HALİ (6)

Malzemenin davranışı açısından akmanın gerçekleşeceği gerilim düzeyi yanısıra, belirli bir gerilim halinde malzemede oluşacak şekil değişiminin hali de önemlidir. Verilen belirli bir gerilim halinde malzemenin uğrayacağı şekil değişiminin çeşidi (hali), gerilimin (gerilim rektörü) elipse değdiği noktada elipse çizilen dikin (şekil değişim rektörü) doğrultusunda belirlenmektedir. Yukarıda verilen gerilim çeşitlerinin oluşturacağı şekil değişimler şekil 10' da gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi ;

2-) No'lu gerilim halinde, $\sigma_2 / \sigma_1 = 1/2$, elipse çizilen dik σ_1 'e paraleldir. Diğer bir ifadeyle dik doğrultunun (şekil değişim vektörünün) σ_1 'e paralel bileşeni sıfır olur. Bu durumda ($d \epsilon_2 = 0$, $d \epsilon_1 = -d \epsilon_3$) şekil değişim halidir. Bunun anlamı sözü edilen gerilim altında malzeme in uygulandığı doğrultuda uzayacak ($+d \epsilon_1$) ve bu uzama tamamıyla kalınlığın azalması ($-d \epsilon_3$) ile karşılanacaktır. Buradaki şekil değişim düzlemsel şekil değişim haline bir örnektir. Düzlemsel şekil değişim, $d \epsilon_1$, $d \epsilon_2$ ve $d \epsilon_3$ den birinin sıfır olma durumunu ifade etmektedir.

3-) No'lu gerilim halinde, $\sigma_2 / \sigma_1 = 1$, elipse çizilen dik doğrultunun (şekil değişmiş vektörün) birbirine eşit iki bileşeni vardır. Bu bileşenlerin herikisi de pozitif yöndedir. $+d \epsilon_1 = +d \epsilon_2$. Dengeli çift eksenli germe hali diye isimlendirilebilecek bu şekil değişim halinde, levhada oluşacak germe levhanın incelenmesi ile karşılanmak zorundadır. İncelme miktarı $-d \epsilon_2$, hacim sakınıdır.

$$(d \epsilon_1 + d \epsilon_2 + d \epsilon_3 = 0) \text{ nedeni ile,}$$

$$d \epsilon_1 + d \epsilon_1 + d \epsilon_3 = 0, \quad -d \epsilon_3 = 2d \epsilon_1$$

olma durumundadır.

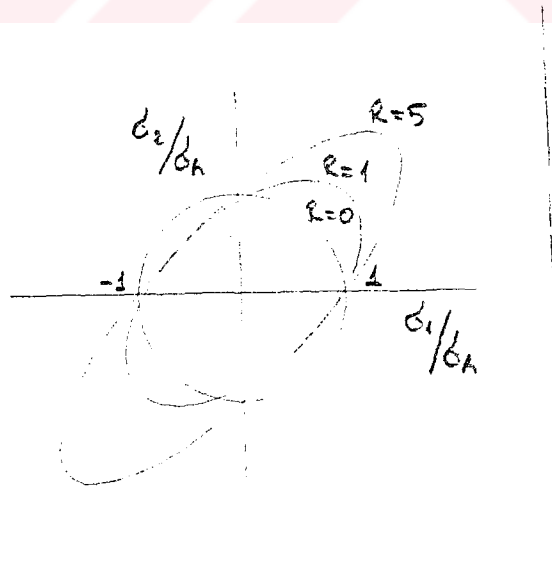
4-) No'lu gerilim halinde ise, $\sigma_2 / \sigma_1 = -1$ ($\sigma_1 = -\sigma_2$) değme noktasında elipse çizilen dik doğrultunun bileşenleri $d \epsilon_1 = -d \epsilon_2$ biçimindedir. Bu gerilim altında malzeme kalınlığında bir değişiklik olmaz. Şekil değiştirecek ve σ_1 'e paralel doğrultuda olacak "uzama" ($+d \epsilon_1$), σ_2 uygulandığı doğrultuda oluşacak "kısalmaya" ile karşılanacaktır.

3.3 YÖNLÜ MALZEMELERDE AKMA KRİTERİ (6)

Yukarıda verilen akma kıstası, yönlülük göstermeyen malzemeler için ($R \neq 1$) geçerlidir. Malzemenin yön göstermesi halinde Von Mises akma kıstası aşağıdaki şekilde verilebilir;

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 \left(\frac{2R}{1+R} \right) = \sigma_A^2$$

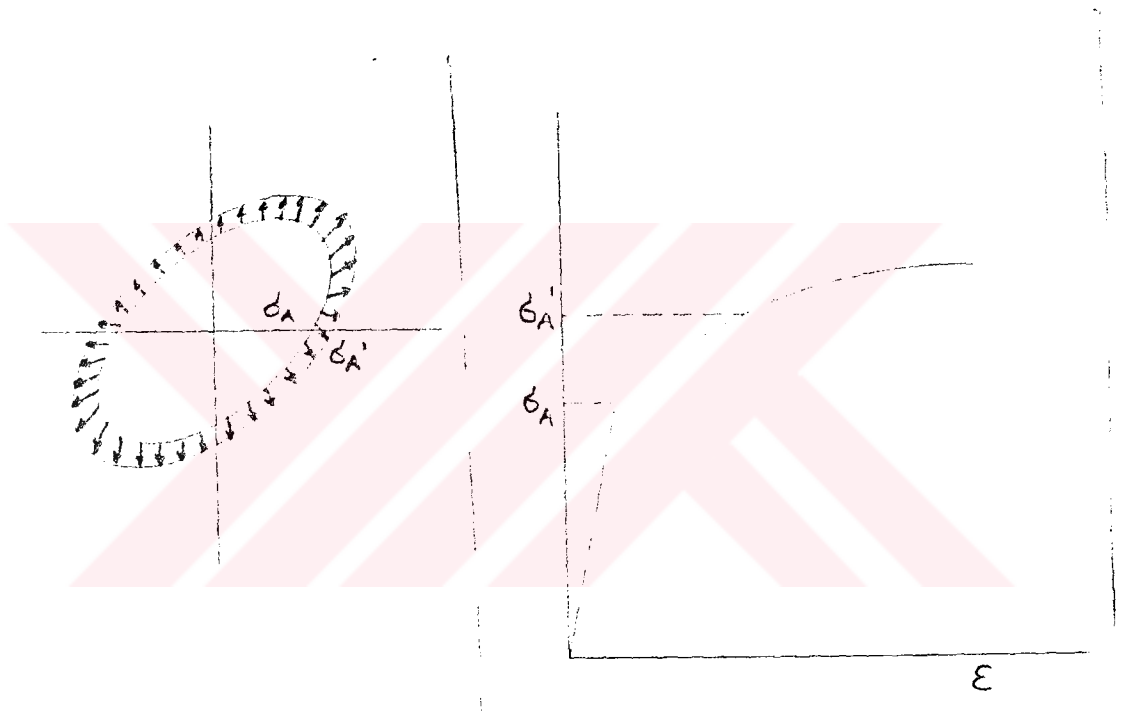
Bu ifadenin geçerli olabilmesi için malzemede $\Delta \bar{R} = 0$ olması zorunludur. Bu durum R değerinin levha üzerinde her yönde aynı değere sahip olması haline denk gelmektedir. Şekil 11 değişik R değerleri için çizilen Von Mises akma elipslerini göstermektedir. Görüldüğü gibi $R > 1$ olması halinde elips uzamakta, $R < 1$ durumunda ise kısalarak çemberleşme eğilimi göstermektedir.



Şekil 11 :Yönlülük gösteren levhalarda ($\Delta \bar{R} = 0$ kaydı ile) R değerine bağlı olarak Von Mises Akma elipsinin alacağı şekiller.

3.4 ŞEKİL DEĞİŞİMİNİN AKMA ELİPSİNE ETKİSİ (6)

Çekme deneyi ile saptanacak akma dayanıcı , σ_A , Von Mises akma elipsinin başlangıç şeklini belirler. Malzeme şekil değişimine uğradıkça sertleşeceğinden, akma elipsinin de bu sertleşmeye uygun olarak şeklini değiştirmesi, genişlemesi gercektir. Şekil 12 başlangıçta, σ_A için çizilen Von Mises akma elipsini ve bu elipsin akma dayanımının σ_A değerine bağlı olarak yükselmesi ile alacağı şekli göstermektedir.



Şekil 12 : Şekil değişim sertleşmesinin akma elipsine etkiler.

σ_A : başlangıçtaki akma gerilimi.

σ_A' : bir miktar şekil değişim sonrası akma gerilimi.

Akma geriliminin şekil değişimle değişimi $\sigma = K \epsilon^n$ ise Von Mises Akma kriteri:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 = (K \epsilon^n)^2$$

olarak verilebilir. Yönlü malzemeler için ifade benzer şekilde :

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 \left(\frac{2R}{1+R} \right) = (K \epsilon^n)^2$$

3.5 DERİN ÇEKİLEBİLİRLİK (6)

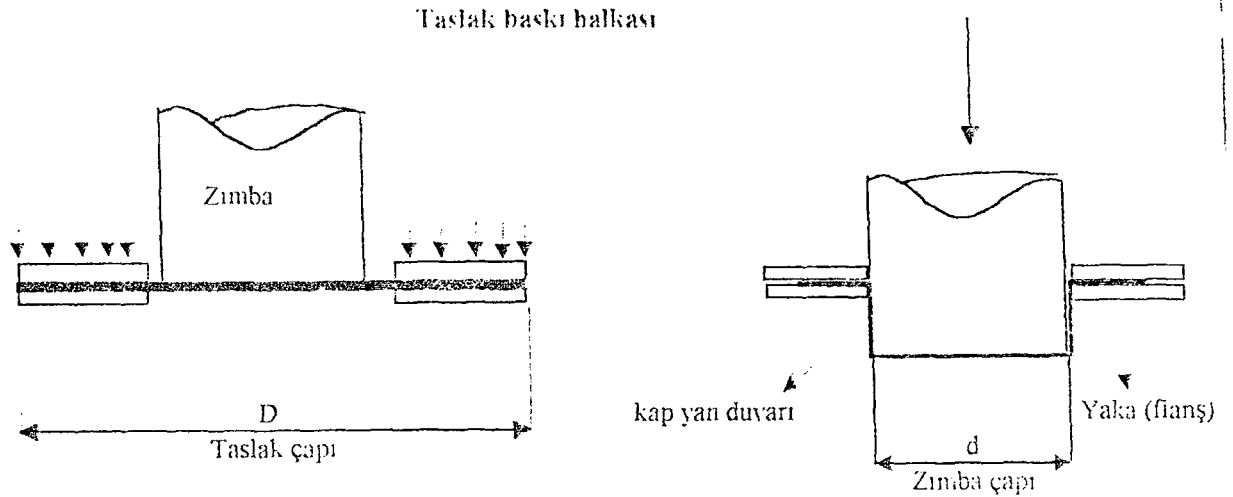
Derin çekme ilkel pulun bir zımba - kalıp donanımı ile üç boyutlu hale getirilmesi işlemidir. Yapılan işlemin derin çekme olarak isimlendirilebilmesi için şekillendirme işleminin levha kalınlığında değişikliğe neden olmaması veya kalınlık değişikliği olsa bile değişikliğin nispeten az olması gereklidir.

Genelde derin çekme ile değişik şekilli parçalar üretilmektedir. Bunlardan biri yuvarlak levha taslaktan silindirik şeklinde bir kabın derin çekilmesi işlemidir. Şekil 13 bu işlemi göstermektedir. Normal şartlarda zımbaya uygulanacak kuvvet kabın yan duvarları ile taslak yakasına aktarılmakta ve bu kuvvet altında yaka içeriye çekilerek işlem gerçekleştirilmektedir.

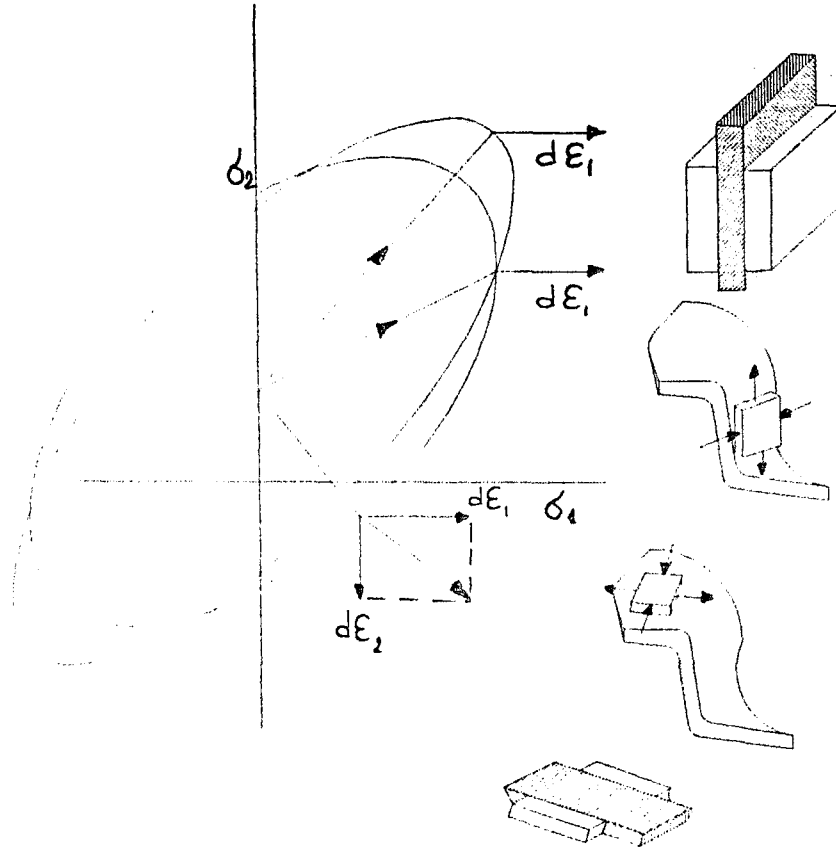
İşlemin başarılı olabilmesi için yan duvarlarının, yakanın içeriye çekilmesi için gerekli kuvveti, yakaya iletebilecek kadar sağlam olması gereklidir. Aksi takdirde çekme işlemi tamamlanmadan, yan şekillendirilmiş basınç yan duvarı incelerek kopacak ve işlem başarısızlıkla sonuçlanacaktır.

Sabit bir d için, yakayı içeri akıtma kuvveti artan taslak çapı ile artacaktır. Taslak çapı güçte artırıldığında D 'nin belirli bir değerinde D_{max} gerekli kuvvet kabın yan duvarlarının taşıyabileceği maksimum yük değerine erişecektir. Taslak çapının D_{max} 'dan büyük bir değere sahip olması halinde çekme işlemi sırasında, kabın yan duvarları bir yerinden incelerek çatlacak ve işlem başarısızlıkla sonuçlanacaktır. D_{max}/d sınır çekme oranı olarak bilinir. Uygulamada bu değer 2 civarında olduğu kabul edilmekte ise de, özel derin çekilebilir kalitede saclarda, daha yüksek oranların elde edilmesi mümkündür.

Yukarıdaki ifadeden de anlaşılacağı gibi derin çekilebilirliğin yüksek olması için (D_{max}/d 'nin normal değerinin üstüne çıkabilmesi için) yakanın mümkün olduğu kadar kolay şekil değiştirmesi, oluşturulan kap yan duvarlarının ise, mümkün olduğu kadar fazla yükü taşıyabilir kılınması gereklidir. Bunların sağlanması derin çekme işleminin ayrıntıları ile, örneğin yağlamanın yapılış biçimi ile ilgili olduğu kadar, şekillendirilecek malzemenin kalitesi ile de yakından ilgilidir. Derin çekme işleminin ayrıntıları şimdilik bir tarafa bırakılacak olursa, akma elipsi malzemenin hangi özelliklerinde çekilebilirliğinin daha yüksek olacağını açıklayabilmektedir.



Şekil 13. Derin çekme. (Taslak baskı halkasına uygulanan baskı kuvveti, yakanın buruşmasını engeller.)



Şekil 14 : Yuvarlak taslaktan silindirik şekilde bir kabın derin çekilmesinde yaka'da (flaş'da) ve kap yan duvarında oluşan gerilim ve çelik değişim halleri. Akma elipsi üzerinde gösterildiği gibi yaka : $(d\epsilon_1, -d\epsilon_2 (= +d\epsilon_1), d\epsilon_3 = 0)$ şekil değişim halinde, duvar ise : $(d\epsilon_1, -d\epsilon_3 (= -d\epsilon_1), d\epsilon_2 = 0)$ şekli değişim halindedir. Belirtilen haller için akma elipsi $R > 1$ durumunda yakanın yumuşayacağını, buna karşılık duvarın sağlamlaşacağını göstermektedir

Şekillendirme sırasında levhanın maruz kalacağı şekil değişim halleri Şekil 14'de gösterilmiştir. Yaka kendi düzleminde kalınlığında pek bir değişiklik göstermeksizin akmaktadır. $d\epsilon_3 \sim 0$. Akma, taslağın çevresel yönde kısılması ile, $-d\epsilon_2$ ve çapsal doğrultuda uzaması ile $+d\epsilon_1$ gerçekleşmektedir. Bu şekil değişim hali akma elipsi üzerinde gösterilmiştir. Diğer taraftan kap yan duvarı zımbayı çevrelemektedir. Duvarda normal şartlarda şekil değişimi yoktur. Ancak D 'nin D_{max} 'a yaklaşması veya ondan büyük olması halinde şekil değişim söz konusu olacak ve bu olduğunda kap duvarı uzama gösterecektir. $+d\epsilon_1$. Uzama, kap duvarında çevre boyunca kısılma olmayacağı için $(d\epsilon_2 = 0)$, ancak duvarın incilmesi ile karşılanabilecektir, $-d\epsilon_3$. Sonuç olarak yakadaki şekil değişim hali, $d\epsilon_1 = -d\epsilon_2$, $d\epsilon_3 = 0$ iken, yan duvarda, $d\epsilon_1 = -d\epsilon_3$, $d\epsilon_2 = 0$ biçimindedir. Verilen şekil değişim halleri ve bu şekil değişimleri oluşturacak gerilim halleri Şekil akma elipsi üzerinde gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi $R > 1$ olması halinde yaka daha düşük gerilim düzeylerinde akma gösterirken, kap duvarlarının akmaya karşı dirençleri nispeten artmaktadır. $R < 1$ olması halinde ise bunun tersi olacaktır. Sonuç olarak çekilebilirlik oranı malzemenin R değerine bağlı olacaktır. R değeri arttıkça normal şartlarda 2 civarında olan çekilebilirlik oranı bu değerin üstüne çıkacak, $R < 1$ olması halinde ise 2'nin altına düşebilecektir.

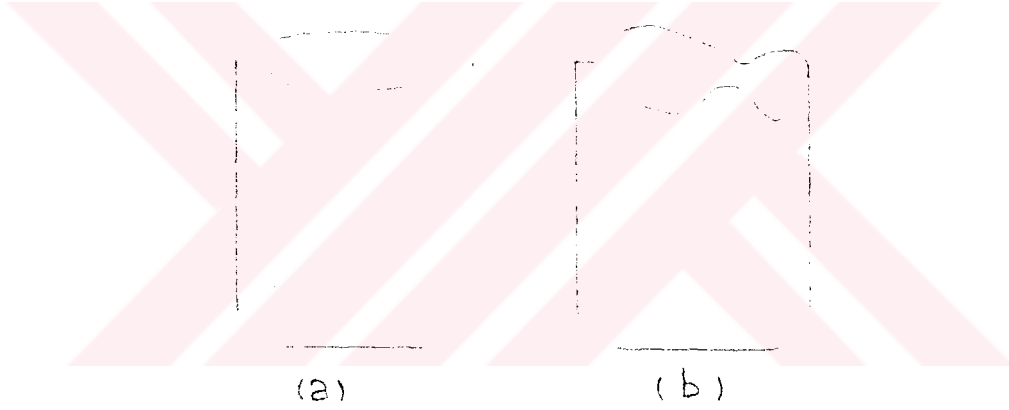
Çekme deneyi ile ölçülebilen R değeri malzemenin derin çekilebilirliğinin bir ölçüsü olur. Ekstra derin çekilebilir çelik saclarda $R \sim 2$ civarındadır. Derin çekmeye elverişli alüminyum, pirinç, bakır levhalarda ise $R \sim 1$ düzeyindedir.

3.5.1 .. DERİN ÇEKİLEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN DİĞER ETKENLER ⁽⁶⁾

Yukarıda da belirtildiği gibi derin çekilebilirliğin iyileştirilmesi için kab yakasının (flanşının) mümkün olduğu kadar yumuşak, kab yan duvarlarının da mümkün olduğu kadar fazla yük taşıyabilir kılınması gerekmektedir. Yüksek R değerli malzeme kullanımı yanısıra, derin çekilebilirlik diğer yöntemlerle de artırılabilir. Yakanın iyice yağlanması, kırışmayı engellemek için taslak baskı halkasına uygulanacak basma kuvvetinin minimumda tutulması, yakanın içeri çekilmesi için gerekli kuvvetin azalmasına neden olacak ve dolayısı ile derin çekilebilirliği arttıracaktır. Diğer taraftan zımba yan duvar arasında sürtünme artırılırsa (zımba yüzeyini pürüzlendirilmesi ve/veya zımbanın yağlanmaması veya çok az yağlanması) yan duvarların yük taşıma kapasitesini arttırmış olacaktır. Son zamanlarda yaygınlık kararına eğilim gösteren bir diğer yöntem de yan duvar ile yaka arasında sıcaklık farkı oluşturmaktır. (yaka sıcak, yan duvar soğuk)

3.5.2 .. KULAKLANMA ⁽⁶⁾

Şekil 15 yuvarlak taslaktan derin çekilmiş silindirik kabın üst kenarlarının ne şekilde olabileceğini göstermektedir. Şekil 15 (a) ile kenarlar düzdür. Şekil 15 (b) ise kabın üst kısmı inişli - çıkışlı bir durumdadır. "Kulaklanma" olarak isimlendirilen bu ikinci durum derin çekme işleminde karşılaşılan önemli bir sorundur. Çoğu kez düz kenar ekleneceğinden kulaklanmış kabın üst kısmının kesilmesi gerekecektir.



Şekil 15 : a) Kendi düzleminde eş yönlü ($\Delta \bar{R} = 0$) bir levhadan derin çekilen silindirik kap
b) Kendi düzleminde eş yönlü olmayan ($\Delta \bar{R} \neq 0$) bir levhadan çekilen " kulaklanmış" silindirik kap

Kulaklanma, kullanılan sacın kendi düzleminde yönlü özelliklere sahip olmasından kaynaklanan bir olaydır. Yuvarlak taslağın yakası her yöde içeriye doğru çekilirken bazı doğrultularda levha daha kolay içeriye çekilebilecek, ve bu bölgeler çekilmiş kapla kulaklar arasındaki inişli kenarı verecektir. $\Delta \bar{R}$ daha önce değinildiği gibi sacın kendi düzlemindeki yönlülüğünün bir olgusudur. Bunu önlemek amacıyla sacın burkulmaya direncinin fazlalaştırılmasına yönelik olarak taslak baskı halkasına belirli bir basma kuvveti uygulanır. Bu kuvvet ancak kırışmayı engelleyecek düzeydedir. Kuvvetin aşırı fazlalaşması durumunda işlemin gerçekleştirilmesi mümkün olmayacak ve kap zımba alt ucunda çatlayacaktır.

4..... SACLARIN BİÇİMLENDİRİLEBİLİRLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER (7,8,9,10,11,12)

Sac metalin biçimlendirilebilirliğini etkileyen birçok faktör vardır. Bunları işlem faktörleri ve malzeme faktörleri olarak iki gruba ayırabiliriz. İşlem faktörleri genelde saca uygulanabilecek zorlamamın cinsini saptar. Halbuki malzeme faktörleri ise bu zorlamaya karşı dayanabilecek malzemenin cinsini saptar. Bununla birlikte işlem faktörleri ile malzeme cinsinde yapılan herhangi bir değişiklik sacdaki zorlamayı dolayısıyla gerinim durumunu değiştirecektir. Demekki sadece işlem faktörleri ile sacdaki zorlama durumu tam olarak kontrol edilemez; malzeme cinsinin de gözönünde tutulması gerekir.

4.1 MALZEME FAKTÖRLERİ (8,11)

4.1.1 ... PEKLEŞME ÜSTELİ " n " (8,11)

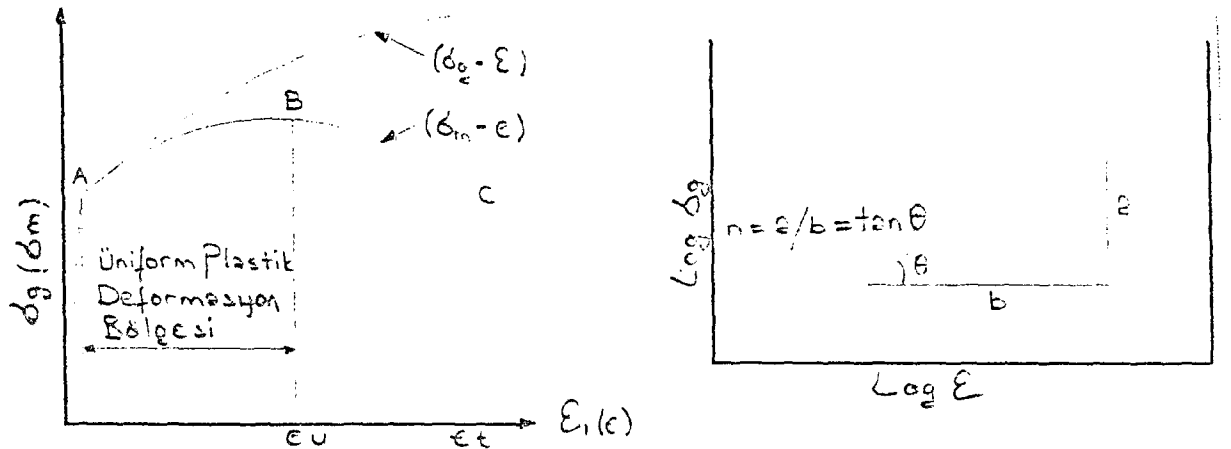
Sacın soğuk biçimlendirilebilirliğini etkileyen en önemli malzeme özelliği, gerilme artışı sonucu meydana gelen deformasyon ile sacın pekleşme durumudur. Pekleşme özelliği yüksek olan malzemelerde deformasyon sonucu incelen bölgedeki sertlik artışı ile bu bölge deformasyona karşı koyar. Bu durumda uygulana gerilme altında deformasyon komşu bölgelere doğru yayılarak sacda üniform bir incelme meydana getirir. Pekleşme özelliği düşük olan malzemelerde ise, incelme belirli bir bölgede başlar ve hızla o bölgede yoğunlaşır. Sonunda o bölgede çatlak oluşacaktır.

Çekme testinde üniform gerinim maksimum yükteki gerinim olarak isimlendirilir ve sacın pekleşme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Diğer ölçü pekleşme üsteli " n " dir. Gerilme - gerinim eğrilerinin üniform deformasyon bölgesi (şekil 16) Holloman denklemi olarak bilinen;

$$\sigma_e = K \epsilon^n \text{ bağıntısı ile ifade edilir. Burada;}$$

- σ_e = Gerçek gerilme
- ϵ = Gerçek gerinim
- K = Malzeme mukavemet katsayısı
- n = Pekleşme üsteli

Pekleşme üssü "n" plastik deformasyonun başladığı akma gerilmesi ile belvermenin başladığı nokta arasında buluna üniform deformasyon bölgesindeki gerçek gerilme ve gerçek gerinim değerlerine göre çizilen ($\log \sigma_e - \log \epsilon$) grafiğinin eğimine eşittir. (şekil 17)



Şekil 16: Mühendislik ve gerçek gerilme -gerinim diyagramı Şekil 17: Pekleşme üsteli "n"değerinin hesaplanması

"K" ve "n" in değerleri çoğu metaller için gerilme gerinim eğrisinin bütününü açıklamaz. Fakat yaklaşık olarak karşılaştırma için kullanılır. Bu değerler ilk %5 - 10 gerinim içerisinde genel olarak düşüktür, orta dereceli bir gerinim değişimi içerisinde yükselir ve son olarak büyük gerinim derecelerinde yine düşer. Düşük karbonlu çelik saclar bu üç durumun oluşmadığı birkaç malzemeden birisidir. Düşük gerinimlerdeki düşük "K" ve "n" değerleri elastikliğin hesabında önemli olmakla birlikte belverme (necking) ve hata oluşumunda büyük gerinimlerdeki "K" ve "n" değerleri esas faktörlerdir. Birkaç malzeme için "n" değerleri tablo 9'da verilmektedir.

"n" değerinin artışına neden olan çeşitli mikroyapı özellikleri daha iy gerinim dağılımı ve yüksek sınır gerinimi sağlaması nedeniyle biçimlendirilebilirliği uygun hale getirir. Örneğin, rekristalize olmuş malzeme yapıları, düşük akma dayanımı ve büyük pekleşme değerleri verdiğiinden bu tür malzemeler biçimlendirme uygulamaları için idealdir.

4.1.2 ... GERİNİM HIZI DUYARLILIğI ÜSTELİ "m" (8)

Gerinim hızı duyarlılığı gerilim dağılımına yardımcı eden diğer önemli özelliktir. Gerinim hızı duyarlılığı üsteli "m" pozitif ve yüksek olan malzemelerde belverme olayından sonraki şekil değiştirme miktarı artar. Bu tür malzemelerde belverme bölgesinde plastik gerilme artar ve belverme olayının etrafa yayılmasını sağlar. Böylece kalınlık incelmesinin sadece bir bölgede yoğunlaşmayıp tüm malzemede üniform olarak gelişmesi sağlanır.

Yüksek sıcaklıklarda ($T > 0.5T_m$) gerinim hızının malzemenin mukavemetine etkisi çok olup, sabit sıcaklık ve birim şekil değiştirme miktarı için;

$$\delta = C \cdot \epsilon^m$$

bağıntısının geçerli olduğu saptanmıştır. Burada;

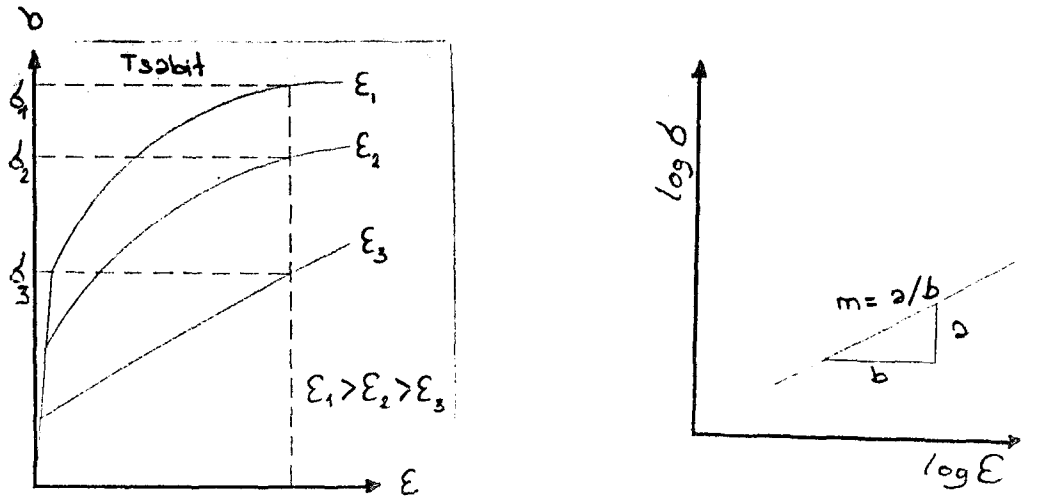
- δ = Plastik gerilme (veya Akma Gerilmesi)
- C = Malzeme Sabiti
- m = Gerinim hızı duyarlılığı üssü

Gerinim hızı duyarlılığı üssü "m" $\text{Log } \delta - \text{Log } \epsilon$ grafiğinin eğimine eşittir. Böyle bir grafik sabit sıcaklıkta, farklı gerinim hızlarında yapılan çekme deneyleri sonuçlarından yararlanılarak çizilebilir. (şekil 18)

Hız duyarlılığının etkileri gerinim hızındaki değişimde gösterilir ve böylece çekme testinde maksimum yüke karşılık gelen gerinim en çok "m" den etkilenir. Hız duyarlılığının gerinim duyarlılığına göre daha fazla etkiye sahip olduğu söylenmişse de çoğu soğuk biçimlendirilmiş malzemeler için "m" in değeri 0.05 den küçüktür. Düşük karbonlu ve paslanmaz çelikler için "m" değeri önemli bir şekilde değişmediğinden, biçimlendirilebilirlik üzerine "m" değerinin etkisi oda sıcaklığında ihmal edilebilir. Çeşitli malzemeler için "m" değerleri tablo 5 'de gösterilmektedir.

Tablo 5 : Sac Malzemelerin Çekme Özellikleri (8)

Malzeme	Alma Dayanımı N/mm ²	Çekme Dayanımı N/mm ²	Uniform Gerinim %	Toplam Gerinim %	n	m	r	r	Alma Noktası Uzamaat %
1 AK - 1	106.2	289.5	26.4	48.5	0.261	0.01	2.23	-0.65	0
2 AK - 2	172.6	296.2	24.5	43.1	0.215	0.016	1.64	-0.69	0
3 P - 2	213.4	306.4	26.7	44.2	0.235	0.016	1.2	—	1.5
4 P - 25	266	337	20.4	33.9	0.172	0.01	0.89	-0.21	3
5 FS - 1	290.7	389.2	19.2	30.2	0.166	0.009	1.17	-0.22	0
6 FS - 2	324.9	405.5	16.4	24.8	0.177	0.006	1.11	-0.26	5.1
7 FS - 3	344.7	444.7	20	30.5	0.224	0.007	1.28	-0.21	2.6
8 FS - 4	413	469.4	17	26.5	0.167	0.005	0.8	-0.11	5
9 FS - 5	505.9	565.7	14	21	0.155	0.003	63	-0.41	6.1
10 FS - 6	670.2	753.2	12.9	20.9	0.131	0.003	1.2	-0.87	2.4
11 70.30 Pirinç	113	326.1	53.6	61.1	0.56	0	0.9	—	0
12 2036 - T4 Al	189.6	358.5	20.6	23	0.259	-0.005	0.77	-0.15	0
13 5065 - O Al	139.5	320.3	25.1	27.6	0.325	-0.009	0.76	-0.56	0
14 5182 - O Al	142.4	353.3	22.8	25.3	0.33	-0.01	0.84	-0.52	1.2



Şekil 18: Farklı gerinim hızı ile yapılan deneylerden "m" nin tayini

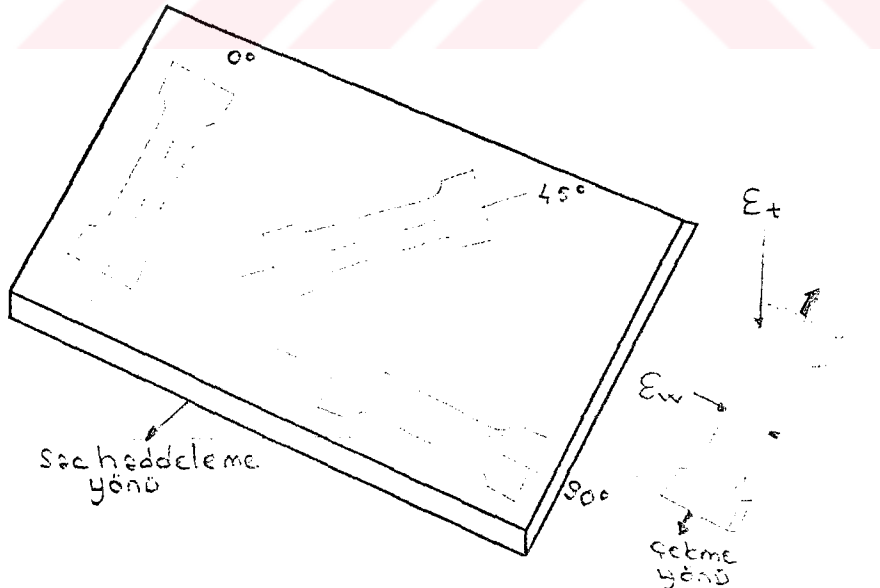
4.1.3 ... ANİZOTROPİ KATSAYISI "r" (1,8)

Özelliklerin yöne bağımlılığına anizotropi adı verilir. Bir sac kristolografik yönlendirmeden dolayı farklı yönlerde (0°, 45°, 90°) farklı anizotropi değerlerine sahiptir. Anizotropi, genişlikteki gerinimin kalınlıktaki gerinime oranı şeklinde verilir. (Şekil 19)

$$r = \frac{\epsilon_w}{\epsilon_t}$$

Burada:

ϵ_w = Genişlikteki gerinim
 ϵ_t = Kalınlıktaki gerinim



Şekil 19: Anizotropi 'nin hesaplanmasında alınacak deney parçalarının sac düzleminde gösterilmesi

Anizotropi katsayısı "r" malzemenin kalınlığındaki gerininin (sac yüzeyine dik) genişlikteki gerinimden az veya çok belirttiğinden "Dikey anizotropi katsayısı" olarak isimlendirilir. İnce saclarda kalınlıktaki çok küçük değişimlerin doğru bir şekilde ölçülmesi zor olduğundan kalınlık yerine uzunluk ölçülür. Bu durumda önceki eşitlik şu şekil alacaktır.

$$r = \frac{-\epsilon_w}{\epsilon_t} = \frac{\epsilon_w}{\epsilon_w + \epsilon_L} = \frac{\ln(w/w_0)}{-(\ln(w/w_0) + \ln(l/l_0))}$$

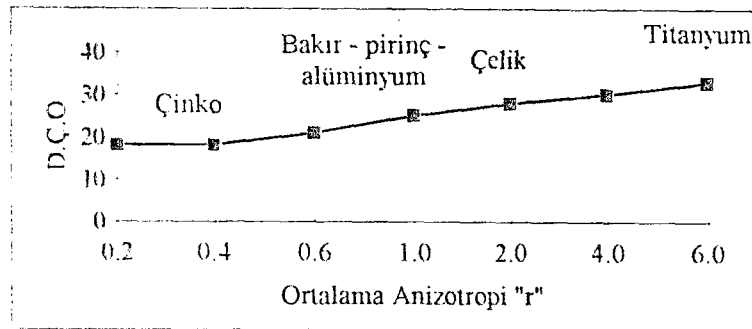
İzotropik bir malzemede dikey anizotropi katsayısı "1" dir. Bu, sac malzemenin bütün yönlerde eşit dayanıma sahip olduğunu gösterir. Dikey anizotropi katsayısının 1 den büyük olması durumunda sac kalınlığı yönündeki dayanımı, 1 den küçük olması ise kalınlık yönündeki düşük dayanımı gösterir. Sac malzemelerde "r" nin sacın haddelene yönüne göre (0°, 45°, 90°) farklı değerler verdiğini daha önceden belirtmiştik. Bu nedenle elde edilen farklı dikey anizotropi katsayılarının ortalaması alınır. Bu durumda ortalama dikey anizotropi katsayısı;

$$\bar{r} = \frac{r_0 + r_{90} + r_{45}}{4}$$

şeklinde tanımlanır.

Ortalama dikey anizotropi katsayısı " r " sac malzemelerde derin çekilebilirliğin bir ölçüsüdür ve 1 den büyük olması istenir. Başka bir deyimle sac metalin kalınlık yönündeki gerilim direncinin genişlik yönündeki gerilim direncinden büyük olması istenir. Böylece malzemenin kalınlığında fazla incelmeye olmadan, gerilim büyük oranda sac düzleminde oluşacak ve biçimlendirme başarıyla sonuçlanacaktır.

Yüzey merkezli küp sistemlere sahip metaller izotropik davranış gösterirler. Yani dikey anizotropi katsayısı yaklaşık 1 dir. Metalik saclara ait derin çekme oranı sınırının ortalama dikey anizotropi " r " katsayısına göre değişimi şekil 20 'de gösterilmektedir.



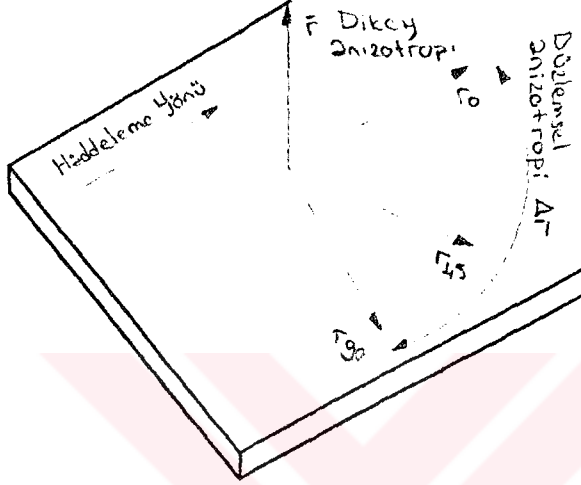
Şekil 20: Çeşitli malzemeler için derin çekme oranı sınırının ortalama dikey anizotropi " r " katsayısına bağlı değişimi

Hacim merkezli küp sistemine sahip metaller derin çekme işleminde iyi davranış gösterirler. Örneğin düşük karbonlu çeliklerde kontrollü soğuk haddelene işlemleri sonucunda "r" dikey anizotropi katsayısı 1.6 ~1.7 arasında elde edilebilir. Alüminyum ile dinlendirilmiş düşük karbonlu çeliklerde ise r katsayısı 2 değerine kadar çıkabilmektedir.

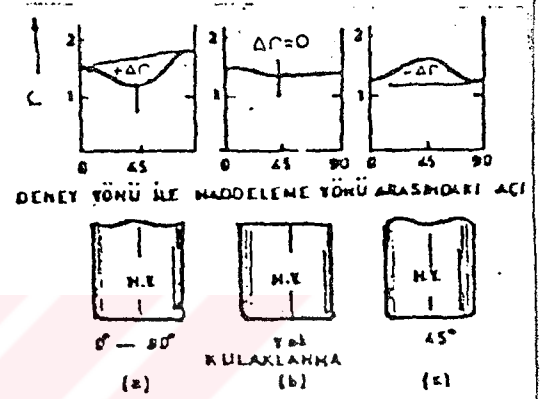
Derin çekme işlemlerinde yüksek değerlerde dikey anizotropi katsayısı istenmekle beraber, düzlemsel anizotropi katsayısı aşağıdaki bağıntı ile tanımlanacağı gibi istenmez.

$$r = \frac{r_0 + r_{90} - 2r_{45}}{2}$$

Düzlemsel anizotropiye sahip parçalar haddelme yönünde, ona dik yönde ve bu iki yön arasındaki herhangi bir açıya sahip yönde (ör.45°) farklı gerinim özelliği gösterirler. ($r_0 = r_{45} = r_{90}$) r 'in sac düzlemindeki durumu şekil 21 'de gösterilmektedir. Saclarda r 'in sifira eşit olması istenir. Çünkü bu durumda kalıbın üst tarafında kulak adı verilen dalgalanma meydana gelmez. Eğer $r < 0$ ise 45° 'lik yönlerde $r > 0$ ise 0° ve 90° 'lik yönlerde kulak oluşumu görülür. (şekil22). Çeşitli sac malzemeler için r ve r değerleri tablo 5 'de verilmektedir.



Şekil 21: r ve r ' nin sac düzleminde gösterilmesi



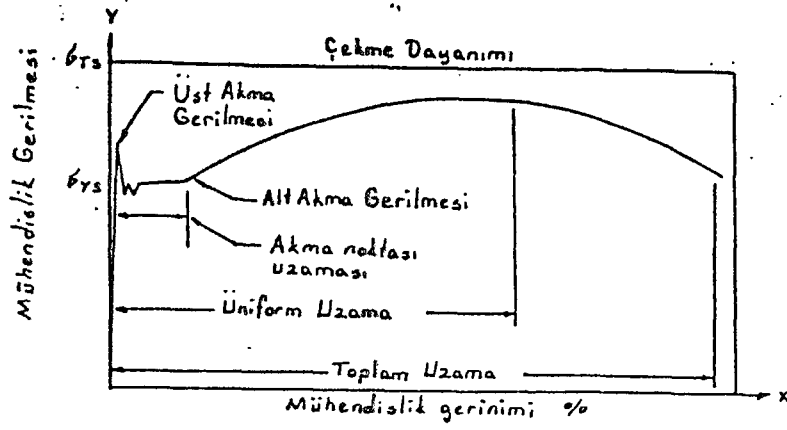
Şekil 22: Derin çekme işleminde düzlemsel anizotropi katsayısına bağlı kulak oluşumu

4.1.4 ... AKMA SINIRI, AKMA DAYANIMI VE YOUNG MODÜLÜ

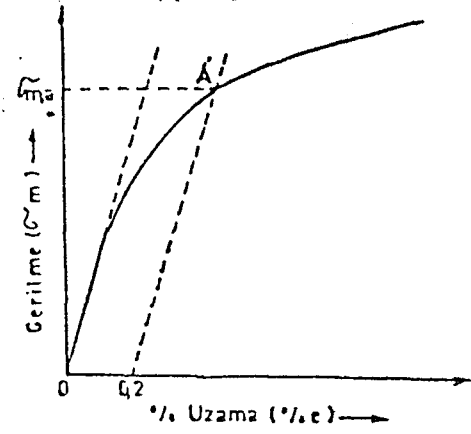
Akma sınırı çekme testinde elastik elastik deformasyonun durduğu ve plastik deformasyonun başladığı noktadır. Belirli bir üst akma noktası büyük miktarda serbest hareketli dislokasyonlara sahip olmayan dinlendirilmiş çelik gibi malzemelerde görülür. (şekil 23) Plastik deformasyonun gerçekleşmesi için sac parçanın bütün bölgelerinde bu noktanın aşılması gerekir. Tavlanmış alüminyumda akma düzgün olarak meydana gelir ve %0.1 veya 0.2 lik bir gerilim noktasından eğriye çizilen paralelin eğriyi kestiği nokta akma dayanımı (akma gerilmesi) olarak alınır. (şekil 24). Bununla birlikte düzgün bir akma davranışı sac metalin biçimlendirilmesinde arzu edilen bir malzeme özelliğidir. Nitrojen içeren dinlendirilmemiş çelik gibi küçük miktarlarda ara eriyik atomları içeren malzemeler %4 ila 5 in üzerinde plastik deformasyonun oluştuğu, kararsız gerilme gerinim davranışı göstermektedir. Akma sınırı uzaması olarak tariflenen bu davranış, dislokasyonların, eriyik atomları ve bunu takip eden bozulmalar ile sürekli tutulması ve birikmesi neden olur. Sac parça üzerinde bu durum çekme eksenine ile 55° 'lik eğim yapan bir lider eğrisi ile açıklanır ve bu durum sac yüzeyinin bozulmasına hatta bazende çatlamalara yol açabilmektedir.

Gerilme gerinim diyagramında akma sınırına karşılık gelen gerilme akma dayanımıdır. Gerilme gerinim eğrisinin 0 olduğu nokta ile üst akma noktası arasında malzemenin elatik bölgesi adı verilir. Bu bölgede hook kanunu geçerli olup ($\sigma = E \cdot \epsilon$) bu doğrunun eğimi malzemenin young modülünü verecektir.

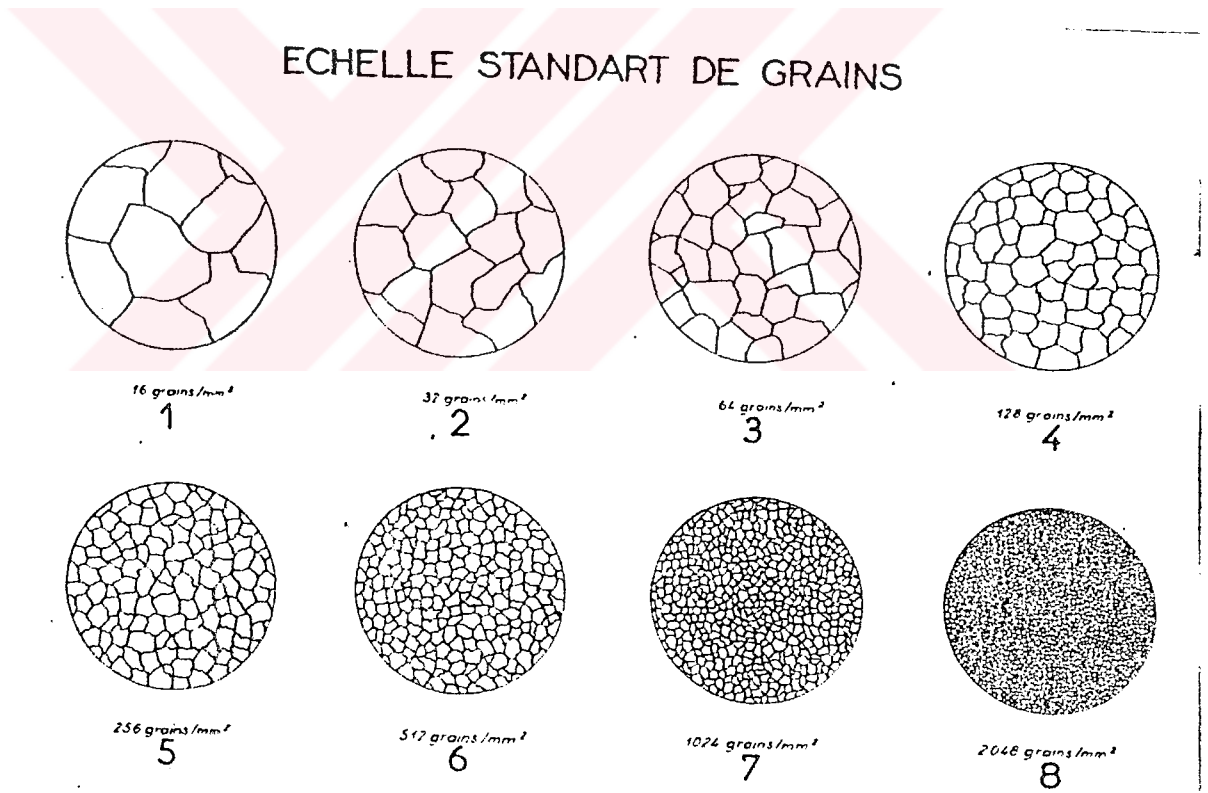
$$E = \frac{\text{Gerilme}}{\% \text{ Gerinim}} = \frac{\text{kg/mm}^2}{\text{mm/mm}} = \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$



Şekil 23 Orta karbonlu çeliklerin Gerilme Gerinim eğrisi



Şekil 24: Düzgün akma gösteren bir malzemenin çekme diyagramında akma gerilmesinin bulunması



Şekil 25 : Çeşitli tane büyüklükleri

Akma dayanımı ve young modülünün değeri sac malzemedeki geriye yaylanma miktarının saptanmasında önemlidir. Bu geriye yaylanma eğilimi, yüksek akma dayanımı ve düşük bir young modülünün yardımcı olduğu elastik gerinim artışı ile artar. Düşük karbonlu çelikler yaklaşık 140 MPa (200000 psi) lık bir akma dayanımı için yüksek bir modüle (210000 MPa veya 30000000 psi) sahip olduğundan küçük geriye yaylanma miktarı gösterir. Mukayese edilebilir dayanımda bir alüminyum alaşımı, düşük modülünün (70000 MPa veya 10000000 psi) bir sonucu olarak üç defa geriye yaylanacaktır. Titanyum alaşımları çok yüksek akma dayanımına (~1054 MPa veya 150000 psi) sahip olduğundan geriye yaylanma daha fazladır. Titanyum alaşımları, yapılan bu gözlem sonucu yüksek dayanımlı alüminyum alaşımları ile karşılaştırması yapılabilir.

4.1.5 ... KİMYASAL BİLEŞİMLER (13)

Çelik sacların biçimlendirilebilirliklerini etkileyen en önemli etmen onların bileşimleridir. Genel uygulamalar için kullanılan çelik saclar düşük karbonlu çeliklerdir; karbon oranı % 0.15 C altındadır ve çoğunlukla % 0.10 'u geçmez. Karbon nedenli az olursa biçimlenebilirlik özelliği o denli yüksek yüksek olur. Mangan özellikle kükürtü bağladığı için biçimlenebilirliği iyileştirir. Genellikle %0.2 ~ 0.6 arasında tutulan mangan, kükürt oranı düşükçe düşürülebilir.

Fosfor ve kükürt biçimlenebilirlik özelliğini olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle olabildiğince düşük düzeye indirilmelidir. Silis dinlendirilmemiş çeliklerde (Rimming steel = dinlendirilmemiş çelik) % 10 değerinden az, fakat silis ile dinlendirilmiş olan çeliklerde ise %40 'a dek çıkabilirler. Silis çeliğin dayanımını arttırdığından biçimlenebilirlik özelliğini düşürür. Silikat kalıntıları oluşturarak eğme ve bükme sırasında çatlamaya yol açar. " Cr, Ni ve Mo ve V çeliğin biçimlenebilirliğini düşürür.

Nb ve Ti genellikle akma uzamasını gidermek için kullanılır. Benzer biçimde alüminyumda özellikle oksijen giderici olarak kullanıldığından, azot ile nitrürleri oluşturur. Azot, çelik saclarda en önemli bileşenlerden biridir. Düşük karbonlu çeliklerin dayanımını arttırdığından çelikte gerinim yaşanması doğurur. Azot etkisi ancak alüminyum ile oksijen giderme yapıldığında yok edilir. Bu nedenle alüminyum ile dinlendirilmiş çelik saclarda gerinim yaşanması olayı görülmez.

Çelikte oksijen yüksek ise nitrür oluşumunu engeller ve bunun sonucu olarak da, gerinim yaşanmasını giderici olarak çeliğe katılan alaşım elementlerinin etkilerini azaltır. Oksijen giderme işlemi Si, Al ve Ti gibi elementler kullanılarak yapılır. Ancak Al ve Ti gibi nitrür oluşturu elementlerin etkileri oksijen giderme işlemiyle yok olabilir. Seryum gibi nadir toprak elementleri kalıntı biçimini denetleme işlemlerinde kullanılır. Yuvarlak kalıntılar eğme ve bükme işlemlerinde çatlama olasılığını azaltırlar.

4.1.6 ... SAC KALINLIĞI VE TANE BOYUTU (9,14)

Sac kalınlığındaki artış biçimlendirilebilirliğe olumlu yönde etki eder. Yapılan biçimlendirme işleminde kalın sacda ince saca göre daha büyük sınırlı gerinimleri elde edilir.

Tane büyüklükleri gözönüne alındığında, küçük taneli sacların dayanımı yüksek fakat biçimlenebilirlik özelliği düşüktür. Kaba taneli sacların biçimlenebilirlikleri yüksak, buna karşın yüzey düzgünlüğü "portakal kabuğu" diye anılan pürüzlü görünüme bürünebilir. Biçimlenebilirlik ile yüzey görünümü arasında en iyi sonuçlar 7 - 8 ASTM tane büyüklüğü değerlerinde alınır. Şekil 25'de çeşitli tane büyüklükleri gösterilmektedir.

4.1.6.1 PLAKA KALINLIĞININ ETKİSİ (4)

Çekmede buruşmanın gelişimine , yarımamül yüzeyi içindeki mekanik kararsızlık neden olur. Bu kararsızlık , yarı mamül ile birlikte , kalıp radiusuna bağlı olarak gerçekleşen dairesel sıkışma ile orantılı olarak gelişir. Kubbe biçimli parçaların çekilmesinde de , kovan çeperi ve dibinde aynı komperasiv gerilim gelişebilir ve buruşmaya neden olur.

Burşma olasılığı , plaka kalınlığı 0.032 in. yada daha aşağılara düşerse artar. Bir çekme uygulaması vermek amacıyla , plaka kalınlığı buruşma formasyonunu mümkün olduğunca önleyecek kadar kalın olmalıdır. Bununla birlikte, kalınlık artışı ile birlikte pres yükü de çoğalır ve böylece çatlak olasılığı artarak , imalat değeri düşer.

Kalın metalden yapılmış parçaların zimbada çıkarılması güç olabilir. Çünkü vakum nedeniyle yağlayıcı , parça ile zimba arasındaki boşluğa dolar. Bu problemi çözmek için zimbada bir hava ventili kullanılır.

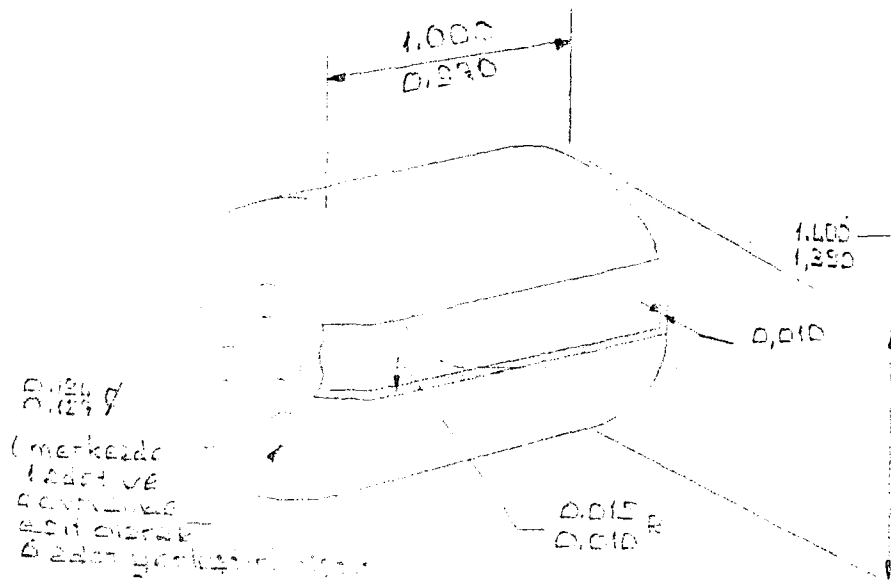
Aşağıdaki örnekte , kalın çeperli bir kap ve dar bir sıyırma ringi uygulamasında , kalıp ve kaba zarar vermeden çıkarılma işlemi açıklanmaktadır ;

Örnek : Kalıptan çıkarılışı esnasında zara görme ihtimali olan ince çeperli bir kap:

Şekil 26 'da gösterilen ince çeperli kap , kenarlarındaki çentikleri ve dipteki distorsiyonu önlemek için çekme kalıbından dikkatlice çıkarılmalıdır. Ayrıca , sınırlı iskarta sıyırma ringi operatör tarafından besleme süresince şeride ve malzeme kalınlığının fazla olması nedeniyle kalıba zarar vermemesi için çıkarılmalıdır.

Kap , 0.010 in. şerit kalınlığında , 3 in. genişliğinde (1008 çekme kalitesinde , soğuk haddelenmiş , özel istah) çeliğinden çekilmiştir. Çelik dinlendirilmiş olup No: 4 ve 5 'de temperli (Rockwell B 65 maximum) ve No: 2 yüzey kalitesine sahiptir. Yarımamülde , çekme işleminde, şerit sıyırmada ve bileşik kap içinde , 0.194/0.167 in. çapa 7 parça delmede , grafit içerikli özel bir yağlayıcı kullanılmıştır. Kalıp D5 takım çeliğinden yapılmıştır.

150 strok/dk. 'lık , kalıp yastıklı , 45 ton 'luk bir mekanik pres kullanılmaktadır. Hava tahrikli , engelli tip malzeme besleyici , şeridi kalıp içinden hareket ettirmektedir.



Şekil 26 :

4.2 İŞLEM FAKTÖRLERİ

4.2.1 .. KALIP GEOMETRİSİ (8,12)

Bir sac parçanın biçimlendirilmesinde kalıp ve ıstampa radyusu en önemli faktörlerdir.

İstampa üzerinde küçük bir radyus, sac parça üzerindeki keskin hatların iyi bir şekilde elde edilmesi için arzu edilen bir özelliktir. Fakat böyle keskin hatlar gerinim artışını bir yerde toplayacağı için imalatta zorluklar ortaya çıkartır. Radyus üzerindeki gerinim yoğunluğu sac eşyada buraya bitişik düz bölgelerde deformasyonun yayılmasına engel olur ve hata olasılığını artırır. Böyle alanlarda sac malzeme çatlayacak veya yırtılacaktır. Çok büyük radyus (~50to) ise ıstampa profili üzerinde kırışıklığa neden olacaktır.

Sadece ıstampa üzerinde bir radyus verilmesi yeterli değildir. Sac malzemenin kalıba girişindeki kalıp radyusununda önemi büyüktür. Bu bölüme radyus verilmemesi halinde malzeme kalıp içerisinde rahatça hareket edemez, kesme işlemine benzer bir durum söz konusu olur. Kalıp radyusunun değerinin artması biçimlendirme kuvvetini azaltacağı gibi biçimlendirme oranını da artırır. Fakat bu radyus gereğinden fazlada büyük yapılamaz. Çünkü aşırı durumda, sıkıştırma kalıbının etki alanı azalacağından sac parça çevresinde veya yan duvarında kırışıklık ve erken hasar görülür. Uygun kalıp radyusu:

$$R_k = (8 \sim 10) \cdot t_0 \text{ mm}$$

$t_0 = \text{Sac kalınlığı mm}$

İstampa için en uygun radyus :

$$R_1 = (6 \sim 8) \cdot t_0 \text{ mm}$$

$t_0 = \text{Sac kalınlığı mm}$

Şekil 27, çatlama ve yarıлма problemlerinden uzaklaşmak için çekme kalıp radyusu ile sac kalınlığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

İstampa ve kalıp radyusuna göre çekme kaliteli yumuşak çeliklerde derin çekme oranının sınırı şekil 28 'de gösterilmektedir.

Kalıp aralığı minimum bir germe ile ıstampa etrafında malzemenin düzenli bir şekilde akacağı biçimde olmalıdır. Çok büyük kalıp aralıkları sac malzemenin kalıbın iç kısmında kalıp ile ıstampa arasında desteksiz kalmasına bunun sonucunda da kırışıklıklara neden olur. Küçük kalıp aralığı ise ıstampa, kalıp ve sac arasındaki sürtünme kuvvetlerini arttıracığından biçimlendirme için gerekli radyal kuvvetlerin artışına ve aşırı zorlama sonucu sac da çatlama ve yorulmalara yol açacaktır.

Kalıp aralığı daima sac kalınlığından fazla olmalıdır. Basit bir ifade aşağıdaki gibidir:

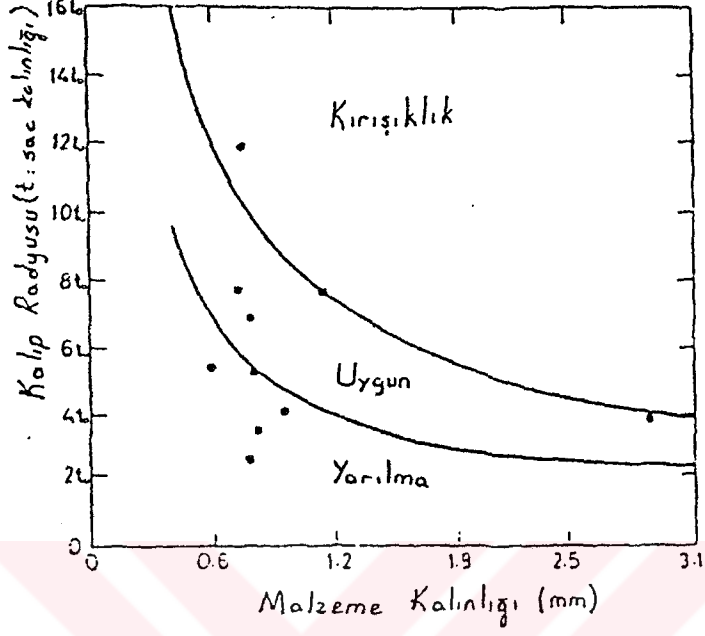
$$t = t_0 (D / d) \frac{1}{2}$$

$t = \text{Kalıp aralığı mm}$
 $D = \text{Taslak çapı mm}$
 $d = \text{Kalıp iç çapı mm}$

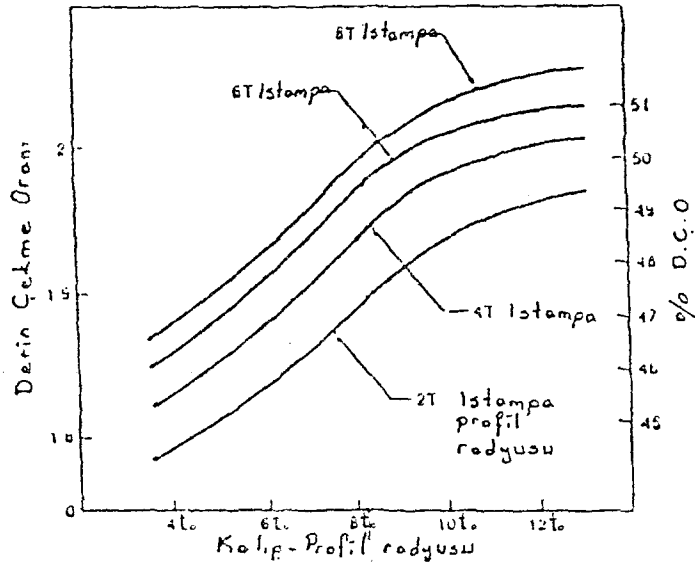
" Panknin " gerçeğe çok uygun olan aşağıdaki bağıntıyı önermiştir:

$$t = t_0 (D / d) \frac{1}{4}$$

Pratikte ise çok yaygın olarak (1.2 ~ 1.1) t_0 aralıkları kullanılır. (t_0 : sac kalınlığı)



Şekil 27 : Kalıp radyusu ile sac kalınlığı arasındaki ilişki



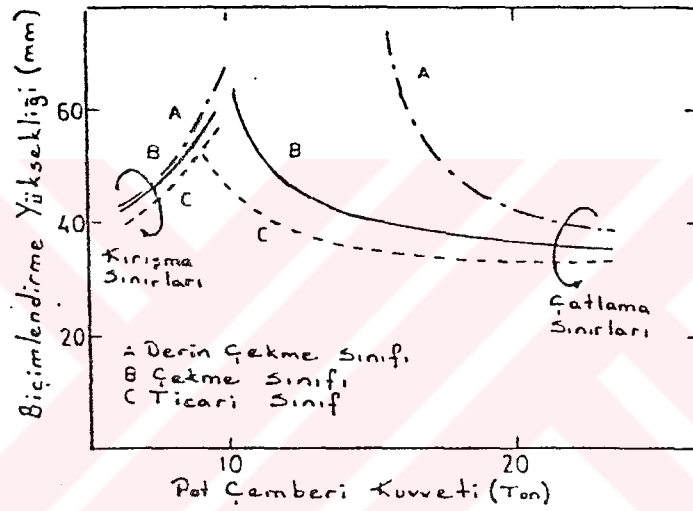
Şekil 28 . Yumuşak çeliklerde kalıp ve ıstampa radyusunun çekme oranı sınırina etkisi

4.2.2 .. BASTIRICI BASINCI (8,12,15)

Pot çemberi basıncının sac parçada kırışıklık ve yırtılma oluşumuna etkisi büyüktür. Pot çemberi basıncındaki artış ile derin çekme modelindeki gerinimin (çekme -basma)gererek biçimlendirme modeline doğru (çekme-çekme) yöneldiği görülür.

Pot çemberi basıncı oldukça düşük tutulursa sac parçada kırışıklıklar oluşur. Bu kırışıklıklar uygun kalıp aralığı kullanıldığı takdirde sadece flanşa; aksi takdirde kap duvarlarında da meydana gelir. Genelde düşük akma dayanımına sahip bir çelik kıvrılma ve kırışıklığı önlediği için pot çemberi basıncının düşük kullanılmasına izin verir.

Farklı " \bar{r} " değerlerine sahip çelikler için kırışıklığın oluşumu üzerine pot çemberi basıncının etkisi, çatlama sınırları ile birlikte şekil 29 'da gösterilmektedir. Yüksek \bar{r} değerleri, kırışıklık oluşumunu sınırlamak için daha düşük pot çemberi basıncı gerektirir. Pot çemberi basıncının yüksek tutulması ise ayrıca çatlamalara yol açacaktır.



Şekil 29 : Çeşitli çelik sınıfları için çatlak ve kırışıklıklara Pot çemberi kuvvetinin etkisi

Yüksek " \bar{r} " değeri kırışıklık ve çatlak oluşumu arasındaki alanı büyültür. (Şekil 29 'da A ile gösterilen derin çekme sınıfındaki çeliğin diğer çeliklere göre (B ve C) daha yüksek \bar{r} değerine sahip olması nedeniyle kırışıklık ve çatlak arasındaki alanın daha büyük olduğu belirlidir.)

Pot çemberi kuvvetini aşağıdaki formülden de hesaplayabiliriz:

$$F_p = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \frac{\sigma_a + \sigma_k}{200}$$

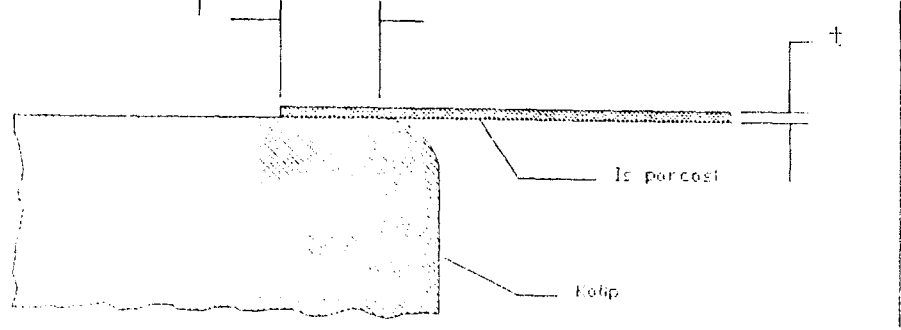
$$\sigma_a = \text{Akma dayanımı } N/mm^2$$

$$\sigma_k = \text{Kopma dayanımı } N/mm^2$$

Dengeli bir kuvvet büyüklüğü kap cidarlarının başarılı bir şekilde incelmeye izin verecektir.

4.2.2.1 METAL AKIŞININ GERİLİMİ (4)

Bastırıcısız Çekme : Plaka kalınlığı için destekleme kalınlığının genişliği belirli limitler dahilinde ise , yarı mamül buruşma eğilimi göstermez ve bastırıcı kullanımına gerek kalmaz. Şekil 30 'da destekleme uzunluğu (l) , yarımamül kenarından , kalıp boşluğuna kadar olan (teğet noktası) uzunluktur. Plaka kalınlığı (t) olarak gösterilmektedir. l/t oranı az da olsa diğer geometrik koşullardan da etkilenmekte ve yaygın olarak çekilen çeşitli metallere göre biraz farklılık göstermektedir.



Şekil 30: Plaka kalınlığı (t) ve destekleme uzunluğu bastırıcı kullanımına gerek olup olmadığını belirler.

Bastırıcı Basıncı : Çekme işleminin çeşitli aşamalarında , farklı gerilimlere ihtiyaç vardır. İdaeli bastırıcı basıncının başlangıçta hafif olması , çekme ilerledikçe artması ve ardından tekrar hafiflemesidir. Bununla birlikte , farklı bastırıcı basınçları kullanmak pek pratik değildir. Bunun yerine ortalama bir değer kullanılır.

Optimum bastırıcı basıncı , geniş olarak redüksiyon miktarlarına ve kalıp çevresine bağlıdır. Bununla birlikte , kalıp üzerinde geniş bir radyus varsayımıyla , geniş bir iş parçası kalınlığı için , tutma kuvveti biraz değişir. Bu değer bastırıcı tarafından , ilk tutulan yarımamül parçası alanı ile yaklaşık olarak orantılıdır.

Metalin mekanik özelliklerine bağlı , yaklaşık bastırıcı basıncı Tablo 6 'da birçok farklı metal için verilmektedir. Tablo 7 'de düşük karbonlu çelikler için geniş bir çekme kalınlığı alanına eşit bastırıcı kuvvetleri ve kalınlıkları verilmiştir. Kuvvetler yüzde olarak yer almaktadır.

Tablo 6-7'de yer alan basınçlar , yalnızca yarı mamül ve flanş kenarlarındaki buruşmaları önlemek için kullanılır. Takım arasında kalmayan diğer iş parçası bölgelerinde de buruşmalar görülebilir. İş parçası kalınlığına göre istampa radyusu geniş olduğu zaman buruşmanın meydana gelmesi muhtemeldir.

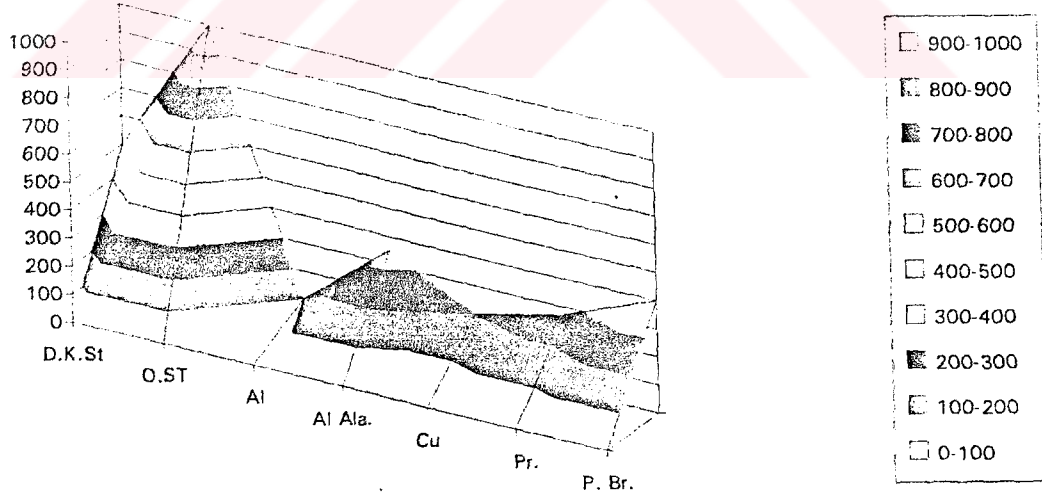
Buruşma , sık sık çekme içinde gelişen normal zorlama üzerindeki son derece yüksek radyal gerilme ile önlenemez. Bu yüksek gerilme normal olarak federler vasıtasıyla sağlanır. Buruşmaları önlemenin bir diğer yolu da daha büyük boyutta yarımamül kullanmaktır. Ancak bu da iş parçası sarfiyatına neden olur. Ayrıca büyük boyutlu yarımamül metal akışını sınırlar ve aşırı incelmeye veya çatlaklara neden olabilir.

Tablo 6: Bazı malzemeler için bastırıcı basıncı

(4)

Tablo 6: Bazı Malzemeler İçin Bastırıcı Basıncı	
Metal	Basıncı , psi (a)
Düşük karbonlu çelik	500
Östenitik paslanmaz çelik	1000
Alüminyum	100
Alüminyum alaşımları	200-500
Bakır	200
Alfa pirinci	250-300
Fosforlu bronz	400

(a) Değerler Akma gerilmesi ve gerilmedirenci'nin yaklaşık 1/150-1/200'üdür.

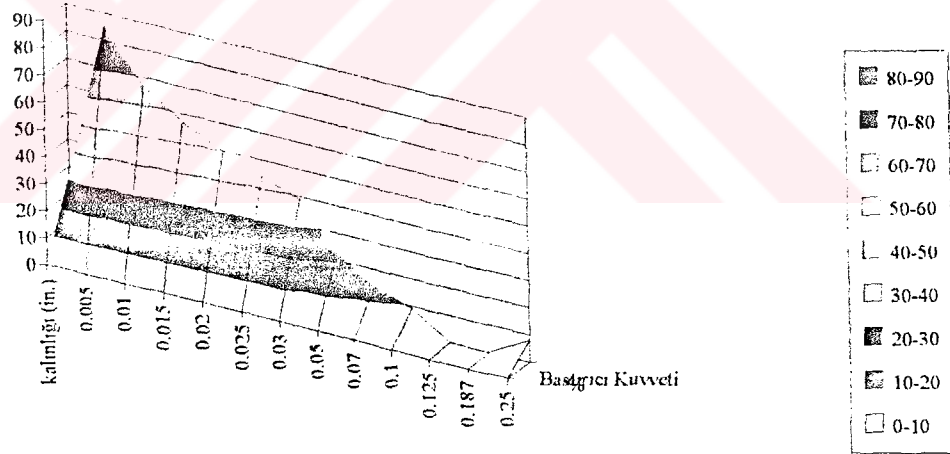


Şekil 31: Bazı malzemeler için bastırıcı basıncı

Tablo 7: Düşük karbonlu çeliklerin çekilmesinde bastırıcı kuvvetleri: (4)

Tablo 7:Düşük karbonlu çeliklerin derin çekilmesinde bastırıcı kuvvetleri (a)			
İş parçası kalınlığı (in.)	Bastırıcı Kuvveti % çekme kuvveti olarak	İş parçası kalınlığı (in.)	Bastırıcı Kuvveti % çekme kuvveti olarak
0.005	85	0.05	23
0.01	67	0.07	14
0.015	57	0.1	9
0.02	50	0.125	8.1/2
0.025	44	0.187	8.1/4
0.03	39	0.25	8

(a) Verilen değerler sıg çekmeler için değil , özellikle eliptik veya küresel şekiller için kullanılmalıdır.

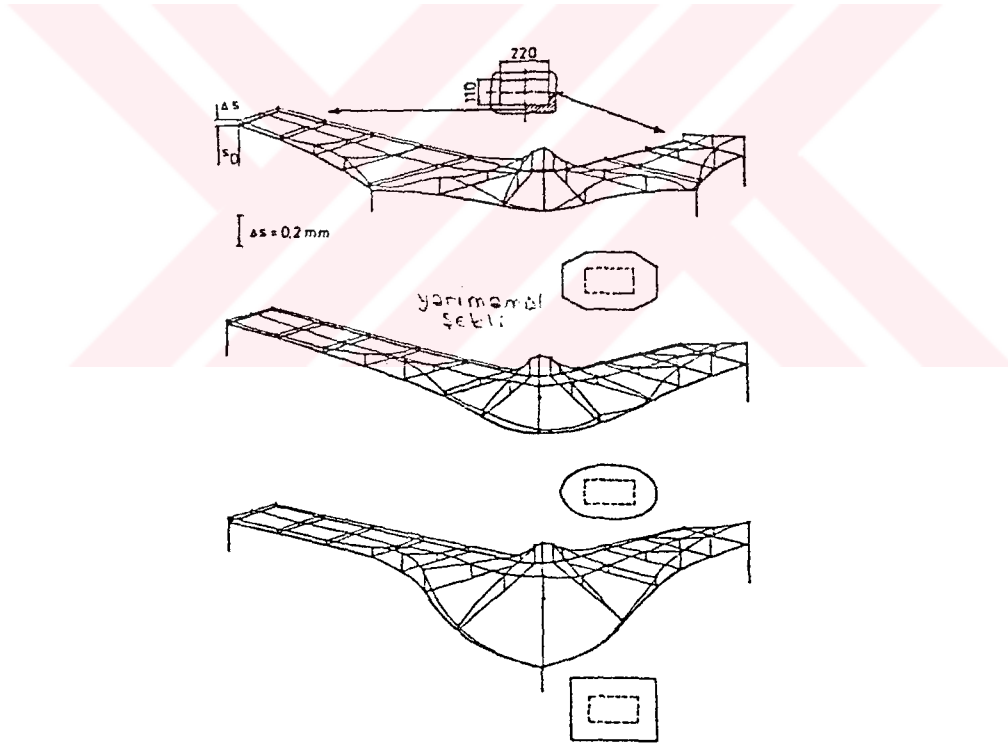


Şekil 32 : Düşük karbonlu çeliklerin çekilmesinde bastırıcı kuvvetleri:

4.2.2.2 BASTIRICI VE YARIMAMÜL ARASINDAKİ ETKİLEŞİM (Bastırıcı Kuvveti ve Basıncının Etkileri) (20)

En basit bastırıcı, formasyon boyunca, metal plaka üzerinde meydana gelen kalınlık değişimlerine göre kendini ayarlamayan rijit bir elemandır. Bastırıcı, kalınlığın maksimum olduğu yerde metal plakaya temas eder ve sadece bu noktalarda basınç uygular. Bu konumda, dairesel doğrultuda maksimum sıkıştırma gerilimi meydana gelinceye kadar bastırıcı basıncı bu noktalar üzerinde yoğunlaştırılmalıdır. Sık sık, yarımamülün belirli bir kalınlaşma yüzdesine izin verilmesi ve işparçası - bastırıcı temas alanının artırılması gerekir. Ünlform basınç dağılımı elde etmek için, formlanmış parçaların kenarlarındaki konileşme etkisi ve yüzey hassasiyeti denemeler boyunca gözlenerek metal plaka üzerindeki kalınlık artış konumları belirlenir. Ardından, bastırıcı lokal olarak kalıp ile arasındaki açıklığı arttırmak üzere yerleştirilir. Dairesel kapların çekilmesinde, dairesel doğrultuda en geniş sıkıştırma gerilimi, metal plakanın kalınlaştığı ve buruşmanın olduğu dış çemberde bulunur.

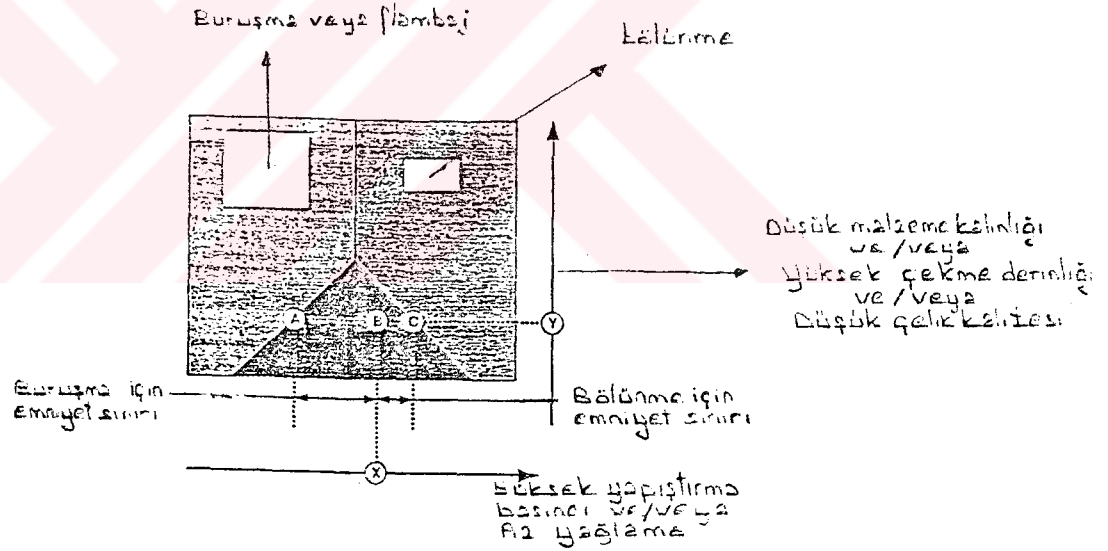
Şekil 33 'de, Farklı kesitlerde düzgün şekilli parçanın çekilmesinde oluşan iki farklı kalınlık dağılımı görülmektedir. Bunlar; köşede ve yan çeperin ortasındadır. Maksimum sıkıştırma çember gerilimi, buruşmanın yoğun olduğu maksimum kalınlaşma bölgelerinde oluşur. Böylece, düz parçaların çekilmesinde, bastırıcı basıncı uygulaması, sadece iç köşe radyusu yanında ve düz kesitlerin dış çevresinde istenir.



Şekil 33: Farklı yarımamül şekilleri ile düz parçaların derin çekilmesinde plaka kalınlığındaki artış.

4.2.2.3 HATA SINIRLARI (20)

Bastırıcı kuvveti kontrolü üzerine yukarıdaki konu, Bastırıcı kuvvetinin , aşırı buruşmayı (veya flambajı) önleyecek yeterlilikte büyük olması gerektiğini belirtmektedir. Ancak yırtılmaya (veya bölünme yada çatlama) neden olacak kadar büyük olmamalıdır. Bu nedenle, belirli bir parça geometrisinde, şekil 34'de de görüleceği gibi, (A) ve (C) noktaları arasında ayarlanabilir bastırıcı kuvvetinin bulunduğu bir "çekilebilirlik penceresi " bulunmaktadır. "Çekilebilirlik penceresinin " gerçek boyutu, takım geometrisi, yarımamul geometrisi, yarımamul kalınlığı ve bastırıcı tipi ile yarımamul malzemesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Daha yüksek çekme derinliği ve/veya daha ince malzeme ve/veya daha düşük malzeme kalitesi, daha kritik çekme şiddeti ve sınırlayıcı " çekilebilirlik penceresi" dir. Düşük bastırıcı kuvvetlerinde çekme derinliği çekme derinliği buruşma (A) ile sınırlıdır. Yüksek bastırıcı kuvvetlerinde iken çekme derinliği zımba burmuna yakın desteklenmemiş bölgede çatlak (C) ile sınırlıdır. (X) bastırıcı basıncı ile yarımamul (Y) çekme derinliği için (B) emniyet bölgesindedir. Buruşma için (B) 'deki emniyet sınırları (A-B) , Çatlak için (B-C) dir. Malzeme gerinimi artırılarak , şekil 34 'de gösterilen buruşma ve çatlak limitleri daha sonra sağ tarafa doğru kaydırılır. Bu nedenle, bazı gerinim seviyelerinde, bastırıcı kuvveti ve bastırıcı basıncı artırılmalıdır.



Şekil 34: Zımbalamada "çekilebilirlik penceresi" nin buruşma ve formlanabilirlik limitlerinin şematik olarak gösterilişi.

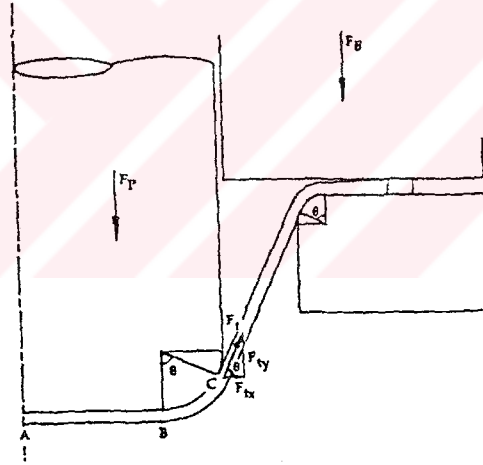
4.2.2.4 DAİRESEL KAPLARIN DERİN ÇEKİLMESİNDE BASTIRICI KUVVETİ DEĞİŞİMİNİN OPTİMİZASYONU ⁽²⁰⁾

Derin çekmede, eğer sabit bir bastırıcı kuvveti kullanılıyorsa bu değerin, buruşma ve yırtılmaya neden olmaksızın şekil 34'deki gibi istenen derinliklerin elde edilebilmesi için ,belirli operasyon değerleri dahilinde tutulması gerekir. Hataların farklı tipleri, zımbanın değişik pozisyonlarında etkin olabilir. Bu nedenle bastırıcı kuvveti, zımbanın formlama stroğu boyunca sabit tutlamaz. Deformasyonun başlangıcında buruşma çok önemlidir. Çünkü, bu aşamada kap flanşında büyük sıkıştırma gerilmeleri meydana gelir. Bununla birlikte, deformasyon ilerledikçe, çekilen parçanın çeperlerinde radyal gerilmeler oluşur ve aşırı gerinim nedeniyle yırtılma meydana gelebilir. Sonuç olarak ; bastırıcı kuvveti nin formlama işlemi boyunca sabit tutulması yerine değişken olması gerekir.

Formlama operasyonları boyunca bastırıcı kuvvetlerin varyasyonlarının tahminine ilişkin literatürlerde birçok metod önerilmektedir. Bu metodlardan üç tanesi aşağıda açıklanmıştır. Bu metodlarda optimum bastırıcı basıncı değişiklerinin zamanın (veya zimba yolunun) fonksiyonu olarak bulunması için "Sheet - Form" isimli sabit veya değişken bastırıcı kuvvetleri ile dairesel bir kabın (tahmini gerinim, gerilme ve zimba yükü) derin çekilmesini simüle edebilen bir analiz programı kullanılmıştır.

4.2.2.5. ZIMBA KUVVETİ KONTROLÜ ⁽²⁰⁾

Derin çekmede, zimba kuvveti radyal gerilmelerle birlikte çeper ve flanşa aktarılır. (şekil 8). Zimba kuvveti bastırıcı kuvveti tarafından çok fazla etkilendiğinden, şekil 35, bastırıcı kuvvetini kontrol edilmesi için zimba kontrolü kullanılabilir.



Şekil 35: Dairesel kapların derin çekilmesi boyunca sac parça üzerindeki kuvvet etkileri.

Kabın A ve C noktaları arasında Kuvvetler diyagramını düşünerek zimba kuvveti F_p , zimba ucunda teğetsel kuvvetin dikey bileşeni F_{tg} ile dengeli olmalı, veya;

$$F_p = F_{tg} = F_t \sin \theta \quad (1)$$

Burada ; F_t = C noktasındaki teğetsel kuvvet

θ = Zimba ucunda plakamın ayırma açısı

Teğetsel kuvvet metal plakada çatlak veya yırtılma oluşturacak kadar yüksek olmamalıdır. Teğetsel kuvvetin F_t maksimum değeri yırtılma şartlarından hesaplanabilir. Yırtılma $\bar{\epsilon} = n$ eşdeğer gerinimde başlayacağından, yırtılmayı başlatan kritik gerilim şu şekilde tahmin edilebilir :

$$\sigma_c = K (n + \epsilon_0) \quad (2)$$

Burada ; σ_c = Kritik gerilim
K = Gerinim katsayısı
n = Gerinim sertleştirme üstü
 ξ_o = Dahili gerinim

Ardından yırtılmayı başlatan kuvvet şu şekilde hesaplanabilir;

$$F_t = A \sigma_c \quad (3)$$

Burada ; A = Plakanın C noktasındaki kesit alanı

(1) , (2) ve (3) numaralı eşitliklerin bileşiminden şu sonuç çıkarılır;

$$F_p = AK (n + \xi_o)^n \sin \theta \quad (4)$$

Bastırıcı kuvvetinin başlangıç değeri kullanıcı tarafından bir formüle dayalı olarak (literatürden edinilen) veya geçmiş deneyimlerine dayanarak belirlenir. Simülasyonun her bir adımında zımba kuvveti hesaplanır ve (4) numaralı eşitlikle hesaplanan değer ile kıyaslanır. Zımba kuvvet kontrol planı belirli bir miktar deformasyona ulaşıldıktan sonra veya zımba kuvveti (4) numaralı eşitlikle hesaplanan değere ulaştığı zaman başlar. Bastırıcı kuvveti ayarlanarak, simülasyon boyunca hesaplanan zımba kuvveti, (4) numaralı eşitlikle hesaplanan optimum zımba kuvvetine yaklaştırılır. Gerçek zımba kuvvetinin (4) numaralı eşitlikte belirtilen değere mümkün olduğu kadar yakın tutulabilmesi için ayarlanmış bastırıcı kuvveti değerleri ile birçok iterasyon istenir.

4.2.2.6 RADYAL GERİLİM KONTROLÜ ⁽²⁰⁾

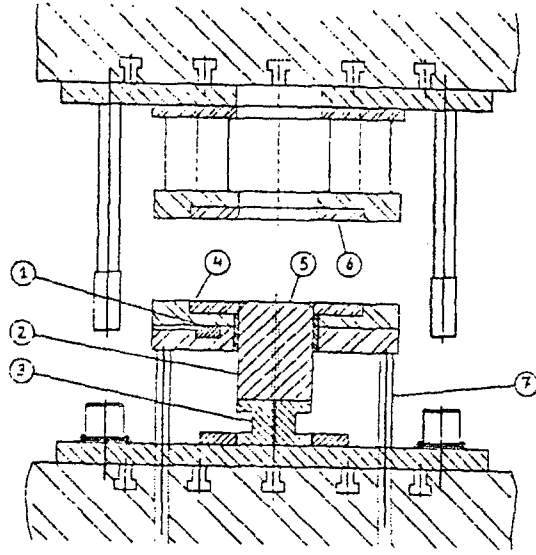
Zımba kuvvetini optimum bir değerle kıyaslamak yerine, maksimum radyal gerilim(işlem simülasyonu boyunca hesaplanan) direk olarak (2) numaralı eşitlikle hesaplanan kritik gerilimle kıyaslanabilir. Eğer maksimum radyal gerilim kritik gerilim değerini aşacak olursa yırtılma başlayacak ve çatlama ile sonuçlanacaktır. Öte yandan, eğer radyal gerilim çok düşük olursa, düşük bastırıcı kuvveti değerine neden olur. Bu suretle de buruşma meydana gelebilir. Sonuç olarak; bastırıcı kuvveti, işlem simülasyonu boyunca maksimum radyal gerilimin , (2) numaralı eşitlikle hesaplanan kritik değere yakın tutulabilmesi için değişkendir.

4.2.2.7 KALINLIK GERİNİM KONTROLÜ ⁽²⁰⁾

İşlem simülasyonu boyunca hesaplanan maksimum kalınlık gerinimi ve kalınlık gerinimi gradyanları da çatlak tahmininde ve bastırıcı kuvveti kontrolünde kullanılabilir. Eğer kalınlık gerinimi ve/veya kalınlık gerinim gradyanları kullanıcı tarafından belirlenen belirli değerleri aşarsa bastırıcı kuvveti bu değerleri düşürmek üzere değiştirilir.

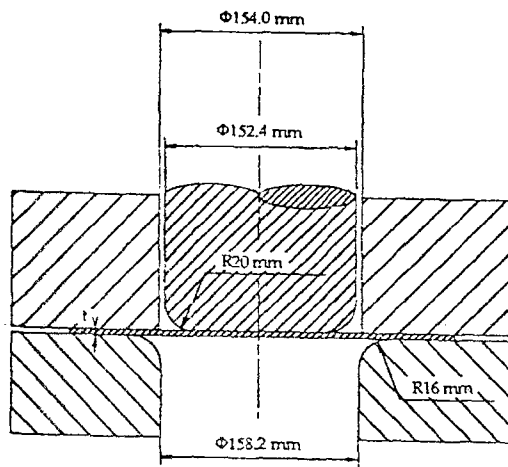
4.2.2.8 DENEYSEL ÇALIŞMALAR ⁽²⁰⁾

Asimetrik derin çekme deneyleri, Ohio devlet üniversitesi, ERC/NSM laboratuvarlarındaki 160 Ton 'luk tek etkili preste yürütülmüştür. Deneyde kullanılan takımların montaj resmi şekil 36 'da gösterilmektedir. Bu preste, bastırıcı hareketi, kalıp yastığı tarafından sağlanmaktadır. Koç stroğu boyunca yastık basıncı sabit bir değere ayarlanabilir veya formlama prosesi boyunca koç stroğunun bir fonksiyonu olarak değiştirilebilir. Deney boyunca hem sabit , hem de değişken bastırıcı kuvvetleri kullanılmıştır. Hem zımba , hem de bastırıcı kuvvetleri , bastırıcı kuvvetinin çekilebilirlik üzerine etkisine çalışmak üzere ölçülmüştür. Zımba kuvveti içhat yük hücresi (inline loadcell) kullanılarak (3) ölçülmüştür ve bastırıcı kuvveti üç buton yük hücresi (three button loadcell) vasıtasıyla (1) ölçülmüştür. (şekil 36).



Şekil 36 :Dairesel kapların derin çekilmesinde kullanılan takımların taslağı. [1 : bastırıcı kuvvetini ölçmek için buton yük hücresi (button loadcell) , 2 : zımba , 3 : zımba kuvvetini ölçmek için içhat yük hücresi (inline loadcell) , 4 : bastırıcı , 5 : metal yarımamül , 6 : kalıp , 7 : yastık pimleri]

Şekil 37 'de takımlara ait asıl ölçüler verilmiştir. Yüksek gerilimli sıcak daldırılarak galvanizlenmiş çelik sac, kuru sürtünme şartları altında formlanmıştır. (HSG). Tablo 8 'de malzeme özellikleri ve işlem şartları özetlenmiştir.



Şekil 37: Dairesel kapların derin çekilmesinde takım geometrisi.

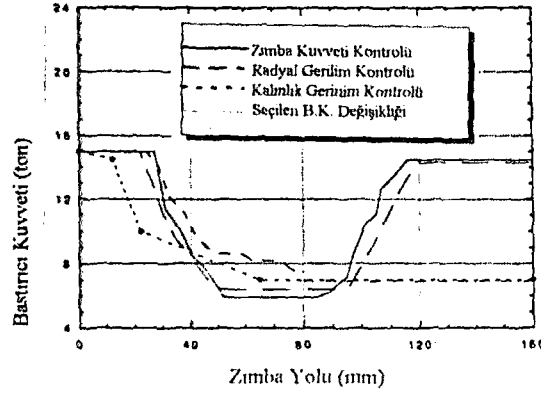
Başlangıç bastırıcı kuvveti , Sommer tarafından verilen bir eşitliğe ve başlangıç flanş alanına dayanarak 70 kN olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama dayanarak; üç deney de sabit bastırıcı kuvveti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerin sonuçları tablo 9 'da verilmiştir.

Tablo 8 (20)	
r (anizotropi faktörü)	1.4
K (gerilim katsayısı)	603.83 MPa
n (gerinim sertleştirme üssü)	0.143
e (ön gerinim)	0.000328
sm (gerilim direnci)	378 MPa
D (yarımamül çapı)	330.2 mm
t0 (yarımamül kalınlığı)	0.889 mm
yağlama koşulu	kuru

Bu deneysel sonuçlar göstermektedir ki; Mevcut işlem koşulları altında, sabit bastırıcı kuvveti kullanarak, 330.2 mm çapındaki bir yarımamülün 152.4 mm 'lik bir kaba formlanması mümkün olamamaktadır. Buruşmayı önlemek için ve aynı zamanda yırtılmadan korunmak için bastırıcı kuvvetini değiştirmek gerekmektedir.

Bastırıcı kuvveti değişikliği, önceki bölümde açıklanan üç kontrol metodu ve Sheet -Form isimli bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilen işlem simülasyonuna dayanarak tahmin edilmiştir. Sonuçlar şekil 38 'de gösterilmiştir. Bu simülasyonlarda, başlangıç bastırıcı kuvveti 15 Ton olarak seçilmiştir. Zimba kuvveti ve radyal gerilim kontrol metodları bastırıcı kuvveti için benzer varyasyonlarda tahmin edilmiştir. Deformasyon başlangıcında, bastırıcı kuvveti, kritik zimba kuvvetine veya radyal gerilim değerine ulaşılan kadar sabit tutulmuştur. Daha sonra, zimba kuvveti kendi maksimum değerine ulaşınca, bastırıcı kuvveti azaltıldı. Çünkü flanş alanı azaldı ve zimba kuvveti düşmeye başladı, deformasyon sonuna doğru bastırıcı kuvveti, kritik zimba kuvvetini veya radyal gerilimi aşmadan artırılabilir. Bastırıcı kuvvetindeki bu artış, konik veya simetrik olmayan kapların derin çekilmesinde işlem sonuna doğru büzülmeyi veya buruşmayı önlemek için ve fren kuvvetini arttırmak amacıyla gerekli olabilir. Silindirik kapların derin çekilmesinde, koç stroğunu ile birlikte bastırıcı kuvvetinin artırılmasına gerek yoktur. Metal plaka bastırıcı kontak (flanş) bölgesinden bir kere ayrıldı mı, bastırıcı kuvveti üzerinde herhangi bir kontrol kalmaz. Bu, şekil 38 'de zimba yolunun sonundaki sabit bastırıcı kuvveti bölgesi ile temsil edilir.

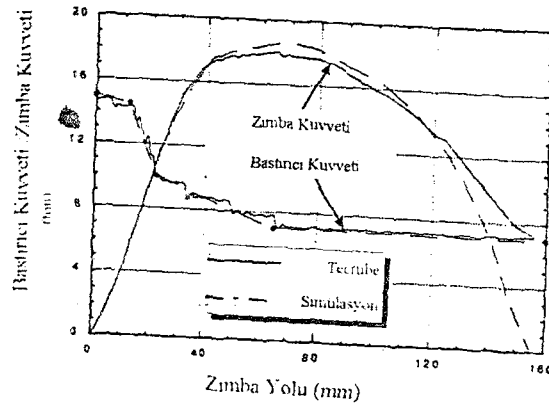
Tablo 9 (20)	
B. K. (ton)	Sonuçlar
15	Zimba yolunun 28.5 'inci mm 'sinde çatlak
10	Zimba yolunun 73.0 'üncü mm 'sinde çatlak
7	Ciddi buruşmalar
B.K. = Bastırıcı Kuvveti	



Şekil 38: Yüksek gerilimli çeliklerin derin çekilmesi için tahmin edilen bastırıcı kuvvetleri varyasyonları.

Şekil 38 'de ayrıca, bastırıcı kuvveti profilini, kalınlık gerinim kontrol metodu ile belirlenen Bu zimba yolunun bir fonksiyonu da görülmektedir. Bu metotta , bastırıcı kuvveti işlem boyunca aşırı inceleme için düşürülür.

Simülasyon sonuçlarına ve sabit bastırıcı kuvvetleri (tablo9) ile gerçekleştirilen geçmiş deneyimlere dayanarak , bir bastırıcı kuvveti değişikliği seçilip şekil 38 'de gösterilmiştir. Profilde görülen noktalar, Minster pres kontrol sistemine girilen, istenen bastırıcı kuvveti değişikliğine aittir. Deney tahmin edilen bastırıcı kuvveti değişikliği kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve kap başarıyla 330.2 mm 'lik bir yarımamül çapından , 159 mm 'lik yüksekliğe formlanmıştır. Bastırıcı ve zimba kuvveti dağılımları, deney boyunca ölçülmüş, şekil 39 'de bilgisayar simülasyonu sonuçları ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 39: Yüksek gerilimli çeliklerin derin çekilmesinde bastırıcı ve zimba kuvveti dağılımları.

4.2.2.9 SONUÇ (20)

Simetrik olmayan ve dairesel metal plaka parçaların derin çekilmesinde, etkin olan hata tipleri buruşma ve çatlaklardır. Bu hatalara bir çok faktör etkili olabilir. Bununla birlikte, metal akışı ve hata formasyonu üzerinde en etkili işlem parametresi bastırıcı kuvveti ve bastırıcı basıncıdır.

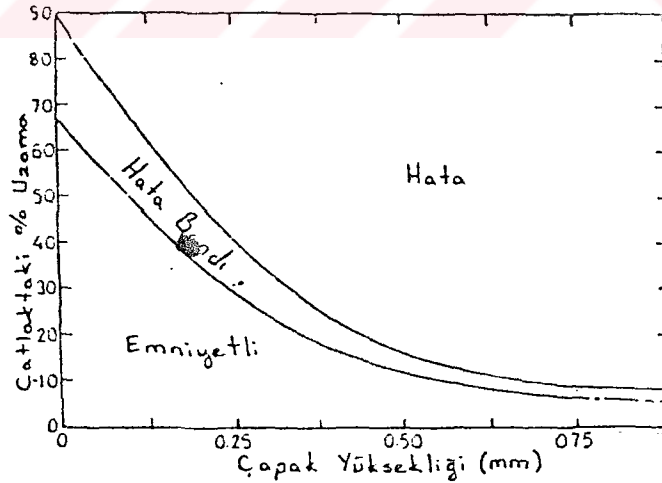
Sıradan formlama işlemlerinde, sabit bir bastırıcı kuvveti ile edinilebilen kap yüksekliği sık sık şekil 4 'de gösterilen çatlak veya buruşma ile sınırlıdır. Bununla birlikte, bu sınırlar, işlem sırasında bastırıcı kuvvetini, koç pozisyonunun bir fonksiyonu olarak ayarlamak suretiyle artırılabilir.

Bu bölümde, sınırlı çekme oranlarının yükseltilmesi ve zimba stroğu boyunca bastırıcı kuvvetinin değiştirilmesi için açık çevrim kontrol sistemi önerilmektedir. Verilen işlem şartları için optimum bastırıcı kuvveti değişikliği, Sheet - Form isimli bilgisayar programı kullanılarak derin çekme işlemi simülasyonu ile ilk tahmin edilendir. Ardından, başlangıç bastırıcı kuvveti değişikliği deneysel sonuçlara dayanılarak tekrar gözden geçirilir. Yüksek gerilimli, sıcak daldırılarak galvanizlenmiş sacın 2.17 'lik bir çekme oranı ile bir kaba formlanması için, bilgisayar programınca seçilen bastırıcı kuvveti değişikliği kullanılmıştır.

Bu bölümde tanımlanan bastırıcı kuvveti kontrol metodları asimetric derin çekme operasyonları için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu metodlar, daha karmaşık geometriler için de geliştirilebilir. Eğer karmaşık geometrilerin derin çekilmesinde çok noktalı bastırıcı kuvveti kontrolü kullanılırsa, bir bastırıcı kuvveti profili geliştirmek için formlanmış parçaların her bir kritik bölgesine önerilen bu metodlar uygulanabilir. Bu strateji, şu anda, dairesel ve düz parçaların çekilmesinde değişik bastırıcı kuvveti kavramının uygulanması amacıyla ERC/NSM 'de uygulanmaktadır.

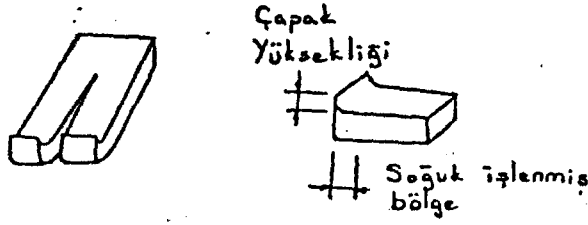
4.2.3 ... SAC PARÇA KENAR GEOMETRİSİ (12)

Sac malzemelerin biçimlendirilmesinde diğer bir faktör sac parça kenarlarının durumudur. Eğer sac parça kenarlarında çapak varsa bu durum biçimlendirilebilirliği genellikle düşürür. (şekil 40)



Şekil 40 : Çapak yüksekliğinin artışı ile biçimlendirilebilirliğin azalması

Çapak oluşumuna neden kör kesme bıçaklarıdır. Yüksek gerinime maruz kalan bir çapak bölgesindeki çatlak şekil 41 'de gösterilmektedir.



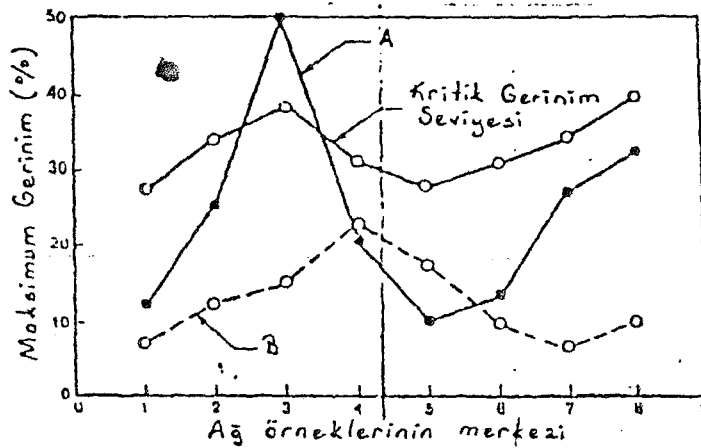
Şekil 41 : Çapak bölgesinde çatlak oluşumu

4.2.4 ... YAĞLAMA (8.12.1)

Biçimlendirme işleminde bir yağlayıcının kullanılması üniform bir gerinim dağılımı sağlar. Bir yağın seçilmesinde gözönünde tutulması gereken noktalar şunlardır:

- a -) Film oluşturma özelliği ve yağlamanın kolaylığı
- b -) Kolay temizlenmesi
- c -) Korozyona karşı koruma
- d -) Gerinim oranlarına göre yağlama

Eğer bu krite göz önüne alınmazsa sac parça çatlayabilir. Böylelikle biçimlendirilen sac parça eğer sınır gerinim değerlerine sahipsa uygun bir yağın seçimi ve kullanılması ile üniform bir gerinim dağılımı sağlanarak bu sınır gerinimleri daha emniyetli değerlere indirilebilir. Şekil 42 'de gösterildiği gibi, dinlendirilmemiş çelikten üretilmiş bir otomobil kaput panelinin belli başlı kenarları üzerinde yapılan gerinim ölçümleri, bir yağlayıcının yerine bir başka yağlayıcı kullanıldığı zaman en yüksek gerinim %50 'den %20 'ye düştüğü görülmektedir. Başlangıçta her iki yağlayıcı türü iyi bir yağlayıcı olarak alınmışsa da şekilden de görüldüğü gibi B türü yağlayıcı A türünden daha iyidir. (Demekki yağlayıcı türlerinin işlem üzerindeki etkinliğine sadece denenerek karar verilebilir.) Ayrıca yağlayıcının gerinim değerinde yapmış olduğu etkiye dayanarak başka bir malzeme seçimi gibi pahalı bir değişim de önlenmiş olur.



Şekil 42 : Biçimlendirilebilirliğe yağlama ve yağlayıcı türünün etkileri.

5 SACLARDA BİÇİMLENDİRİLEBİLİRLİK ÖZELLİĞİNİN SAPTANMASI İÇİN SATANDART TEST YÖNTEMLERİ

Sac malzemelerin biçimlendirilebilirlik özelliğinin saptanmasında yani sınır gerinim değerlerinin elde edilmesi için çeşitli test yöntemleri vardır. Bu test yöntemleri farklı gerinim değerleri vermekle birlikte kullandığımız sac malzemenin mevcut düzdeki işimize uygunluğu konusunda bize yardımcı olur.

5.1 BENZER ÇÖKERTME TESTLERİ :

5.1.1 .. ERICHSEN VE BALL - PUNCH TESTLERİ (17,18,19)

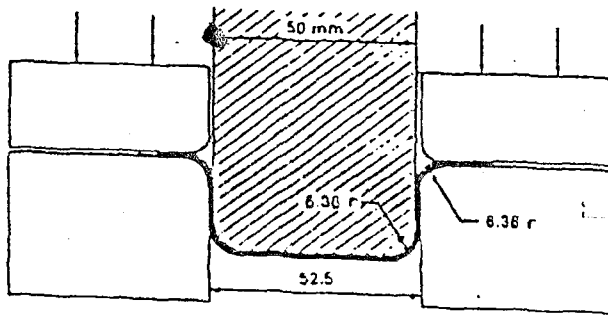
Erichsen test yönteminde deney parçası tutucu çemberle kalıp arasına yaklaşık 1000 kgf 'luk bir sıkıştırma kuvvetiyle tespit edilir. Daha sonra küresel uçlu istampa 5-20 mm/dak. 'lık düzenli bir hızla ilerletilerek deney parçasının üstüne basılır ve çökertilir. Deney parçası üzerinde çatlak oluşumu görüldüğü anda işlem tamamlanır.

Deney parçası yüzeyinin görünüşü malzemenin kristal durumuna ve kırılan kısmın şekli ise malzemenin iç dokusuna dair bilgiler verir. Ayrıca çökertilen yükseklik çeşitli malzemeler arasında biçimlendirilebilirlik yönünden karşılaştırma yapılmasını sağlar.

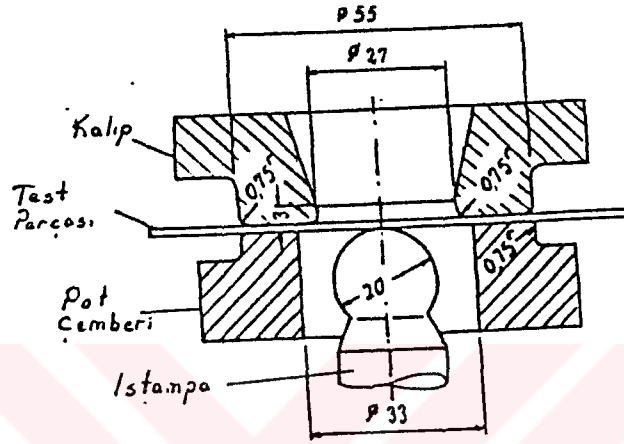
Ball- Punch test yöntemi ise Erichsen ile benzerdir. Tek fark istampa ve kalıp çaplarıdır. Erichsen ve ball- punch testlerine ait cihazların ana parçaları şekil 43 ve 44' de gösterilmektedir.

5.1.2 .. SWIFT TESTİ (DERİN ÇEKME TESTİ) (8)

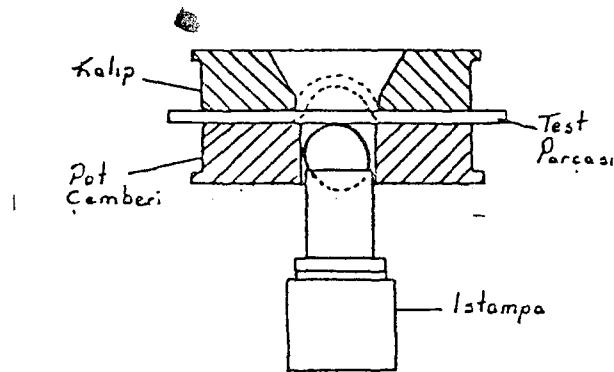
Derin çekme için kabul edilebilir benzer deneylerden en çok kullanılanı " Swift " testidir. Swift testi için gerekli standart ölçüler şekil 45 'de gösterilmektedir. " Engel Hardt " tarafından tasarlanmış, istampa çapı 32mm olan test aparatı Avrupa 'da kullanılmıştır.



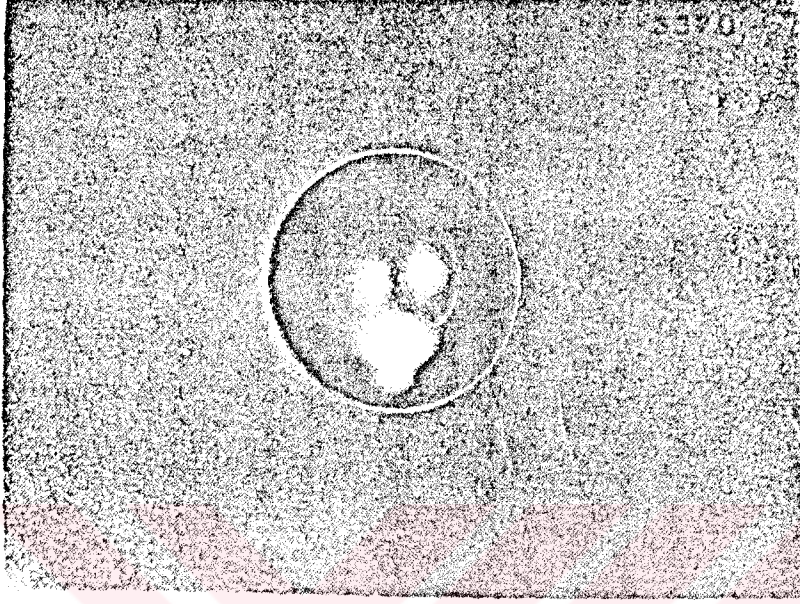
Şekil 45: Swift testinin standart ölçüleri



Şekil 43 : Erichsen test cihazı ve ana parçaları



Şekil 44 : Ball - Punch test cihazı ve ana parçaları



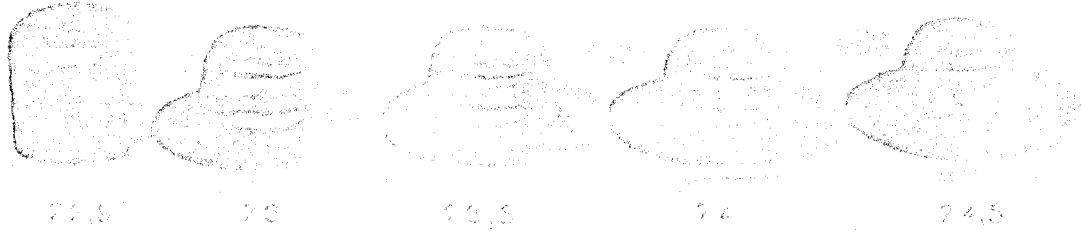
Fotoğraf 1: Erichsen deneyi ile somlanan numune (6)

Swift testi bir sac malzemenin derin çekme sınırını elde etmek için kullanılır. Derin çekme oranı maksimum taslak çapının " D "şekillendirileceği kalıp iç çapına " d " oranı şeklinde verilir.

$$D.C.O. = \frac{D}{d}$$

Kalıp ve köşe istampa radyusu 6.35 mm. dir. Kalıp yüzeyi ve kalıp profil radyusu parlantılmalıdır. Deney parçası / Kalıp iç yüzeyi ve Deney parçası / Pot çemberi iç yüzeyi çok iyi bir şekilde yağlanmalıdır. Genellikle mineral yağ veya vazelin ile yağlanmış Polietilen sac kullanılır. Sadece istampa yağlanmamalıdır. Pot çemberi sıkıştırma kuvveti, deney parçasının kalınlık ve boyutlarına göre biçimlendirme anında kırışıklığı önleyecek derecede olmalıdır. Kesin değerler deneysel olarak saptanır. İstampa - Kalıp aralığı sac kalınlıklarına bağlıdır. Bu test için, istampa kalıp ve aralığı ütülenmeyi (ironing) önleyecek uygunlukta olmalıdır. Çünkü ütülme derin çekme oranını etkiler. Eğer radyal aralık " $t_0 (D/d)^{1/4}$ " den daha büyük olursa derin çekme oranı sabit olacaktır. Şekil 38 'da gösterilen boyutlar için (D.C.O. = 2 ve sac kalınlığı $t_0 = 1$ mm) radyal aralık 1.2 mm. 'yi aşmamalıdır. 0.5 mm. 'den ince ve 2 mm. 'den kalın saclar için kalıp ve işlem faktörleri uygun verim açısından değiştirilebilir.

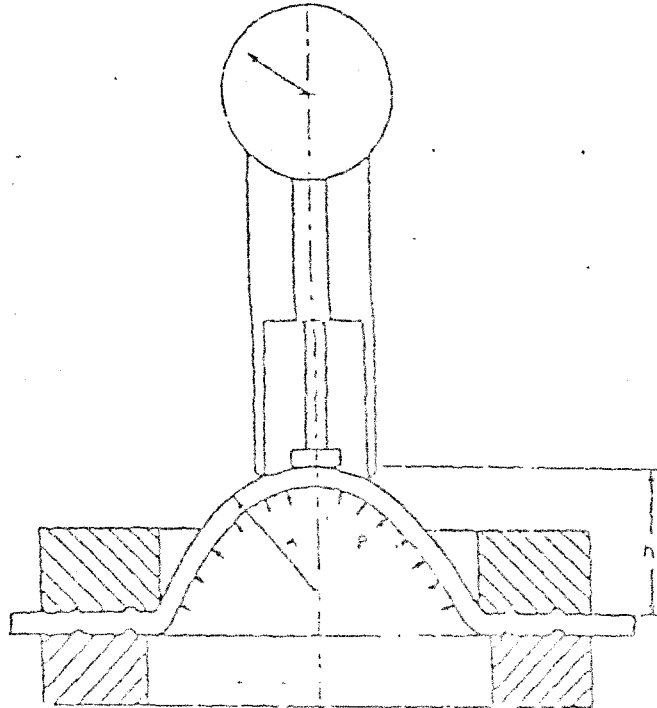
Derin çekme oranını elde etmek için deney çapı bir hata oluşana kadar artırılır. Bu test 'de çoğu malzemeler için derin çekme oranının 2 ± 0.2 'lik bir değişim içerisinde düştüğü keşfedilmiştir. 6 ilâ 10 deney parçasında yapılan gözlemlerden, deney parçasının çapındaki 1 mm. 'lik bir artış nedeniyle meydana gelen değişim kabul edilebilir bir derin çekme oranını vermektedir.



Fotoğraf 2: Swift deneyi uygulamaları (6)

5.1.3 .. BULGE TESTİ (20,21,22)

Bu test yönteminde deney parçası iki kalıp arasında sıkı bir şekilde tutulur ve hidrolik sıvı basıncı ile çökertilir. Deney parçası sıvı ile çökertildiğinden sürtünme olayı ortadan kalktığı için çok iyi sonuçlar elde edilir. Bu test için standart ölçü yoktur. Deney parçaları dairesel ve eliptik kalıp delikleri (en / boy =1, 0,9, 0,8, 0,63 veya 0,4) kullanılarak çökertilir. Sıvı basıncı sürekli olarak bir gerinim göstergeli güç çeviricisi yolu ile kaydedilmelidir. Gerinim hızı kontrollü yağ akışı ile yaklaşık $5 \times 10^{-1/s}$ 'e düzenlenmelidir. Çatlam basıncı ile maksimum yükseklik malzemenin biçimlendirilebilirlik sınırını verir. Bulge testi için deney cihazının parçaları şekil 46 'da gösterilmektedir.

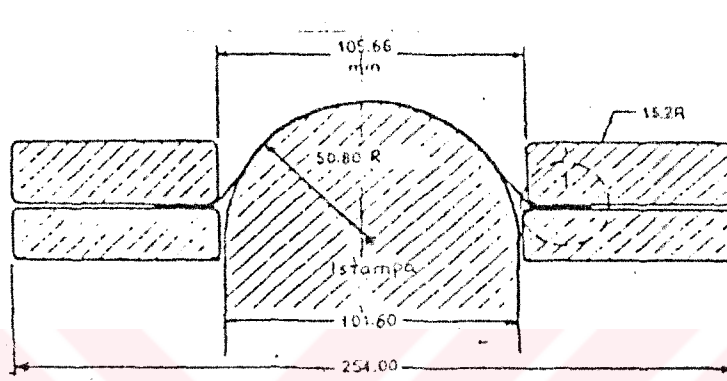


Şekil 46 : Bulge test cihazı

5.1.4 .. PUNCH - STRETCH TESTİ (8.23)

Yarıküresel ıstampa testi olarak da isimlendirilen bu test yönteminde deney parçası iki kalıp arasında 20 ton 'luk (178 KN) bir kuvvetle sıkıştırılır. Daha sonra ıstampa yaklaşık 0.42 mm/s 'lik bir ilerleme hızıyla deney parçasını çökertir. Bu çökertme işlemi çatlak oluncaya kadar devam eder.

Punch - Stretch test aparatının şekli şekil 47 'de gösterilmektedir. Kalıp içi yarıçapı bu bölgedeki eğme hatalarını önlemek için 15.2 mm. olarak alınmıştır.



Şekil 47 : Punch - Stretch Test Aparatı

5.2 ÇEKME TESTİ (8)

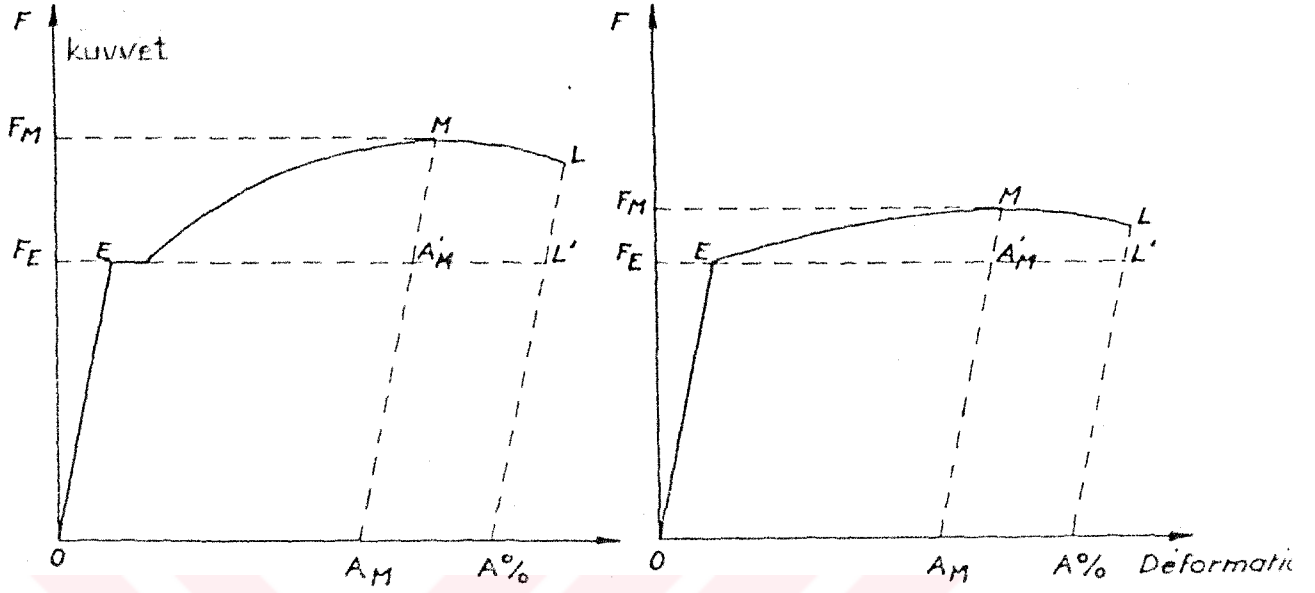
Çekme testi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmalarını sağlamak amacıyla geniş çapta kullanılır. Çekme testi, standartlara göre hazırlanmış deney parçasını tek eksende, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparılmaya kadar çekilmesidir. Şekil 48 'de sacın plastisite özelliğinin çekme deneyi ile belirlenmesi gösterilmektedir.

Bir çekme testiindeki yük - uzama ölçümlerinden oluşturulan mühendislik gerilme - gerinim eğrisi şekil 24 'de gösterilmiştir. Bu test 'den saptanan değerler şunlardır ;

a-) Akma Dayanımı : plastik deformasyonun küçük bir miktarını elde etmek için gerekli olan gerilmelerdir. Bazı malzemelerde (Öncelikle az ve orta karbonlu çeliklerde) orantı sınırı bitip plastik şekil değiştirmeye başlamadan önce değişik bir akma olayı ile karşılaşılır. Üst akma gerilmesine ulaşıldığında gerilmenin sabit olmasına rağmen uzama görülür ve bu olay alt ve üst akma gerilmesi arasında devam eder. Bu tip bir olay malzemedeki dislokasyonların engellenmesi ve birikimi ile açıklanmaktadır.

$$\text{Akma Gerilmesi} = \sigma_a = \text{Akma Yüğü} / \text{Orjinal kesit alanı}$$

Akma olayı bütün malzemelerde (örneğin Al. ile dinlendirilmiş derin çekme çeliği) görülmez. Mühendislik için kullanılabilir elastiklik sınırı akma sınırı olarak bilinir. Bu taktirde akma gerilmesi, teknolojik çelme diyagramı üzerinden belirli bir kalite uzamaya ($\epsilon = \% 0.01$ 'den $\% 0.2$ 'ye kadar) karşı olan bir gerilme olarak tanımlanır.



a) İyi plastisite özelliklerine sahip sac

b) Zayıf plastisite özelliklerine sahip sac

Şekil 48 : Deformasyon - kuvvet diyagramı örnekleri (6)

Bu nedenle akma göstermeyen malzemelerin çekme diyagramında bir kalıcı uzama (Örn. : % 0.2) oranından elastik doğruya bir paralel çizildiğinde, eğriyi kestiği noktaya (A') karşit olan gerilme akma gerilmesidir. (şekil 25)

Akma noktası uzaması biçimlendirilebilirlikte istenmeyen bir durumdur. Bu tip bir olaya malzemedeki dislokasyonların engellenmesi ve birikimi neden olacağı için sac malzeme yüzeyinde Lüders eğrileri oluşur ve bu durum sacın yüzey kalitesini bozarak zaman zaman çatlamalara neden olabilir. Bu nedenle bu sacların kullanım alanlarında yüzey görünümü önemli ise %2 'den az soğuk ezme vererek temper haddemesi uygulanır. Bunun sonucunda malzemenin taneleri deformasyon yönünde uzar ve tanelerde dislokasyon yoğunluğunun artması yanındabir çok atom boşluğu da meydana gelir. Böylece bu tür bir uygulama akma noktası uzamasını ortadan kaldıracaktır.

b-) Kopma dayanımı, maksimum yükün ilk keside oranı şeklinde verilir.

c-) Malzemedeki toplam uzama [%] olarak ifade edilir. Kırılmış uçlar bir araya getirilir ve toplam uzama ölçülür. (L_k). İlk boy'a L_0 dersek

$$\text{Toplam uzama (\%)} = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100$$

Bu değerden malzemenin, özellikle süneklığı hakkında fikir elde edebiliriz. Üniform uzama ise maksimum gerilmeye karşılık gelen değerdir.

d-) Çekme testinden pekleşme üssü "n" değeri bulunabilir. Bunun için Log. gerçek gerinim ve Log gerçek gerilme oluşturulur. (Şekil 17) Bu bize düz bir doğru verecektir. Bu doğrunun eğimi "n" değeridir. "n" değerinin diğer bir saptanma yöntemi :

$$n = \ln (1 + e_u) \quad e_u = \text{Üniform gerinim}$$

e-) Çekme testi ile anizotropi katsayısı "r" değerini ve gerinim hız duyarlılığı üssü "m" değerini de saptayabiliriz.

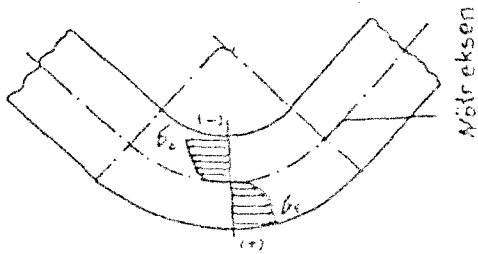
5.3 EĞME VE KATLAMA TESTİ (17)

Sac parçalarda eğme ve katlama testi malzemelerin şekil değiştirme özellikleri hakkında genellikle kalitatif bir bilgi edinmek gayesiyle yapılır. İmalatta eğerek veya katlayarak biçimlendirilen malzemelerin şekil değiştirme kapasitesinin tayininde çoğu kez bu test 'den yararlanılır.

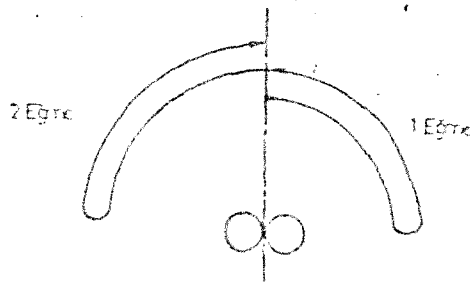
Deneyi yapılacak sac parçaya bir kuvvet etkiğinde iç yüzeye yakın bölgede basma gerilmeleri , dış yüzeye yakın bölgede ise çekme gerilmeleri meydana gelecektir. (Şekil 48) Eğmede esas gaye malzemeyi çatlatıncaya kadar tek yönde eğmektir. Kalitatif eğme testlerinde (Katlanma testleri) sünekliği iyi olan malzemeler 180° katlanmalarına rağmen çatlama göstermezler. Böyle malzemelerin test sonucunda 180° katlanmalarına rağmen çatlamanın görülmediği belirtilir. Bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi kalitatif eğme testinde kriter olarak eğme açısı (α) kullanılır. Eğilme açısı, eğme tamamlandıktan sonra deney parçasını iki kolu arasındaki dış açı olarak tarif edilir. Bazen, malzemenin eğme sonunda bükülmüş kısmının eğrilik yarıçapı (R) da kriter olarak kullanılabilir. Şekil 49 değişik eğme testi düzenlerini göstermektedir.

İleri geri eğme testinde ise deney parçası sağlam bir şekilde tutulur ve ileri geri bükülür. (Şekil 50) Bu sırada deney parçasının kesiti alternatif olarak çekme ve basma gerilimine uğrar Burada malzemenin çatlama göstermesi için tatbik edilen eğme sayısı kriter olarak kullanılır.

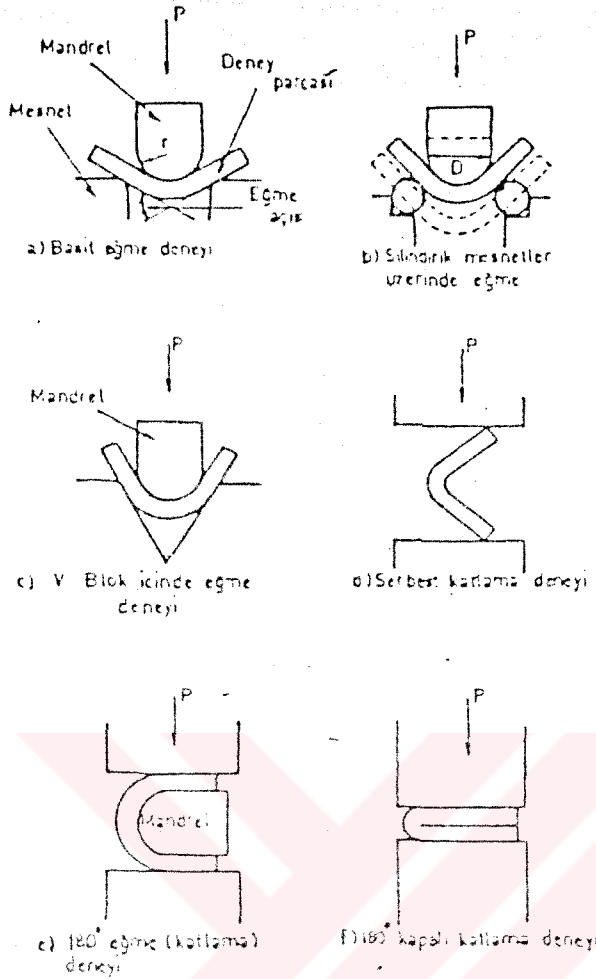
Soğuk haddelenmiş çelik saclara uygulanan kıvrırma deneyleri, işlem (temper) durumlarına göre Şekil 51 'de gösterilmektedir.



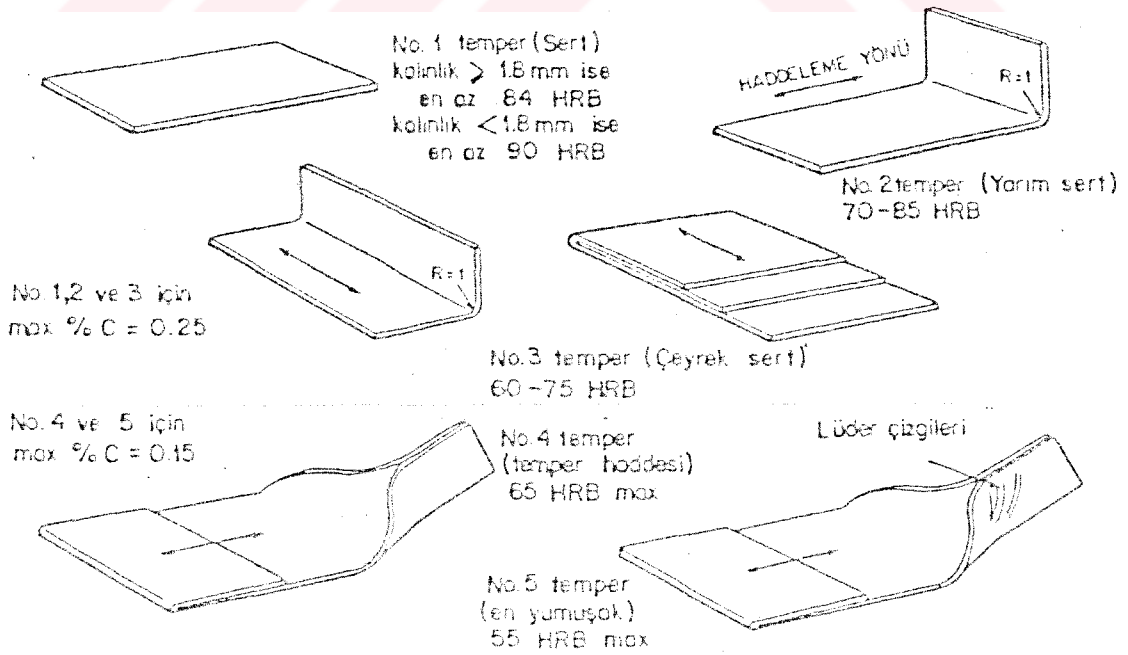
Şekil 49



Şekil 51



Şekil 50



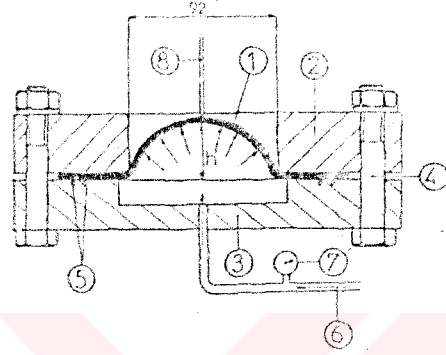
Şekil 52:

5.4 FORMLAMADA DİĞER SİMÜLATİF DENEYLER (6)

Saçların biçimlendirilebilirliğini belirlemek için birçok çökertme ve uzatma deneyi mevcuttur. Bunlardan en fazla tanınanları daha önce incelenmişti. Bu bölümde de kalan deneylerden bazıları anlatılacaktır. Ancak bu arada belirtmek gerekir ki; bu deneylerin hiçbiri tam ve kesin olarak her türlü şarta uygun klasmanlar oluşturmazlar.

5.4.1 .. JOVIGNOT HİDROLİK UZATMA DENEYİ (6)

Bu deneyde ölçme kriteri, kubbe tepesinde oluşan kopmadır. Deneyde metal özelliklerindeki eksiklikleri ortaya koyabilmek için tam olarak adapte edilir. Şekil 53 (a) 'da Deney düzeneğinin şematik şekli gösterilmektedir. Fotoğraf 3 ise deney uygulamasını göstermektedir.

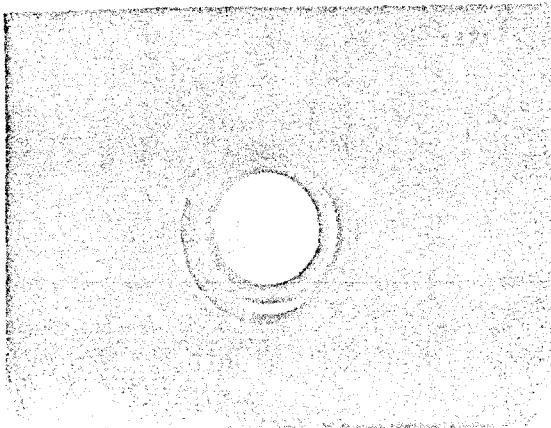


- 1-) Deney kabı
- 2-) Matris
- 3-) Flans baskı halkası
- 4-) Blokaj vidası
- 5-) Feder
- 6-) Hidrolik geliş hattı
- 7-) Manometre
- 8-) Hata tespit palpörü

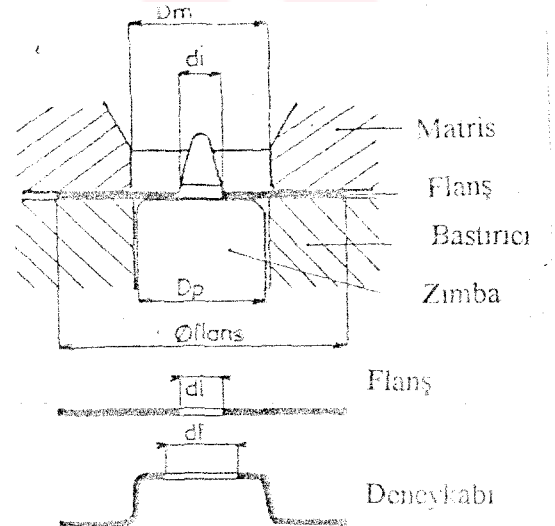
Şekil 53 (a) : Jovignot deneyi

5.4.2 .. KIWI BOŞLUK UZATMA DENEYİ (6)

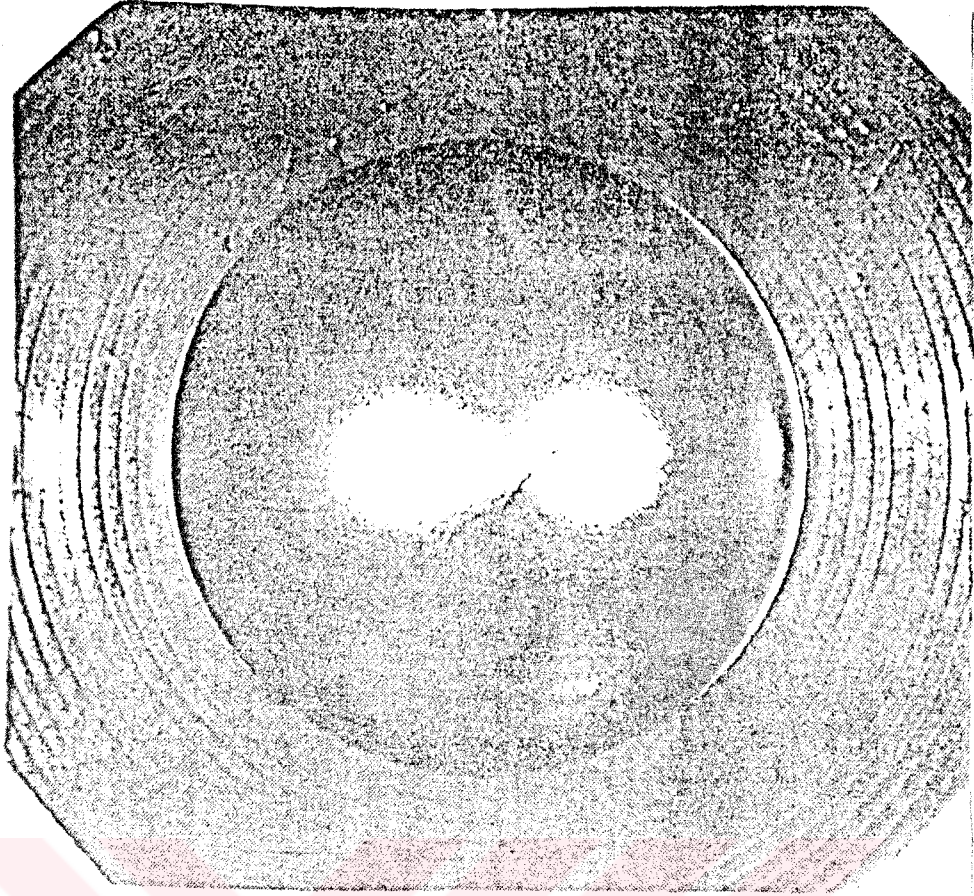
Deney kabı bir delikten geçirilerek delinir. Ölçüm kriteri, deliğin dış kısmının çembersel uzamasıdır. Şekil 53 (b) 'de deneye ait düzeneğin şematik gösterilişi bulunmaktadır. Fotoğraf 4 ise deney uygulamasını göstermektedir.



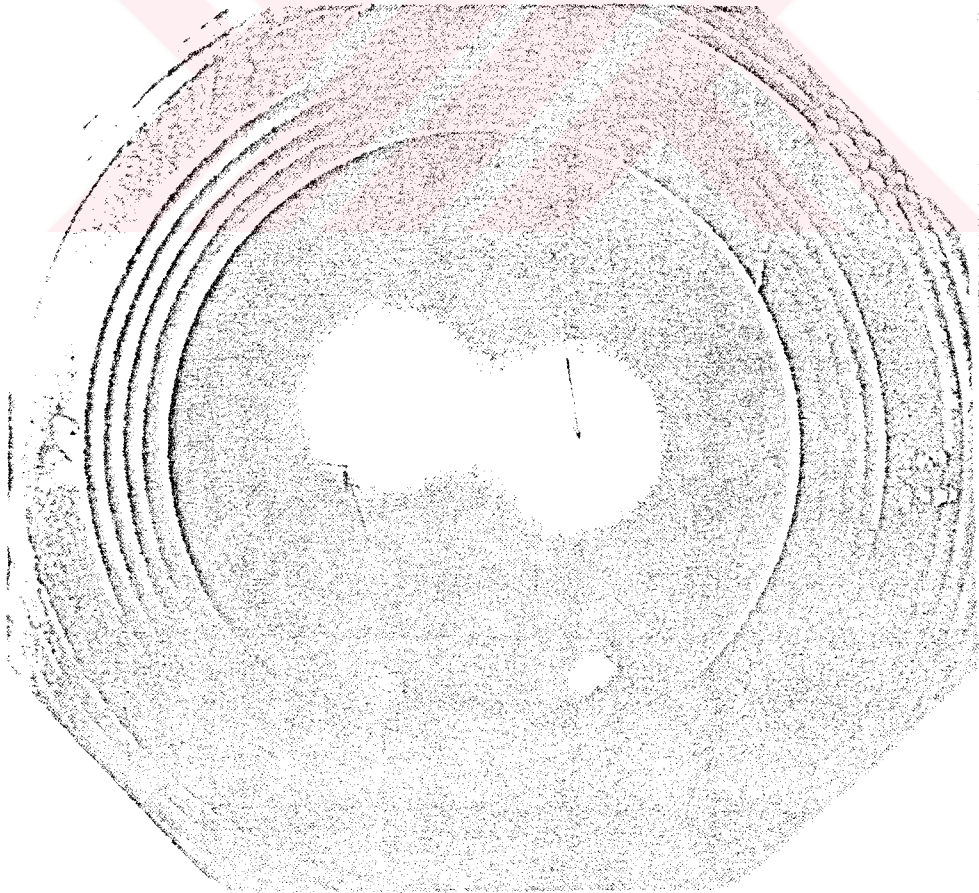
Fotoğraf 4 : Kiwi deneyi. (6)



Şekil 53 (b) : Kiwi deneyi



Normal sac

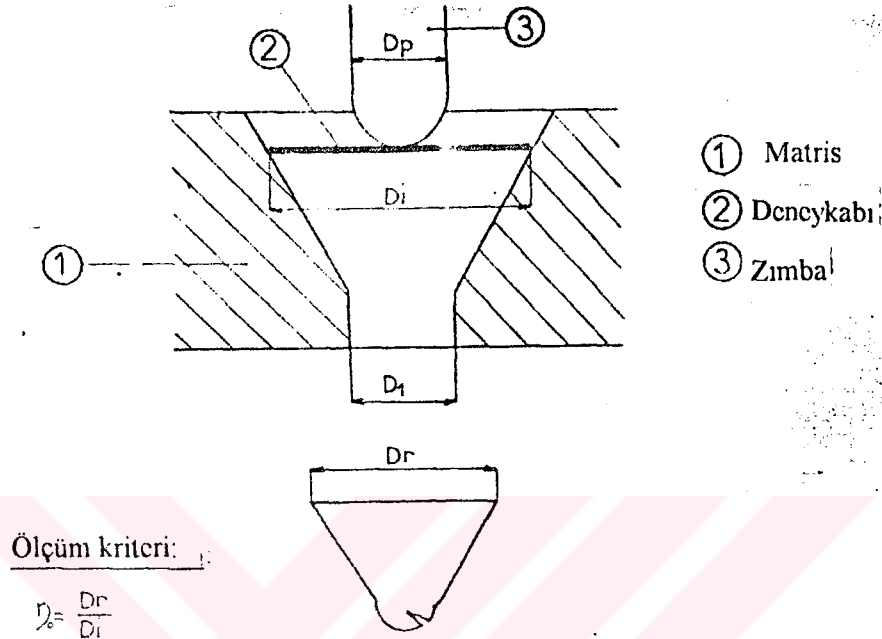


Dahili yüklü sac

Fotoğraf 3: (c)

5.4.3 .. FUKUI BOŞLUK UZATMA DENEYİ (6)

Fukui deneyi (şekil 54) bir gerilim yayılması deneyidir. Ölçüm kriteri olarak , şekillendirme katsayısı değerlendirilir. Bu katsayı kubbe çapının (D_r) ilkel pul çapına (D_i) oranıdır. Fotoğraf 5 de deney ile ilgili uygulama görülmektedir.



Şekil 54 : Fukui deneyi (6)



Fotoğraf 5 : Fukui deneyi uygulaması (6)

Burada en büyük pozitif deformasyonu ifade etmekte, pozitif yada negatif olabilir. Bu oluşacak deformasyon miktarına bağlıdır. Birtakım deneyler yapıldıktan sonra ve kalıplarla saclar şekillendirdikten sonra nokta nokta şekillendirme eğrilerinin limitleri çizilir.

$$\epsilon_1 = f(\epsilon_2)$$

Eldedilen eğri 2 ana deformasyon bölgesine ayrılır. Eğrinin altında kalan alan başarılı, üst kısım ise başarısız kısım yani hatalı kısmı temsil eder. Bu kısımda sac yırtılma göstermektedir. (Şekil 55)

Şekillendirme limit eğrileri ile ilgili uygulamalar ve laboratuvar şartlarında kubbe şeklindeki deformasyon etüdü:

Analizdeki yöntemi daha iyi etüd edebilmek için parçalar üzerindeki çalışmalar sürmektedir;

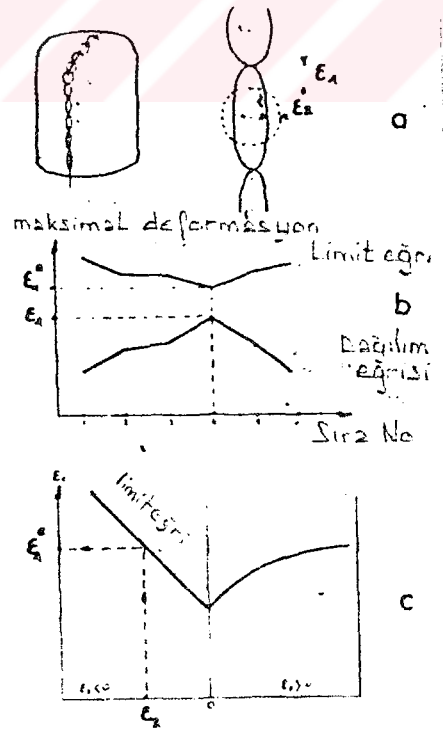
Bölgesel olarak deformasyonların dağılımı :

Şekillendirme sonucunda flanş üzerinde dairesel meşleme yapıldı. Çizilen daire şeridi üzerinden geçen yırtılma noktasına ulaşıldığında şu ana deformasyonlar elde edilir; ϵ_1 , ϵ_2 (Şekil 56)

Diyagramda, elde edilen dairenin merkezleri Kartezyen koordinat sisteminde apsis ve ordinat olarak nokta nokta çizilir. Buradan şekillendirilmiş olan parçanın ϵ_1 , ϵ_2 deformasyon değerleri ile teorik maksimum dayanma deformasyonu olarak ϵ^* bulunur.

Böylece iki eğri elde edilir ;

- birincisi parça üzerindeki deformasyon dağılım eğrileri
- ikincisi ise limit dağılım eğrileridir.

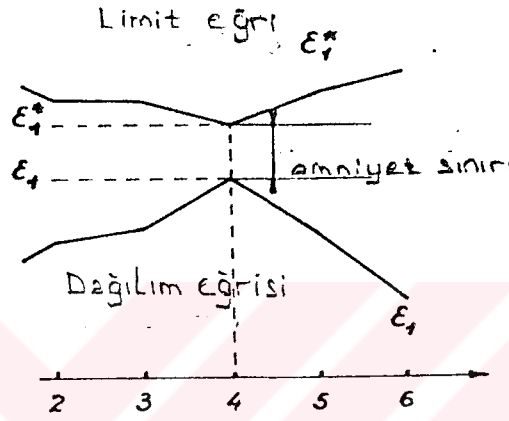


Şekil 56 : Laboratuvar şartlarındaki kubbe şekilli parça ve eğrilerin dağılımı

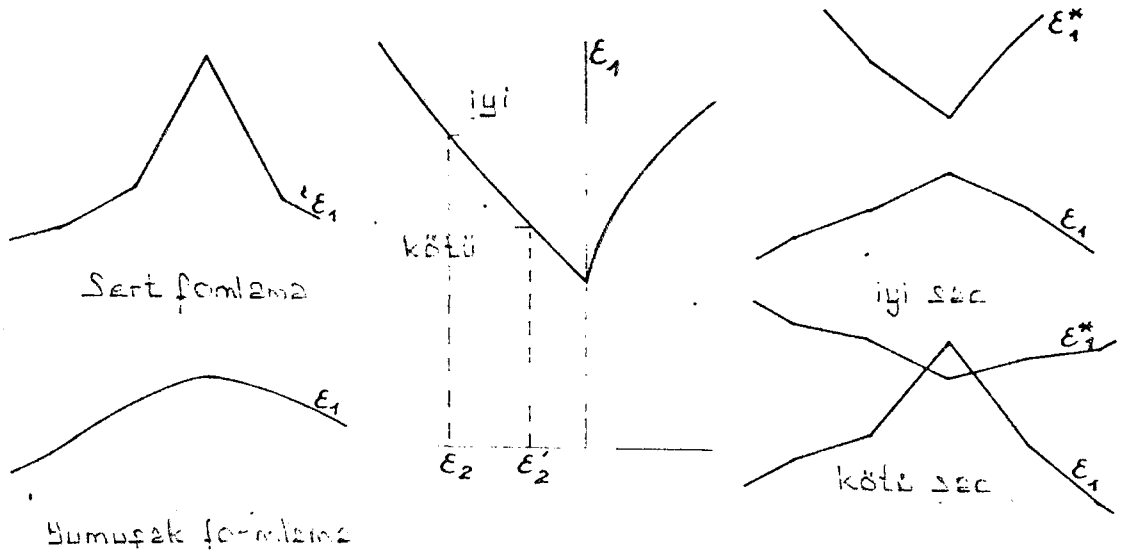
Buradaki eğrilerin kesiti bir sac yırtılmasını ifade eder. Elde edilen diyagramlardan şu sonuçları çıkarabiliriz;

- Sacın yırtılmasını önlemek için şekillendirmedeki emniyet payının bilinmesi ve daireler arasındaki minimum aralıklı ölçüm (şekil 57)

- Tam olarak bu daireler arasında bulunan minimum aralıklı bölgeler arasında kritik bölgelerin yerinin bilinmesi



Şekil 57: Emniyet bölgesi.



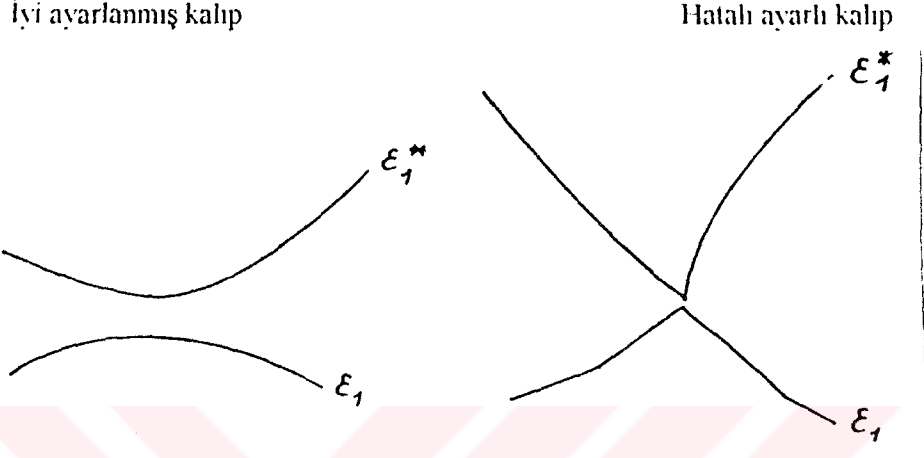
Şekil 58: Şekil vermelerdeki hassasiyet

Şekil 59: Şekillendirmelerdeki koşullar Şekil 60: Emniyet bölgesindeki metallerin değişimi

- Limit eğrinin uygunluğu durumuna ve girinti , çıkıntılarının fonksiyonuna göre çalışma koşullarındaki hassasiyet gelişiminin göz önünde bulundurulması (flaş üzerinde baskı kuvveti, yağlama ve kalıp yüzeyi hassasiyeti). deki deformasyon sacın kalıp içindeki durumuna göre değişmektedir. (şkil 59)

- Malzemelerin durumunun sac paketlerinin değişimi esnasındaki fabrikasyonel güvenlik tedbirleri dahilinde ele alınması (Şkil 60)

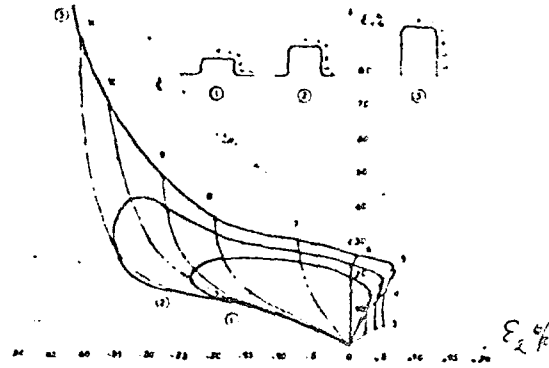
- Ara kademelerde bulunan sacların kalıp bakımındaki kalite ile bağlantısının incelenmesi. (şkil 61)



Şkil 61 : Kalıp bakımının saca olan etkisi

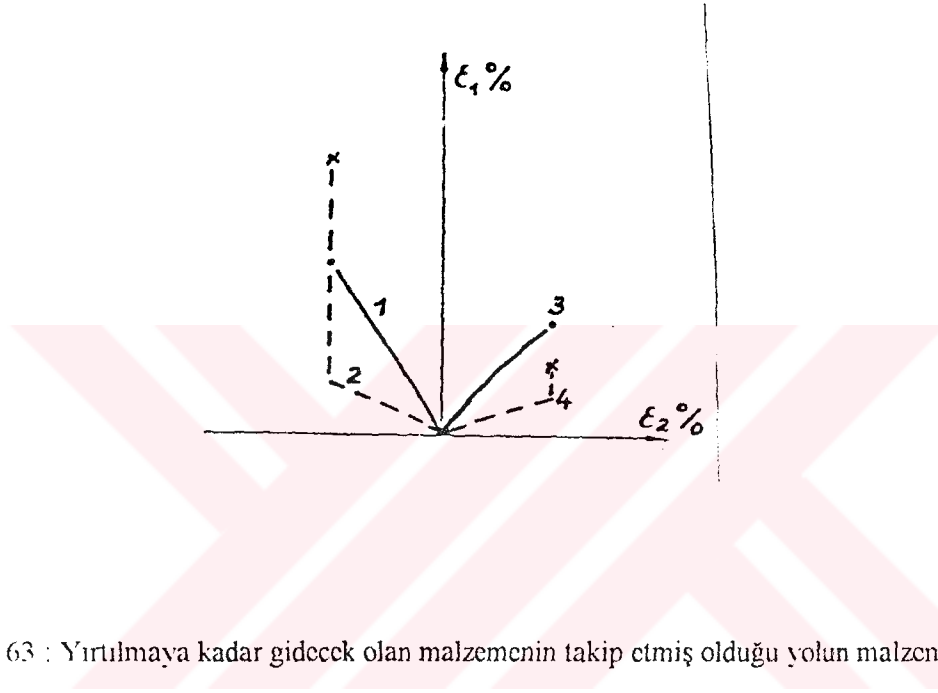
Ana deformasyon:

ϵ_1 , ϵ_2 diyagramı şekillendirme limit eğrilerini içermekte (şkil 62) ve değerleri diyagramda noktalanmaktadır. Burada şekillendirmedeki kritik bölgeler bir hat üzerindeki farklı daireler üzerinde ϵ_1 ve ϵ_2 koordinatları şeklinde noktalanır. Bu değişik noktaları birleştiren eğri ise ana deformasyon eğrisini vermektedir. Parça üzerinde birtakım yırtılmalar mevcuttur ve böylece deformasyondaki limit eğri deformasyonuna ulaşılır. Deneme esnasında, sac şekillendirilirken kademeli olarak işlem yarıda kesilerek durdurulur ve işlem sonuçları diyagrama dökülür. Böylece ana deformasyonun gelişimi izlenmiş olur.



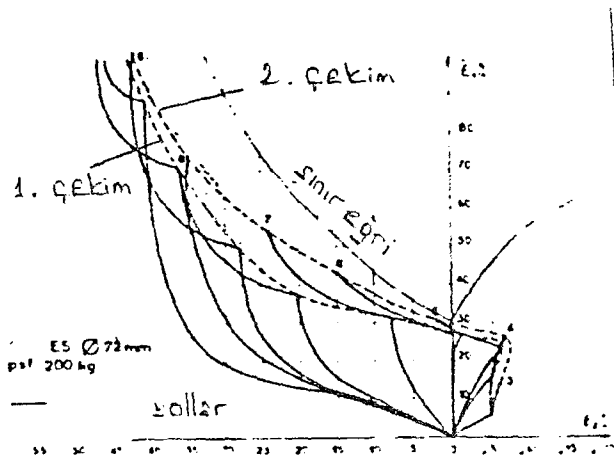
Şkil 62 : Kubbe biçimli bir parçanın şekillendirilmesinde oluşan ana deformasyonun gelişimi

Şekil 63 da görüldüğü gibi yukarıda anlatılan deneyde uygulanan bir nokta her bir aşama esnasında şekillendirmedeki limit eğri vasıtasıyla, malzemenin takip ettiği yol izlenerek yırtılma noktaları belirlenir. Sonuç olarak sacın şekillendirilmesinde ilk dikkat edilmesi gereken sacın deformasyon noktalarının limit eğri sınırları içinde olmamasıdır. Şekil 64 de bir kubbenin iki aşamalı şekillendirilmesindeki değişik deformasyonların izledikleri yol görülmektedir. Sonuç olarak, buradaki değişik limit eğrilerin tespit edilmesindeki asıl amaç; çok kademeli şekillendirmelerdeki başlangıç aşaması için limit eğrinin bilinmesi ve kritik bölgelerin tespit edilmesidir. Dolayısı ile bir sonraki işlem aşaması için gerekli önlemlerin alınmasına olanak tanır.



Şekil 63 : Yırtılmaya kadar gidecek olan malzemenin takip etmiş olduğu yolun malzemeye etkisi

1. ve 2. çekim deformasyon yolları



Şekil 64 : İki kademeli şekillendirilen kubbenin takip ettiği deformasyon yolu.

Sanayideki şekillendirmelerde şekillendirme limit eğrisi uygulamaları :

Renault 5 arka yan panonun şekillendirilmesi :

Şekillendirme için ZES kalitede ve 0.7 mm kalınlığında sac kullanılmaktadır. Buradaki işlem çift etkili mekanik preste gerçekleştirilmektedir. Fabrikasyonda belirlenen kritik bölgeler genellikle arka camın alt noktası ve orta kirişin alt noktasında oluşmaktadır.

Kullanılan sacın karakteristikleri aşağıdaki gibidir ;

$$R_M = 30 - 30,6 \quad R_E = 15,2 - 15,3$$

$$A \% = 39,4 - 46,2 \quad n_m = 0,223$$

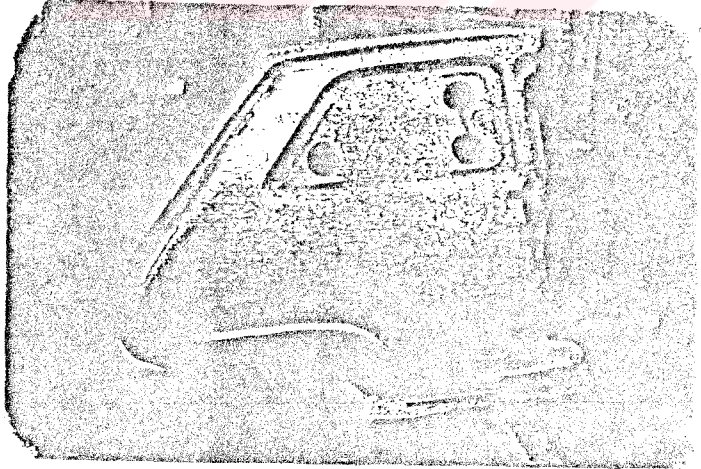
$$r_m = 1,730$$

- Rockwell olarak sertlik değeri : Rockwell B = 43,5 - 46

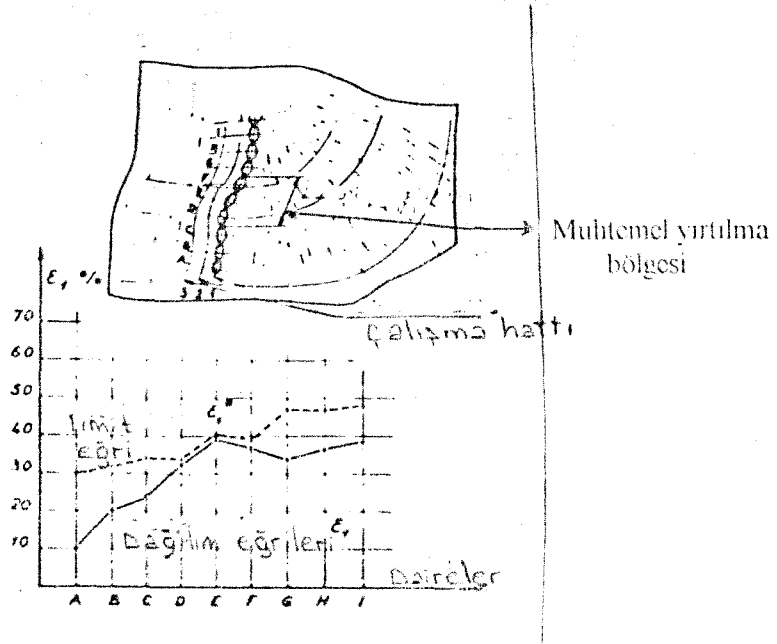
- Erichsen indisi : 10,5 - 10,75 dir.

Belirtilen tüm bu özellikler istenen şartlarda tam bir derin çekme imkanı verecek düzeyde olup yukarıda belirtilen standartdaki saclarda mevcuttur.

Buradaki deformasyon analizleri daha önce açıklanan yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Bölge olarak yukarıda belirlenen kritik bölgeler seçilmiştir. Arka camın yuvarlatılmış hat kısımları ile ilgili açıklamalar:



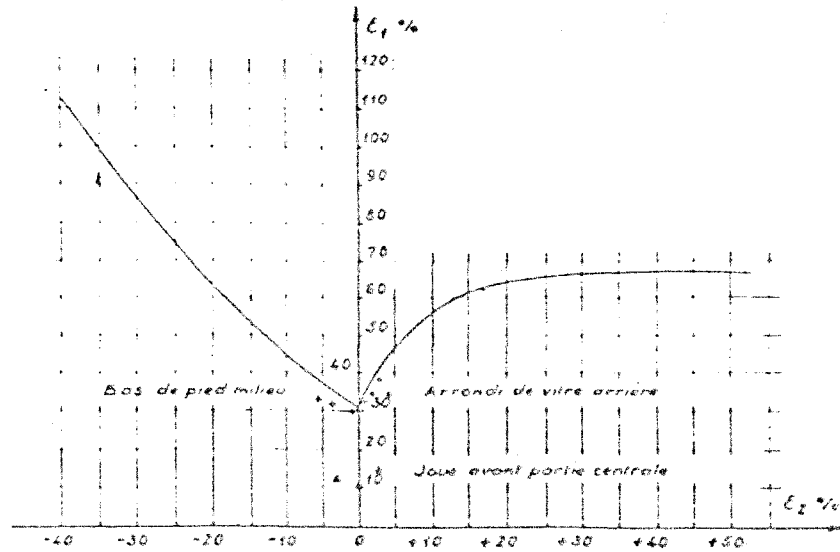
Fotoğraf 6: R5 Arka pano.



Şekil 65 : Yuvarlatılmış bir arka cam'a ait deformasyon dağılım eğrisi (Hat 2)

Buradaki deformasyonlar , önceden belirtilen yırtılmaya dik doğrultudaki üç hat üzerinden ölçülmüştür. Bu üç kritik hat üzerinde bulunan ikinci hattın dağılımından şu sonuçlar çıkarılmaktadır:

- Maksimal deformasyonların seviyesi % 39 dur.
- Emniyet payı çok zayıftır (~ % 1)
- Deformasyonun gradyanı çok aşırı değil , buna karşın maksimum gradyan en yakın yırtılma bölgesinin civarındadır.

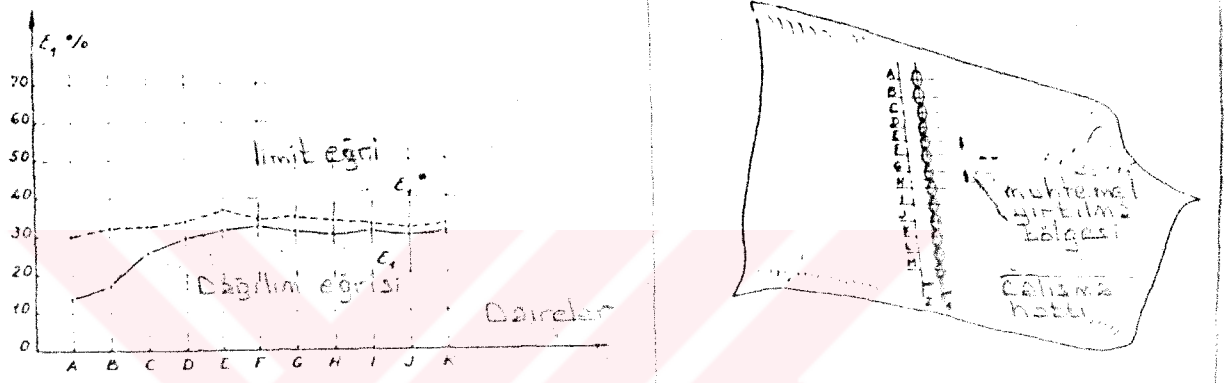


Şekil 66 : R5 arka panoya ait kritik bölgelerin konumları ve R5 in arka tekerlek yuvasındaki şekillendirme limit eğrisine göre konumu.

Şekil 66 daki parça üzerinde bulunan bölgeler birinin diğerine oldukça etkili bir şekilde baskılı olduğu çift eksenli yayılma ile şekillendirilen parçadan elde edilmiştir.

Orta ayak alt kısmı :

Yırtılma bölgesine dik olan iki hat üzerine yapılan analizlere göre bir takım hassas dağılım eğrileri bulunmaktadır. Bu eğriler şekil 67 'deki hat 1 üzerinde yer alan elipsler gözönüne alınarak elde edilmiştir. Maksimum deformasyonlar %30 - %32 ye ulaşmaktadır. Homojen bir dağılımda ve oldukça geniş bir bölgeye yayılmaktadır. Bu bölge çok az bir miktarda geriye çekilen bir belirsiz sac çekiminin yarattığı bir şekillendirme değildir. (Şekil 66)



Şekil 67 : Orta ayak alt kısmındaki deformasyonlara ait dağılım eğrileri.

Bu tip parçaların daha kolay imal edilebilmesi için kalıpların üzerinde ve şekillendirme prosedürüne bağlı kalmak üzere sacda yırtılmayı ve katlanmayı önleyici bir takım değişikliklerin yapılması söz konusudur. Örneğin: Matris girişindeki kavislerin yarıçaplarının büyütülmesi ve parçaların planlarındaki farklı değişimlerin uygun bir şekilde birleştirilmesi gibi. Tabii ki burada planlara değişikliklerin yetersiz olduğu durumlarda parça bir son operasyon amacıyla yeniden incelenebilir.

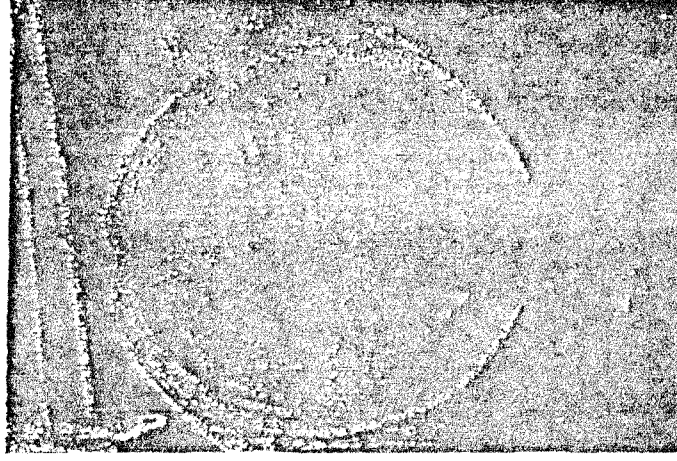
R5 Ön Tekerlek İç Yuvası:

R5 'in tekerlek iç yuvası, XES kalitede, 0,7 mm. kalınlığında sacdan üretilmektedir. Sac çift etkili bir mekanik preste şekillendirilmektedir. Parça üzerinde oluşan yırtılmalar fotoğraf 6 'de görülmektedir. Şekillendirilen sacın deformasyonunun tayininden önce karakteristikleri incelenmiştir:

Çekme kabiliyeti: $R_m = 30.8 - 31.1$ $R_E = 16.3 - 17$ $A\% = 39.4 - 42.5$
 $r_m = 1.658$ $n_m = 0.221$

Rockwell sertliği B = 46 - 47

Enjeksiyon İndisi = 10.65 - 10.80



Fotoğraf 7: R5 Ön Tekerlek Yuvası

Yırtılma noktaları ise ince noktalar şeklinde görülmektedir. Buradaki sacın özellikleri normal olarak " ES " sac tipine uymaktadır ve uygun bir plastisite özelliği taşımaktadır. Tekerlek iç yuvasında bulunan kritik noktalarındaki deformasyonların analizi Şekil 68 'de gösterilmektedir.

- Şekillendirmedeki maksimum deformasyon seviyesi %40 dir.
- Sacın ezilme eğrisi çok tehlikeli bir durum olmaksızın dengelidir.
- Emniyet payı oldukça geniştir. (%18)

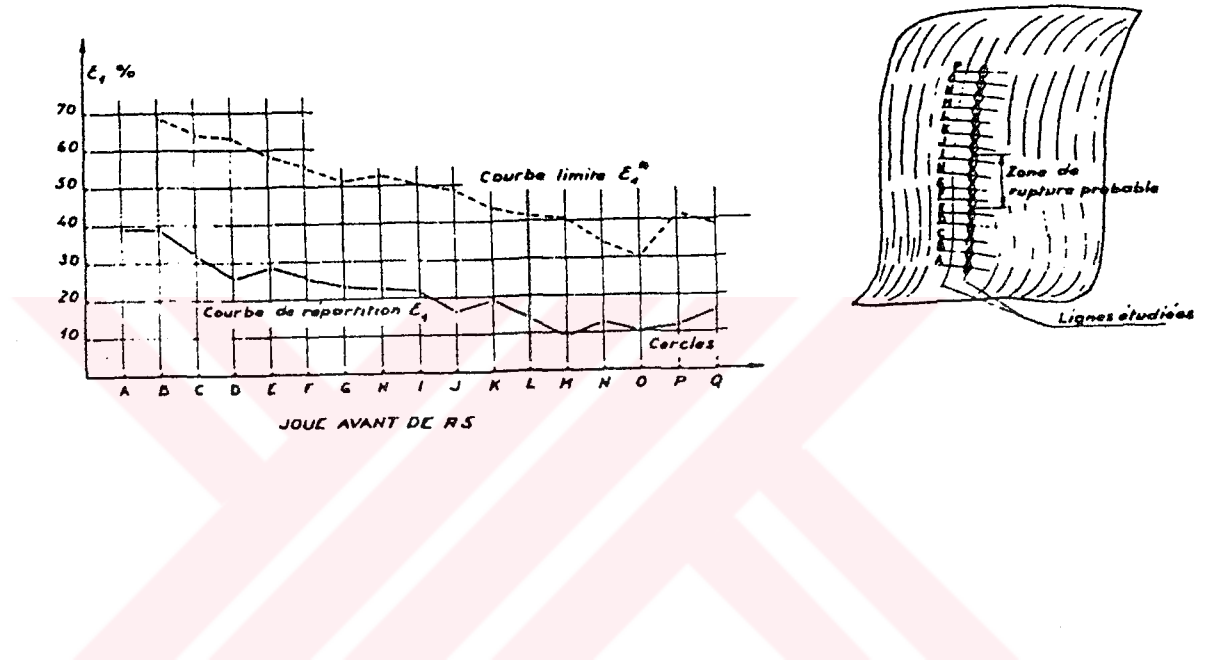
Renault merkez kısmında parçanın tehlikeli kabul edilen kısımları tek eksenli çekme ile şekillendirilmiştir. (ϵ_2 -%3 ile +%3 arasındadır) şekil 66.

Yapılan analizin sonucunda :

- Şekillendirme dengelidir.
- Emniyet payı geniştir.
- Etüd çalışmaları sırasında kalıp zarar görmemiş olup iyi durumdadır.

Tecrübelerle dayalı çalışmalarda benzer hatalara ilişkin iki ana sebep tespit edilmiştir;

- Sacın kalitesinin düşük oluşu veya yağlamamanın yetersizliği.
- Kalıbın doğru ve hassas bir şekilde ayarlanmamış oluşu.



Şekil 68 : R5 Ön Tekerlek iç yuvasına ait deformasyon eğrisi dağılımı

Kasnak :

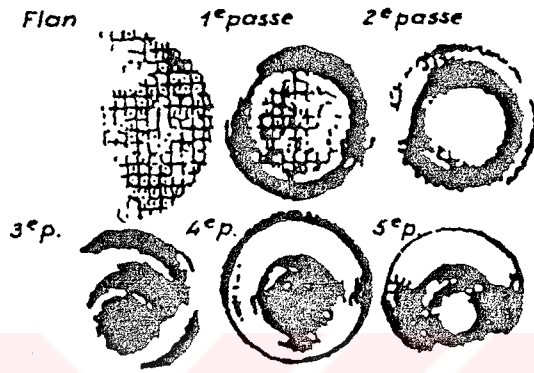
Fotoğraf 7 'de belirtilen kasnak 5 aşamada şekillendirilmiştir. Kullanılan sac; 86mm çapında, XES kalite ve 1.3 mm kalınlıklı sactır.

Bahsi geçen 5 aşama;

- Kubbe şekillendirme çapı 53 mm. dir, şekillendirme oranı 1.6 dır.

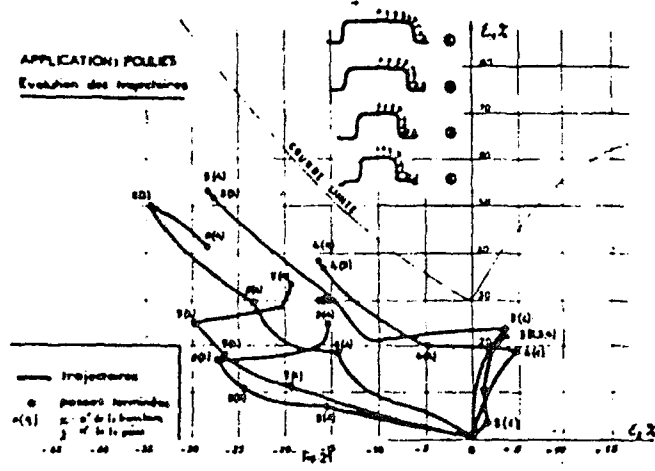
Kasnağın şekillendirilmesindeki değişik aşamalar.

- 42 mm. çaplı diğer çekme işlemi 1.4 çekme oranına sahiptir.
- 34 mm. çaplı çekme işlemi , 1.2 çekme oranına sahiptir.
- Kasnağın ağız kısmındaki yırtılma yarıçapının yapılışı ve kasnağın uç kısmını geri çekme.
- Uygun dekapaj işlemi ve son olarak kesinleşen kotaların yapılışı.



Fotoğraf 8: Kasnak

Her ne kadar pratikte gerçek limit eğrilere ulaşmak (şekil 69 'daki gibi.) mümkün olmasada burada elde edilen sonuçlar da tartışmaya açılabilir. Çekme işlemi sonrası elde edilen kompleks trejektuarlar (yörüngeler) pres koçunun herbir değişik iniş hareketi için alınan ölçümlerle elde edilmiştir. Şekillendirmenin ortasında parçanın herbir aşaması için çok farklı yollar izlediği ve herbir geçiş arasında ise sacın çok farklı yönlerde kaydığı gözlenmiştir. Buradaki birinci geçiş tek eksenli çekmeyi göstermektedir. (3,4,5 no'lu daireler.) Daire 6 ise silindirik bir çekme durumunu ; daire 7,8 ise kubbe flanşını çekilmesi aşamasını temsil etmektedir. Tekrar çekme operasyonlarında ise 53 mm. ve 42 mm. çapa kadar olan aşamalarda bulunan bağlantı bölgelerinde sacın nasıl yayıldığı gösterilmektedir (3 no'lu daire). 4 ve 5 no'lu dairelerde sacın üst bölgesindeki baskı neticesinde oluşan çekme durumu, sacın yüzeyindeki alt kısmındaki silindirik bir çekme durumunu takiben şekillendirilmiş kısmı ve uç bölgedeki çekme durumu izlenmektedir.



Şekil 69 : Kasnak , deformasyonların takip ettiği yollar.

Tekrar çekmelerdeki 3. işlem aşamasında ise 42 mm.'den 34 mm. 'ye düşünce deformasyon hemen hemen hiç değişmemektedir. 3 no'lu daire, kubbenin diğer kanat kısmında deformasyondan bir önceki geçiş aşamasındaki duruş ile kendisini göstermektedir. Burada elde edilen yollar birbirine paraleldir.

4. geçiş esnasında iç yarıçap oluşturulur ve kesilen yakanın dibi ile buna dik yüzey az miktarda deforme olur. (daire 3,4,5). Burada kasnağın şekillendirilmesi esnasında bir nokta göze çarpmaktadır. O da, birbirine dik iki zıt yönün bulunmasıdır.

Bu yönlerden ilki kubbenin kenar kısımlarını tekrar kıvrıma esnasında, kurs sonuna varıldığında silindirik bir çekmenin yarattığı gerilim ile oluşmaktadır. Buradaki analizler şu sonuçları vermektedir:

Kasnağın şekillendirme gamında oldukça iyi bir denge söz konusudur ve böylece emniyetli ve sorunsuz bir imalat gerçekleştirilebilir.

Sonuc:

Tarif edilen özellikler ve normlar talimatlardaki gibi, sacların şekillendirme özellikleri, tercihe göre değişmektedir. Bazen çok zor şekillendirme durumlarında buradaki parametreler çok zayıf kalabilir. Böylece çok ince kriterlere başvurulabilir. (Örneğin ; Dövme ile sertleşme katsayısının özelliği veya anizotropisi)

Bilimsel olarak ispatlanmıştır ki: metal parçaların şekillendirme ve unizotropi katsayısı yüksek olduğu durumlarda deformasyonların dağılımı çok uygun olmakta ve emniyetli bir imalat söz konusu olmaktadır. Buradaki bahsi geçen katsayıların herkesçe bilinmesine rağmen işlem hiçbir zaman emniyetli olarak gerçekleştirilemez. Çünkü sacın karakteristikleri de işleme etkisi olan bir diğer parametredir.

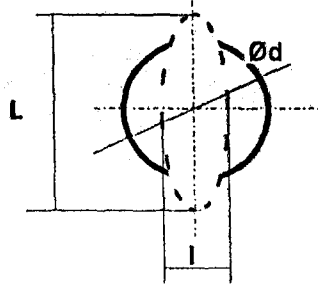
Sonuç olarak buradaki şekillendirme limit eğrisi kavramının bize parçayı ekillendirmeden önce çok büyük faydası olabilir. Bunları herhangi bir prototipin gerçekleşmesindeki etüdler aşamasında çok zor ve sorunlu kısımlardan kaçınılarak daha uygun şekiller ve kavislerin dizaynında kullanmak mümkündür.

Kalıpların pres altına bağlanıp son bir defa ayar yapıldığı aşamada ise kritik bölgelerin bilinmesi ve emniyet payının arttırılması çalışmaları da kalıp tasarımı aşamasında yapılabilecek olan kaliteyi yükseltme çalışmalarıdır.

Bir parçanın imalatı aşamasında ekonomik olarak yapılabilecek olan bir gamın tanımının yapılabilmesi ve ayrıca seri bir imalat seviyesinde ise yırtılma risklerinin tespit edilip elemine edilmesi için kalıpların aşınma durumlarının minimum, kalitelerinin ise maksimum tutulması için gözlemler yapılmalıdır.

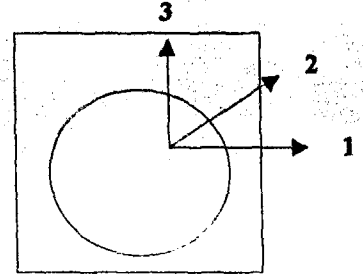


7.1 R9 YAĞ KARTERİ BİCİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI

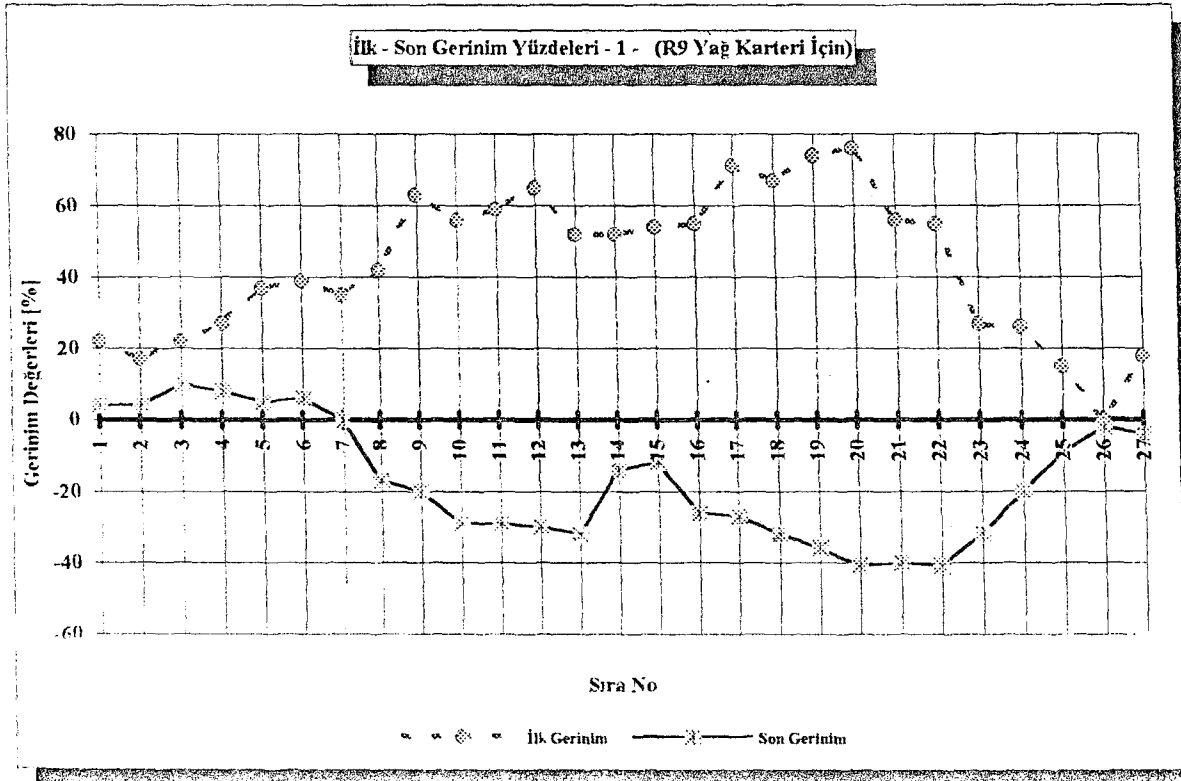


$$\epsilon_1 = (L-d) \times 100/d$$

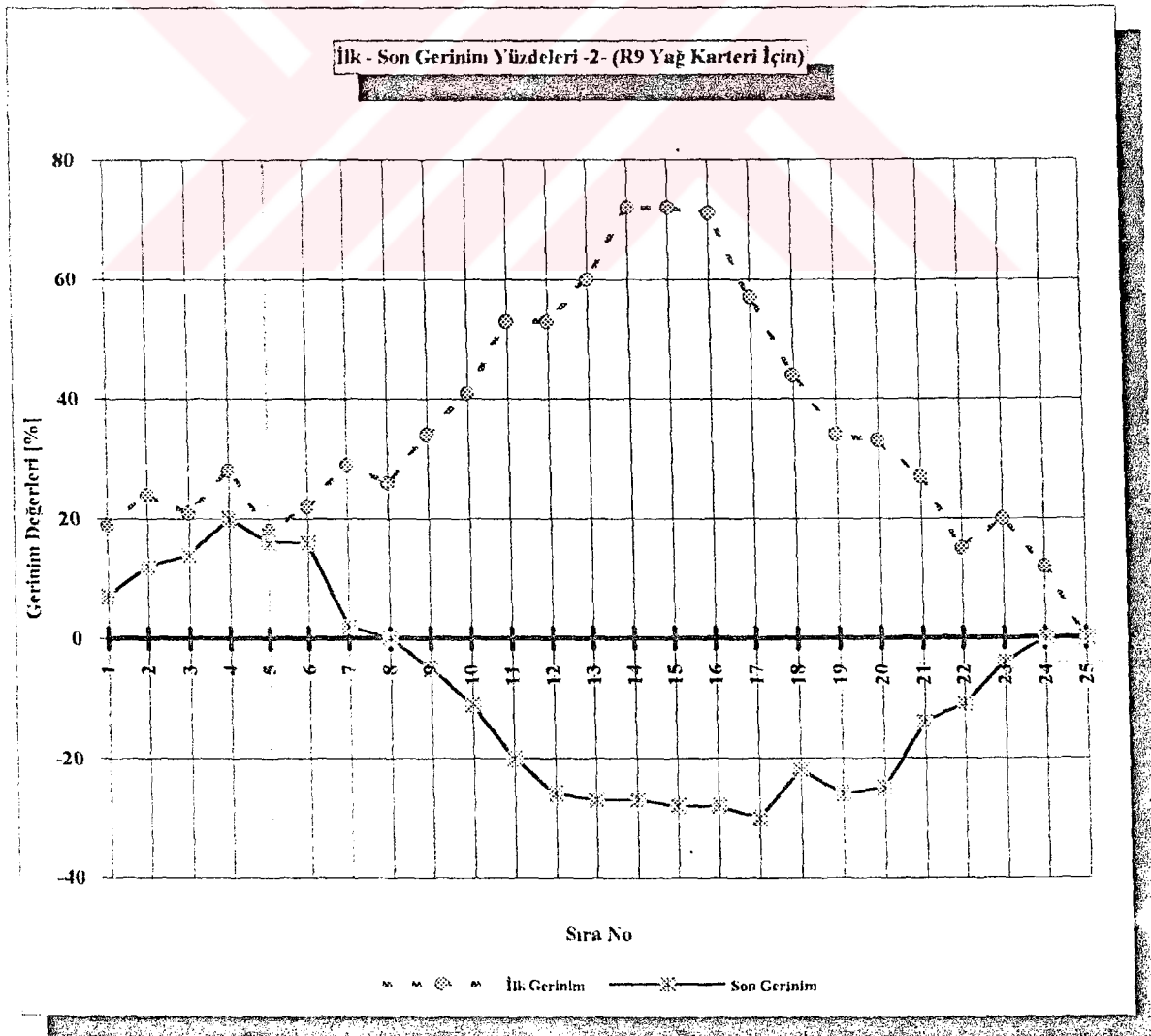
$$\epsilon_2 = (l-d) \times 100/d$$



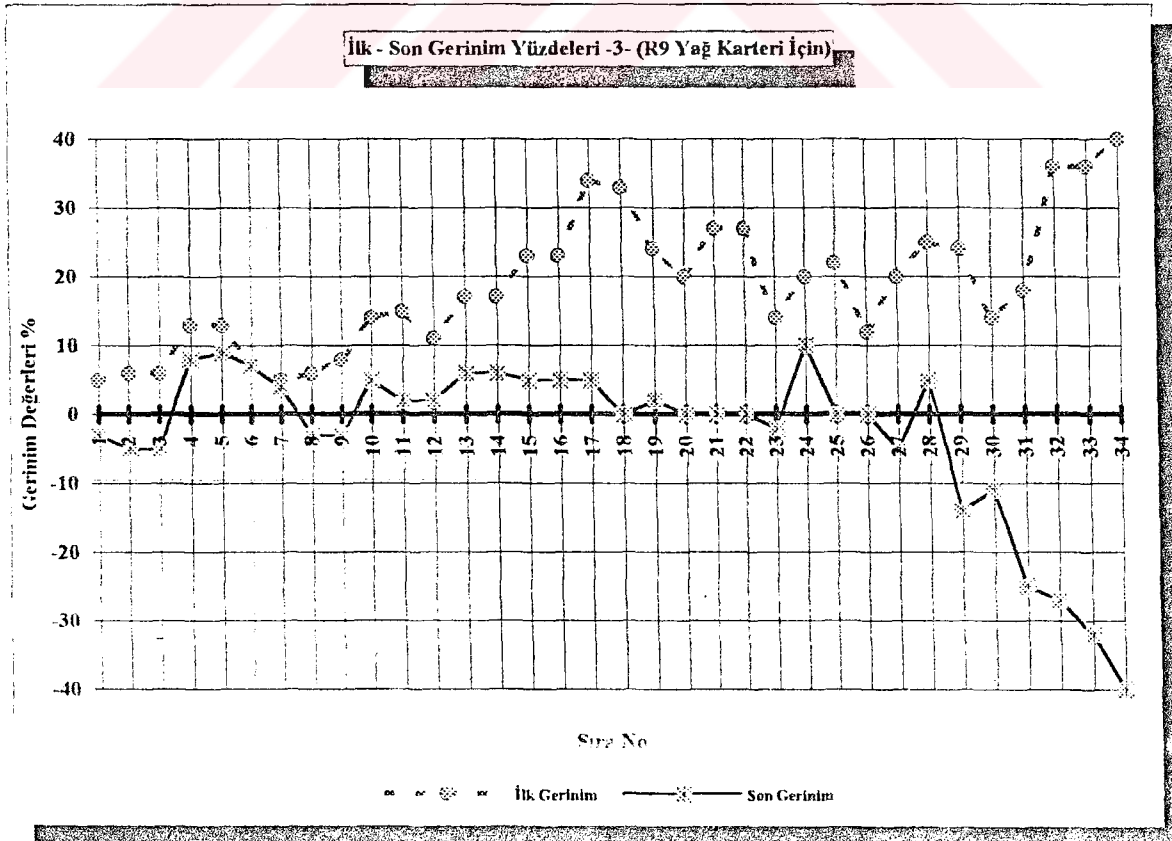
Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy l	Küçük boy l	İlk gerinim l	Son gerinim l
1	5	6.1	5.2	22	4
2	5	5.85	5.2	17	4
3	5	6.1	5.5	22	10
4	5	6.35	5.4	27	8
5	5	6.85	5.25	37	5
6	5	6.95	5.3	39	6
7	5	6.75	5	35	0
8	5	7.1	4.15	42	-17
9	5	8.15	4	63	-20
10	5	7.8	3.55	56	-29
11	5	7.95	3.55	59	-29
12	5	8.25	3.5	65	-30
13	5	7.6	3.4	52	-32
14	5	7.6	4.3	52	-14
15	5	7.7	4.4	54	-12
16	5	7.75	3.7	55	-26
17	5	8.55	3.65	71	-27
18	5	8.35	3.4	67	-32
19	5	8.7	3.2	74	-36
20	5	8.8	2.95	76	-41
21	5	7.8	3	56	-40
22	5	7.75	2.95	55	-41
23	5	6.35	3.4	27	-32
24	5	6.3	4	26	-20
25	5	5.75	4.55	15	-9
26	5	5	4.9	0	-2
27	5	5.9	4.8	18	-4



Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 2	Küçük boy 2	İlk gerinim 2	Son gerinim 2
1	5	5.95	5.35	19	7
2	5	6.2	5.6	24	12
3	5	6.05	5.7	21	14
4	5	6.4	6	28	20
5	5	5.9	5.8	18	16
6	5	6.1	5.8	22	16
7	5	6.45	5.1	29	2
8	5	6.3	5	26	0
9	5	6.7	4.75	34	-5
10	5	7.05	4.45	41	-11
11	5	7.65	4	53	-20
12	5	7.65	3.7	53	-26
13	5	8	3.65	60	-27
14	5	8.6	3.65	72	-27
15	5	8.6	3.6	72	-28
16	5	8.55	3.6	71	-28
17	5	7.85	3.5	57	-30
18	5	7.2	3.9	44	-22
19	5	6.7	3.7	34	-26
20	5	6.65	3.75	33	-25
21	5	6.35	4.3	27	-14
22	5	5.75	4.45	15	-11
23	5	6	4.8	20	-4
24	5	5.6	5	12	0
25	5	5	5	0	0

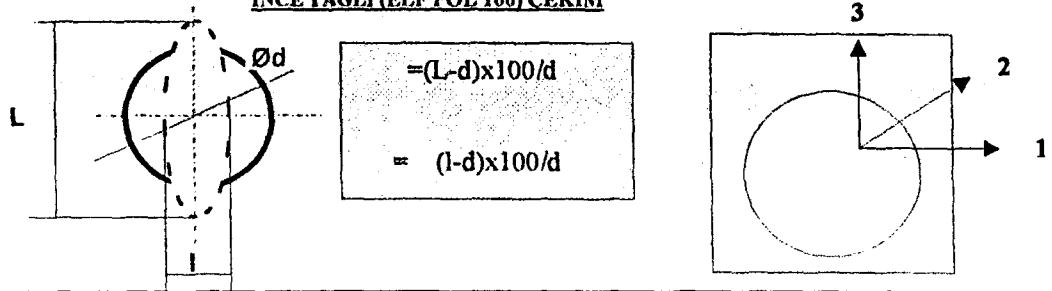


Sıra No	d	L	I	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 3	Küçük boy 3	İlk gerinim 3	Son gerinim 3
1	5	5.25	4.85	5	-3
2	5	5.3	4.75	6	-5
3	5	5.3	4.75	6	-5
4	5	5.65	5.4	13	8
5	5	5.65	5.45	13	9
6	5	5.35	5.35	7	7
7	5	5.25	5.2	5	4
8	5	5.3	4.85	6	-3
9	5	5.4	4.85	8	-3
10	5	5.7	5.25	14	5
11	5	5.75	5.1	15	2
12	5	5.55	5.1	11	2
13	5	5.85	5.3	17	6
14	5	5.85	5.3	17	6
15	5	6.15	5.25	23	5
16	5	6.15	5.25	23	5
17	5	6.7	5.25	34	5
18	5	6.65	5	33	0
19	5	6.2	5.1	24	2
20	5	6	5	20	0
21	5	6.35	5	27	0
22	5	6.35	5	27	0
23	5	5.7	4.9	14	-2
24	5	6	5.5	20	10
25	5	6.1	5	22	0
26	5	5.6	5	12	0
27	5	6	4.75	20	-5
28	5	6.25	5.25	25	5
29	5	6.2	4.3	24	-14
30	5	5.7	4.45	14	-11
31	5	5.9	3.75	18	-25
32	5	6.8	3.65	36	-27
33	5	6.8	3.4	36	-32
34	5	7	3	40	-40



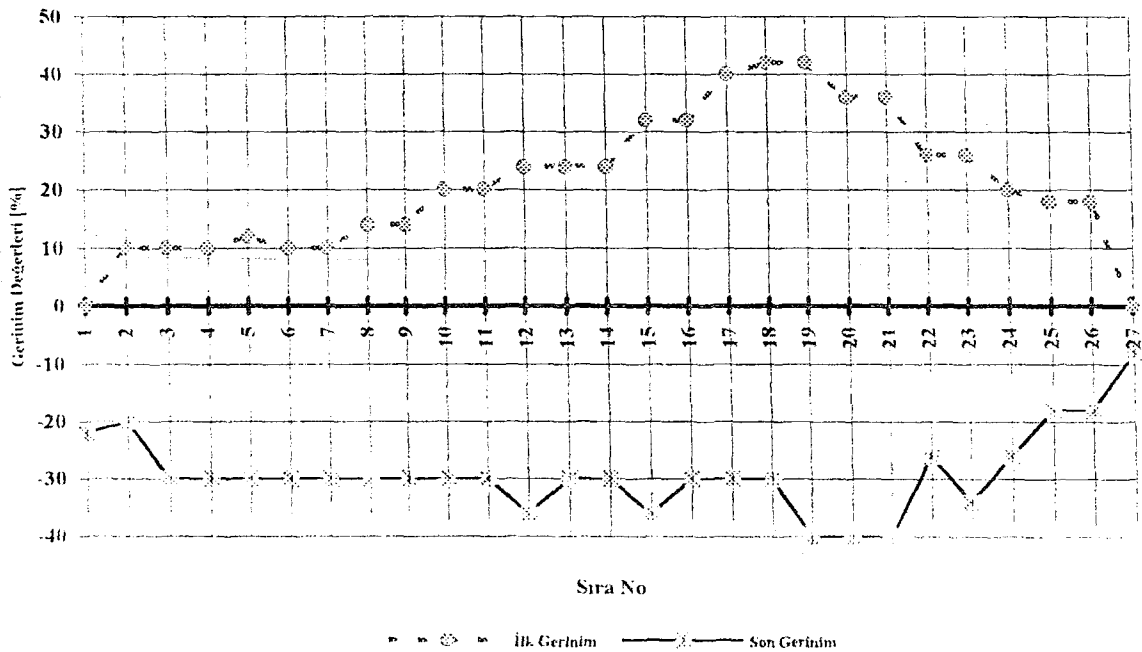
7.2 R9 YAĞ KARTERİ BİÇİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI

İNCE YAĞLI (ELF POL 100) ÇEKİM

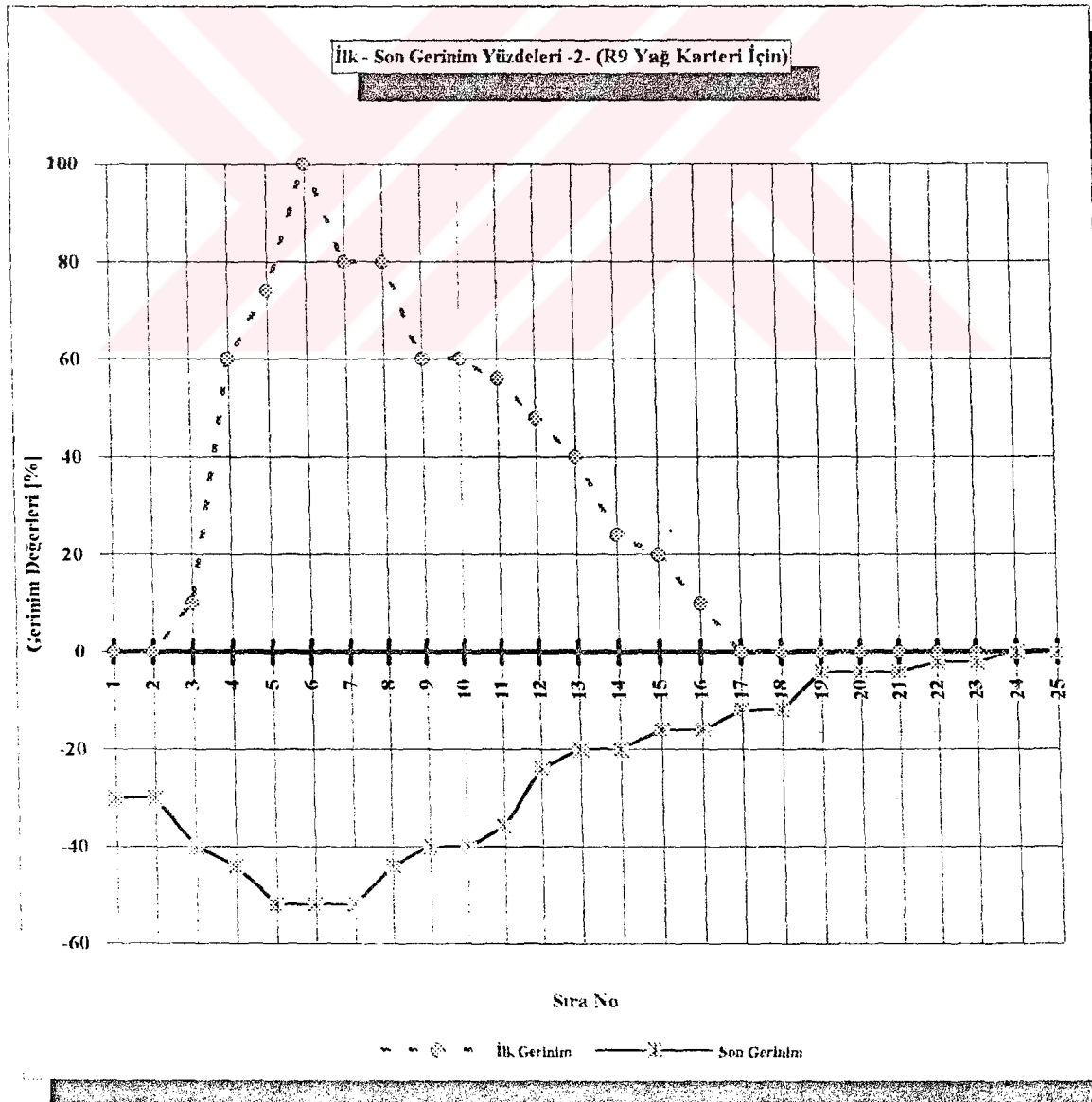


Sıra No	d	L	l		
	İlk çap	Büyük boy 1	Küçük boy 1	İlk gerinim1	Son gerinim1
1	5	5	3.9	0	-22
2	5	5.5	4	10	-20
3	5	5.5	3.5	10	-30
4	5	5.5	3.5	10	-30
5	5	5.6	3.5	12	-30
6	5	5.5	3.5	10	-30
7	5	5.5	3.5	10	-30
8	5	5.7	3.5	14	-30
9	5	5.7	3.5	14	-30
10	5	6	3.5	20	-30
11	5	6	3.5	20	-30
12	5	6.2	3.2	24	-36
13	5	6.2	3.5	24	-30
14	5	6.2	3.5	24	-30
15	5	6.6	3.2	32	-36
16	5	6.6	3.5	32	-30
17	5	7	3.5	40	-30
18	5	7.1	3.5	42	-30
19	5	7.1	3	42	-40
20	5	6.8	3	36	-40
21	5	6.8	3	36	-40
22	5	6.3	3.7	26	-26
23	5	6.3	3.3	26	-34
24	5	6	3.7	20	-26
25	5	5.9	4.1	18	-18
26	5	5.9	4.1	18	-18
27	5	5	4.6	0	-8

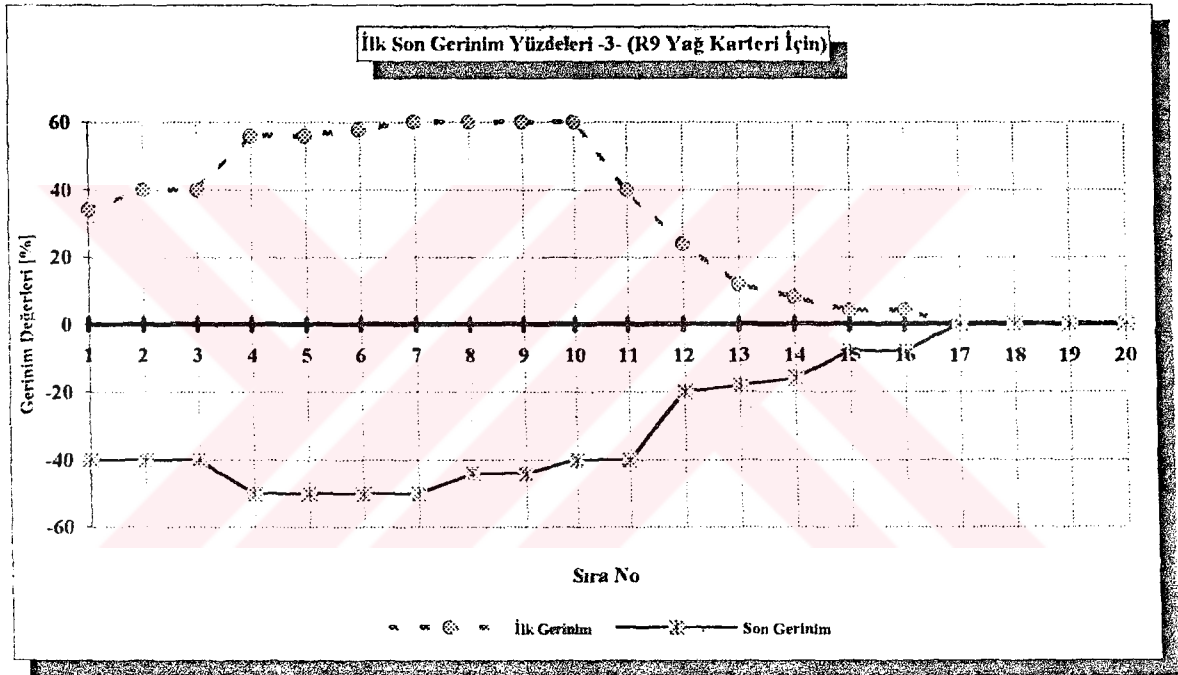
İlk - Son Gerinim Yüzdeleri - 1 - (R9 Yağ Karteri İçin)



Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 2	Küçük boy 2	İlk gerinim 2	Son gerinim 2
1	5	5	3.5	0	-30
2	5	5	3.5	0	-30
3	5	5.5	3	10	-40
4	5	8	2.8	60	-44
5	5	8.7	2.4	74	-52
6	5	10	2.4	100	-52
7	5	9	2.4	80	-52
8	5	9	2.8	80	-44
9	5	8	3	60	-40
10	5	8	3	60	-40
11	5	7.8	3.2	56	-36
12	5	7.4	3.8	48	-24
13	5	7	4	40	-20
14	5	6.2	4	24	-20
15	5	6	4.2	20	-16
16	5	5.5	4.2	10	-16
17	5	5	4.4	0	-12
18	5	5	4.4	0	-12
19	5	5	4.8	0	-4
20	5	5	4.8	0	-4
21	5	5	4.8	0	-4
22	5	5	4.9	0	-2
23	5	5	4.9	0	-2
24	5	5	5	0	0
25	5	5	5	0	0

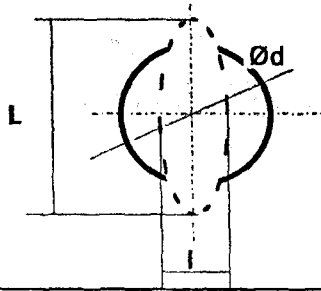


Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 3	Küçük boy3	İlk gerinim3	Son gerinim3
1	5	6.7	3	34	-40
2	5	7	3	40	-40
3	5	7	3	40	-40
4	5	7.8	2.5	56	-50
5	5	7.8	2.5	56	-50
6	5	7.9	2.5	58	-50
7	5	8	2.5	60	-50
8	5	8	2.8	60	-44
9	5	8	2.8	60	-44
10	5	8	3	60	-40
11	5	7	3	40	-40
12	5	6.2	4	24	-20
13	5	5.6	4.1	12	-18
14	5	5.4	4.2	8	-16
15	5	5.2	4.6	4	-8
16	5	5.2	4.6	4	-8
17	5	5	5	0	0
18	5	5	5	0	0
19	5	5	5	0	0
20	5	5	5	0	0



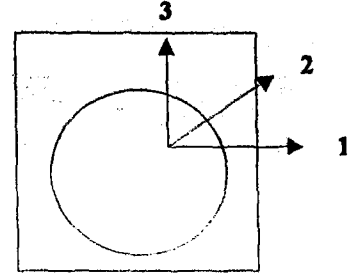
7.3 R9 YAĞ KARTERİ BİÇİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI

YAĞSIZ ÇEKİM



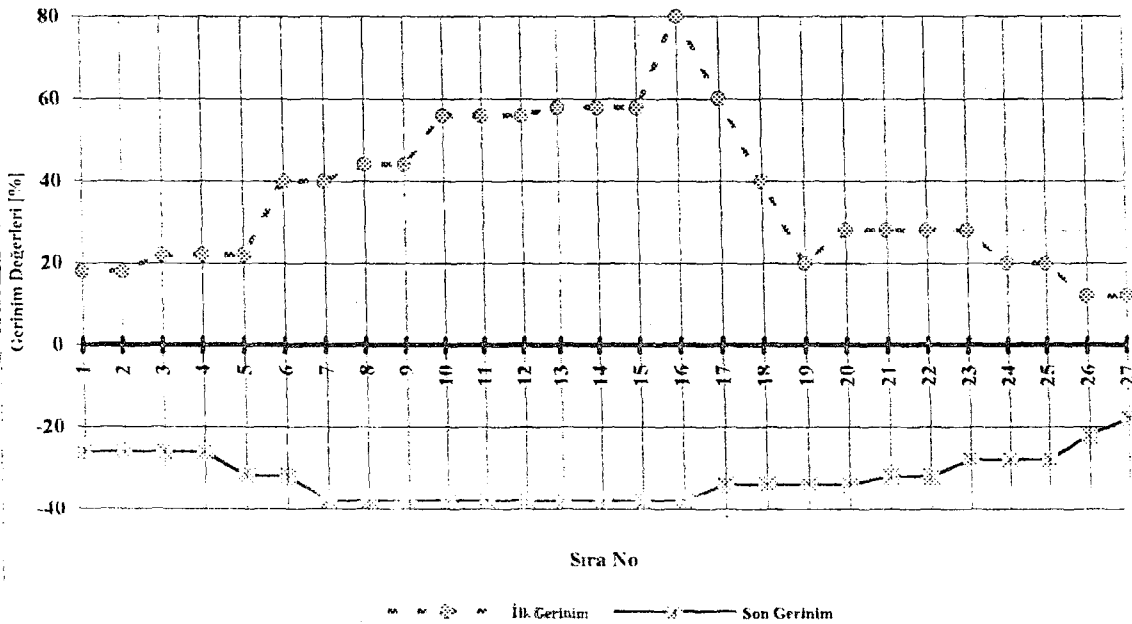
$$\epsilon_1 = (L-d) \times 100/d$$

$$\epsilon_2 = (l-d) \times 100/d$$

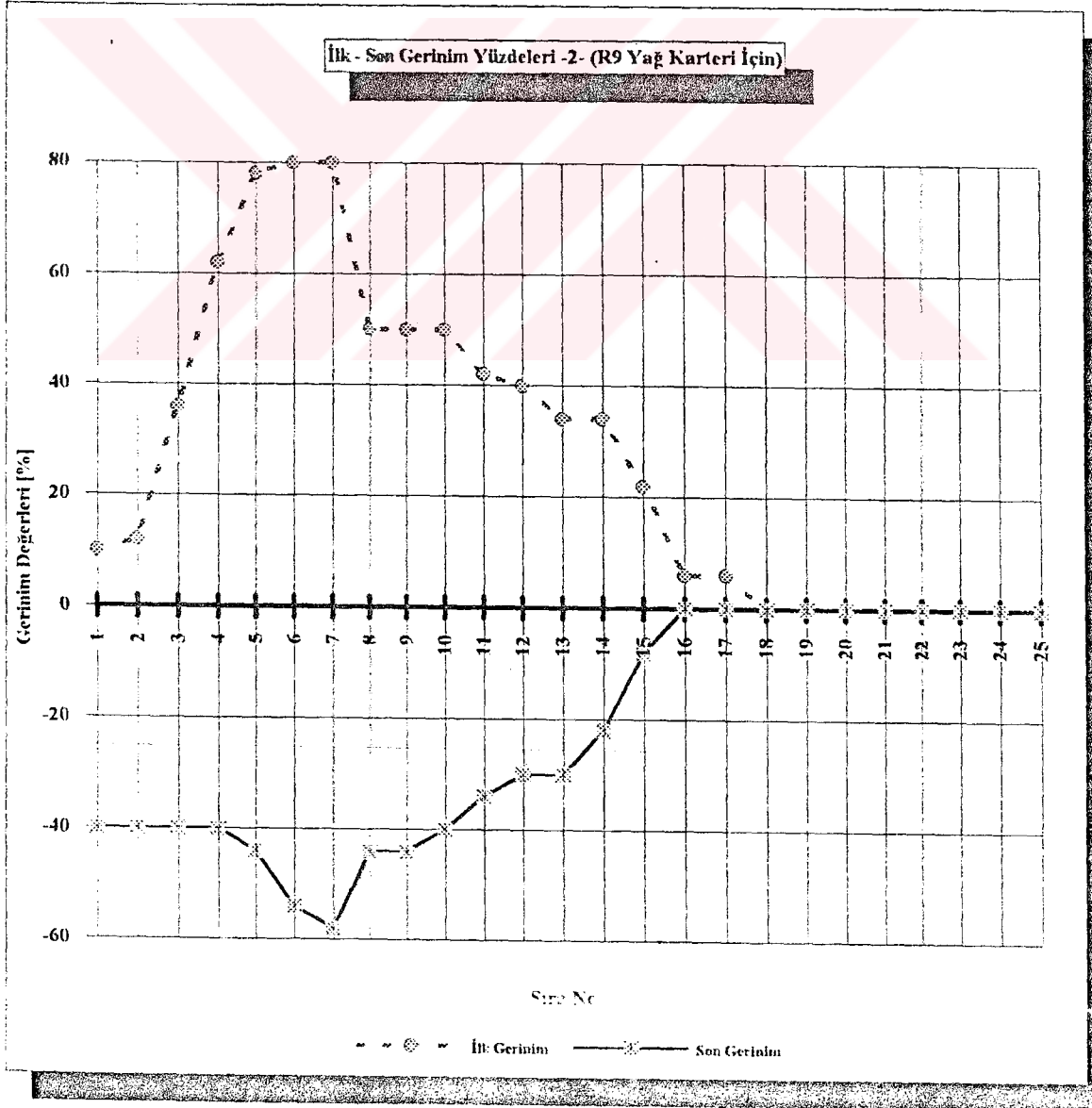


Sıra No	d	L	l	ε₁	ε₂
	İlk çap	Büyük boy 1	Küçük boy 1	İlk gerinim 1	Son gerinim 1
1	5	5.9	3.7	18	-26
2	5	5.9	3.7	18	-26
3	5	6.1	3.7	22	-26
4	5	6.1	3.7	22	-26
5	5	6.1	3.4	22	-32
6	5	7	3.4	40	-32
7	5	7	3.1	40	-38
8	5	7.2	3.1	44	-38
9	5	7.2	3.1	44	-38
10	5	7.8	3.1	56	-38
11	5	7.8	3.1	56	-38
12	5	7.8	3.1	56	-38
13	5	7.9	3.1	58	-38
14	5	7.9	3.1	58	-38
15	5	7.9	3.1	58	-38
16	5	9	3.1	80	-38
17	5	8	3.3	60	-34
18	5	7	3.3	40	-34
19	5	6	3.3	20	-34
20	5	6.4	3.3	28	-34
21	5	6.4	3.4	28	-32
22	5	6.4	3.4	28	-32
23	5	6.4	3.6	28	-28
24	5	6	3.6	20	-28
25	5	6	3.6	20	-28
26	5	5.6	3.9	12	-22
27	5	5.6	4.1	12	-18

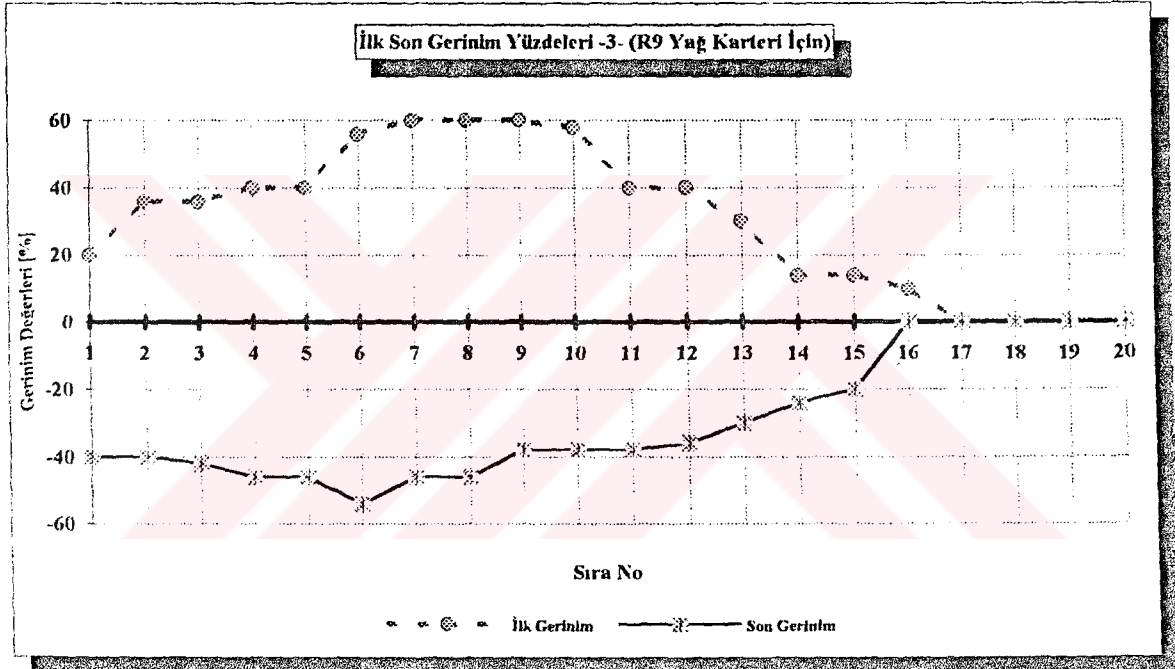
İlk - Son Gerinim Yüzdeleri - 1 - (R9 Yağ Karteri İçin)



Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 2	Küçük boy 2	İlk gerinim 2	Son gerinim 2
1	5	5.5	3	10	-40
2	5	5.6	3	12	-40
3	5	6.8	3	36	-40
4	5	8.1	3	62	-40
5	5	8.9	2.8	78	-44
6	5	9	2.3	80	-54
7	5	9	2.1	80	-58
8	5	7.5	2.8	50	-44
9	5	7.5	2.8	50	-44
10	5	7.5	3	50	-40
11	5	7.1	3.3	42	-34
12	5	7	3.5	40	-30
13	5	6.7	3.5	34	-30
14	5	6.7	3.9	34	-22
15	5	6.1	4.6	22	-8
16	5	5.3	5	6	0
17	5	5.3	5	6	0
18	5	5	5	0	0
19	5	5	5	0	0
20	5	5	5	0	0
21	5	5	5	0	0
22	5	5	5	0	0
23	5	5	5	0	0
24	5	5	5	0	0
25	5	5	5	0	0



Sıra No	d	L	I	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 3	Küçük boy 3	İlk gerinim 3	Son gerinim 3
1	5	6	3	20	-40
2	5	6.8	3	36	-40
3	5	6.8	2.9	36	-42
4	5	7	2.7	40	-46
5	5	7	2.7	40	-46
6	5	7.8	2.3	56	-54
7	5	8	2.7	60	-46
8	5	8	2.7	60	-46
9	5	8	3.1	60	-38
10	5	7.9	3.1	58	-38
11	5	7	3.1	40	-38
12	5	7	3.2	40	-36
13	5	6.5	3.5	30	-30
14	5	5.7	3.8	14	-24
15	5	5.7	4	14	-20
16	5	5.5	5	10	0
17	5	5	5	0	0
18	5	5	5	0	0
19	5	5	5	0	0
20	5	5	5	0	0

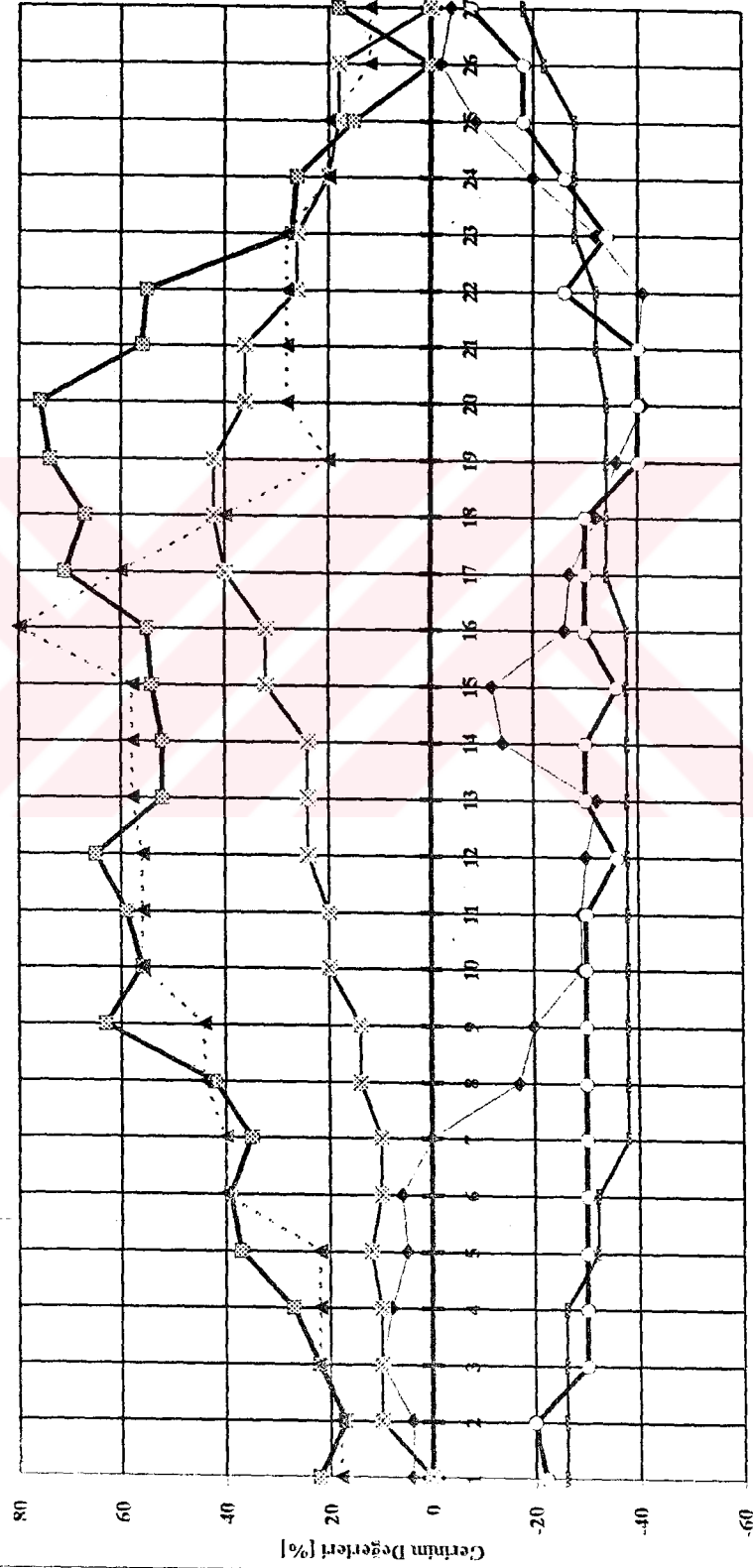


7.4 R9 YAĞ KARTERİ BİÇİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI



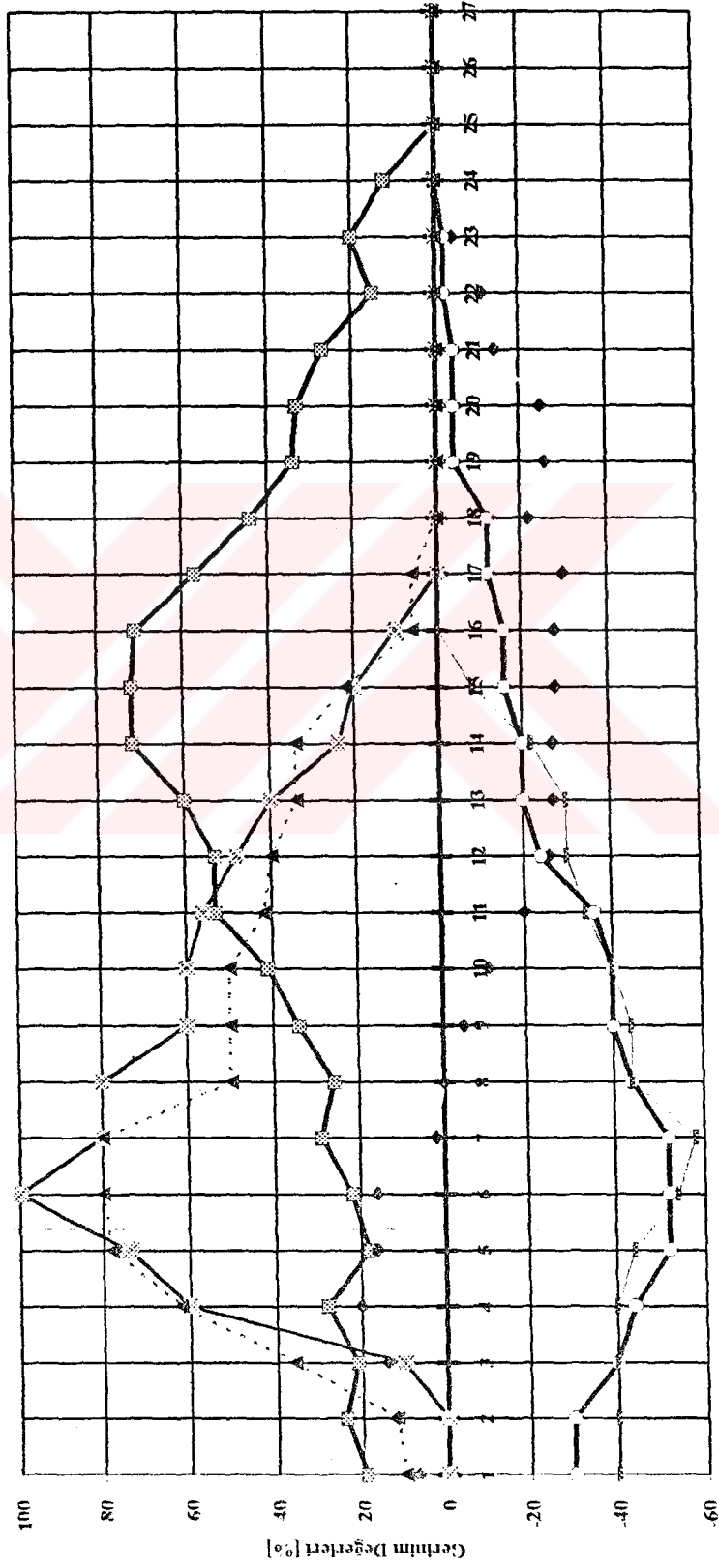
Sıra No	d İlk çap	Normal yağ		İnce yağ		Yağsız çekim	
		İlk gerinim I	Son gerinim I	İlk gerinim I	Son gerinim I	İlk gerinim I	Son gerinim I
1	5	22	4	0	-22	18	-26
2	5	17	4	10	-20	18	-26
3	5	22	10	10	-30	22	-26
4	5	27	8	10	-30	22	-26
5	5	37	5	12	-30	22	-32
6	5	39	6	10	-30	40	-32
7	5	35	0	10	-30	40	-38
8	5	42	-17	14	-30	44	-38
9	5	63	-20	14	-30	44	-38
10	5	56	-29	20	-30	56	-38
11	5	59	-29	20	-30	56	-38
12	5	65	-30	24	-36	56	-38
13	5	52	-32	24	-30	58	-38
14	5	52	-14	24	-30	58	-38
15	5	54	-12	32	-36	58	-38
16	5	55	-26	32	-30	80	-38
17	5	71	-27	40	-30	60	-34
18	5	67	-32	42	-30	40	-34
19	5	74	-36	42	-40	20	-34
20	5	76	-41	36	-40	28	-34
21	5	56	-40	36	-40	28	-32
22	5	55	-41	26	-26	28	-32
23	5	27	-32	26	-34	28	-28
24	5	26	-20	20	-26	20	-28
25	5	15	-9	18	-18	20	-28
26	5	0	-2	18	-18	12	-22
27	5	18	-4	0	-8	12	-18

İlk-Son Gerinim Yüzdeleri - 1 -



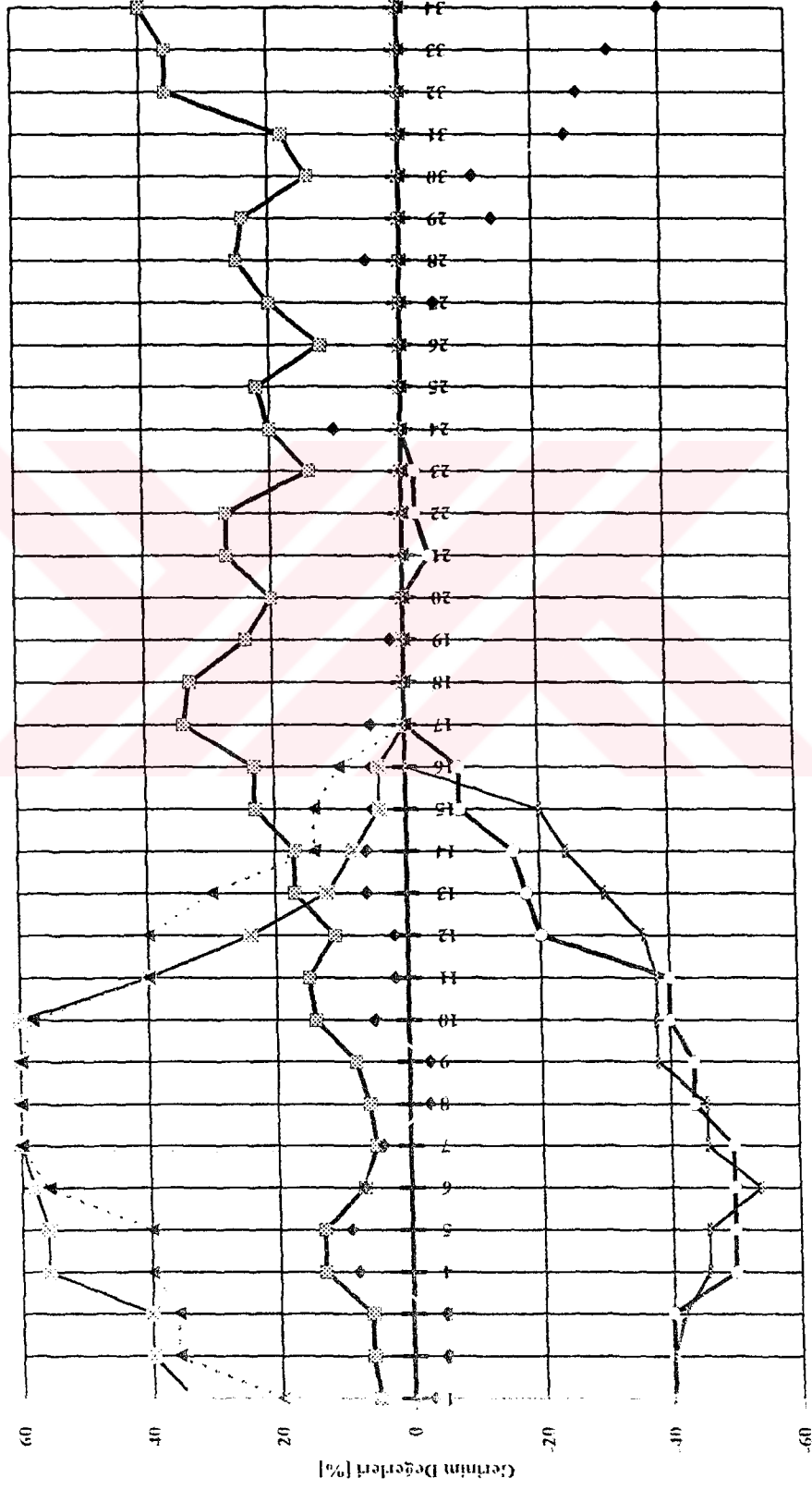
Sıra No	İlk çap	Normal yağ		İnce Yağ		Yağsız Çekim	
		İlk gerinim2	Son gerinim2	İlk gerinim2	Son gerinim2	İlk gerinim2	Son gerinim2
1	5	19	7	0	-30	10	-40
2	5	24	12	0	-30	12	-40
3	5	21	14	10	-40	36	-40
4	5	28	20	60	-44	62	-40
5	5	18	16	74	-52	78	-44
6	5	22	16	100	-52	80	-54
7	5	29	2	80	-52	80	-58
8	5	26	0	80	-44	50	-44
9	5	34	-5	60	-40	50	-44
10	5	41	-11	60	-40	50	-40
11	5	53	-20	56	-36	42	-34
12	5	53	-26	48	-24	40	-30
13	5	60	-27	40	-20	34	-30
14	5	72	-27	24	-20	34	-22
15	5	72	-28	20	-16	22	-8
16	5	71	-28	10	-16	6	0
17	5	57	-30	0	-12	6	0
18	5	44	-22	0	-12	0	0
19	5	34	-26	0	-4	0	0
20	5	33	-25	0	-4	0	0
21	5	27	-14	0	-4	0	0
22	5	15	-11	0	-2	0	0
23	5	20	-4	0	-2	0	0
24	5	12	0	0	0	0	0
25	5	0	0	0	0	0	0
26	5	0	0	0	0	0	0
27	5	0	0	0	0	0	0

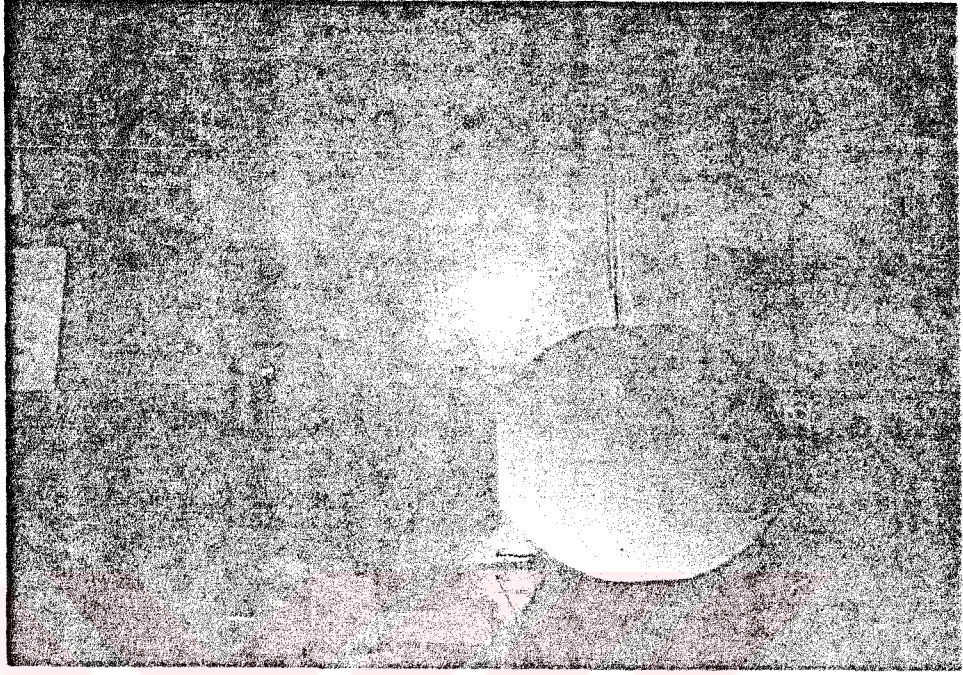
İlk Son gerinim Yürdeleri - 2 .



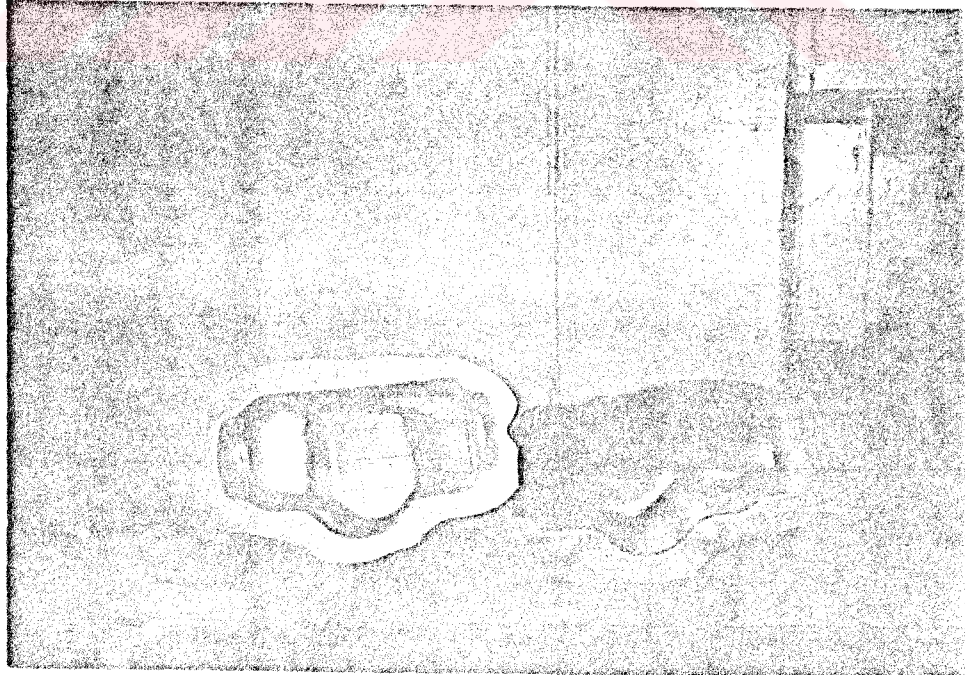
Sıra No	İd	Normal yağ		İnce Yağ		Yağsız Çekim	
		İlk gerinim3	Son gerinim3	İlk gerinim3	Son gerinim3	İlk gerinim3	Son gerinim3
1	5	5	-3	34	-40	20	-40
2	5	6	-5	40	-10	36	-40
3	5	6	-5	40	-40	36	-42
4	5	13	8	56	-50	40	-46
5	5	13	9	56	-50	40	-46
6	5	7	7	58	-50	56	-54
7	5	5	4	60	-50	60	-46
8	5	6	-3	60	-44	60	-46
9	5	8	-3	60	-44	60	-38
10	5	14	5	60	-40	58	-38
11	5	15	2	40	-40	40	-38
12	5	11	2	24	-20	40	-36
13	5	17	6	12	-18	30	-30
14	5	17	6	8	-16	14	-24
15	5	23	5	4	-8	14	-20
16	5	23	5	4	-8	10	0
17	5	34	5	0	0	0	0
18	5	33	0	0	0	0	0
19	5	24	2	0	0	0	0
20	5	20	0	0	0	0	0
21	5	27	0	0	-4	0	0
22	5	27	0	0	-2	0	0
23	5	14	-2	0	-2	0	0
24	5	20	10	0	0	0	0
25	5	22	0	0	0	0	0
26	5	12	0	0	0	0	0
27	5	20	-5	0	0	0	0
28	5	25	5	0	0	0	0
29	5	24	-14	0	0	0	0
30	5	14	-11	0	0	0	0
31	5	18	-25	0	0	0	0
32	5	36	-27	0	0	0	0
33	5	36	-32	0	0	0	0
34	5	40	-40	0	0	0	0

İlk - Son Gerinim Yüzdeleeri - 3.



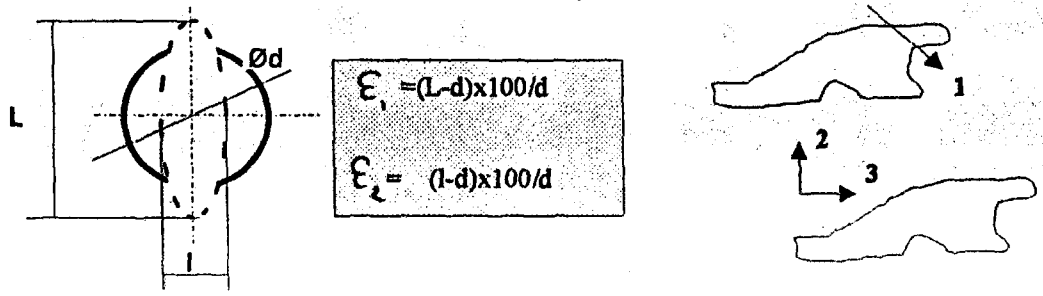


Fotoğraf 9 : Renault 9 Yağ Karteri Açınım Parçası



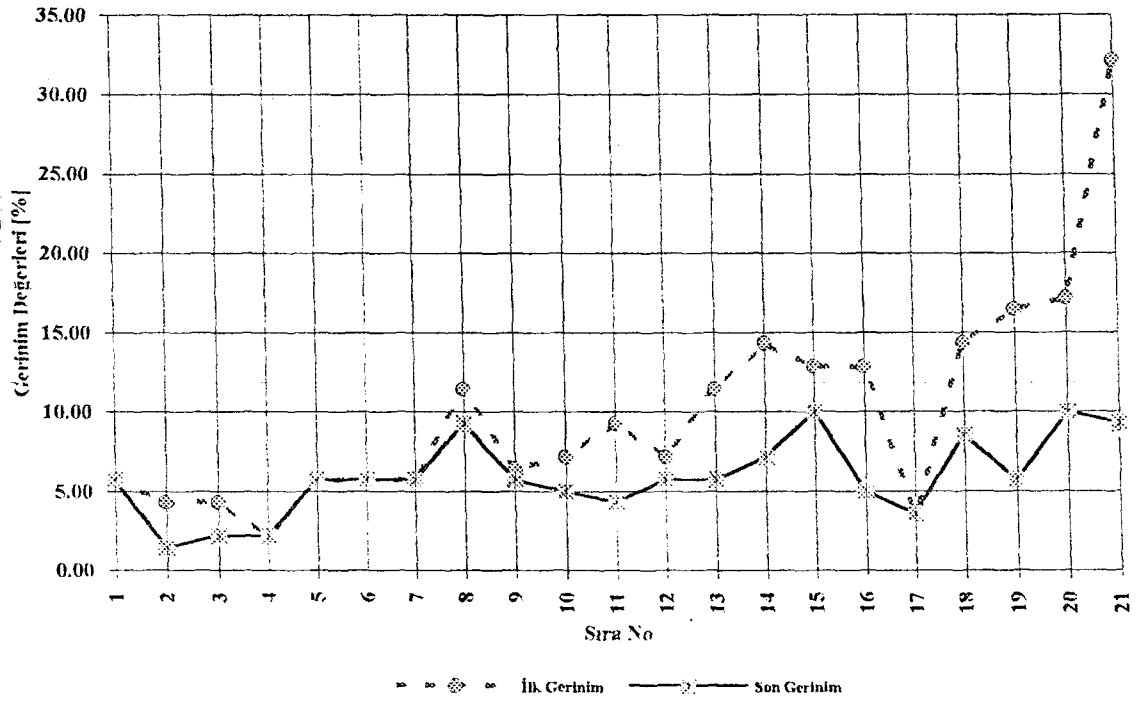
Fotoğraf 10 : Renault 9 Yağ Karteri

7.5 R9 SAĞ ARKA PANO BİCİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI

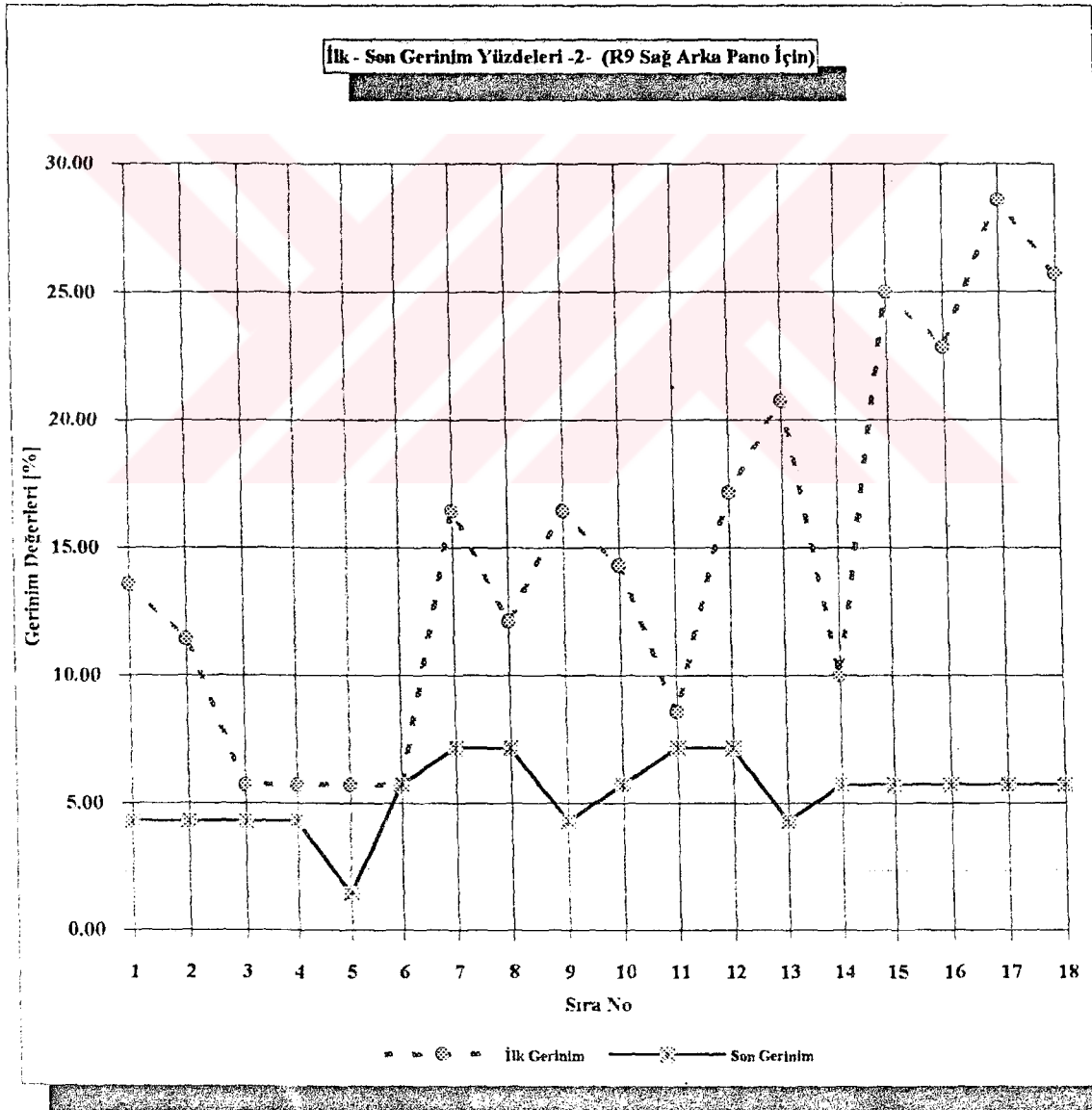


Sıra No	d	L	l	ε₁	ε₂
	İlk çap	Büyük boy 1	Küçük boy 1	İlk gerinim 1	Son gerinim 1
1	7	7.4	7.4	5.71	5.71
2	7	7.3	7.1	4.29	1.43
3	7	7.3	7.15	4.29	2.14
4	7	7.15	7.15	2.14	2.14
5	7	7.4	7.4	5.71	5.71
6	7	7.4	7.4	5.71	5.71
7	7	7.4	7.4	5.71	5.71
8	7	7.8	7.65	11.43	9.29
9	7	7.45	7.4	6.43	5.71
10	7	7.5	7.35	7.14	5.00
11	7	7.65	7.3	9.29	4.29
12	7	7.5	7.4	7.14	5.71
13	7	7.8	7.4	11.43	5.71
14	7	8	7.5	14.29	7.14
15	7	7.9	7.7	12.86	10.00
16	7	7.9	7.35	12.86	5.00
17	7	7.25	7.25	3.57	3.57
18	7	8	7.6	14.29	8.57
19	7	8.15	7.4	16.43	5.71
20	7	8.2	7.7	17.14	10.00
21	7	9.25	7.65	32.14	9.29

İlk - Son Gerinim Yüzdeleri -1- (R9 Sağ Arka Pano İçin)

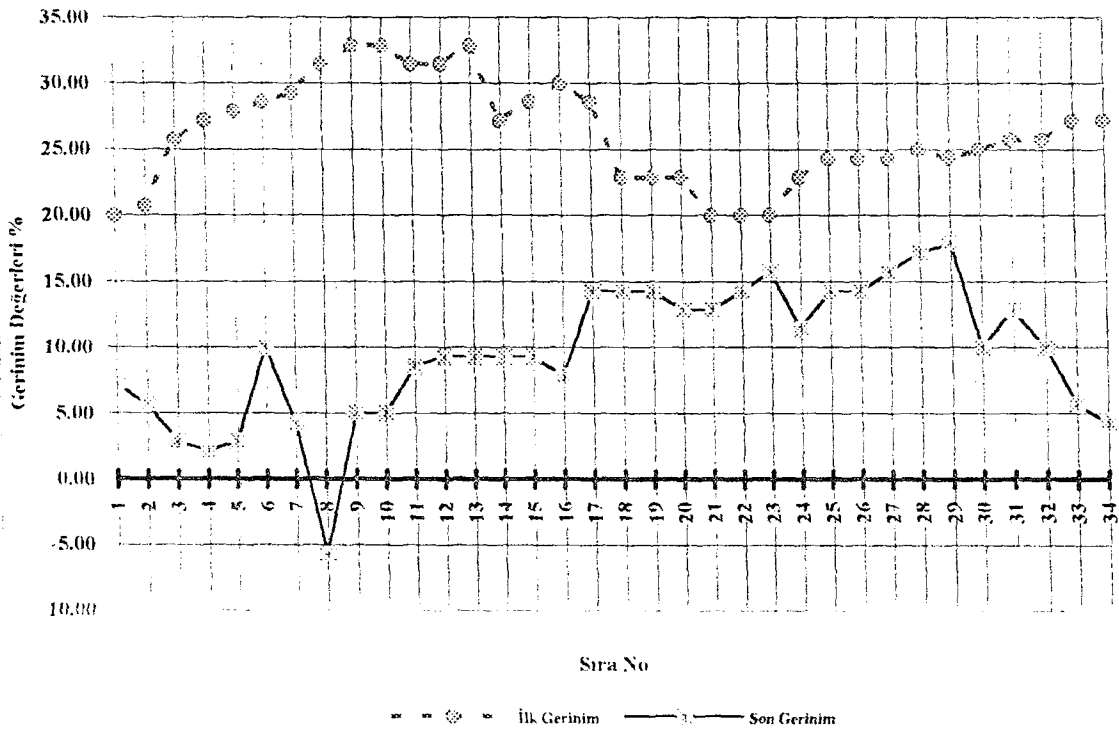


Sıra No	d	L	I	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 2	Küçük boy 2	İlk gerinim 2	Son gerinim 2
1	7	7.95	7.3	13.57	4.29
2	7	7.8	7.3	11.43	4.29
3	7	7.4	7.3	5.71	4.29
4	7	7.4	7.3	5.71	4.29
5	7	7.4	7.1	5.71	1.43
6	7	7.4	7.4	5.71	5.71
7	7	8.15	7.5	16.43	7.14
8	7	7.85	7.5	12.14	7.14
9	7	8.15	7.3	16.43	4.29
10	7	8	7.4	14.29	5.71
11	7	7.6	7.5	8.57	7.14
12	7	8.2	7.5	17.14	7.14
13	7	8.45	7.3	20.71	4.29
14	7	7.7	7.4	10.00	5.71
15	7	8.75	7.4	25.00	5.71
16	7	8.6	7.4	22.86	5.71
17	7	9	7.4	28.57	5.71
18	7	8.8	7.4	25.71	5.71

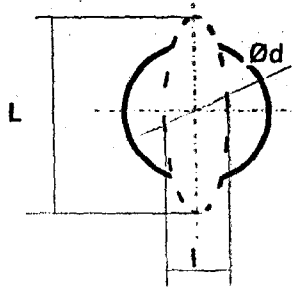


Sıra No	d	L	l	İlk gerinim3	Son gerinim3
	İlk çap	Büyük boy3	Küçük boy3		
1	7	8.4	7.5	20.00	7.14
2	7	8.45	7.4	20.71	5.71
3	7	8.8	7.2	25.71	2.86
4	7	8.9	7.15	27.14	2.14
5	7	8.95	7.2	27.86	2.86
6	7	9	7.7	28.57	10.00
7	7	9.05	7.3	29.29	4.29
8	7	9.2	6.6	31.43	-5.71
9	7	9.3	7.35	32.86	5.00
10	7	9.3	7.35	32.86	5.00
11	7	9.2	7.6	31.43	8.57
12	7	9.2	7.65	31.43	9.29
13	7	9.3	7.65	32.86	9.29
14	7	8.9	7.65	27.14	9.29
15	7	9	7.65	28.57	9.29
16	7	9.1	7.55	30.00	7.86
17	7	9	8	28.57	14.29
18	7	8.6	8	22.86	14.29
19	7	8.6	8	22.86	14.29
20	7	8.6	7.9	22.86	12.86
21	7	8.4	7.9	20.00	12.86
22	7	8.4	8	20.00	14.29
23	7	8.4	8.1	20.00	15.71
24	7	8.6	7.8	22.86	11.43
25	7	8.7	8	24.29	14.29
26	7	8.7	8	24.29	14.29
27	7	8.7	8.1	24.29	15.71
28	7	8.75	8.2	25.00	17.14
29	7	8.7	8.25	24.29	17.86
30	7	8.75	7.7	25.00	10.00
31	7	8.8	7.9	25.71	12.86
32	7	8.8	7.7	25.71	10.00
33	7	8.9	7.4	27.14	5.71
34	7	8.9	7.3	27.14	4.29

İlk - Son Gerinim Yüzdeleri -3- (R9 Sağ Arka Pano İçin)

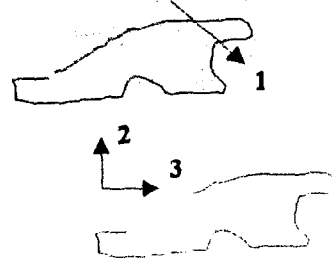


**7.6 R9 SAĞ ARKA PANO BİCİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI
(ARTTIRILMIŞ BASTIRICI BASINCI İLE)**



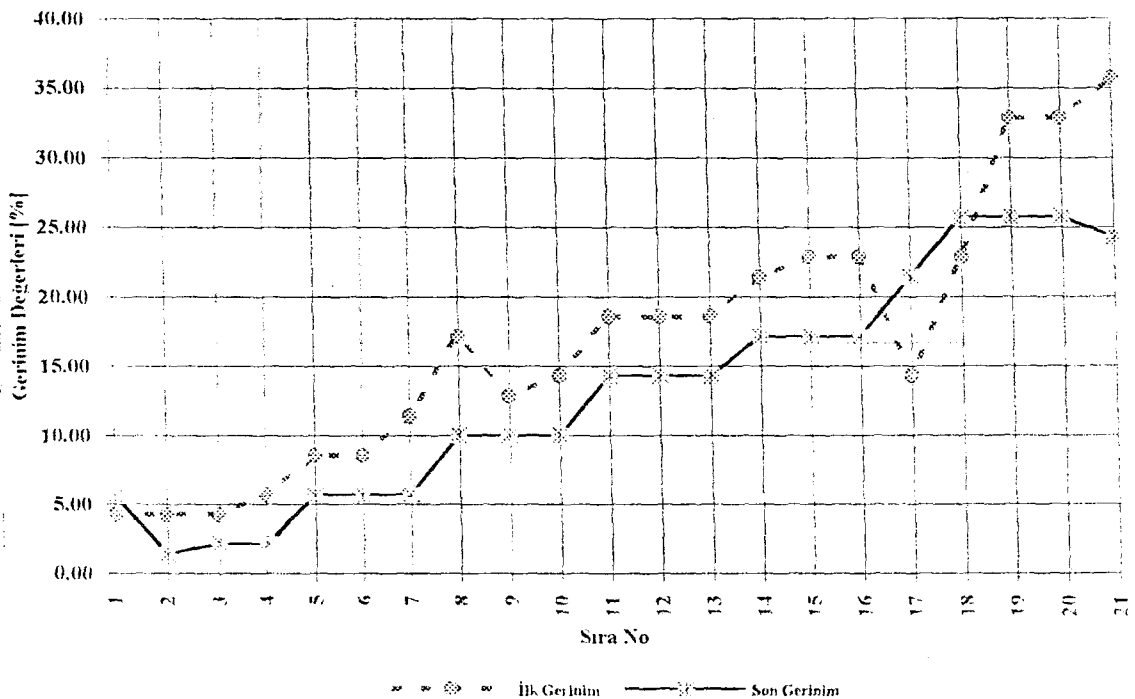
$$\xi_1 = (L-d) \times 100/d$$

$$\xi_2 = (l-d) \times 100/d$$

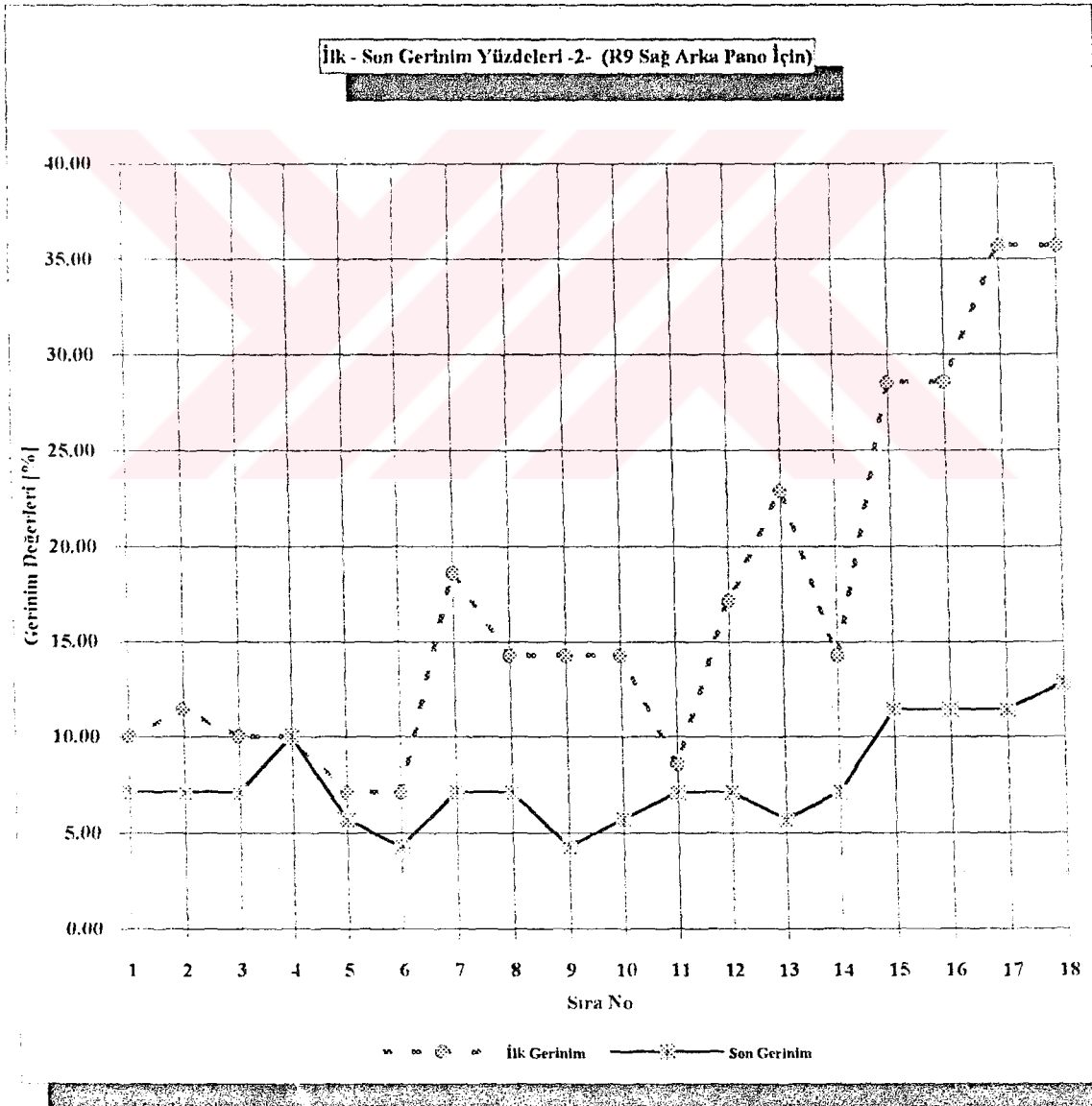


Sıra No	d	L	l	ξ_1	ξ_2
	İlk çap	Büyük boy l	Küçük boy l	İlk gerinim l	Son gerinim l
1	7	7.3	7.4	4.29	5.71
2	7	7.3	7.1	4.29	1.43
3	7	7.3	7.15	4.29	2.14
4	7	7.4	7.15	5.71	2.14
5	7	7.6	7.4	8.57	5.71
6	7	7.6	7.4	8.57	5.71
7	7	7.8	7.4	11.43	5.71
8	7	8.2	7.7	17.14	10.00
9	7	7.9	7.7	12.86	10.00
10	7	8	7.7	14.29	10.00
11	7	8.3	8	18.57	14.29
12	7	8.3	8	18.57	14.29
13	7	8.3	8	18.57	14.29
14	7	8.5	8.2	21.43	17.14
15	7	8.6	8.2	22.86	17.14
16	7	8.6	8.2	22.86	17.14
17	7	8	8.5	14.29	21.43
18	7	8.6	8.8	22.86	25.71
19	7	9.3	8.8	32.86	25.71
20	7	9.3	8.8	32.86	25.71
21	7	9.5	8.7	35.71	24.29

İlk - Son Gerinim Yüzdeleri -1- (R9 Sağ Arka Pano İçin)

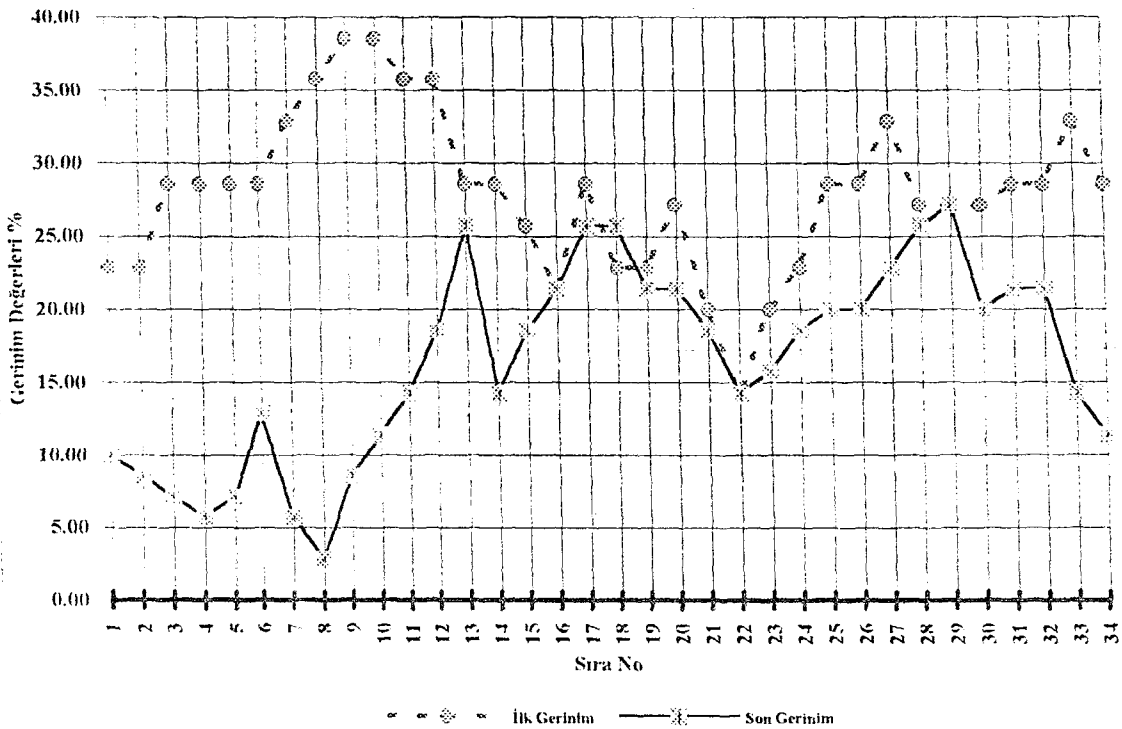


Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 2	Küçük boy2	İlk gerinim2	Son gerinim2
1	7	7.7	7.5	10.00	7.14
2	7	7.8	7.5	11.43	7.14
3	7	7.7	7.5	10.00	7.14
4	7	7.7	7.7	10.00	10.00
5	7	7.5	7.4	7.14	5.71
6	7	7.5	7.3	7.14	4.29
7	7	8.3	7.5	18.57	7.14
8	7	8	7.5	14.29	7.14
9	7	8	7.3	14.29	4.29
10	7	8	7.4	14.29	5.71
11	7	7.6	7.5	8.57	7.14
12	7	8.2	7.5	17.14	7.14
13	7	8.6	7.4	22.86	5.71
14	7	8	7.5	14.29	7.14
15	7	9	7.8	28.57	11.43
16	7	9	7.8	28.57	11.43
17	7	9.5	7.8	35.71	11.43
18	7	9.5	7.9	35.71	12.86



Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 3	Küçük boy 3	İlk gerinim3	Son gerinim3
1	7	8.6	7.7	22.86	10.00
2	7	8.6	7.6	22.86	8.57
3	7	9	7.5	28.57	7.14
4	7	9	7.4	28.57	5.71
5	7	9	7.5	28.57	7.14
6	7	9	7.9	28.57	12.86
7	7	9.3	7.4	32.86	5.71
8	7	9.5	7.2	35.71	2.86
9	7	9.7	7.6	38.57	8.57
10	7	9.7	7.8	38.57	11.43
11	7	9.5	8	35.71	14.29
12	7	9.5	8.3	35.71	18.57
13	7	9	8.8	28.57	25.71
14	7	9	8	28.57	14.29
15	7	8.8	8.3	25.71	18.57
16	7	8.5	8.5	21.43	21.43
17	7	9	8.8	28.57	25.71
18	7	8.6	8.8	22.86	25.71
19	7	8.6	8.5	22.86	21.43
20	7	8.9	8.5	27.14	21.43
21	7	8.4	8.3	20.00	18.57
22	7	8	8	14.29	14.29
23	7	8.4	8.1	20.00	15.71
24	7	8.6	8.3	22.86	18.57
25	7	9	8.4	28.57	20.00
26	7	9	8.4	28.57	20.00
27	7	9.3	8.6	32.86	22.86
28	7	8.9	8.8	27.14	25.71
29	7	8.9	8.9	27.14	27.14
30	7	8.9	8.4	27.14	20.00
31	7	9	8.5	28.57	21.43
32	7	9	8.5	28.57	21.43
33	7	9.3	8	32.86	14.29
34	7	9	7.8	28.57	11.43

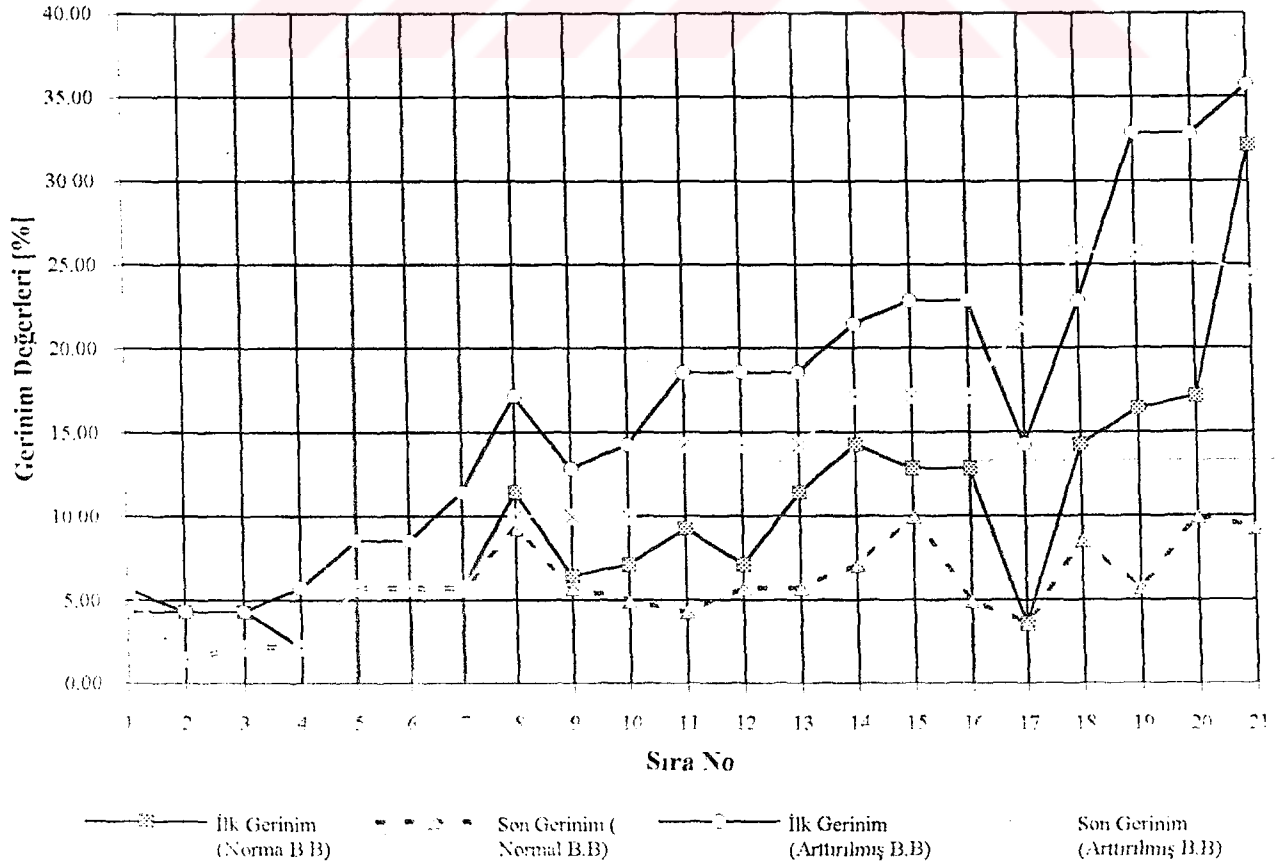
İlk - Son Gerinim Yüzdeleri -3- (R9 Sağ Arka Pano İçin)



7.7 R9 ARKA PANO BİCİMLENDİRME HARİTASI DENEY ÇALIŞMASI SONUÇLARI

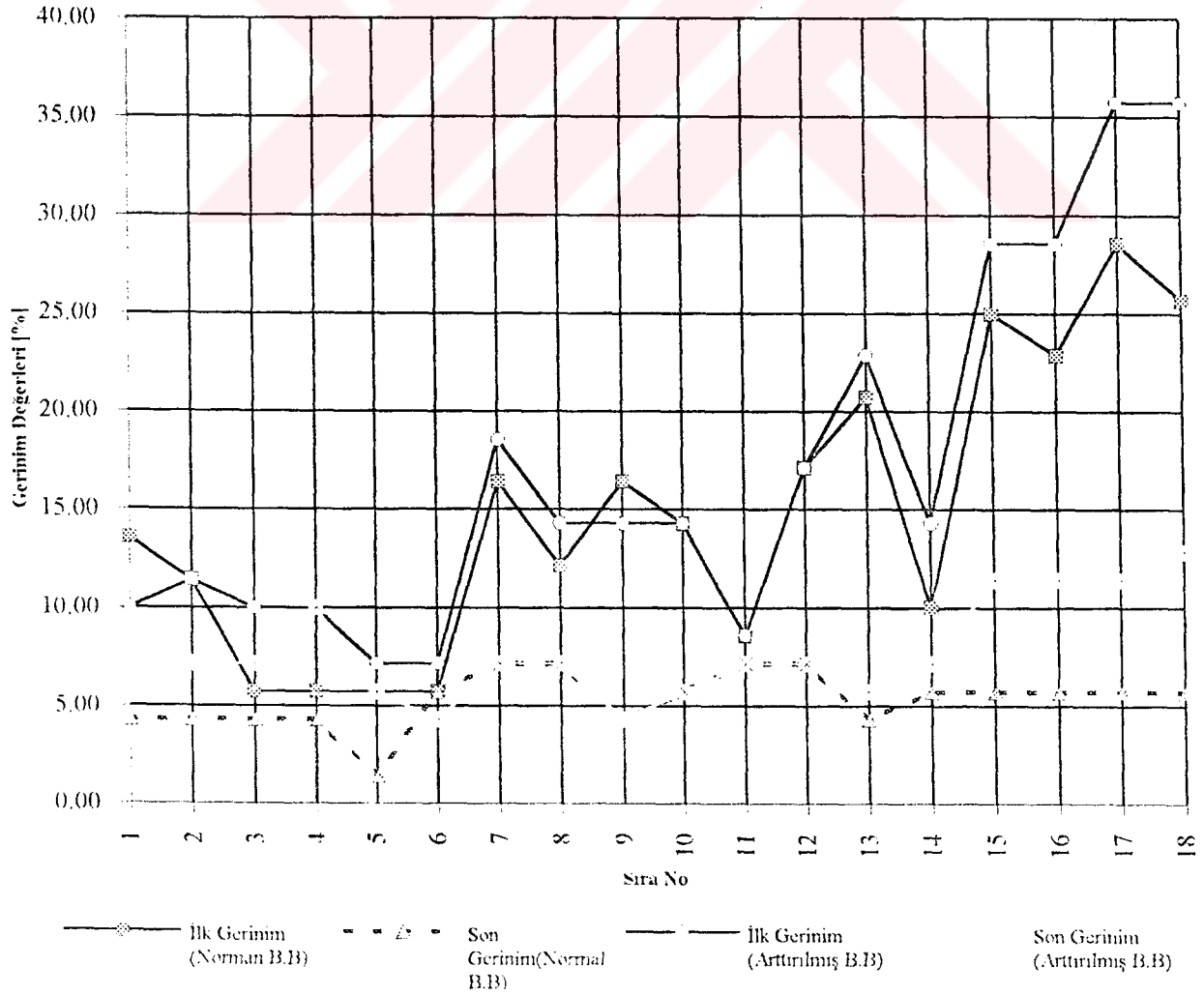
Sıra No	d	Normal Bastırıcı Basıncı		Arttırılmış Bastırıcı Basıncı	
		İlk gerinim1	Son gerinim1	İlk gerinim1	Son gerinim1
1	7	5.71	5.71	4.29	5.71
2	7	4.29	1.43	4.29	1.43
3	7	4.29	2.14	4.29	2.14
4	7	2.14	2.14	5.71	2.14
5	7	5.71	5.71	8.57	5.71
6	7	5.71	5.71	8.57	5.71
7	7	5.71	5.71	11.43	5.71
8	7	11.43	9.29	17.14	10.00
9	7	6.43	5.71	12.86	10.00
10	7	7.14	5.00	14.29	10.00
11	7	9.29	4.29	18.57	14.29
12	7	7.14	5.71	18.57	14.29
13	7	11.43	5.71	18.57	14.29
14	7	14.29	7.14	21.43	17.14
15	7	12.86	10.00	22.86	17.14
16	7	12.86	5.00	22.86	17.14
17	7	3.57	3.57	14.29	21.43
18	7	14.29	8.57	22.86	25.71
19	7	16.43	5.71	32.86	25.71
20	7	17.14	10.00	32.86	25.71
21	7	32.14	9.29	35.71	24.29

İlk - Son gerinim Yüzdeleri - 1-



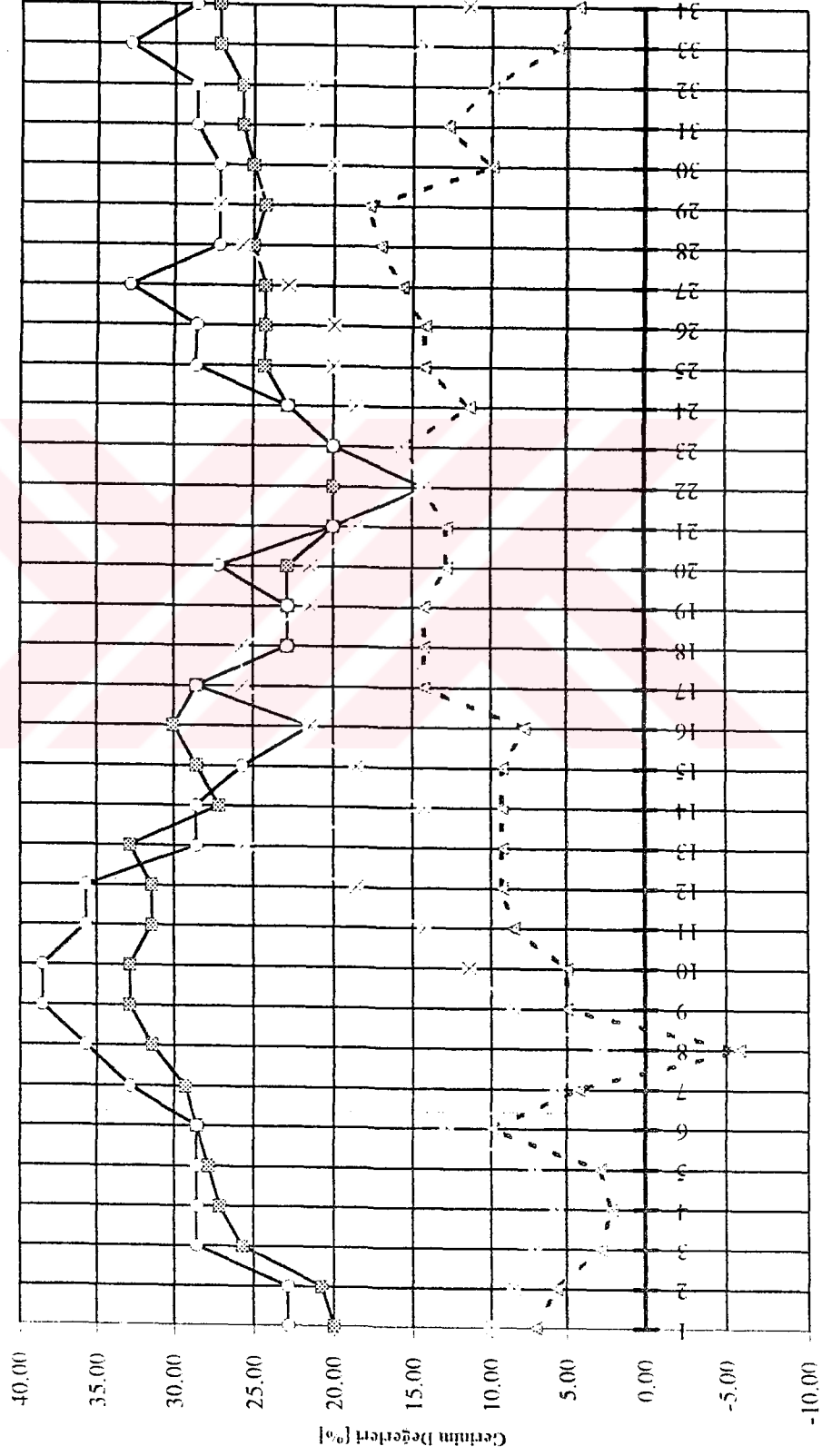
Sıra No	d	Normal Bastırıcı Basıncı		Arttırılmış Bastırıcı Basıncı	
		İlk gerinim2	Son gerinim2	İlk gerinim2	Son gerinim2
1	7	13.57	4.29	10.00	7.14
2	7	11.43	4.29	11.43	7.14
3	7	5.71	4.29	10.00	7.14
4	7	5.71	4.29	10.00	10.00
5	7	5.71	1.43	7.14	5.71
6	7	5.71	5.71	7.14	4.29
7	7	16.43	7.14	18.57	7.14
8	7	12.14	7.14	14.29	7.14
9	7	16.43	4.29	14.29	4.29
10	7	14.29	5.71	14.29	5.71
11	7	8.57	7.14	8.57	7.14
12	7	17.14	7.14	17.14	7.14
13	7	20.71	4.29	22.86	5.71
14	7	10.00	5.71	14.29	7.14
15	7	25.00	5.71	28.57	11.43
16	7	22.86	5.71	28.57	11.43
17	7	28.57	5.71	35.71	11.43
18	7	25.71	5.71	35.71	12.86

İlk - Son Gerinim Yüzdeleri - 2 -



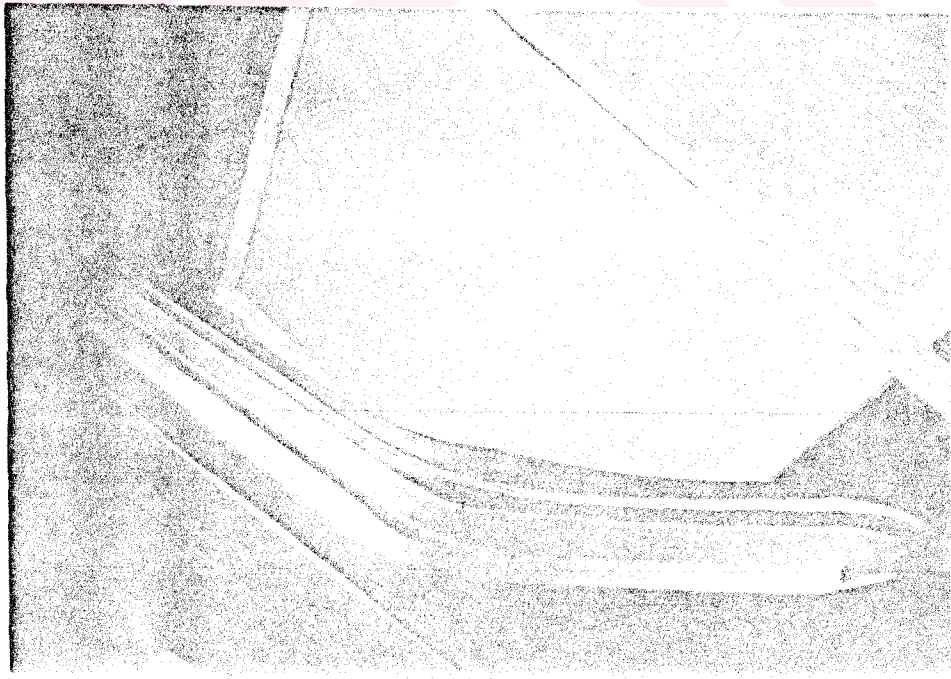
Sıra No	d	Normal Bastırıcı Basıncı		Artırılmış Bastırıcı Basıncı	
		İlk gerinim 3	Son gerinim 3	İlk gerinim 3	Son gerinim 3
1	7	20.00	7.14	22.86	10.00
2	7	20.71	5.71	22.86	8.57
3	7	25.71	2.86	28.57	7.14
4	7	27.14	2.14	28.57	5.71
5	7	27.86	2.86	28.57	7.14
6	7	28.57	10.00	28.57	12.86
7	7	29.29	4.29	32.86	5.71
8	7	31.43	-5.71	35.71	2.86
9	7	32.86	5.00	38.57	8.57
10	7	32.86	5.00	38.57	11.43
11	7	31.43	8.57	35.71	14.29
12	7	31.43	9.29	35.71	18.57
13	7	32.86	9.29	28.57	25.71
14	7	27.14	9.29	28.57	14.29
15	7	28.57	9.29	25.71	18.57
16	7	30.00	7.86	21.43	21.43
17	7	28.57	14.29	28.57	25.71
18	7	22.86	14.29	22.86	25.71
19	7	22.86	14.29	22.86	21.43
20	7	22.86	12.86	27.14	21.43
21	7	20.00	12.86	20.00	18.57
22	7	20.00	14.29	14.29	14.29
23	7	20.00	15.71	20.00	15.71
24	7	22.86	11.43	22.86	18.57
25	7	24.29	14.29	28.57	20.00
26	7	24.29	14.29	28.57	20.00
27	7	24.29	15.71	32.86	22.86
28	7	25.00	17.14	27.14	25.71
29	7	24.29	17.86	27.14	27.14
30	7	25.00	10.00	27.14	20.00
31	7	25.71	12.86	28.57	21.43
32	7	25.71	10.00	28.57	21.43
33	7	27.14	5.71	32.86	14.29
34	7	27.14	4.29	28.57	11.43

İlk - Son Gerinim Yüzdeleeri - 3 -





Fotoğraf 11 : Renault 9 Sağ Arka Pano ve parçanın çekildiği pres



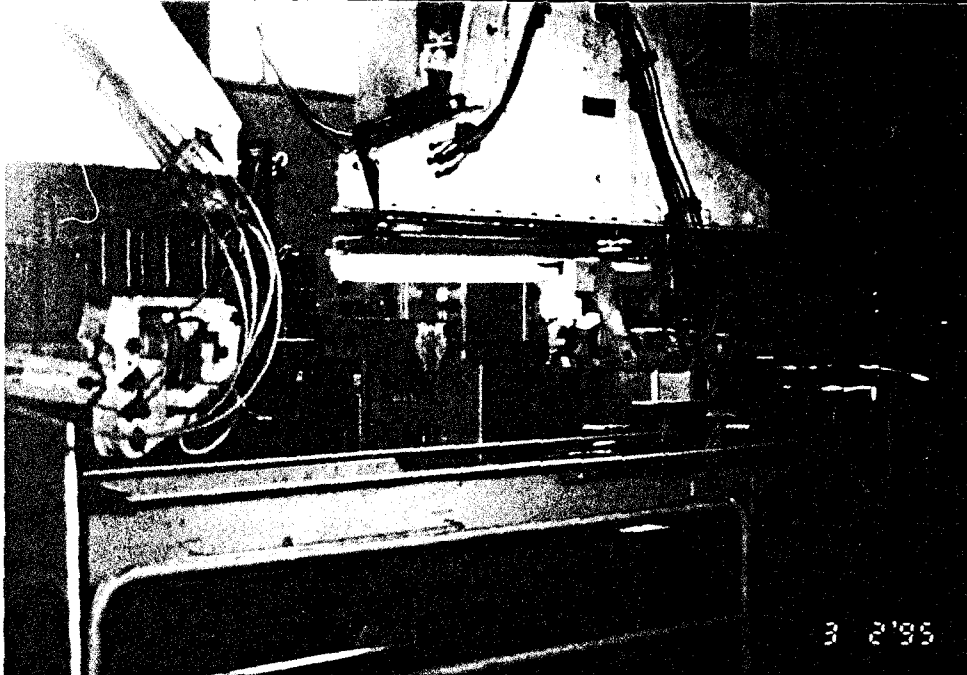
Fotoğraf 12 : Renault 9 Sağ Arka Panoda oluşan yırtılma

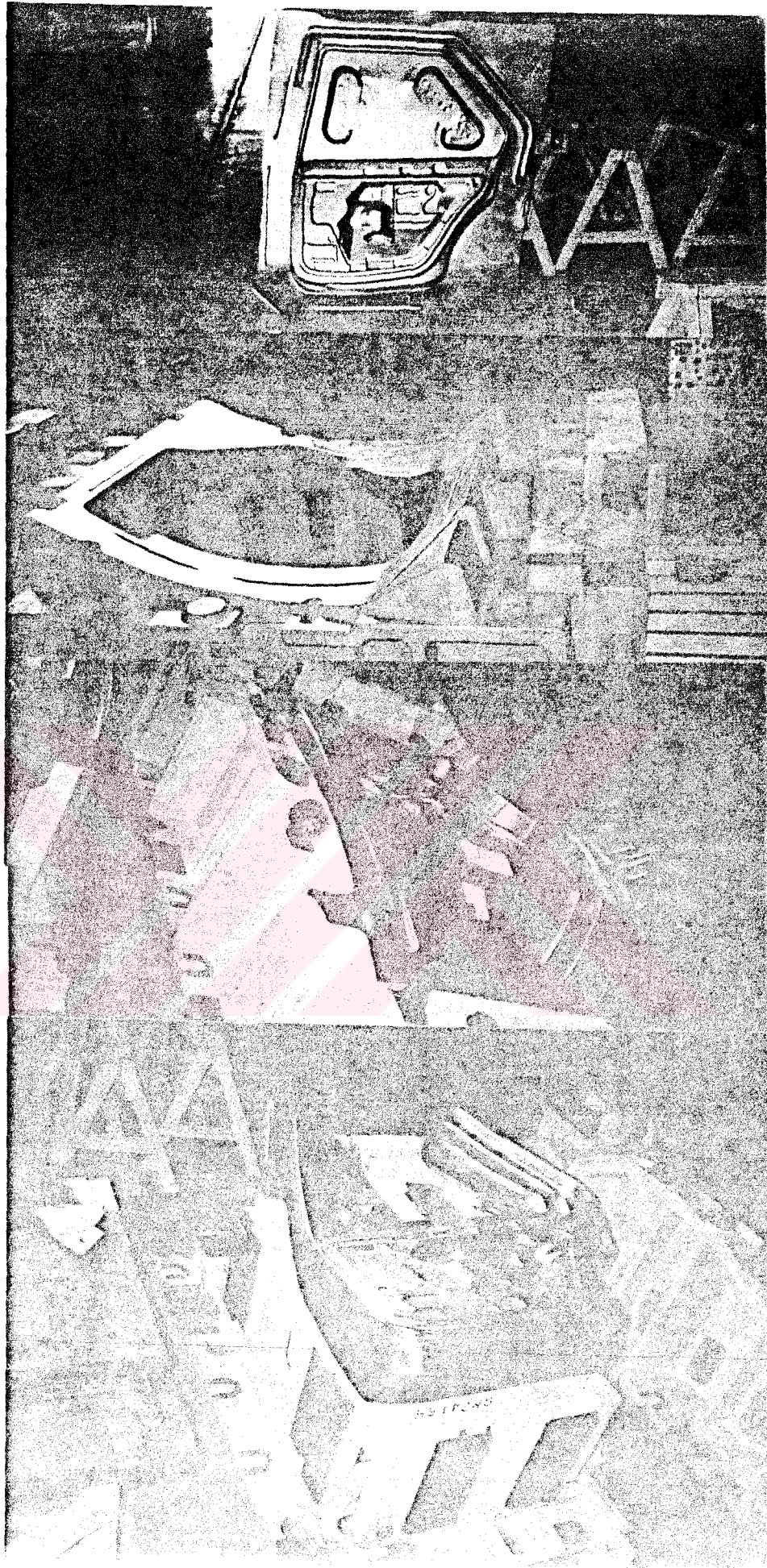


Fotoğraf 13 : Oyak Renault Fabrikasında Kullanılan Pres Hatlarından biri

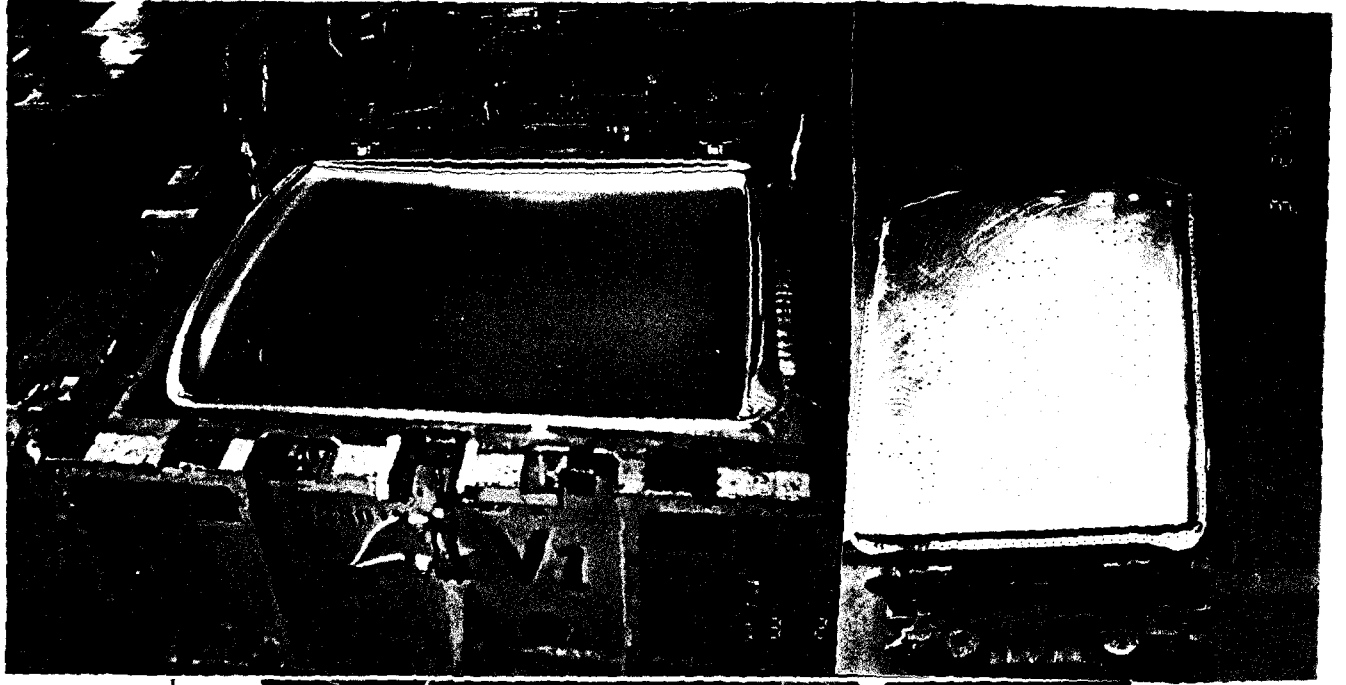


Fotoğraf 14 - 15 : Oyak Renault Fabrikasındaki Otomasyon Hattına bir örnek



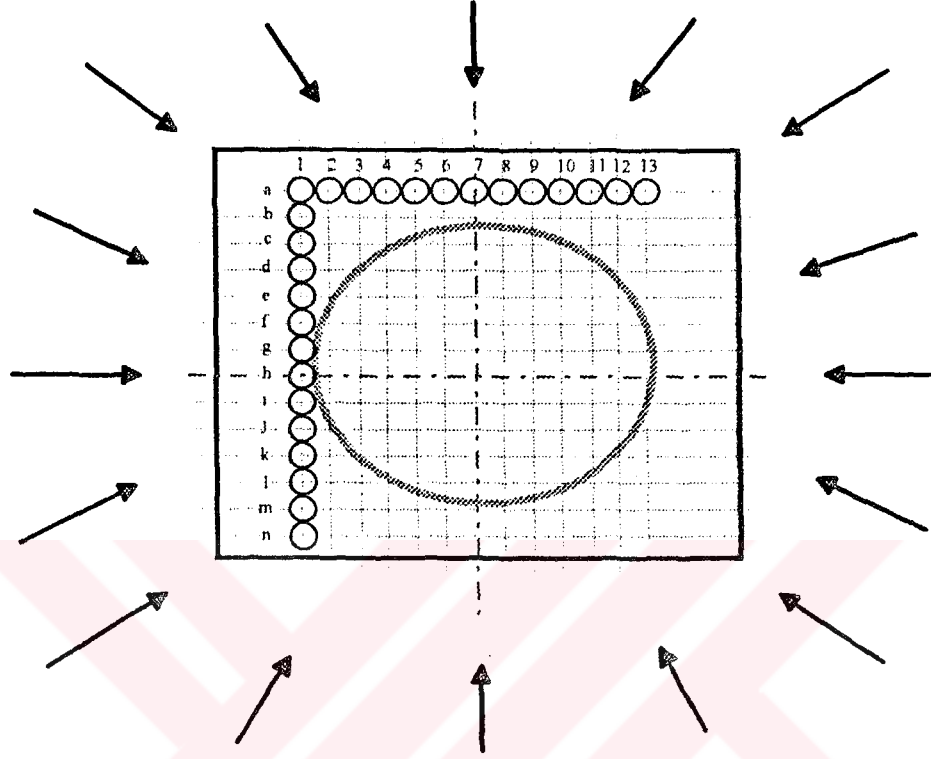


Fotoğraf 16-17-18-19 : R19 Kapı , matrisi ve zimbasi

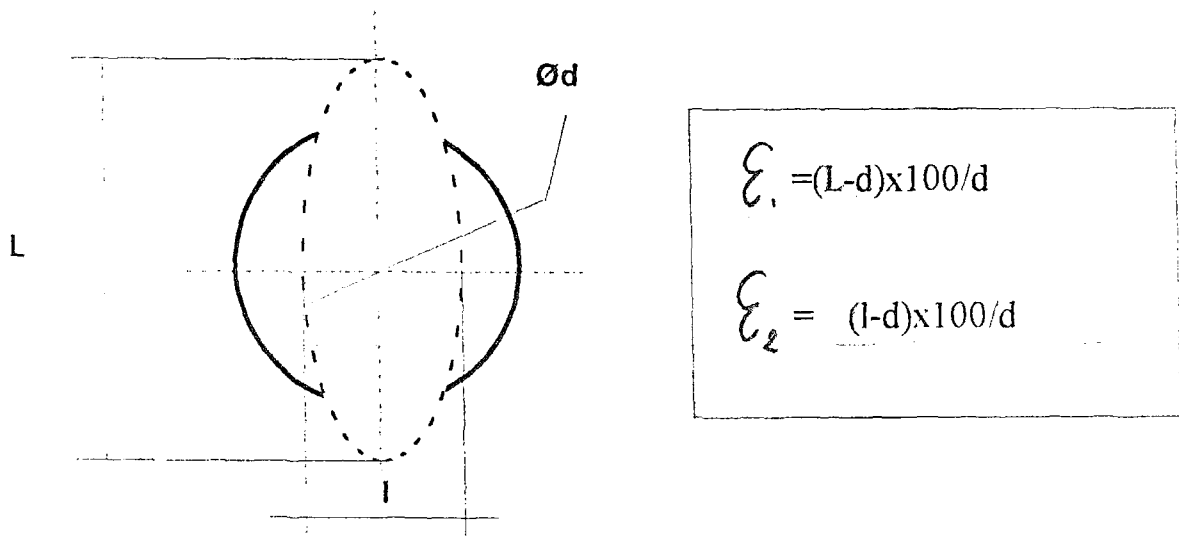


Fotoğraf 20 : R9 Kaput , matrisi ve zimbasi

**7.8 "XSES" MALZEME SACA AİT ERICHSEN DENEYİ VE SONUÇLARI
(KURU ÇEKME)**

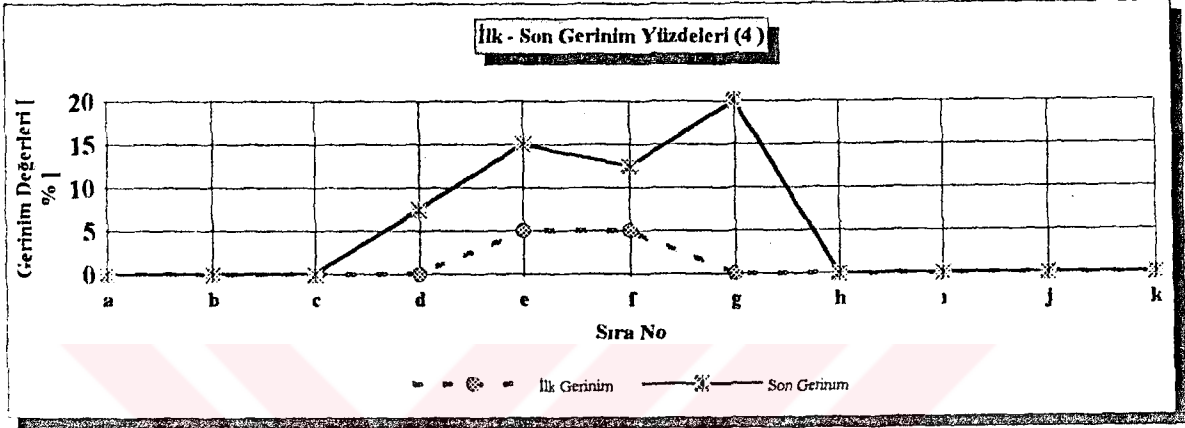


Şekil : Denejde kullanılan numunenin şematik resmi ve kuvvetlerin yönü

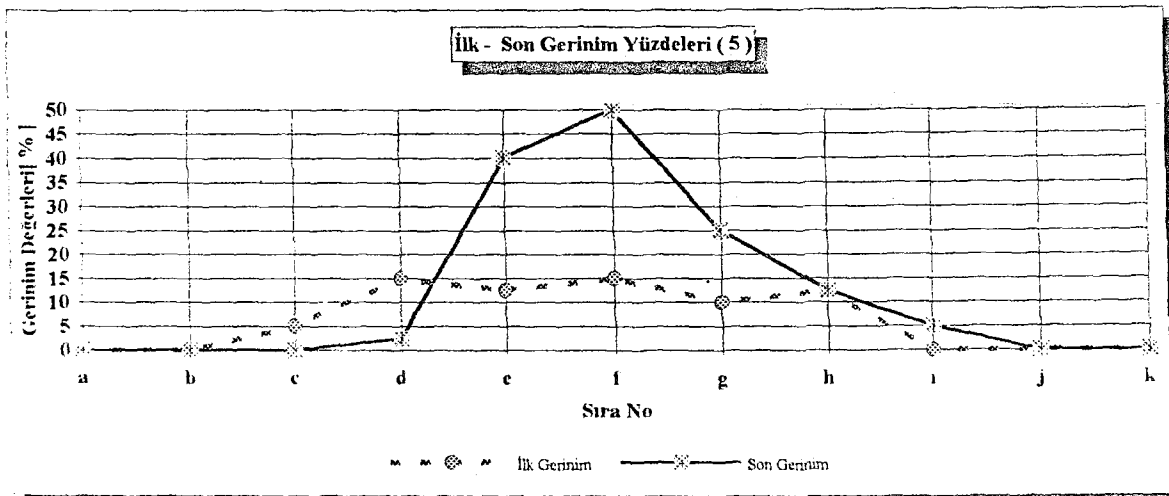


Şekil : Numunenin üzerinde yer alan daireler ve işlem sonunda aldıkları geometrik şekil

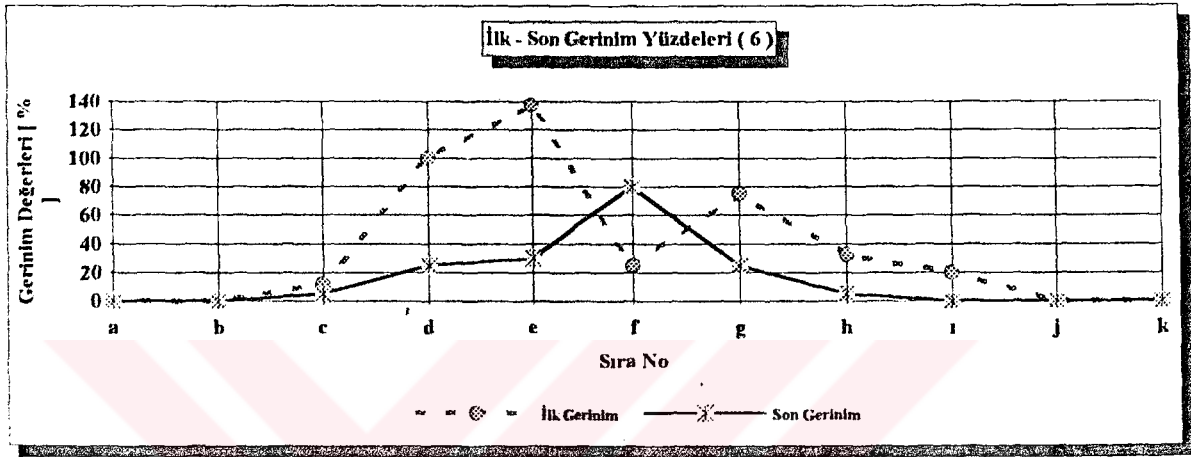
Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 4	Küçük boy 4	İlk gerinim 4	Son gerinim 4
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4.3	0	7.5
e	4	4.2	4.6	5	15
f	4	4.2	4.5	5	12.5
g	4	4	4.8	0	20
h	4	4	4	0	0
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



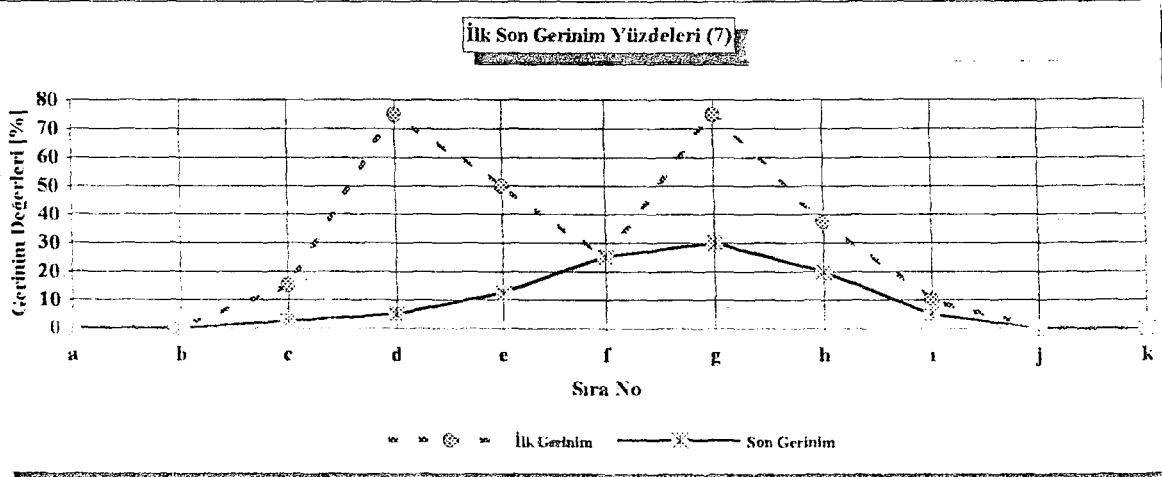
Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 5	Küçük boy 5	İlk gerinim 5	Son gerinim 5
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.2	4	5	0
d	4	4.6	4.1	15	2.5
e	4	4.5	5.6	12.5	40
f	4	4.6	6	15	50
g	4	4.4	5	10	25
h	4	4.5	4.5	12.5	12.5
i	4	4	4.2	0	5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



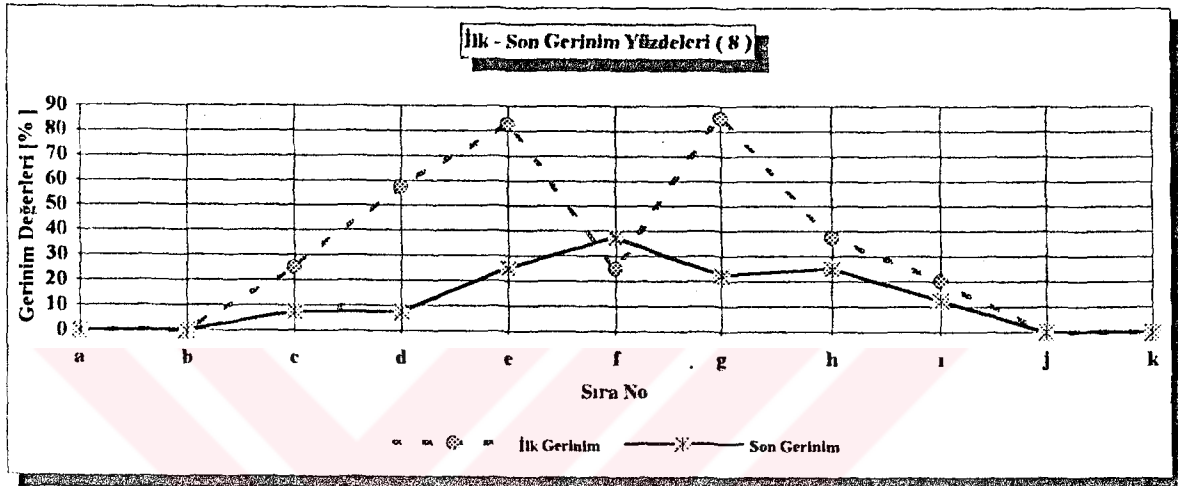
Sıra No	d	L ₁	L	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 6	Küçük boy 6	İlk gerinim 6	Son gerinim 6
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.5	4.2	12.5	5
d	4	8	5	100	25
e	4	9.5	5.2	137.5	30
f	4	5	7.2	25	80
g	4	7	5	75	25
h	4	5.3	4.2	32.5	5
i	4	4.8	4	20	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



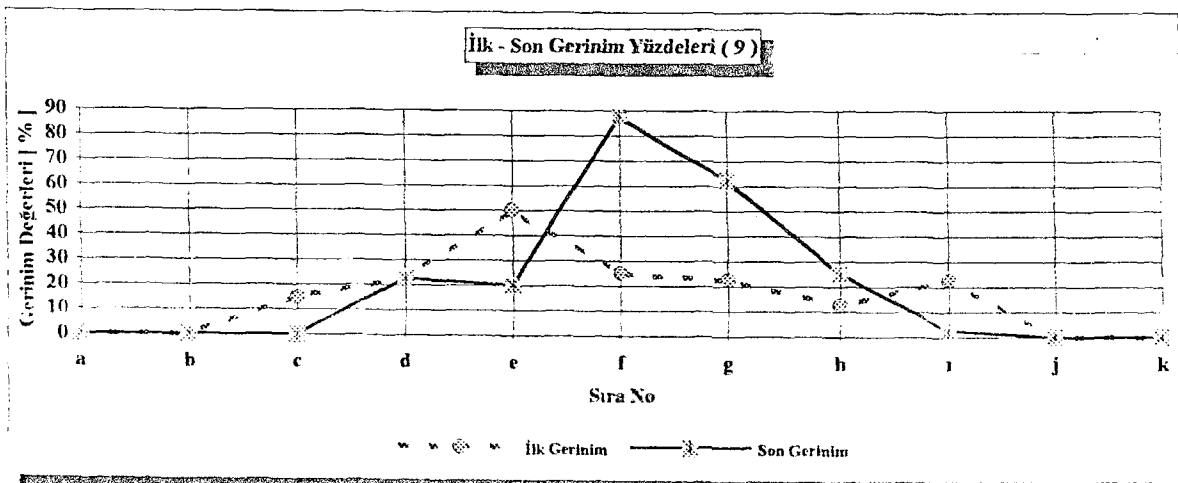
Sıra No	d	L ₁	L	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 7	Küçük boy 7	İlk gerinim 7	Son gerinim 7
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.6	4.1	15	2.5
d	4	7	4.2	75	5
e	4	6	4.5	50	12.5
f	4	5	5	25	25
g	4	7	5.2	75	30
h	4	5.5	4.8	37.5	20
i	4	4.4	4.2	10	5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



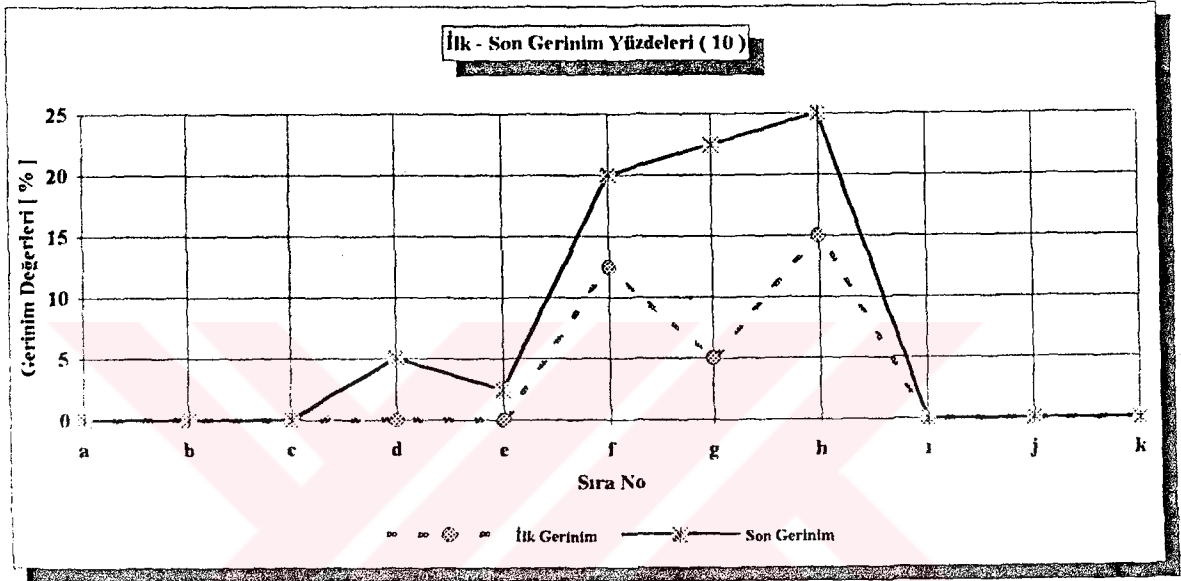
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 8	Küçük boy 8	İlk gerinim 8	Son gerinim 8
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	5	4.3	25	7.5
d	4	6.3	4.3	57.5	7.5
e	4	7.3	5	82.5	25
f	4	5	5.5	25	37.5
g	4	7.4	4.9	85	22.5
h	4	5.5	5	37.5	25
i	4	4.8	4.5	20	12.5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					

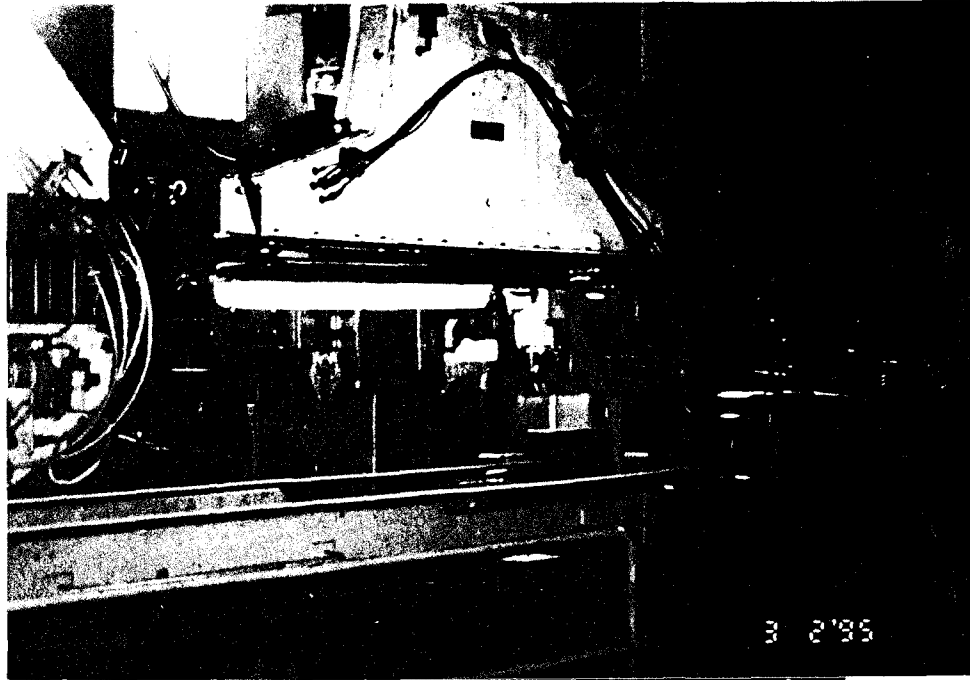


Sıra No	d	L	l		
	İlk çap	Büyük boy 9	Küçük boy 9	İlk gerinim 9	Son gerinim 9
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.6	4	15	0
d	4	4.9	4.9	22.5	22.5
e	4	6	4.8	50	20
f	4	5	7.5	25	87.5
g	4	4.9	6.5	22.5	62.5
h	4	4.5	5	12.5	25
i	4	4.9	4.1	22.5	2.5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



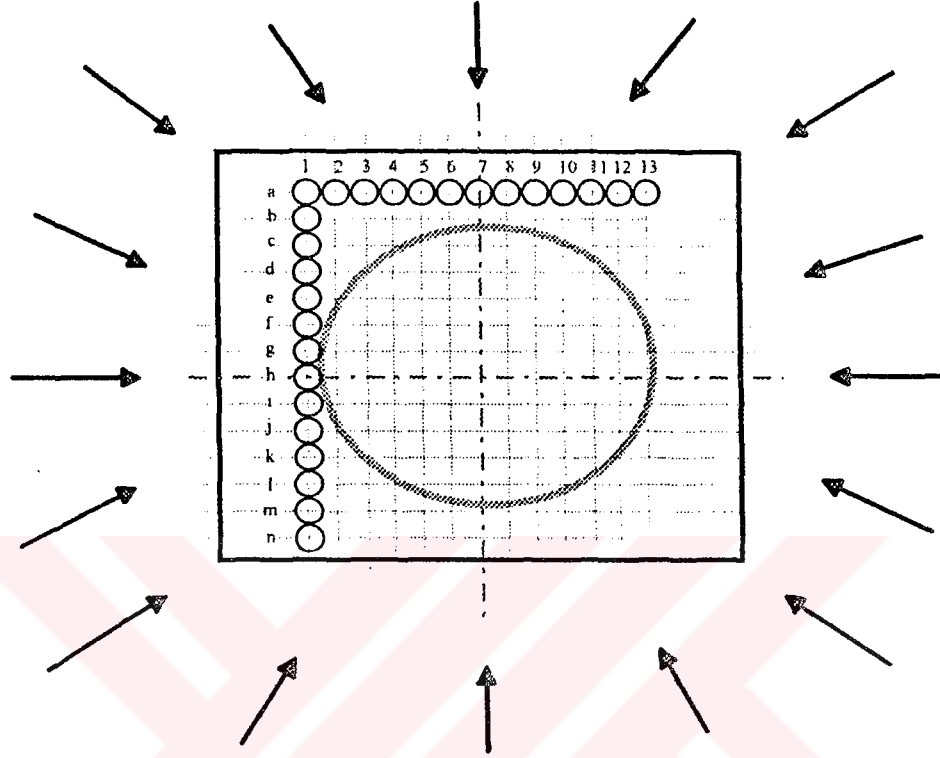
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 10	Küçük boy 10	İlk gerinim 10	Son gerinim 10
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4.2	0	5
e	4	4	4.1	0	2.5
f	4	4.5	4.8	12.5	20
g	4	4.2	4.9	5	22.5
h	4	4.6	5	15	25
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



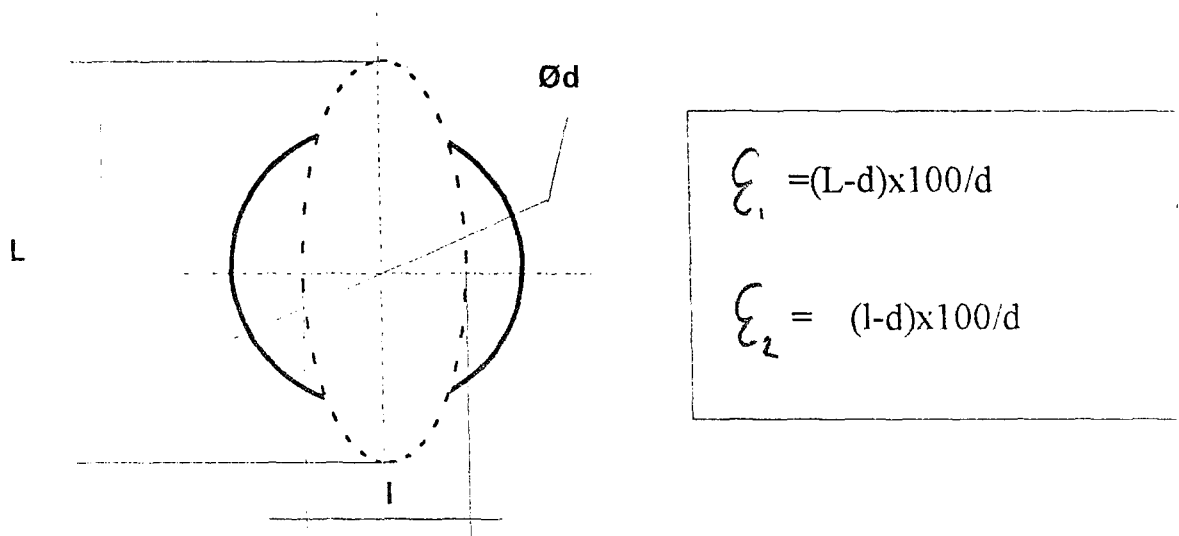


Fotoğraf 21 -22 : Oyak Renault Pres hattı taşıma bandında yer alan otomasyon uygulaması

7.9 " XSES" MALZEME SACA AİTERİCHSEN DENEYİ VE SONUCLARI
(%50 KONSANTRE YAĞLI ÇEKME)

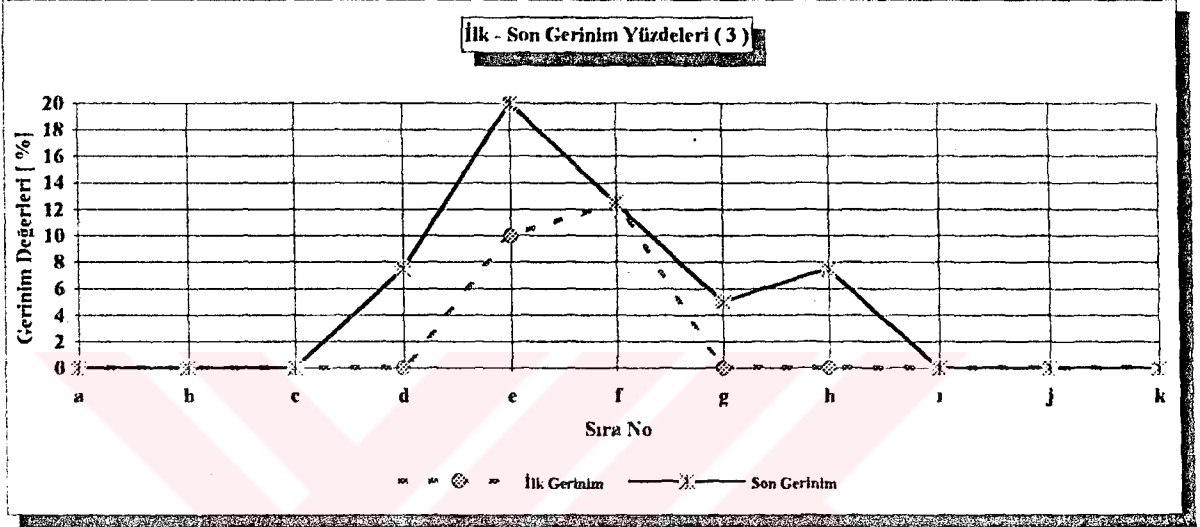


Şekil : Dencyde kullanılan numunenin şematik resmi ve kuvvetlerin yönü

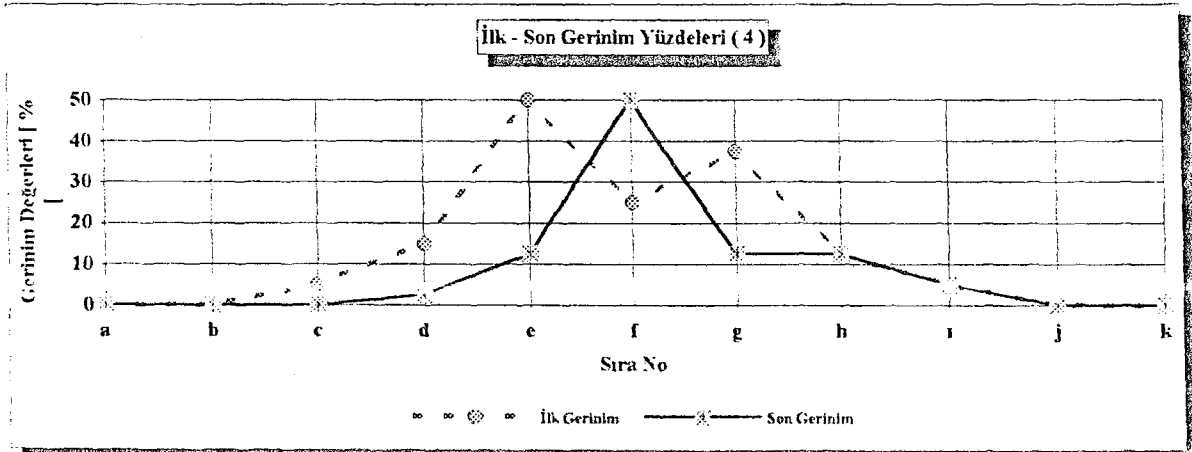


Şekil : Numunenin üzerinde yer alan daireler ve işlem sonunda aldıkları geometrik şekil

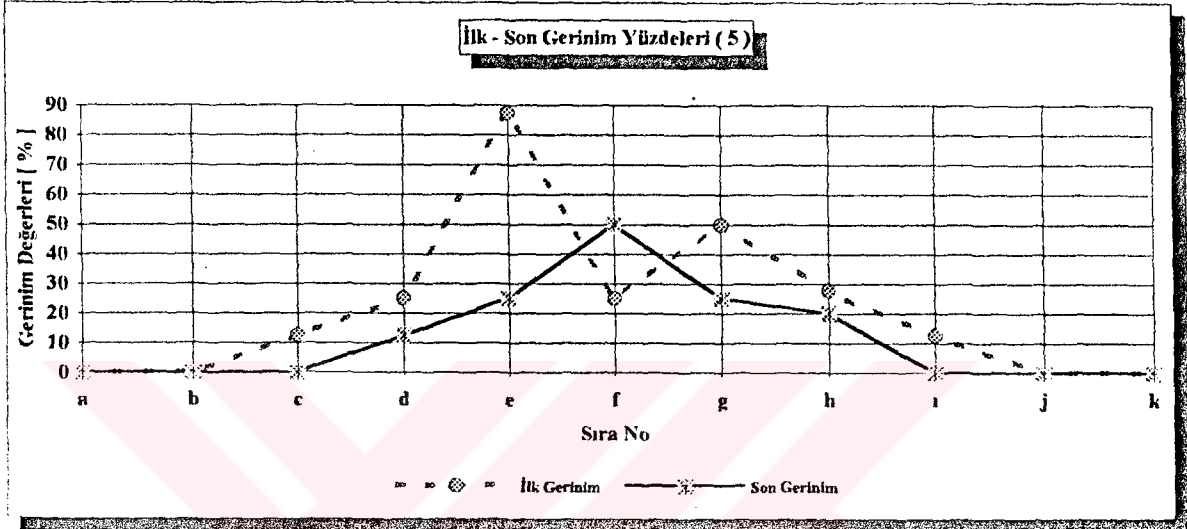
Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 3	Küçük boy 3	İlk gerinim 3	Son gerinim 3
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4.3	0	7.5
e	4	4.4	4.8	10	20
f	4	4.5	4.5	12.5	12.5
g	4	4	4.2	0	5
h	4	4	4.3	0	7.5
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



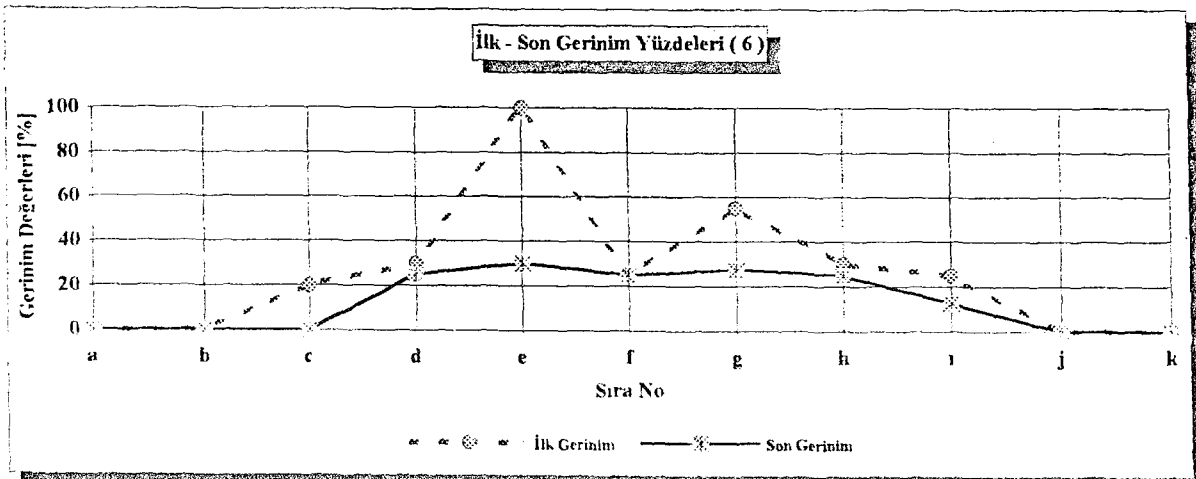
Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 4	Küçük boy 4	İlk gerinim 4	Son gerinim 4
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.2	4	5	0
d	4	4.6	4.1	15	2.5
e	4	6	4.5	50	12.5
f	4	5	6	25	50
g	4	5.5	4.5	37.5	12.5
h	4	4.5	4.5	12.5	12.5
i	4	4.2	4.2	5	5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



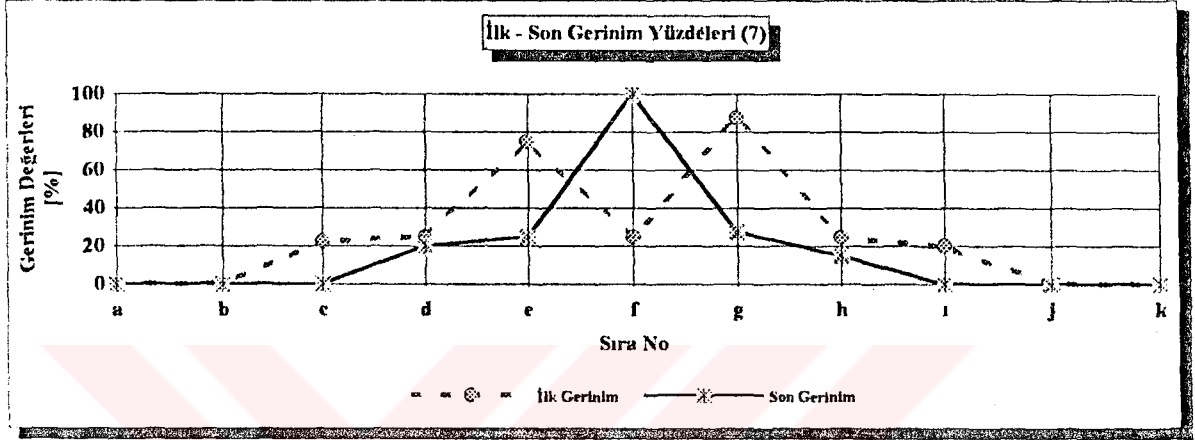
Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 5	Küçük boy 5	İlk gerinim5	Son gerinim5
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.5	4	12.5	0
d	4	5	4.5	25	12.5
e	4	7.5	5	87.5	25
f	4	5	6	25	50
g	4	6	5	50	25
h	4	5.1	4.8	27.5	20
ı	4	4.5	4	12.5	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



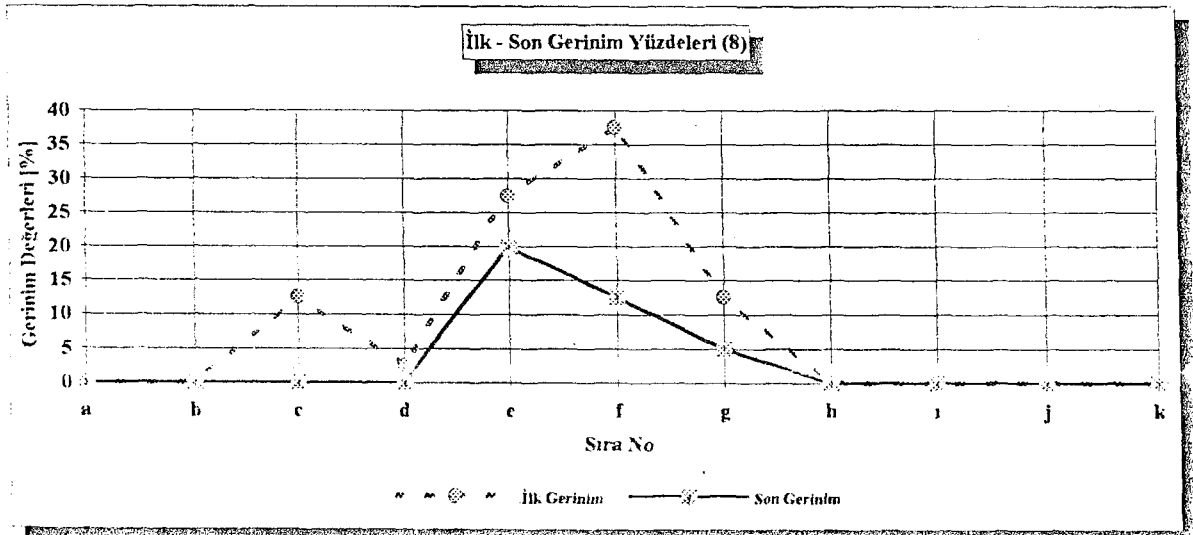
Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 6	Küçük boy 6	İlk gerinim 6	Son gerinim 6
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.8	4	20	0
d	4	5.2	5	30	25
e	4	8	5.2	100	30
f	4	5	5	25	25
g	4	6.2	5.1	55	27.5
h	4	5.2	5	30	25
ı	4	5	4.5	25	12.5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



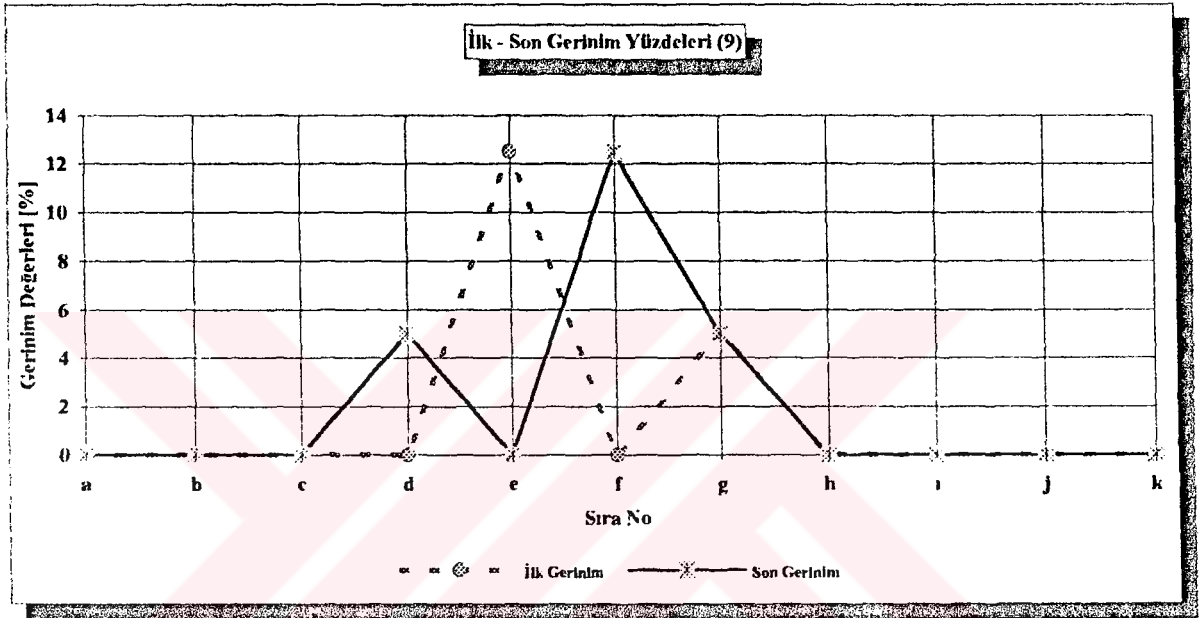
Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 7	Küçük boy 7	İlk gerinim 7	Son gerinim 7
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.9	4	22.5	0
d	4	5	4.8	25	20
e	4	7	5	75	25
f	4	5	8	25	100
g	4	7.5	5.1	87.5	27.5
h	4	5	4.6	25	15
i	4	4.8	4	20	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



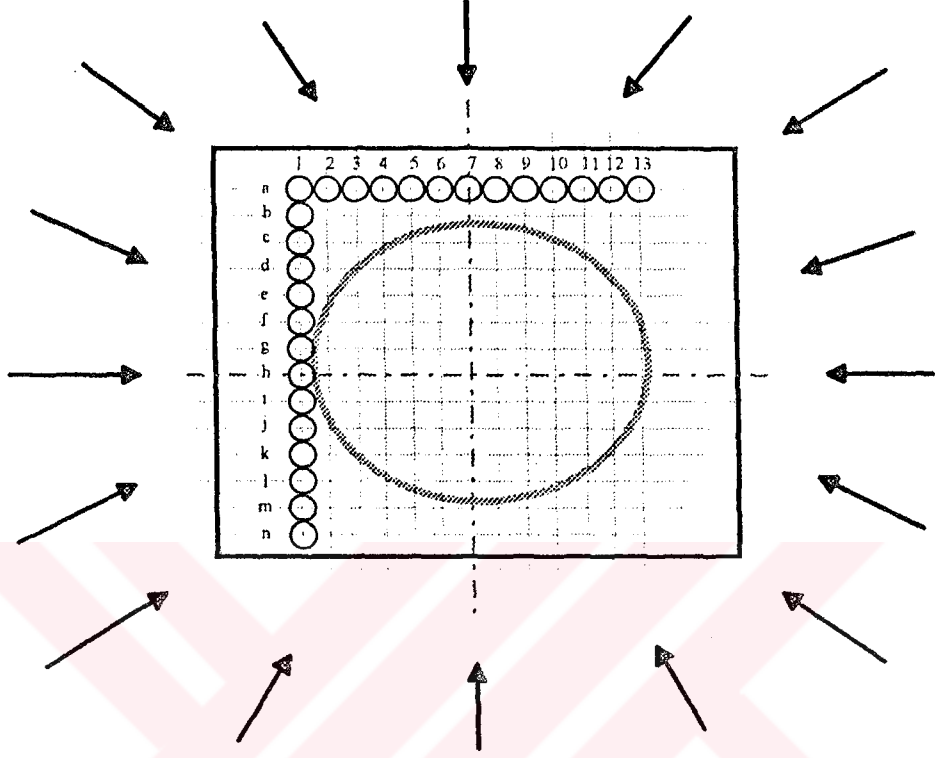
Sıra No	d	L	l	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 8	Küçük boy 8	İlk gerinim 8	Son gerinim 8
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4.5	4	12.5	0
d	4	4.1	4	2.5	0
e	4	5.1	4.8	27.5	20
f	4	5.5	4.5	37.5	12.5
g	4	4.5	4.2	12.5	5
h	4	4	4	0	0
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



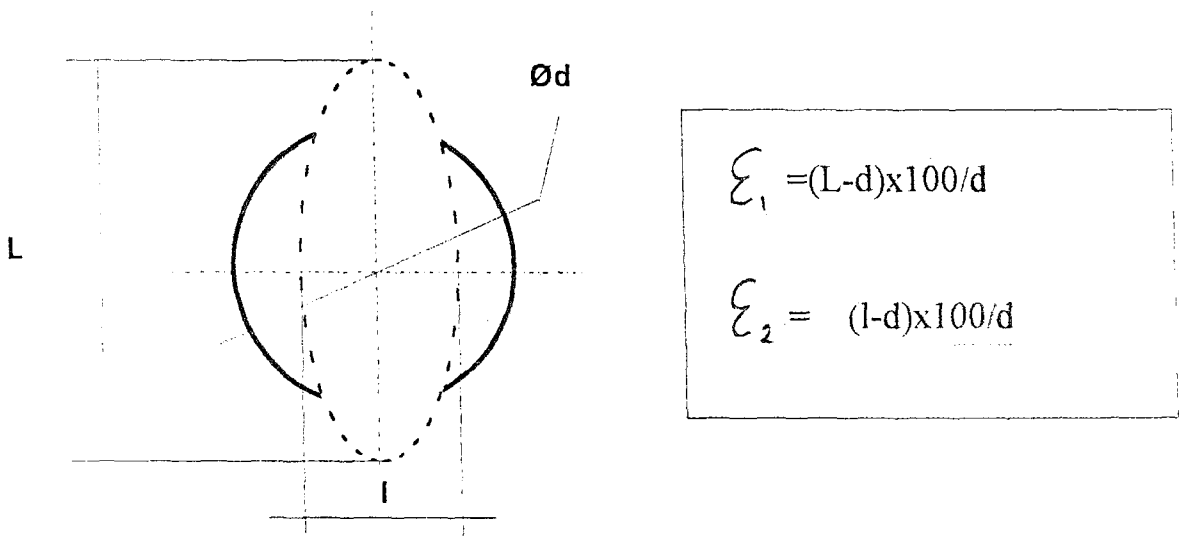
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 9	Küçük boy 9	İlk gerinim 9	Son gerinim 9
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4.2	0	5
e	4	4.5	4	12.5	0
f	4	4	4.5	0	12.5
g	4	4.2	4.2	5	5
h	4	4	4	0	0
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l					
m					
n					



7.10 " ZES" MALZEME SACA AİT ERICHSEN DENEYİ VE SONUÇLARI
(KURU ÇEKME)

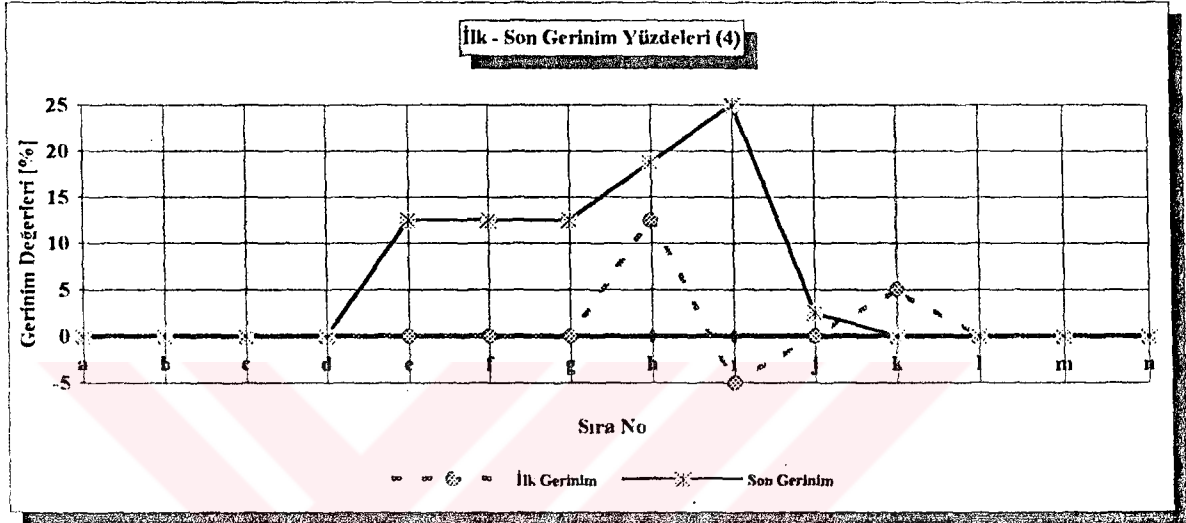


Şekil : Denejde kullanılan numunenin şematik resmi ve kuvvetlerin yönü

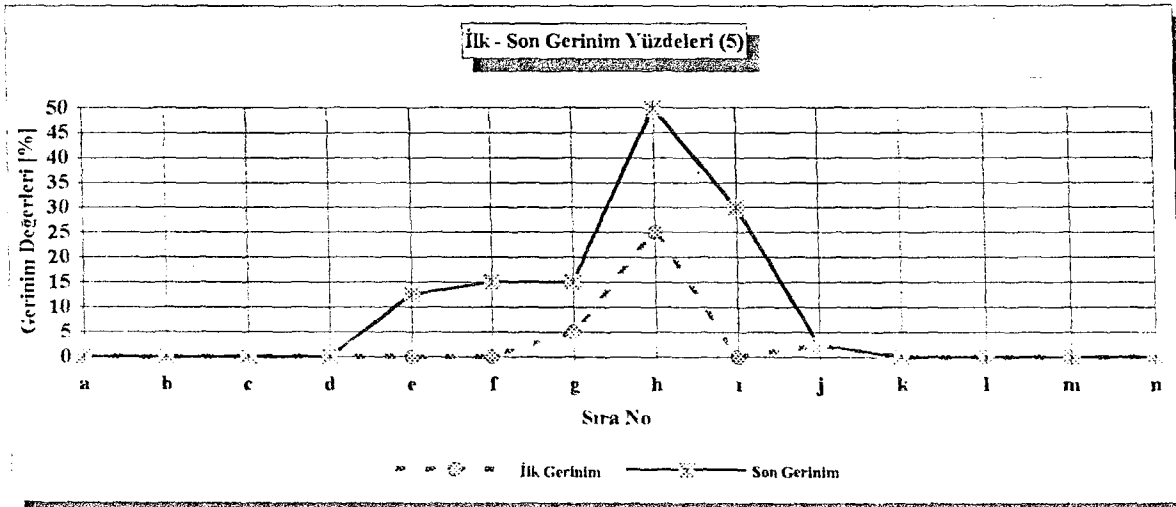


Şekil : Numunenin üzerinde yer alan daireler ve işlem sonunda aldıkları geometrik şekil

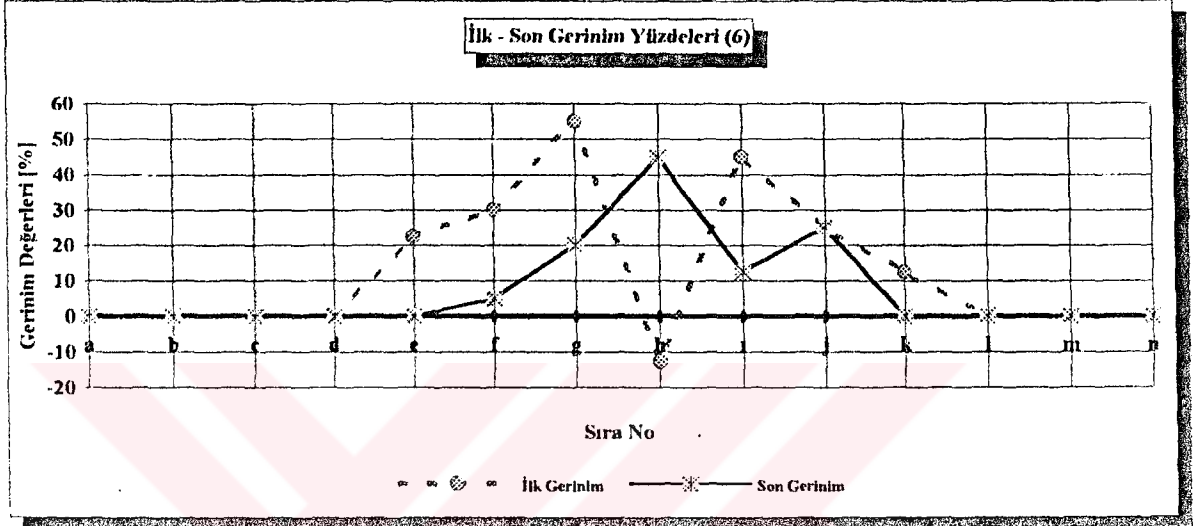
Sıra No	d	L	I	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 4	Küçük boy 4	İlk gerinim 4	Son gerinim 4
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4	4.5	0	12.5
f	4	4	4.5	0	12.5
g	4	4	4.5	0	12.5
h	4	4.5	4.75	12.5	18.75
ı	4	3.8	5	-5	25
j	4	4	4.1	0	2.5
k	4	4.2	4	5	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



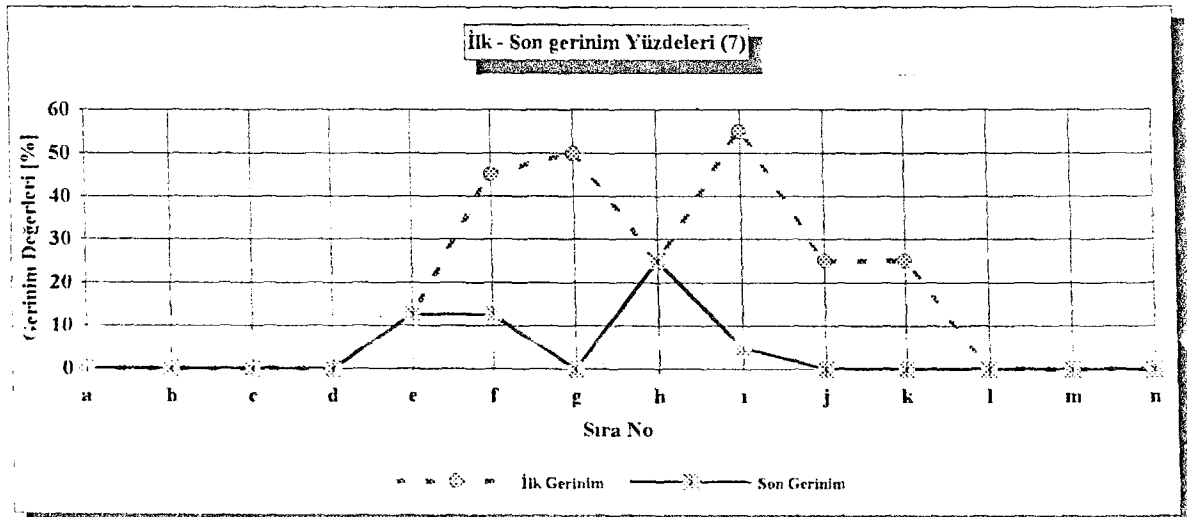
Sıra No	d	L	I	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 5	Küçük boy 5	İlk gerinim 5	Son gerinim 5
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4	4.5	0	12.5
f	4	4	4.6	0	15
g	4	4.2	4.6	5	15
h	4	5	6	25	50
ı	4	4	5.2	0	30
j	4	4.1	4.1	2.5	2.5
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



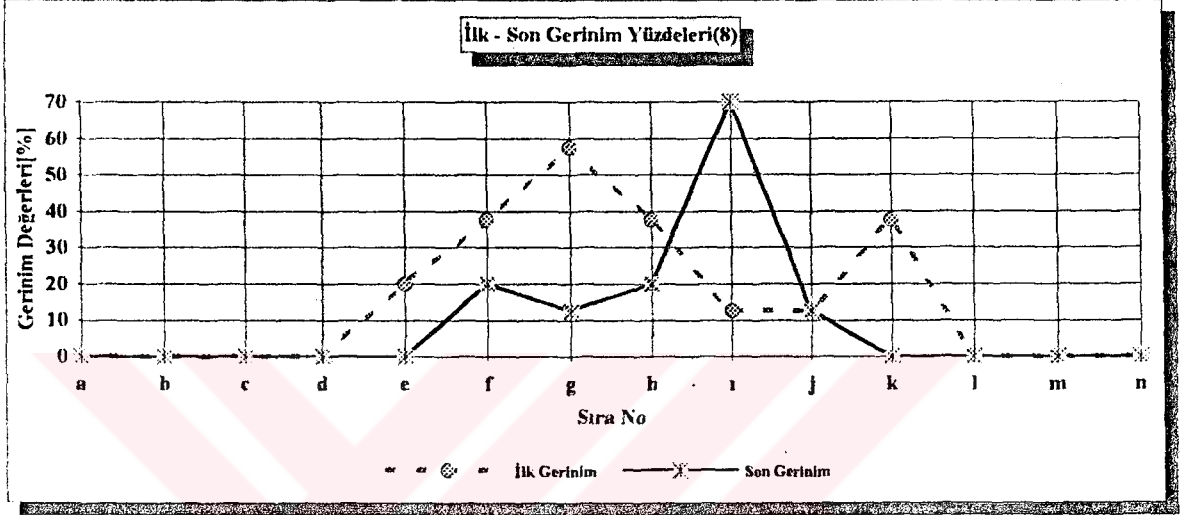
Sıra No	d	L	I	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 6	Küçük boy 6	İlk gerinim 6	Son gerinim 6
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4.9	4	22.5	0
f	4	5.2	4.2	30	5
g	4	6.2	4.8	55	20
h	4	3.5	5.8	-12.5	45
ı	4	5.8	4.5	45	12.5
j	4	5	5	25	25
k	4	4.5	4	12.5	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



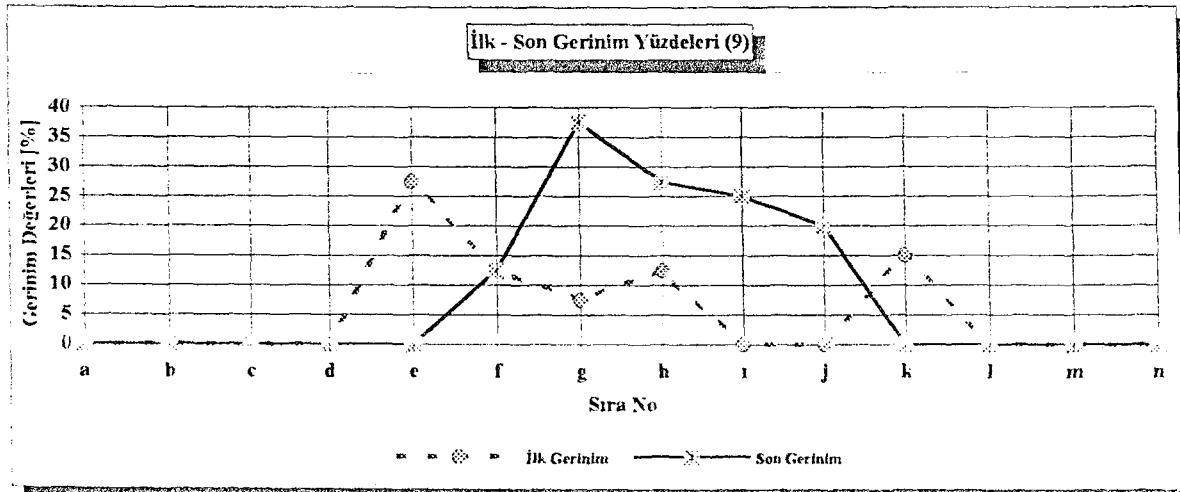
Sıra No	d	L	I	E ₁	E ₂
	İlk çap	Büyük boy 7	Küçük boy 7	İlk gerinim 7	Son gerinim 7
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4.5	4.5	12.5	12.5
f	4	5.8	4.5	45	12.5
g	4	6	4	50	0
h	4	5	5	25	25
ı	4	6.2	4.2	55	5
j	4	5	4	25	0
k	4	5	4	25	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



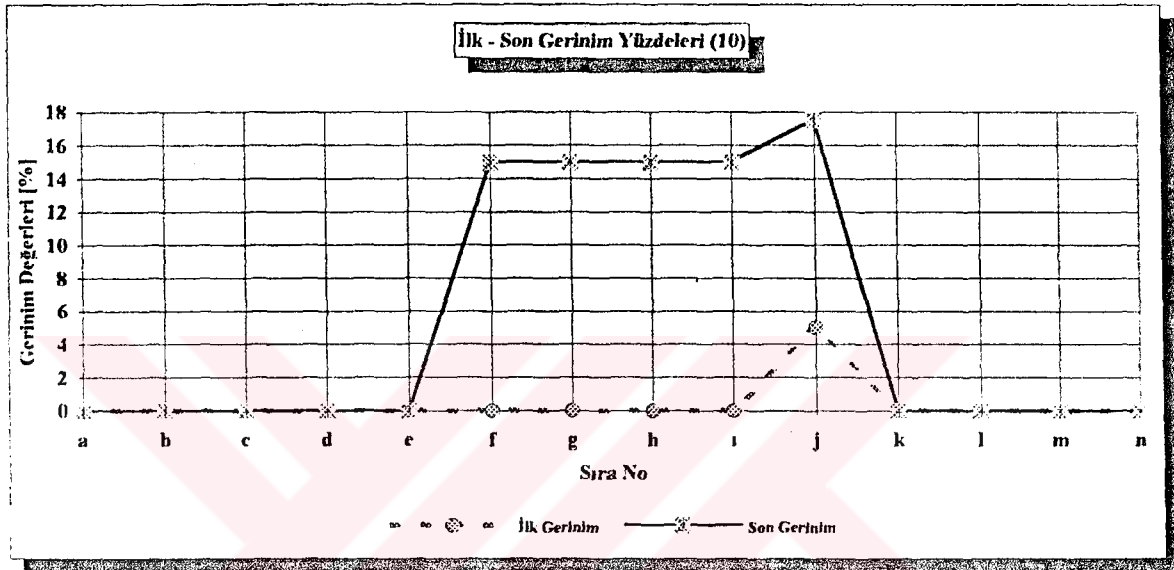
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 8	Küçük boy 8	İlk gerinim 8	Son gerinim 8
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4.8	4	20	0
f	4	5.5	4.8	37.5	20
g	4	6.3	4.5	57.5	12.5
h	4	5.5	4.8	37.5	20
ı	4	4.5	6.8	12.5	70
j	4	4.5	4.5	12.5	12.5
k	4	5.5	4	37.5	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0

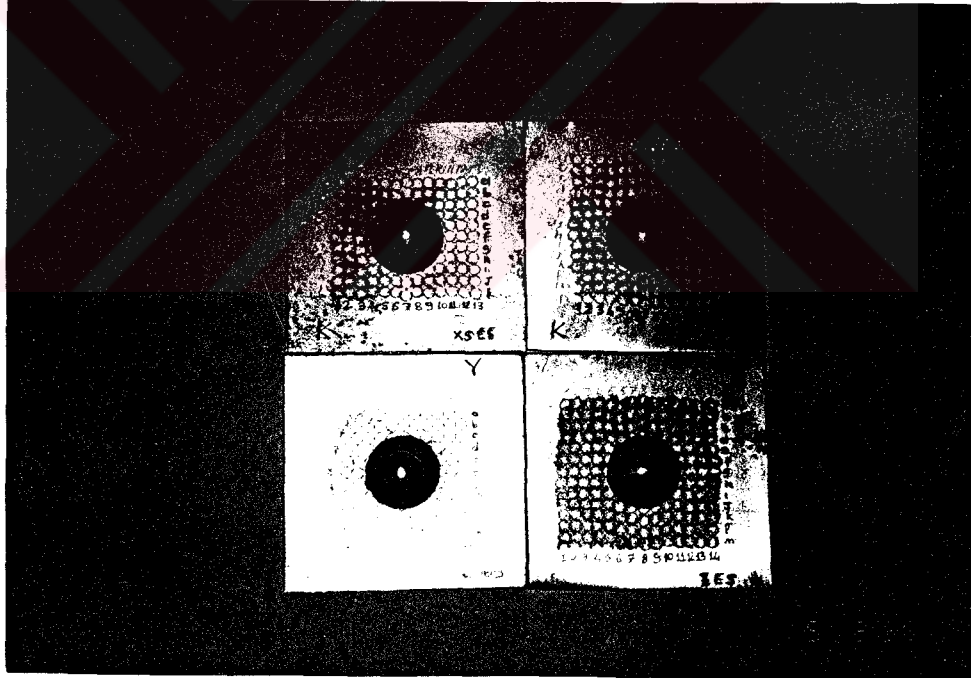
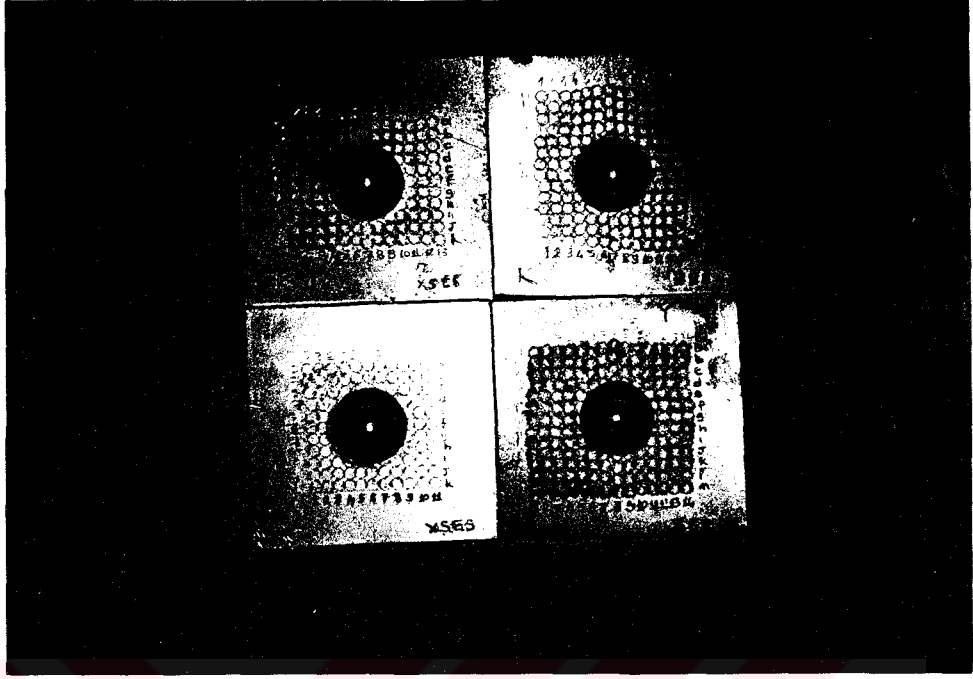


Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 9	Küçük boy 9	İlk gerinim 9	Son gerinim 9
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	5.1	4	27.5	0
f	4	4.5	4.5	12.5	12.5
g	4	4.3	5.5	7.5	37.5
h	4	4.5	5.1	12.5	27.5
ı	4	4	5	0	25
j	4	4	4.8	0	20
k	4	4.6	4	15	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



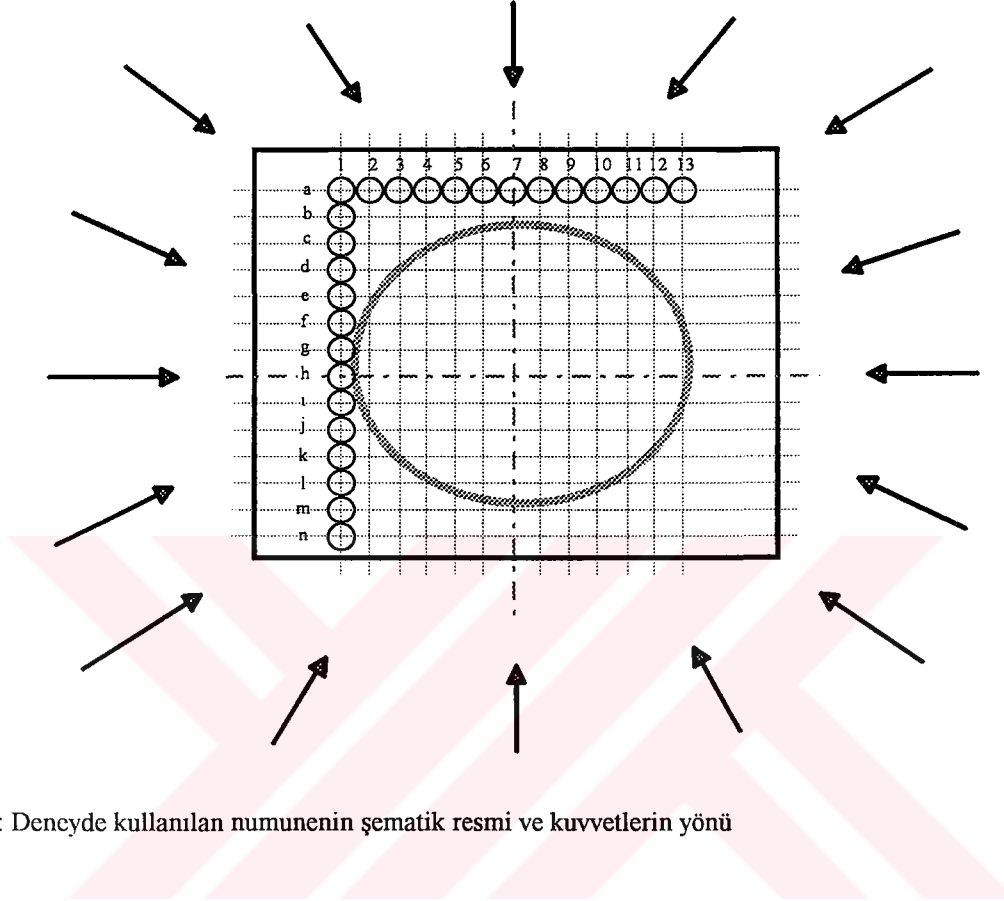
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 10	Küçük boy 10	İlk gerinim 10	Son gerinim 10
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4	4	0	0
f	4	4	4.6	0	15
g	4	4	4.6	0	15
h	4	4	4.6	0	15
ı	4	4	4.6	0	15
j	4	4.2	4.7	5	17.5
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n	4	4	4	0	0



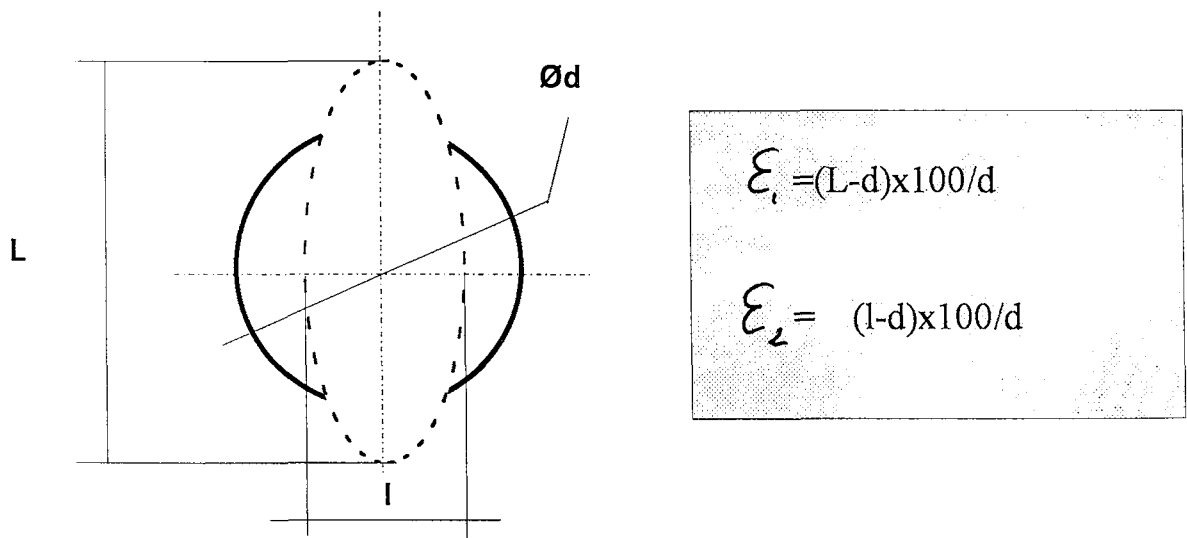


Fotoğraf 23-24 : " XSES" ve " ZES " kalite saca ait " Erichsen " deneyi uygulamaları (%50 yağlı ve yağsız)

**7.11 "ZES" MALZEME SACI AİT ERICHSEN DENEYİ VE SONUÇLARI
(%50 KONSANTRE YAĞLI)**

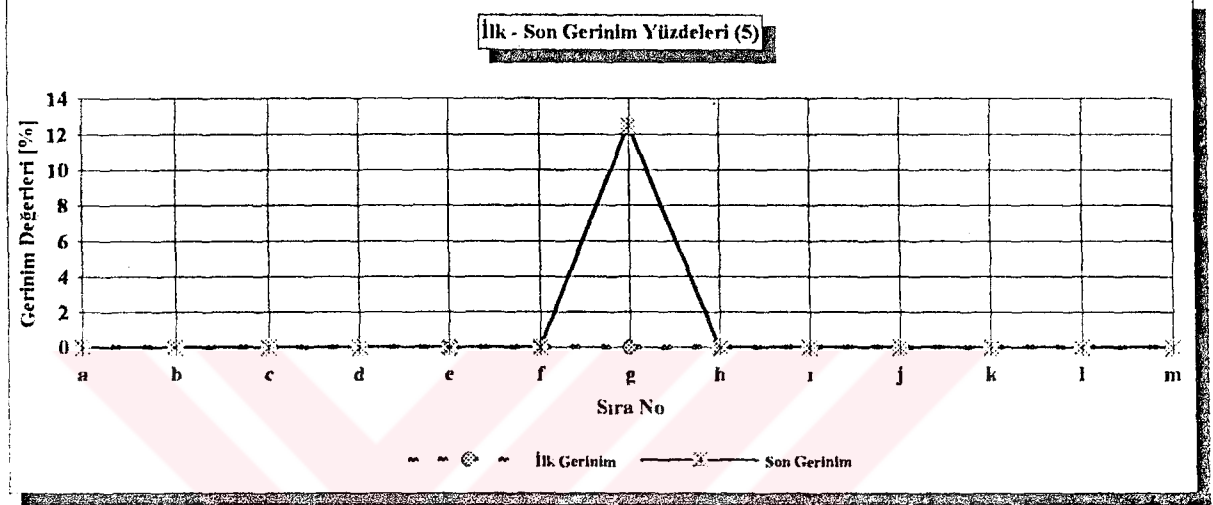


Şekil : Dencyde kullanılan numunenin şematik resmi ve kuvvetlerin yönü

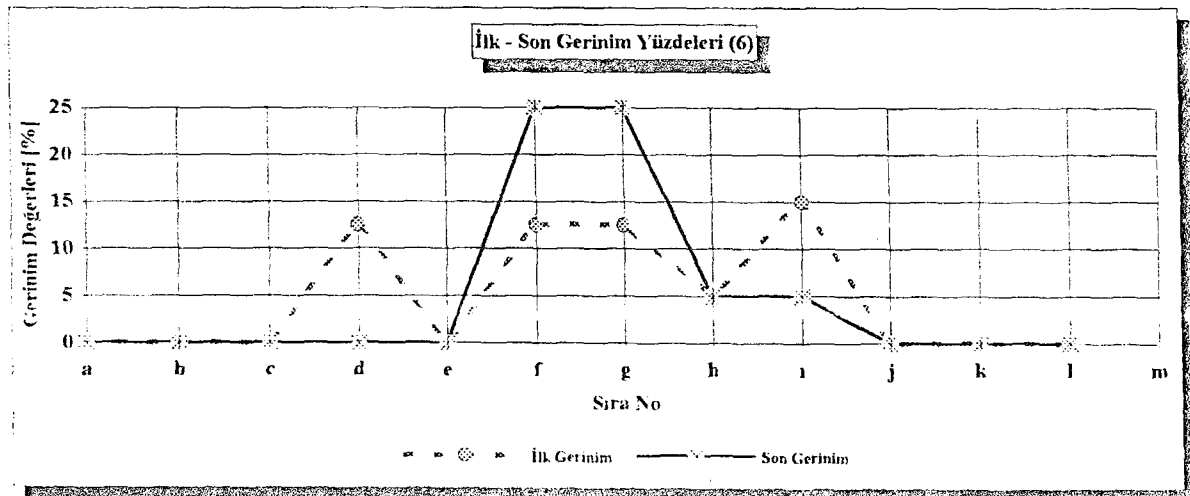


Şekil : Numunenin üzerinde yer alan daireler ve işlem sonunda aldıkları geometrik şekil

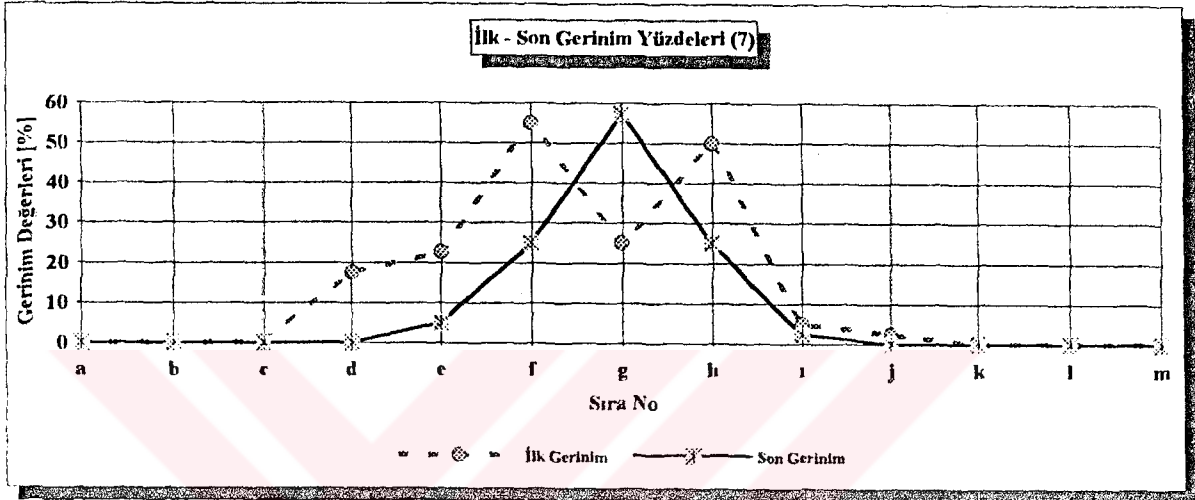
Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 5	Küçük boy 5	İlk gerinim 5	Son gerinim 5
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4	4	0	0
f	4	4	4	0	0
g	4	4	4.5	0	12.5
h	4	4	4	0	0
ı	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



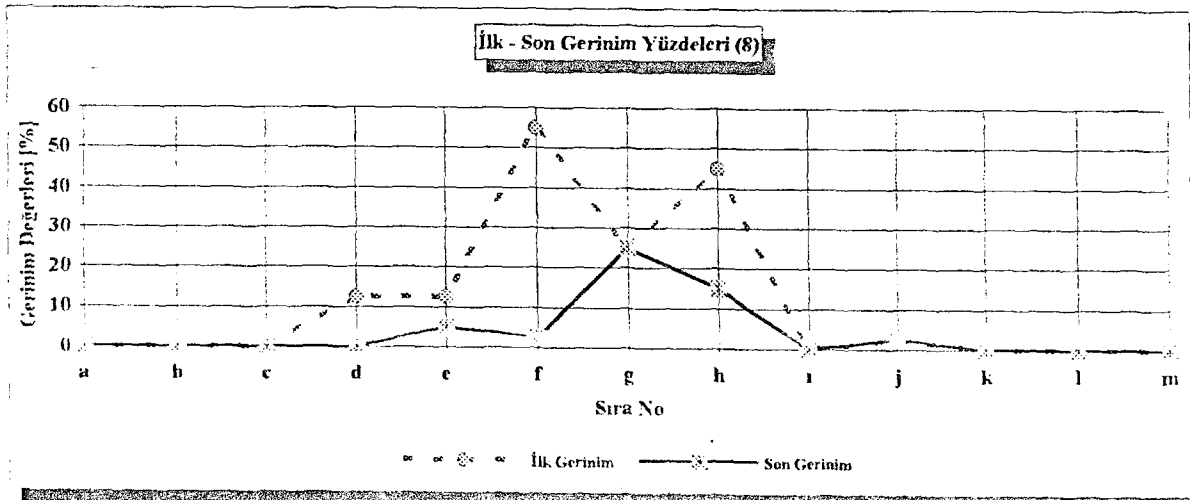
Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 6	Küçük boy 6	İlk gerinim 6	Son gerinim 6
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4.5	4	12.5	0
f	4	4	4	0	0
g	4	4.5	5	12.5	25
h	4	4.5	5	12.5	25
ı	4	4.2	4.2	5	5
j	4	4.6	4.2	15	5
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



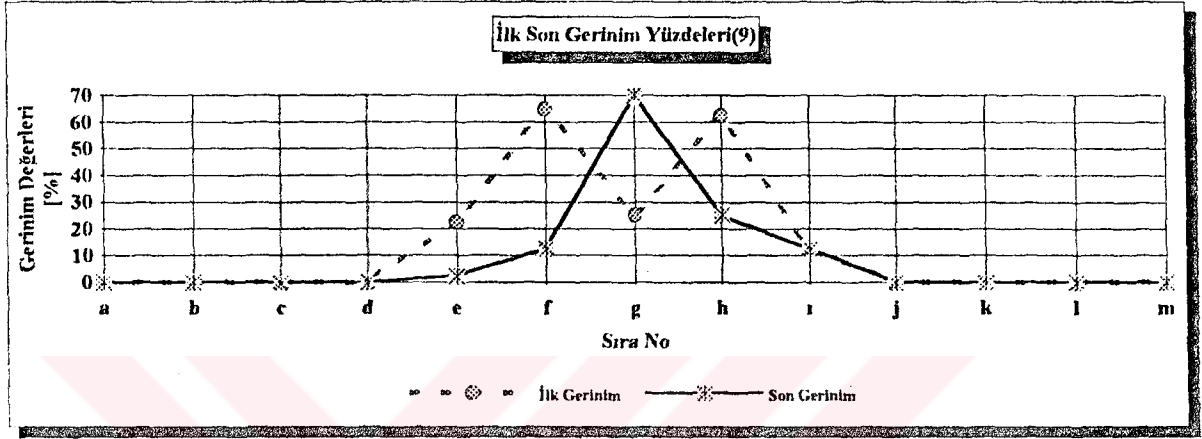
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 7	Küçük boy 7	İlk gerinim /	Son gerinim /
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4.7	4	17.5	0
e	4	4.9	4.2	22.5	5
f	4	6.2	5	55	25
g	4	5	6.3	25	57.5
h	4	6	5	50	25
i	4	4.2	4.1	5	2.5
j	4	4.1	4	2.5	0
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



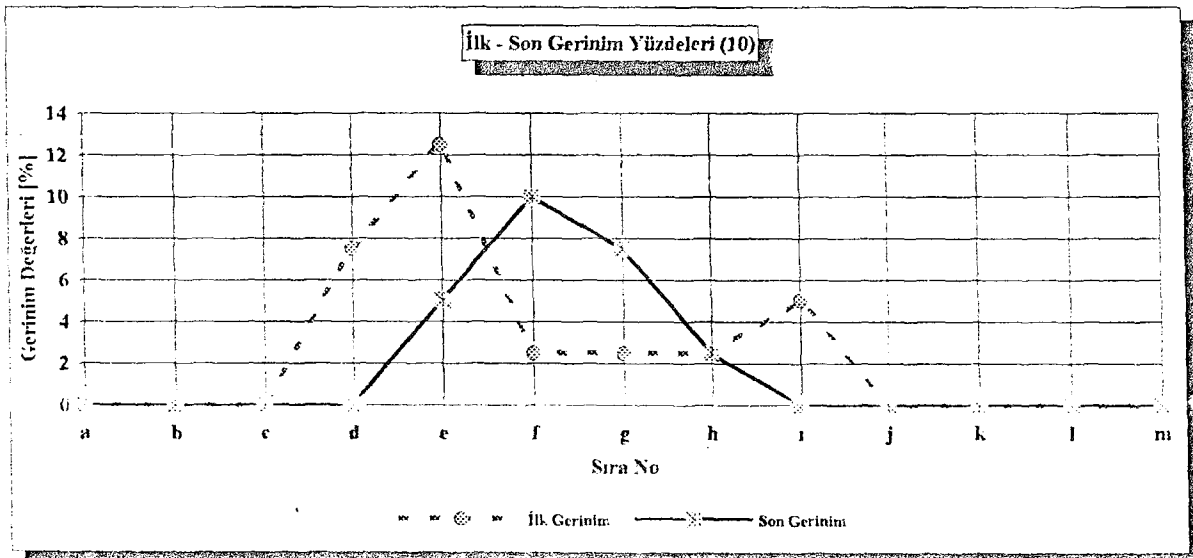
Sıra No	d	L	l	E_1	E_2
	İlk çap	Büyük boy 8	Küçük boy 8	İlk gerinim 8	Son gerinim 8
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4.5	4	12.5	0
e	4	4.5	4.2	12.5	5
f	4	6.2	4.1	55	2.5
g	4	5	5	25	25
h	4	5.8	4.6	45	15
i	4	4	4	0	0
j	4	4.1	4.1	2.5	2.5
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



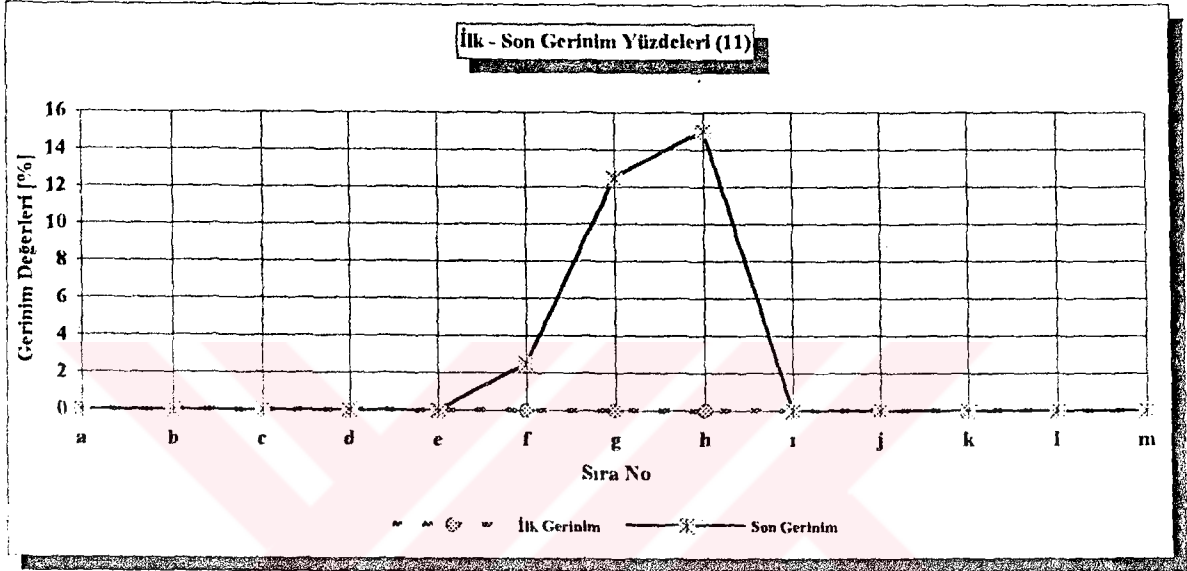
Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 9	Küçük boy 9	İlk gerinim 9	Son gerinim 9
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4.9	4.1	22.5	2.5
f	4	6.6	4.5	65	12.5
g	4	5	6.8	25	70
h	4	6.5	5	62.5	25
ı	4	4.5	4.5	12.5	12.5
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



Sıra No	d	L	I	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy 10	Küçük boy 10	İlk gerinim 10	Son gerinim 10
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4.3	4	7.5	0
e	4	4.5	4.2	12.5	5
f	4	4.1	4.4	2.5	10
g	4	4.1	4.3	2.5	7.5
h	4	4.1	4.1	2.5	2.5
ı	4	4.2	4	5	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



Sıra No	d	L	l	ϵ_1	ϵ_2
	İlk çap	Büyük boy l1	Küçük boy l1	İlk gerinim l1	Son gerinim l1
a	4	4	4	0	0
b	4	4	4	0	0
c	4	4	4	0	0
d	4	4	4	0	0
e	4	4	4	0	0
f	4	4	4.1	0	2.5
g	4	4	4.5	0	12.5
h	4	4	4.6	0	15
i	4	4	4	0	0
j	4	4	4	0	0
k	4	4	4	0	0
l	4	4	4	0	0
m	4	4	4	0	0
n					



OYAK - RENAULT
LABARATUVAR ARAŞTIRMA RAPORU
(RAPOR D'EXAMEN)

RAPOR NO

PARÇA/ÜRÜN ADI : R9 KARTER SACI **TARİH:** 23/1/95
PARÇA/ÜRÜN NO :

XSES		Re MPa	Rm MPa	A % min.	HRB max
		160 - 200	280 - 340	37	50
NUMUNE : BOY	1.Parça	152.2	288.9	44.2	
	2.Parça	150.8	287.8	44.9	41
	3.Parça	152.6	288.1	44.6	
	4.Parça	150.0	286.8	45.3	
NUMUNE : EN	1.Parça	156.8	283.0	43.5	
	2.Parça	156.9	283.2	43.5	41
	3.Parça	155.9	283.2	43.3	
	4.Parça	156.4	283.5	43.1	

SES KALİTE SACIN SPESİFİKASYONU :

Re : ≤ 180 MPa
Rm : 270 - 330 MPa
% A : ≥ 40
HRB : ≤ 50

TARİH
24/1/95

OYAK-RENAULT
LABORATUVARLAR GRUBU

MEKANİK TEST RAPORU

Date : 24.01.1995

Time : 12:45:26

TEST TANIMI: YASSI NUMUNE ÇEKME DENEYİ

İMALATCI : BEAUTOR

MALZEME : XSES/BOY

RAPOR NO : 92440

OPERATOR : N.OZYAYLA

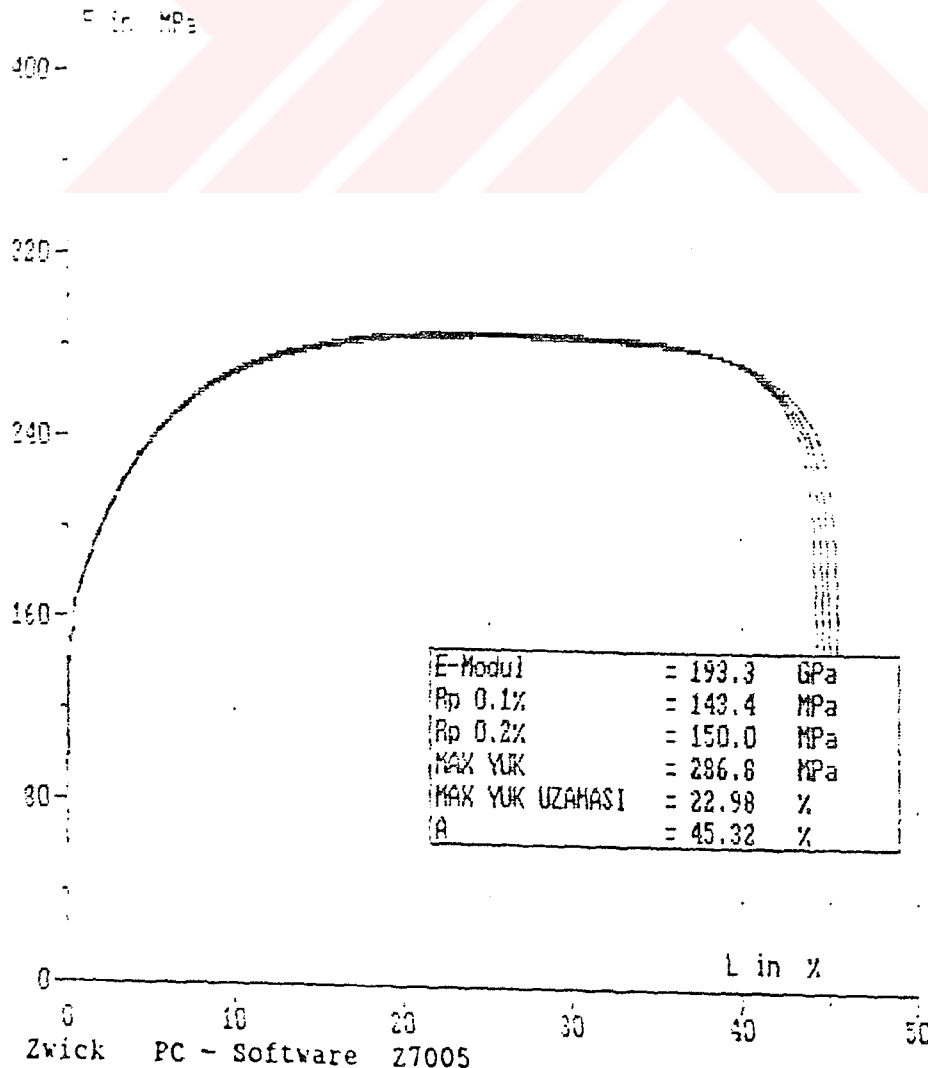
PARAMETERS:

NUMUNE İLK BOYU "LO": 80 mm

TEST HIZI : 12 mm/min

TEST RESULTS:

n	E-Modül GPa	Rp 0.1% MPa	Rp 0.2% MPa	MAX YÜK MPa	MAX YÜK UZANMASI %	A %	AKMA SINIRI MPa	KOPMA YÜKÜ MPa	POPLAM ÇEKİME %	KALINLIK mm	GENİŞLİK mm
1	193.3	144.3	150.0	286.8	22.99	44.32	0.0	152.7	44.3	1.490	2
2	193.3	143.2	150.0	287.8	22.22	44.99	0.0	148.2	45.1	1.490	2
3	178.5	144.9	152.5	282.1	24.75	44.68	0.0	147.0	44.7	1.490	2
4	193.3	143.4	150.0	286.8	22.99	45.32	0.0	139.1	45.4	1.490	2



OYAK-RENAULT
LABORATUVARLAR GRUBU

MEKANİK TEST RAPORU

Date : 24.01.1995

Time . : 14:36:57

TEST TANIMI: YASSI NUMUNE ÇEKME DENEYİ

İMALATCI : BEAUTOR

MALZEME : XSES/EN

RAPOR NO : 92440

OPERATOR : N.OZYAYLA

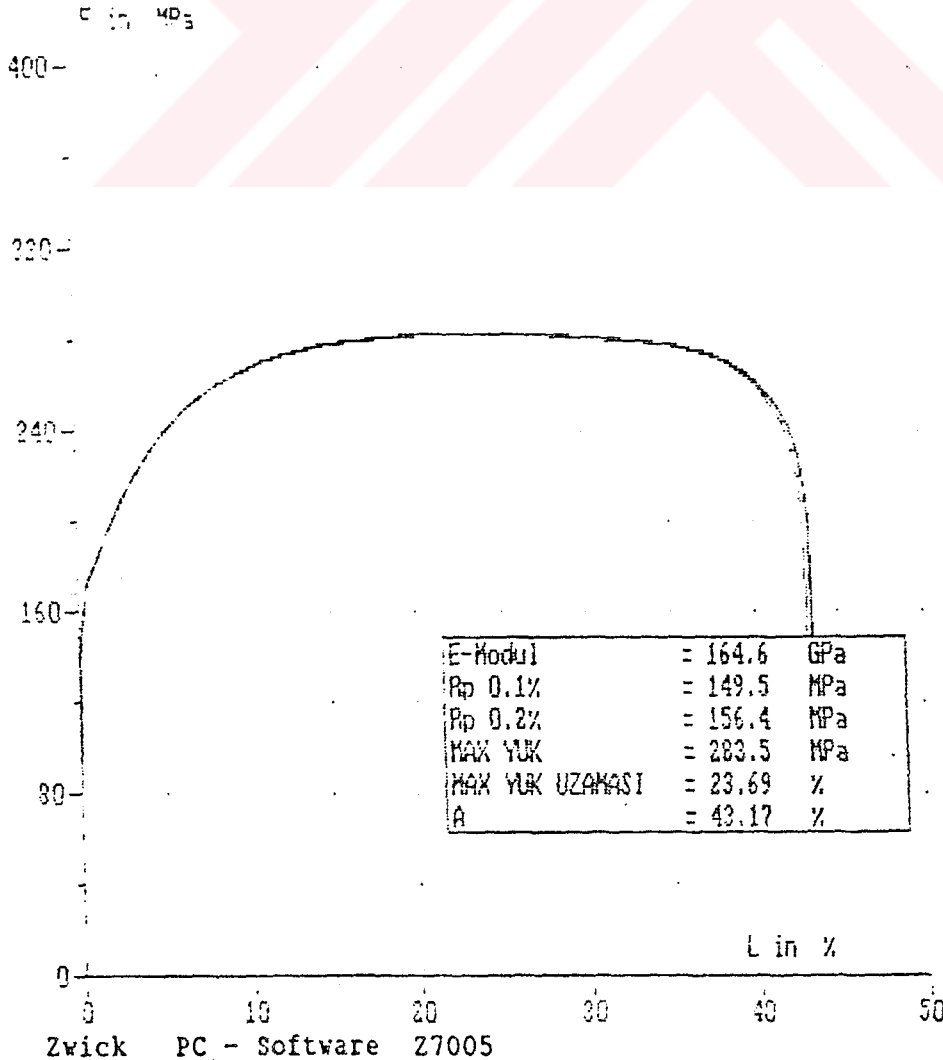
PARAMETERS:

NUMUNE İLK BOYU "L0": 80 mm

TEST HIZI : 12 mm/min

TEST RESULTS:

n	E-Modül GPa	Rp 0.1% MPa	Rp 0.2% MPa	MAX YÜK MPa	MAX YÜK UZANIMI %	A %	AKMA SINIRI MPa	KOPMA YÜKÜ MPa	TOPLAM UZAMA %	KALINLIK a mm	GENİRLİK b mm
1	164.6	149.5	156.4	283.5	23.69	43.17	0.0	143.1	43.5	1.490	20.08
2	164.6	149.5	156.4	283.5	23.69	43.17	0.0	143.1	43.5	1.490	20.08
3	164.6	149.5	156.4	283.5	23.69	43.17	0.0	143.1	43.5	1.490	20.08
4	164.6	149.5	156.4	283.5	23.69	43.17	0.0	143.1	43.5	1.490	20.08



OYAK - RENAULT
LABARATUVAR ARAŞTIRMA RAPORU
(RAPOR D'EXAMEN)

RAPOR NO

PARÇA/ÜRÜN ADI : R9 ARKA PANO SACI **TARİH:** 23/1/95
PARÇA/ÜRÜN NO :

ZES		Re MPa	Rm MPa	A % min.	HRB max
		160 - 200	280 - 340	37	50
NUMUNE : BOY	1.Parça	159.6	282.1	39.7	
	2.Parça	159.3	285.6	40.7	41
	3.Parça	160.2	282.3	40.8	
	4.Parça	161.5	281.9	39.8	
	5.Parça	160.0	285.9	39.4	
NUMUNE : EN	1.Parça	157.1	284.4	38.6	
	2.Parça	157.8	284.6	42.9	41
	3.Parça	158.4	283.8	40.4	
	4.Parça	157.7	284.8	37.7	

ZES KALİTE SACIN SPESİFİKASYONU :

Re : < 180 MPa
Rm : 270 - 330 MPa
% A : > 40
HRB : < 50

TARİH
24/1/95

OYAK-RENAULT
LABORATUVARLAR GRUBU

MEKANİK TEST RAPORU

Date : 24.01.1995

Time : 15:15:35

TEST TANIMI: YASSI NUMUNE ÇEKME DENEYİ

İMALATCI : BEAUTOR

MALZEME : ARASTIRMA PARÇASI

I. GRUP

RAPOR NO : 92455

OPERATOR : N.OZYAYLA

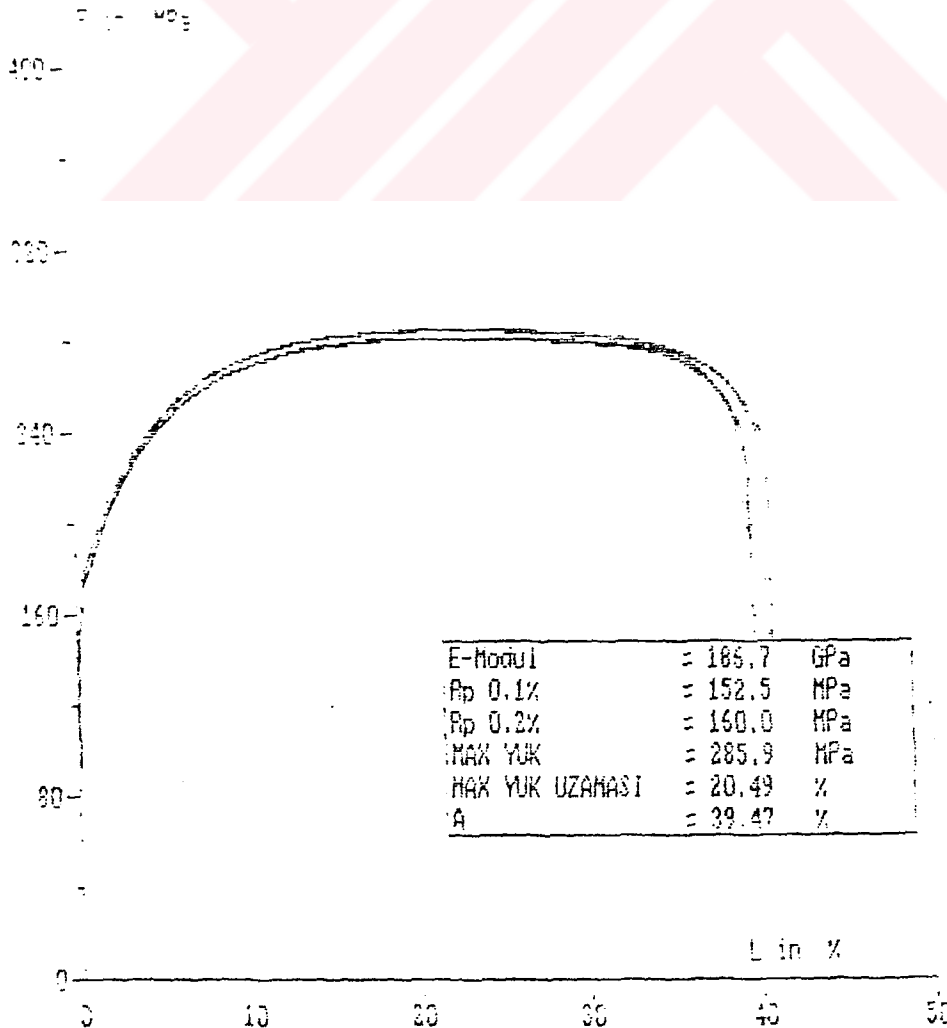
PARAMETERS:

NUMUNE İLK BOYU"LO": 80 mm

TEST HIZI : 12 mm/min

TEST RESULTS:

n	E-Modül GPa	Rp 0.1% MPa	Rp 0.2% MPa	MAX YÜK MPa	MAX YÜK UZANMASI %	A %	İLME DEĞERİ MPa	KOPMA YÜKÜ MPa	TOPLAM UZAMA %	YERİNGİLİK a %	GENİŞLİK b %
1	188.7	152.4	159.6	282.1	21.95	39.74	0.0	209.2	39.9	0.700	19.55
2	180.1	147.0	159.0	295.0	21.70	40.75	0.0	145.0	40.9	0.590	19.69
3	180.9	150.9	160.0	282.0	22.54	40.84	0.0	206.4	41.0	0.700	19.55
4	174.0	154.4	161.0	282.0	20.50	39.80	0.0	152.0	39.9	0.700	19.55
5	186.7	150.0	160.0	285.0	20.49	39.47	0.0	180.0	39.6	0.590	19.55



DYAK-RENAULT
LABORATUVARLAR GRUBU

MEKANİK TEST RAPORU

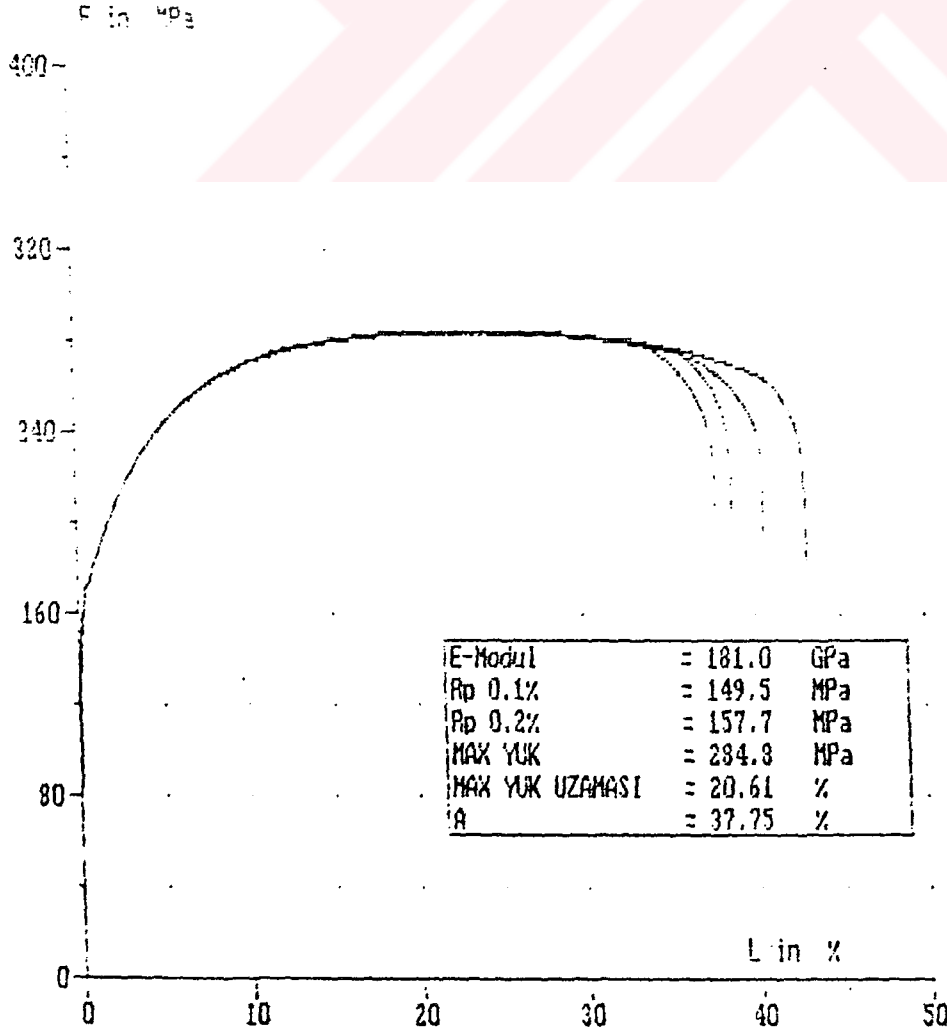
Date : 24.01.1995 Time : 16:01:31

TEST TANIMI: YASSI NUMUNE ÇEKME DENEYİ
MALATCI : BEAUTOR2 GRUP
MALZEME : ARASTIRMA PARÇASI
RAPOR NO : 92455
OPERATOR : N.OZYAYLA

PARAMETERS:
NUMUNE İLK BOYU"LO": 100 mm
TEST HIZI : 12 mm/min

TEST RESULTS:

n	E-Modül GPa	Rp 0.1% MPa	Rp 0.2% MPa	MAX YÜK MPa	MAX YÜK UZAMASI %	A	AKMA SINIRI MPa	KOPMA YÜKÜ MPa	TOPLAM UZAMA %	KALINLIK mm	GENİŞLİK mm
1	133.7	145.1	157.1	284.4	21.45	38.64	0.0	205.5	17.3	0.590	19.99
2	181.0	149.5	157.7	284.8	21.58	37.95	0.0	202.3	17.1	0.590	19.98
3	182.2	151.5	158.4	283.2	22.35	40.49	0.0	211.9	18.6	0.590	20.00
4	181.0	149.5	157.7	284.8	20.61	37.75	0.0	214.2	17.9	0.590	19.98



8 YORUMLAR

Yapılan deneysel çalışmaların grafiklerini inceleyecek olursak şu sonuçlar ortaya çıkar:

Renault 9 Yağ Karteri Biçimlendirme Haritası Deneyi Sonuçları :

Deneyde " XSES " kalite özel derin çekme sacı kullanılmış olup , 1.5 mm kalınlığında sac normal yağ , ince yağ ve yağsız olarak çekilmiş ve sonuçlar aşağıdaki gibi yorumlanmıştır. Deney 400 ton'luk mekanik preste iki kademede gerçekleştirilmiştir.

- 1-) Çizilen grafikler incelendiğinde Üç ayrı deneme sonunda birinci eksen için " İnce Yağ " (Elf Pol 100) ile yapılan çekme işleminin en kararlı eğriyi verdiği ve Yağsız gerçekleştirilen işlemin ise oldukça kararsız bir eğri çizdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak aralarında fazla fark gözlenmemekle birlikte İnce yağlı çekimin başarılı sayıldığı söylenebilir.
- 2-) İkinci eksen için Normal yağlamalı çekimin ilk gerinimler için daha başarılı olduğu buna mukabil son gerinimlerde oldukça kararsız bir yapıda seyrettiği belirlenmiştir. Son gerinimler için ince yağlı çekim kararlı kabul edilebilir. Ancak bu tipte bir yağlama ilk gerinimler için diğerlerine göre daha kararsızdır.
- 3-) Üçüncü eksene göre yapılan deney incelendiğinde, İlk gerinim değerleri için normal yağlamalı çekim diğerlerine oranla daha stabildir. Son gerinim değerleri için ise tüm uygulamalar da kararsız bir tutum göstermektedir.

Renault 9 Sağ ArkaPano Biçimlendirme Haritası Deneyi Sonuçları :

Bu deneyde " ZES " kalite , 0.77 mm kalınlığında sac kullanılmış olup deney 400 ton'luk mekanik preste gerçekleştirilmiştir. Deney bastırıcı basınçları değiştirilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir.

- 1-) Deney birinci eksene göre incelenecek olursa, İki deneme sonunda eğri kararlılığı açısından olmamakla birlikte gerinim değeri açısından bir değişim gözlenmiştir. Normal bastırıcı basıncı ile gerçekleştirilen deneye ait gerinim değerleri, artırılmış bastırıcı basıncı ile gerçekleştirilene göre daha düşüktür.
- 2-) (1) No'lu madde de bahsi geçen sonuçlar bu eksen içinde gözlenmiştir.
- 3-) Bu eksen için Normal bastırıcı basıncı ile gerçekleştirilen deneme sonunda son gerinim için diğer parametreye göre daha kararsız bir yapı gözlenmektedir. İlk gerinim değerlerinde ise belirgin bir değişim görülmemiştir.

" XSES " ve " ZES " Kalite Saclar için Erichsen Deneyi Sonuçları :

Deney yağsız ve %50 konsantre yağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde " XSES " kalite sacın oldukça fazla bir uzama miktarı gösterdiği gözlenmiştir. 8 % 85 mertebesine kadar çıkmıştır.)

Yağlı çekim ile yağsız çekim değerleri arasında da bir fark gözlenmiştir. Buna göre %50 konsantre yağ ile yapılan çekme işleminde böylesine bir ekstremlüğe rastlanmamıştır.

" XSES " ve " ZES " Kalite Saclar için Çekme Deneyi Sonuçları :

Deney en ve boy numuneleri esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Regie Nationale des Usines Renault 'nun normları ile kıyaslanmış ve normal toleranslar içinde olduğu gözlenmiştir. (Ek 1) . (Ek 4 , 5, 6, 7)

SONUÇ

- 1-) Sac parçaların şekillendirilmesinde en önemli husus uygun imalat yönteminin saptanmasıdır. Sac parçalar genel olarak dik parçalar ve eğimli parçalar olarak iki grupta şekillendirilirler.
- 2-) Sac parçaların imalatında derin çekme önemli bir yer almaktadır. Genelde imal edilecek parçanın şekline ve malzemenin metalurjik özelliklerine göre, bastırıcı, bastırıcısız ve çevirme çekme uygulamalarından biri tercih edilir.
- 3-) Şekillendirmede presler kadar pres donanımlarının da önemi büyüktür. Özellikle buruşma , yırtılma gibi sık rastlanan hataların önlenmesinde bastırıcı ve feder uygulaması oldukça yaygındır. Aynı zamanda çekmede uygun kuvvet , hız ve yağlama gibi parametrelerin kullanılması bu gibi hatalarla karşılaşmamak açısından gereklidir.
- 4-) Sac malzemelerin sınır gerinim değerlerinin tespit edilmesi, hatalı imalatın önlenmesinde en önemli faktörlerden biridir. Genel kural olarak malzemelerde yönlenme (R) parametresi sınır gerinim değerine ve belirli bir gerinim değerinde malzemenin nasıl bir şekil alacağına etkilidir.
- 5-) Derin çekme işleminde derin çekilebilirliği etkileyen en önemli olgu taslak çapının zımba çapına oranı ile ölçülen (D_{max}/d) sınır çekme oranıdır. Uygulamada bu değer 2 civarında olduğu kabul edilmekte ise de özel çekme saclarında daha yüksek değerlere ulaşmak mümkündür.
- 6-) Sacların biçimlendirilebilirliğine etki eden bir çok faktör bulunmaktadır. Örneğin pekleşme ile oluşan sertleşme sonucu çatlak oluşumuna etki eden pekleşme üstel gerinim dağılımında etkili olan gerinim hızı duyarlılığı, gerinim özelliklerine etki eden anizotropi katsayısı , şekillendirmede önemli olan akma sınırı , malzemenin metalurjik özellikleri (kimyasal bileşimleri, tane büyüklüğü), sac kalınlığı gibi.
- 7-) Biçimlendirilebilirliğe bu faktörlerin yanısıra kalıp geometrisi , sac parça kenar geometrisi , yağlama ve bastırıcı basıncı etki etmektedir.
- 8-) Şekillendirme esnasında etkin olan hata tipleri buruşma ve çatlaklardır. Bu hatalara birçok faktör etki etmekle birlikte metal akışı ve hata formasyonu üzerinde en etkili işlem parametresi bastırıcı basıncı ve kuvvetidir.
- 9-) Sıradan bir formlama işleminde bastırıcı basıncı ile edinilebilen kap yüksekliği çatlama ve buruşma ile sınırlıdır. Bu sınırlar işlem sırasında bastırıcı kuvvetini koç pozisyonunun bir fonksiyonu olarak ayarlamak suretiyle artırılabilir.
- 10-) Sac malzemelerde biçimlendirilebilirliğin tespitinde bir çok test ve deneylerden yararlanılmaktadır. Bu deneylerin başlıcaları Erichsen ve Ball - Punch testi , Swift testi , Bulge testi , Punc - Stretch testi , Eğme ve Katlanma testi , Çekme deneyi , Jovignot Hidrolik uzatma deneyi , Kiwi Boşluk uzatma deneyi , Fokar Boşluk uzatma deneyidir. Bununla beraber Erichsen Çökertme testi ve Çekme deneyi en yaygın kullanılanlardır.

11-) Sac malzemelerin sınır gerinim değerlerinin tespitinde en etkili yöntem şekillendirme limit eğrisi 'nin çıkartılmasıdır.

12-) Yapılan deneylere göre uygun yağlama yapılması sacın hatasız çıkmasında etkili olmaktadır. Ayrıca bastırıcı basıncının optimum değerde ayarlanması gereklidir. Bu konuda yapılan denemeler göstermiştir ki, gereğinden düşük bastırıcı basınçları buruşmalara ve deformasyonlara, gereğinden yüksek bastırıcı basınçları ise çatlamalara, yırtılmalara, bölünmelere ve gripaj hatalarına neden olmaktadır.



YARARLANILAN KAYNAKLAR :

- 1-) Prof. M.Emin YURCİ " Talassız Şekil Verme " Yıldız Teknik Üniversitesi - Makina Fakültesi - Makina Mühendisliği bölümü - Sayı 248 - İstanbul - 1992
- 2-) Doç. Dr. Tayfur ÖZTÜRK " Derin - Çekme " SEGEM (T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü) - Nisan 1987
- 3-) A.Turan GÜNEŞ " Pres İşleri Tekniği " Bölüm II T.M.M.O.B Makina Mühendisleri Odası Yayın No : 130 - 1989
- 4-) Metals Hand Book Vol 4. Forming , American Society for Metals, 1969 - 1970
- 5-) Prof. M.Emin YURCİ " Kalıp İmal Tekniği " Yıldız Teknik Üniversitesi - Makina Fakültesi - Makina Mühendisliği bölümü - Sayı 251 - İstanbul - 1992
- 6-) Oyak Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş referansları
- 7-) 1984 SAE Handbook Volume 1 " Materials " Section (1-11)
 - Methods of Determining Plastic Deformation in Sheet Metal Stampings " - SAE J863 DEC 81
 - " Properties of Low carbon Steel Sheet and Strip and Their Relationship to Formability " SAE J877
 - " Selecting and Specifying Hot and Cold Rolled Steel Sheet and Strip " SAE J126 JUN 81
- 8-) Workability Testing techniques / editey by George E. Dieter-Metal Park , Ohio : American Society for Metals , 1984, Page 135
- 9-) J. Hiam and A. Lee " Factors Influencing the Forming - Limit Curves of Sheet Steel " Sheet Metal Ind. , November 1978 , Page 1180
- 10-) J.R Newby " Formability Fundamentals " Sheet Metal Ind. , November 1978 , page 1180
- 11-) Doç Dr E.Sabri KAYALI , Doç Dr. Cahit ENSARI , " Metallerde Plastik Şekil Verme İike ve Uygulamaları " , İ.T.Ü. Metalurji Mühendisliği Böl. İst. 1986
- 12-) P.N Richards " Forming and Drawing Sheet Steel " Sheet Metal Ind. Part I October 1981 page 784 , Part II November 1981 , Page 913
- 13-) Doç.Dr. Erdoğan TEKİN " Mühendisler İçin Çelik Seçimi " T.M.M.O.B Makina Mühendisleri Odası Yayın No : 119
- 14-) Annual Books of ASTM Standarts " Steel, Plate, Sheet, Strip and Wire " 1986 - Volume 01.03
- 15-) Kiyota Yoshida , Wako - Shi Saitama " Research - Developments in Research into Sheet- Metal Forming Processes in Japan " Sheet Metal Ind. March 1979 , Page 261
- 16-) Türk Standartları , TS 271 , TS 138, TS 3813, TS 205
- 18-) H.J Kleemola and J.O. Kumpulainen " A Comparison of the Formability of Aluminium and Steel Sheets " Sheet Metal Ind. June 1978 , Page 103

19-) Annual Book of ASTM Standarts" Metals Mechanical Testings Elevated and Low Temperature Tests " Volume 03.01 -Deutsche Normen

20 -) Improving Drawability by Using Variable Blank Holder Force and Pressure in Deep Drawing of Round and Non- Symmetric Parts Mustafa A. AHMETOĞLU , Arjan COREMANS, Gary L. KINZEL , Taylan ALTAN The Ohio State Univ.



RENAULT OTOMOBİL FABRİKALARI SAC MALZEME ŞARTNAMESİ

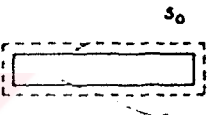
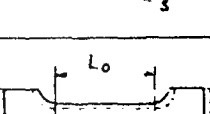
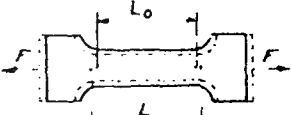
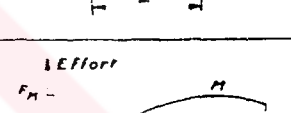
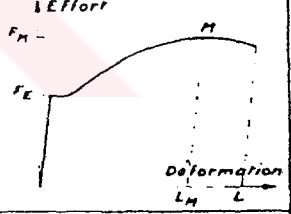
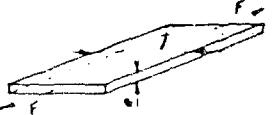
METALURJİK KARAKTERİSTİKLER

KİMYASAL BİLEŞİM [%]								
NÜANS	KARBON EŞDEĞERİ		C max.	Mn max.	Si max.	Z max.	S max.	Al min.
	Ceş = C + max	$\frac{Mn + Si}{6}$						
HC	0.18		0.10	0.50	0.10	0.040	0.040	0.020
HES	0.14		0.08	0.40	0.10	0.025	0.025	0.020
C	0.18		0.10	0.50	0.10	0.050	0.050	0.020
E	0.16		0.10	0.50	0.10	0.035	0.035	0.020
ES	0.14		0.08	0.40	0.10	0.025	0.025	0.020

YAPISAL DURUM		
	NÜANS	100 TANE İRİLİĞİ İÇİN YÜZEY BÜYÜKLÜĞÜ İNDİSİ
LAC	HC	>4
	HES	>6
LAF	C	>4
	E	>5
	ES	>6

MEKANİK KARAKTERİSTİKLER									
NÜANS	İMALAT MODU	TANIMLAMA	Rc [MPa]	Rm [MPa]	A % min.		HRb max.	Deney parametreleri	
					ISO 20x80	$Lo=5.65\sqrt{So}$		n min.	r min.
HC	LAC	HC	200 - 300	290 - 440	25	28	70	—	—
HES	LAC	HES	220 - 280	320 - 370	31	37	61	—	—
C	LAC	C	140 - 260	280 - 380	28	—	65	—	—
E	LAF	E	180 - 230	300 - 360	34	—	57	0.17	1.3
	Folye	FF E						—	—
ES	LAF	ES	e < 1.5	160 - 200	280 - 340	37	—	50	0.19
			e > 1.5	160 - 210					
	Folye	FF ES	160 - 210						

TEMEL SEMBOLLER VE TANIMLAMALAR

A - TEMEL ÇEKME DENEYLERİ				
TANIMLAMA	SEMBOL	BİRİM	TEMEL FORMÜL	GÖZLEM
Deney öncesi (ilk) kesit	s_0	mm^2		
Deney sonrası (son) kesit	s	mm^2		
deney öncesi (ilk) boy	L_0	mm		
deney sonrası (son) boy	L	mm		
Elastik sınırı	R_E	DaN/mm^2	$R_E = \frac{F_E}{s_0}$	
Kopma gerilmesi	R_M	DaN/mm^2	$R_M = \frac{F_M}{s_0}$	
Kopma uzaması	$A\%$		$A\% = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100$	
Uzunluk dağılımı	$A_M\%$		$A_M\% = \frac{l_M - L_0}{L_0} \cdot 100$	Ölçümü zor
Gerçek gerilim	σ	DaN/mm^2	$\sigma = \frac{F}{s}$	
/ Rasyonel deformasyon	ϵ		$\epsilon = \int_{L_0}^L \frac{dl}{l}$	
Pekleşme üssü	n		$\sigma = k \epsilon^n$	k bir katsayıdır.
Anizotropi katsayısı	r		$r = \frac{\Sigma l}{\Sigma e}$	

TEMEL SEMBOLLER VE TANIMLAMALAR

B DEFORMASYON ANALİZİ			
TANIMLAMA	SEMBOL	TEMEL FORMÜL	GÖZLEM
Temel pozitif deformasyon	ϵ_1	$\epsilon_1 = \frac{L-d}{d} \cdot 100$	
İkincil temel pozitif veya negatif deformasyon	ϵ_2	$\epsilon_2 = \frac{l-d}{d} \cdot 100$	
Şekillendirme sınır eğrisi	$\epsilon_1 = f(\epsilon_2)$		
Limit deformasyon	ϵ_1^*		Uygulanan ϵ_2 için bir metalin gösterebileceği teorik deformasyon limiti. Tahmini limit eğri
Dağılım eğrisi	$\epsilon_1 = f(\text{position})$		Formlamadaki maksimal deformasyon eğrisi
<i>Courbe limite</i>	$\epsilon_1^* = f(\text{position})$		ϵ_1 şekil vermede verilen için metalin maksimum ϵ_2 teorik deformasyonu. Şekil vermede tahmini sınır eğri
Emniyet sınırı			
Preslemede ön deformasyon	$\epsilon_1 = f(\epsilon_2)$		
Yol	$\epsilon_1 = f(\epsilon_2, \text{temps})$		

OYAK -RENAULT OTOMOBİL FABRİKALARI
PRES ATÖLYESİNDE
KULLANILAN SACLARIN TANITILMASI

Pres Atölyesi 0.57 mm kalınlıktan 6 mm kalınlığa kadar çeşitli ebat ve kalitede günde ortalama 200 ton , yıllık ise 45000 ton sac kullanmaktadır.

Kullanılan saclardan imalat şartlarına ve arabada kullanıldığı yere göre çeşitli özellikler beklenir. Bu nedenle kullandığımız saclarda kolay şekil alma , paslanma direncinin yüksek olması , darbelere karşı direncinin yüksek olması gibi özelliklerinin olması beklenir.

Pres Atölyesinde kullanılan saclar ;

1 - Üretildikleri yere göre ;

- a - İthal saclar (Sollac , Beautor , Beta)
- b - Yerli saclar (Ereğli)

2 - Yüzey durumuna göre ;

- a - Kaplamalı saclar
- b - Kaplamasız saclar

3 - Araba üzerinde kullanım yerine göre ;

- a - İç yüzey parçalarında kullanılan saclar
- b - Dış yüzey parçalarında kullanılan saclar.

4 - Sac imalat yöntemine göre ;

- a - Soğuk haddelenmiş saclar.
- b - Sıcak haddelenmiş saclar.

5 - Mekanik ve kimyasal analizine göre ;

a - Çekme dayanımına göre

Kullanım yerine göre belli yüklere maruz kalan saclardır. Pres Atölyesinde kullanılan sacların çok büyük bir kısmı çekme dayanımına göre imal edilmiş saclardır.

b - Kimyasal analizine göre ;

Kullanıldıkları yere göre belli alaşım elementleri katılarak birtakım özellikler kazandırılan (paslanmaz çelikler , takım çelikleri gibi) çeliklerdir.

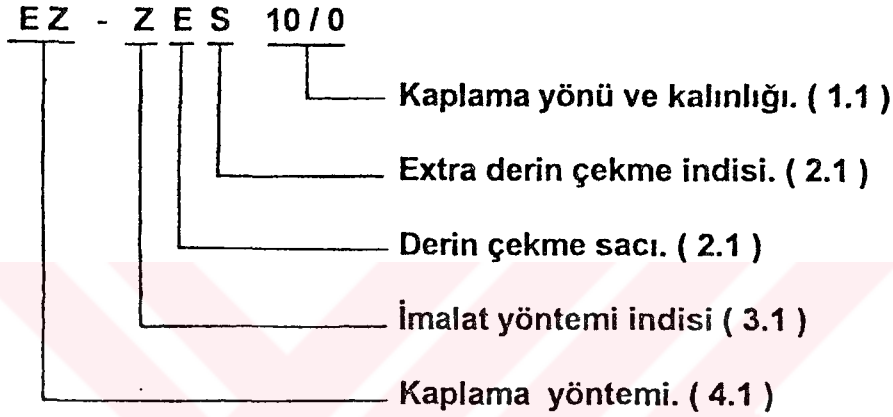
Pres Atölyesinde kullanılan sacların tümünde sacın mekanik ve kimyasal özellikleri , Yüzey kriterleri (Rugosite ve pik sayısı) ile ambalaj ve benzeri kriterler şartnameler ile belirlenmiştir. İmalatçı firma şartnameler ile belirlenmiş sınırlarda ve özelliklerde sac göndermekle yükümlüdür.

İTHAL SAC İNDİSLERİ

Kullanmakta olduğumuz ithal saclar Fransadan geldiğinden paketler üzerindeki sac indisleri gösterimi de Fransız AFNOR standartlarındadır.

NOT :

E : Derin çekme saclarının genel gösterimi.



1.1. KAPLAMA YÖNÜ ve KALINLIĞI :

Sac üzerindeki kaplamanın yönünü ve kalınlığını gösterir.

10 / 0 Gösterimi ; kaplamanın paket açıldığında üst tarafta olduğunu ve kaplama kalınlığının 10 µm olduğunu belirtir.

0 / 7.5 Gösterimi ; kaplamanın paket açıldığında alt tarafta olduğunu ve kaplama kalınlığının 7,5 µm olduğunu belirtir.

10 / 10 Gösterimi ; her iki yüzeyinde 10 µm kalınlığında kaplamalı.

2.1 DERİN ÇEKME İNDİSİ :

E genel olarak çekme dayanımına göre derin çekme sacları indisi.

S İhtiyarlama dayanıklı extra derin çekme indisi.

ES : İhtiyarlama dayanıklı extra derin çekme sacı.

3.1 İMALAT YÖNTEMİ İNDİSİ :

- H : Sıcak haddelenmiş ve dekape sac.
Z : Soğuk haddelenmiş dış yüzey parçalarında kullanılan sac.
X : Soğuk haddelenmiş iç yüzey parçalarında kullanılan sac.
FH : Sıcak haddelenmiş rulo sac.
FF : Skin - pass işleminden geçirilmiş soğuk haddelenmiş rulo sac.
FK : Soğuk haddelenmiş işlenmemiş rulo sac.

4.1 KAPLAMA İMALAT YÖNTEMİ :

- A : Alüminyum kaplama
P : Kurşun kaplama
G : Çinko kaplama
EZ : Elektrik akımıyla çinko kaplama
AS : Çinko ile zenginleştirilmiş kaynak edilebilir kaplamalı sac
ASD : Krom ile zenginleştirilmiş kaplama

ÖRNEK :

- EZ - XES 0/10 : Alt yüzeyi elektrik akımıyla kaplamalı , extra derincekme iç yüzey sacı.
- ZE : Derin çekme dış yüzey sacı.
- XE : Derin çekme iç yüzey sacı.

SAC STANDARTLARI ve ÖZELLİKLERİ

EREĞLİ	DIN 1623	AFNOR NFA 36-401	ÖZELLİK	KULLANIM ALANI
1 1 1 0	-	-	ERDEMİR ÖZEL : Genel kullanımlar için soğuk haddelenmiş alaşımsız çekme dayanımına göre çelik.	Büro eşyaları vb.
1 1 1 2	Ust 12	C	Genel olarak çekmeye uygun saclar : Alaşımsız.	Bazı otomobil parçaları, buzdolabı ,çamaşır makinası mutfak eşyaları.
1 1 1 3	Ust 13	E	Derin çekme gerektiren soğuk haddelenmiş alaşımsız çelikler	Otomobil parçaları Beyaz eşya. Mutfak eşyaları.
6 1 1 4	Ust 14	ES	Yaşlanmaya dayanıklı extra derin çekme saclar. Soğuk haddelenmiş.	Fazla forma sahip otomobil parçaları (kaput ,panolar Kapılar)
-	-	SES	Süper derin çekme sacı (standart dışı)	Karter , pedal sacı kapı astarı gibi fazla çekme gerektiren Parçalarda .
3 1 1 0	-	-	ERDEMİR ÖZEL : Sıcak haddelenmiş alaşım sız çelik.	Otomotiv sanayiinde bazı mekanik parçalar, dikişli borular , makina imalatında.
3 2 5 0	St 50 - 2	-	50 kp/mm çekme mukave metinde, akma sınırı garanti edilen soğuk had. 2. kalite	Otomotiv sanayiinde bazı mekanik parçalar, dikişli borular , makina imalatında.
3 2 6 0	St 60 - 2	-	60 kp/mm çekme mukave metinde, akma sınırı garanti edilen soğuk had. 2. kalite	Otomotiv sanayiinde bazı mekanik parçalar, dikişli borular , makina imalatında.