

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKSTRÜZYONDA MATRİS DİZAYNINA
İLİŞKİN KARAKTERİSTİKLERİN İŞLEM
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Mak. Müh. Osman YELKENCİ

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. M. Emin YURCİ

İSTANBUL, 1995

C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ANTASYON MERKEZİ

1.GİRİŞ	1
1.1.EKSTRUZYON YÖNTEMLERİ	2
1.1.1.VASITASIZ EKSTRUZYON YÖNTEMİ	2
1.1.2.VASITALI EKSTRUZYON	6
1.1.3.HİDROSTATİK EKSTRUZYON	12
1.2.EKSTRUZYON TAKIMLARI	14
1.2.1.ALICI	14
1.2.2.ISTAMPA	15
1.2.3.ÖN LEVHA	16
1.2.4.MATRİS	16
1.2.5.MANDRELLER	18
2.MATRİSLER	19
2.1.MATRİS MALZEMELERİ	20
2.2.EKSTRUZYON MATRİSLERİNİN FORMLARI	21
2.2.1.SOLID MATRİSLER	25
2.2.2.PORHOLE MATRİSLER	28
2.2.3.BRIDGE MATRİSLER	32
2.2.4.SPIDER MATRİSLER	34
2.2.5.MATRİS PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	35
2.3.MATRİSİN İMALİ	40
3.MALZEME AKISI, EKSTRUZYON BASINCI, KUVVETİ VE HIZI	45
3.1.EKSTRUZYONDA MALZEME AKISI	45
3.1.1.MALZEME AKISINI ARASTIRMA YÖNTEMLERİ	46
3.1.2.VASITASIZ EKSTRUZYON YÖNTEMİNDE MALZEME AKISI	47
3.1.3.AKIS TIPLERİ	49
3.1.3.1.A TİPİ MALZEME AKISI	49
3.1.3.2.B TİPİ MALZEME AKISI	50
3.1.3.3.C TİPİ MALZEME AKISI	53
3.1.3.4.D TİPİ MALZEME AKISI	54
3.1.4.PROFİLLERİN EKSTRUZYONUNDA AKMA OLAYI	58
3.1.5.COK DELİKLİ MATRİSLERDEN AKIS	59
3.1.6.MERKEZDEN KACIK, EKSANTRİK DELİKLERDEN AKIS	62
3.1.7.KONİK MATRİSLERDEN AKIS	63
3.2.EKSTRUZYON BASINCI	65
3.2.1.SEKİL DEĞİŞTİRME DİRENCİNİN BASINCA ETKİSİ	68
3.2.2.HIZIN EKSTRUZYON BASINCINA ETKİSİ	71
3.2.3.SICAKLIĞIN EKSTRUZYON BASINCINA ETKİSİ	73

3.3.EKSTRUZYON KUVVETİ	78
3.3.1.AKMA GERİLMESİ	81
3.3.2.SEKİL DEĞİŞTİRME DİRENCİ VE SEKİL DEĞİŞTİRME VERİMİ	81
3.3.3.ALICI VE BLOK ARASINDAKİ SÜRTÜNMENİN EKSTRUZYON KUVVETİNE ETKİSİ	82
3.4.EKSTRUZYON HIZI	83
4.MATRİS DİZAYNI VE DİZAYNA İLİSKİN KARAKTERİSTİKLERİN İŞLEM ÜZERİNDE ETKİLERİ	88
4.1.MATRİS BOYUTLANDIRILMASI VE DİZAYNI	89
4.2.MATRİS MUKAVEMET KONTROLÜ	119
4.3.MATRİS DİZAYNININ MALZEME AKISINA ETKİLERİ	122
4.4.MATRİS DİZAYNININ VE SEKLİNİN EKSTRUZYON BASINCINA VE KUVVETİNE ETKİSİ	130
4.5.MATRİS DİZAYNININ EKSTRUZYON HIZINA ETKİSİ	136
5.SONUC	138
KAYNAKLAR	140
EKLER	141

Ekstruzyonda matris dizaynına ilişkin karakteristiklerin işlem üzerindeki etkilerinin incelenmesi konusunda hazırlamış olduğum lisansustu bitirme tezinin araştırma ve hazırlama konusunda bana yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Prof. M. EMİN YURCİ'ye yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Osman YELKENCİ
1995

ÖZET

Bu araştırmanın amacı talassız şekillendirme yöntemlerinden biri olan ekstrüzyon işleminde, matris dizaynına ilişkin karakteristiklerin işlem üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hususudur.

İmalat sanayinde önemli bir yere sahip olan ekstrüzyonun ilk uygulanış yöntemi vasıtasız ekstrüzyondur. Zamanla yapılan araştırmalar sonucunda, vasıtalı ve hidrostatik ekstrüzyon gibi değişik yöntemler geliştirilmiştir. Ekstrüzyon yönteminde halen en çok kullanılan yöntem vasıtasız ekstrüzyon yöntemidir. Türkiye'de de ekstrüzyon profilleri yalnızca bu metotla imal edilmektedirler. Ancak, ekstrüzyon hızını arttırma, profil kalitesini yükseltme, daha yüksek mukavemetli malzemelerden profil imal etme gibi konularda yapılan çeşitli araştırmalar neticesinde, bir çok ülkede, vasıtalı ekstrüzyon, hidrostatik ekstrüzyon gibi metotların da artan oranlarda kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Profil imalat alanındaki bu gelişmelerin önümüzdeki yıllarda ülkemize'de yansıtacağı şüphesizdir.

Ekstrüzyon işleminde işlem üzerinde en büyük etkiye sahip olan konulardan biri matris dizaynı hususudur. Matris dizaynı işlemin ekonomikliği, profil kalitesi, işlem hızı gibi konularda direkt etkili bir kriter olduğu için dizayn konusuna çok büyük önem verilmek zorunluluğu vardır.

SUMMARY

The aim of this thesis is the effect of the characteristics related to the die design on the extrusion process which is known as one of the plastic deformation process.

The first application way of extrusion in manufacturing technology is direct extrusion. According to the researches by time, some other extrusion methods has developed. The most common method of extrusion is still direct extrusion. In Turkey, only this method is using in manufacturing extrusion profiles. But in the other countries, according to the researches on increasing extrusion speed, increasing the extrusion quality etc. the other extrusion methods are getting more common.

The one of the most effective item on extrusion process is die design. The die design effects, the extrusion speed, extrusion quality, productivity of the process. For this reason die design has a important effect on extrusion process.

1.GİRİS

Ekstrüzyon, metallerin plastiklik özelliğinden yararlanarak şekillendirilecek malzemeyi, basınc vasıtasıyla matristen geçirerek istenen profil şeklinin elde edilmesi yöntemidir.

Ekstrüzyonun ilk uygulaması 1797 yılında kurşun boru için Joseph BRAHAM adında bir hidrolik mühendisinin patent anlaşması ile görülmektedir.Bu uygulamada ilk gelişme 1820 yılında Thomas BURR'un hidrolik pres kullanması ile görülür.Bundan sonra 1837 yılında J. ve C. HANSON adlı araştırmacılar alıcı istampa ve matris düzenlenmesinde yeni gelişmeler sağlamışlardır.Üretim bakımından pres üzerindeki çalışmalar 1867 yılında HAMON, 1870 yılında HEINES, J.ve W. WEEMS,1879 yılında BOREL ve WESSLAU, 1880 yılında EATON, 1894 yılında Alexander DICK ile devam ederek bugünkü modern üretim tezgahlarına ulaşılmıştır.

Halen ekstrüzyon işleminin metalsel malzemelere uygulanmasındaki araştırmalar üç yönde yoğunlaşmaktadır.

- a)Biçimlendirme enerjisinin azaltılması
- b)Bu işleme elverişli metalsel malzemelerin geliştirilmesi
- c)İşlemdaki kalite durumunu etkileyen faktörlerin incelenmesi

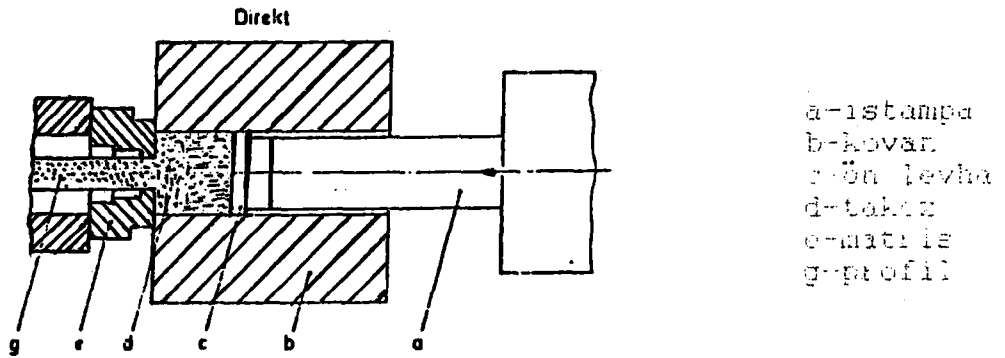
Ekstrüzyon işleminin esas, alıcı içindeki blokun basınç altında istenilen kesit şeklini verecek matris deliğinden geçirilip kesiti küçültülecek şekilde basılmasıdır.

Malzemeye asıl şekil veren matristir.Matris vasıtası ile basit veya karmaşık profiller içi dolu veya boş olarak şekillendirilir.Ekstrüzyon sıcak veya soğuk yapılabilir.

1.1.EKSTRÜZYON YÖNTEMLERİ

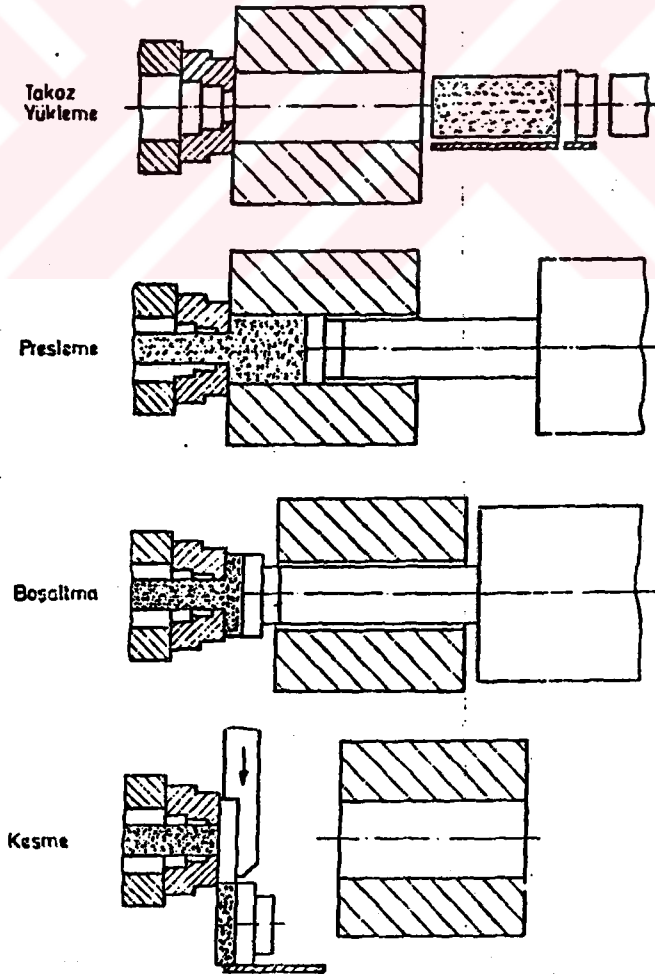
Ekstrüzyon işlemiyle malzemelere şekil vermeye kullanılmaya başlandığında ilk uygulanan ekstrüzyon yöntemi vasitasız ekstrüzyon yöntemi olmuştur. Ekstrüzyon alanında dünyada halen en çok kullanılan yöntem "Direkt (vasitasız) Ekstrüzyon" metodudur. Türkiye'de ekstrüzyon profilleri yalnızca bu metotla imal edilmektedir. Ancak gerek kaliteli çelik üretimi, gerek pres dizayn alanlarında son yıllarda meydana gelen gelişmeler ve gerekse ekstrüzyon hızını arttırma, profil kalitesini yükseltme, daha yüksek mukavemetli malzemelerden profil imal etme gibi konularda yapılan çeşitli çalışmalar neticesinde, birçok ülkede "Endirekt (vasitalı) Ekstrüzyon", "Hidrostatik Ekstrüzyon" gibi metotların da artan oranlarda kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

1.1.1 VASITASIZ EKSTRÜZYON YÖNTEMİ



Sekil 1.1.1. Vasitasız ekstrüzyon prensip şeması/4/

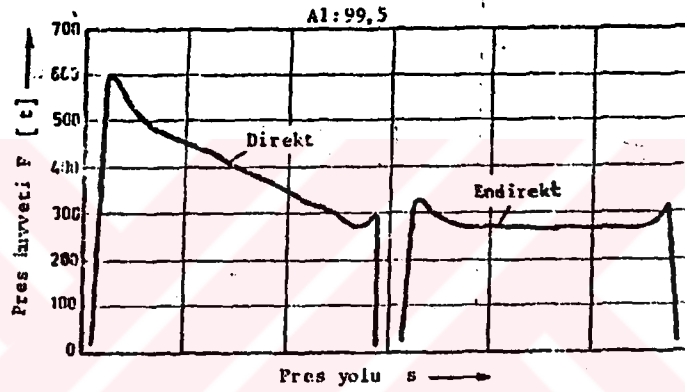
Vasitasız ekstrüzyon, ilk uygulanan ve günümüzde de yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin günümüzde yaygın olarak kullanılmasının nedeni, takım düzenlemesinin basit olması ve işletme yönünden birtakım kolaylıklar sağlamasıdır. Direkt ekstrüzyon metodunda matris ve kovan tüm operasyon boyunca hareketsizdirler. Hareketli olan istampa, takozu kovan içerisinde ileri doğru iterek matrisin profil açıklığından dışarı çıkmaya zorlar. Dolayısıyla, takoz ve kovan arasında, büyüklüğü önemli ölçülere varabilen bir sürtünme meydana gelir.



Sekil 1.1.2. Vasitasız ekstrüzyonda işlem safhaları/4/

Vasıtasız ekstrüzyonda, operasyon takoz ve pulun kovana yüklenmesi ile başlar (Sek.1.1.2). Presleme işlemi sona erdikten sonra, geriye kalan kuyruk kısmı ön levha ile birlikte kovan dışına çıkarılır. Son olarak kuyruk parçası (ara işi) kesilir.

Vasıtasız metotta, pres kuvveti operasyon başlangıcında maksimum bir değere ulaştıktan sonra sürekli olarak düşer.



Kovan çapı : $D_k = 140$ mm
 Takoz uzunluğu : $l_c = 500$ mm
 Deformasyon oranı : $v = 50$
 Kaç hızı : $v = 3,6$ mm/s
 Takoz sıcaklığı $T_c =$ Kovan sıcaklığı $T_k = 400$ °C

Şekil 1.1.3 Vasıtasız ve vasıtalı ekstrüzyonda pres kuvvetinin pres yolu ile değişimi/4/

Vasıtasız ekstrüzyon yönteminde sürtünmenin ekstrüzyon kuvvetine ve ekstrüzyonda malzeme akışına etkisi şekil 1.1.3'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi blok boyu kısaldıkça ekstrüzyon kuvveti azalmaktadır. Blok boyunun kısılması, sürtünen yüzeyin azalmasına, dolayısıyla sürtünme kuvvetinin azalmasına ve neticede toplam ekstrüzyon kuvvetinin düşmesine neden olmaktadır. Sürtünme, işlemin başlangıcında etkili olmaya başladığından blok çevresinin ilerlemesi engellenmekte ve blok merkezi engelleme olmadan akmaktadır. Böylece alıcı için

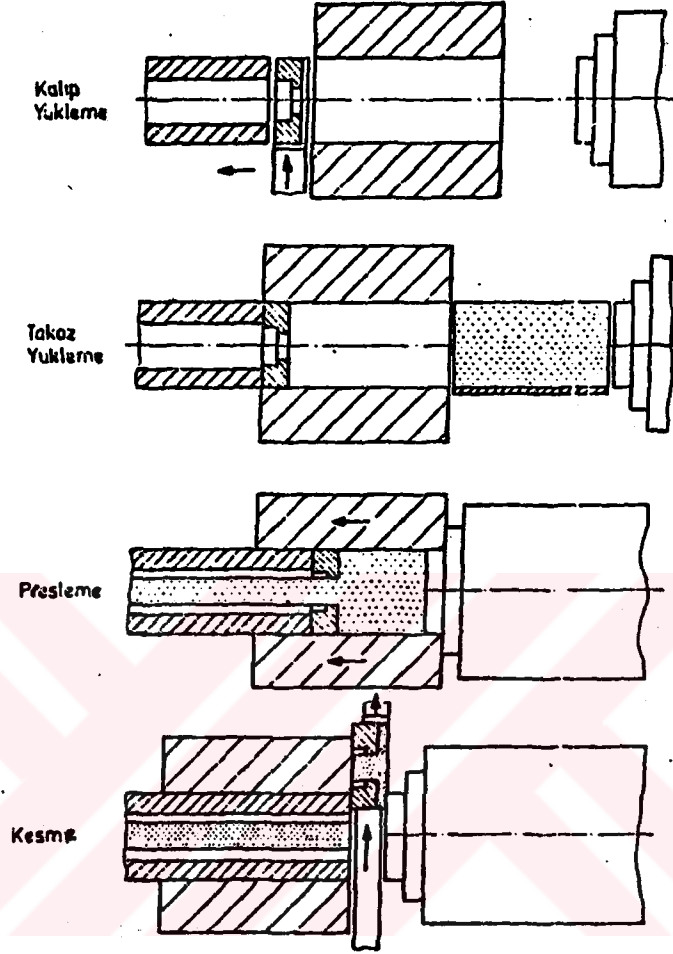
deki malzeme akışı düzensiz olmakta, profil sonu hatalı çıkmakta ve ekstrüzyon artığı çoğalmaktadır. Sürtünmenin bu kötü etkisini minimuma indirmek için yağlama yapılmaktadır. Vasitasız ekstrüzyon yönteminde kayıpların çok olmasına rağmen yaygın olarak kullanılmasının nedenleri şöyle sıralanabilir;

- 1- İstenilen uzunluk, çap ve kalınlıkta mamul eldesi imkanı
- 2- Çeşitli içi dolu ve boş profiller kolaylıkla elde edilir
- 3- Takım düzenlemesi kolaydır
- 4- İşletme açısından kolaylıklar sağlar
- 5- Zarf oluşturarak ekstrüzyon etme imkanı olduğundan blok yüzeyindeki pislikler mamul yüzeyine intikal etmez

Ekstrüzyon metodunun ekonomikliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri de pres hızıdır. Pres operasyonunda uygulanabilecek maksimum pres hızı, maksimum profil çıkış sıcaklığı ile belirlenir.

Vasitasız ekstrüzyon metodunda profil sıcaklığı, takoz ile kovan arasındaki sürtünme dolayısıyla, operasyon başlangıcından sonuna doğru sürekli yükselir. Bu nedenle operasyon esnasında sabit tutulduğu varsayılan maksimum pres hızı, operasyon sonundaki maksimum profil sıcaklığına göre ayarlanır.

Vasitasız ekstrüzyonda, takoz dış bölgeleri takoz ile kovan arasındaki sürtünmeden dolayı frenlenerek diğer bölgelere göre geride kalırlar. Pres yolunun uzun olması, yani uzun takoz kullanılması halinde, bu bölgeler ihtiva ettikleri çeşitli impüritelerle birlikte takoz içerisine akar ve neticede profil kalitesini etkilerler.

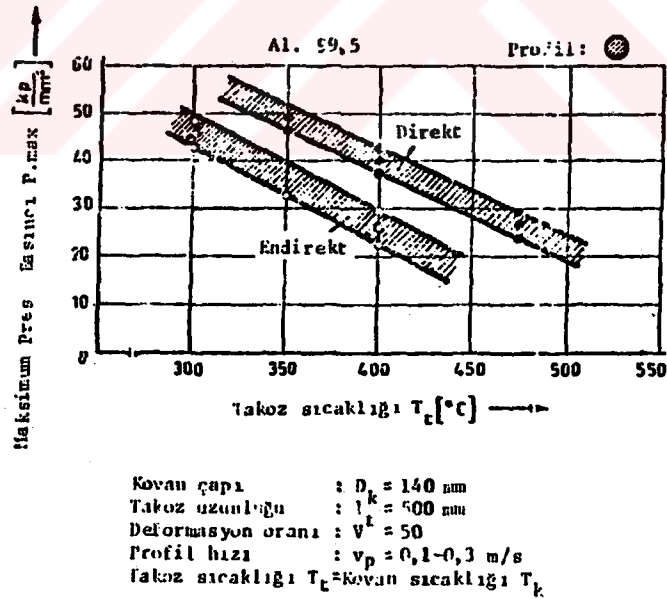


Sekil 1.1.5. Vasıtalı ekstrüzyonda işlem safhaları/4/

Vasıtalı ekstrüzyonda önce matris ve ardından takoz kovana yüklenir. Presleme işlemi yapılır. Matris ve kuyruk parçasının kovan dışına itilmesi ve profilden ayrılması ile operasyon tamamlanır.

Vasıtalı metotta pres kuvveti, direkt metoda oranla çok daha düşük seviyedeki bir başlangıç maksimumuna eriştikten sonra, cüzi miktarda azalarak operasyon sonuna kadar hemen hemen sabit kalır (Sek.1.1.3.). Maksimum pres kuvvetleri arasındaki bu fark, daha önce sözü edilen takoz ile kovan arasındakiki sürtünmeden kaynaklanmaktadır.

Farkın büyüklüğü takoz boyu/kovan çapı oranı ile doğru orantılıdır. Pratikte uygulanan takoz boyu/kovan çapı oranları için tesbit edilen maksimum pres kuvveti farkı kullanılan alüminyum alaşımına bağlı olarak %25-50 arasında değişmektedir. Bu konuyla ilgili olarak Şek.1.1.6'da saf alüminyumun (Al 99.5) vasıtalı ve vasıtasız ekstruzyonunda muhtelif takoz sıcaklıkları için ölçülen maksimum pres basınçları verilmiştir. Görüldüğü üzere takoz boyu/ kovan çapı oranı 3.5 seçilmesi halinde, daire kesitli bir profilin basıncı, aynı şartlar altında vasıtasız metotta gerekli olanın ancak %60-70'i kadardır.



Sekil 1.1.6 Vasıtalı ve vasıtasız ekstruzyonda maksimum pres basıncının takoz sıcaklığı ile değişimi/4/

Vasıtalı metotta, vasıtasız metoda oranla daha düşük sıcaklıkta takoz kullanmak mümkündür. Örneğin şekil 1.1.6'daki operasyon şartları için vasıtasız metotta kullanılan takoz sıcak

lıkları vasıtalı metotta yaklaşık 80°C kadar düşürülebilir. Bu husus özellikle maksimum pres hızı açısından önem taşımaktadır.

Takoz sıcaklığı eşit tutulduğu takdirde, endirekt metotta direkt metoda oranla daha büyük çapta takoz kullanılabilir. Örneğin şekil 1.1.6'daki 400°C'lik takoz sıcaklığı için vasıtalı ekstrüzyonda, çapları vasıtasız metottakilere oranla yaklaşık %20 daha büyük takozlar kullanılabilir. Daha büyük çapta takozların, başka bir deyişle, daha ağır takozların kullanılması profil imalatının ekonomikliği yönünden önem taşımaktadır.

Vasıtalı ekstrüzyonda profil sıcaklığı direkt metottakinden daha düşük seviyede olup, tüm operasyon boyunca sabittir. Dolayısıyla vasıtalı metotta gerçekleştirilen maksimum pres hızları vasıtasız metottakilerine oranla daha yüksektir. Tablo 1.1.1'de verilen alüminyum alaşımları için vasıtalı ekstrüzyonda uygulanan pres hızları, vasıtasız ekstrüzyonda kullanılanların 2-3 katı kadardır.

Tablo 1.1.1 Vasıtasız ve vasıtalı ekstrüzyonda ekst. hızı/4/

MALZEME	DEFORMASYON ORANI	TAKOZ SIC. °C	MAKS. PROFİL HIZI m/dak	
			vasıtasız	vasıtalı
AlCuMg1	52	450	3.0	9.3
AlCuMg2	52	400	2.0	6.2
AlMg5	52	480	4.0	11.6
AlMgSi0.5	52	450	70.0	130

Vasitalı ekstrüzyonda kovan ve takoz arasında bir sürtünme olmadığından, uygulanabilecek maksimum takoz uzunluğu, sadece delikli koçun burkulma boyu ile sınırlanır. Pratikte kullanılan maksimum takoz boyu/takoz çapı oranı 5-7 arasında değişmektedir. Gerek takoz boyları arasındaki bu fark ve gerekse daha önce sözü edilen takoz çapları arasındaki fark dikkate alındığında vasitalı metotta kullanılan takoz ağırlığının vasitasız metotta kullanılanın yaklaşık iki katı olduğu söylenebilir (Tablo 1.1.2).

Tablo 1.1.2 Vasitasız ve vasitalı ekstrüzyonda pres basıncı, takoz ağırlığı ve profil dış daire çapı/4/

	Pres kuv.ton	Kovan çapı mm	Takoz ebatı mm	Takoz ağı.Kg	Pres bas. Kp/mm ²	Prof. dış.çap	Koç bas. Kp/mm ²
VASITASIZ	1600	180	175*630	41	63	145	65
	2000	200	194*710	56	63	160	65
	2500	224	217*800	80	63	180	65
VASITALI	1600	212	206*1000	90	45	100	65
	2000	238	231*1100	125	45	120	65
	2500	265	257*1250	175	45	130	65

Isıl işlemle sertleşebilen alüminyum alaşımlarının yapılarında ekstrüzyon işlemi dolayısıyla tane büyümesi meydana geldiği bilinmektedir. Vasitasız ekstrüzyonda profil yapısındaki taneler, pres operasyonunun başından sonuna doğru, daha önce sözü edilen profil sıcaklığı artışına paralel olarak büyürler. Vasitalı ekstrüzyonda ise tane büyümesi daha az olup, profil sıcaklığı operasyon esnasında değişmediğinden, tüm profil boyunca sabittir.

Örneğin AlCuMg1 malzemedan üretilen ve T4 kalitesinde sertleştirilen rot profillerin tüm boyları üzerinde yapılan incelemelerde;

a- Vasıtasız metotla üretilenlerde, profil ortalarında rot çapının %8'i, buna karşılık, profil sonlarında rot çapının %45'i kadar genişlikte, bant şeklinde iri taneli bölgeler oluştuğu

b- Vasıtalı metotla üretilenlerde oluşan iri taneli, bant formundaki bölgelerin ise rot çapının sadece %5'i kadar bir genişlikte olduğu ve bu durumun tüm profil boyunca değişmediği görülmüştür

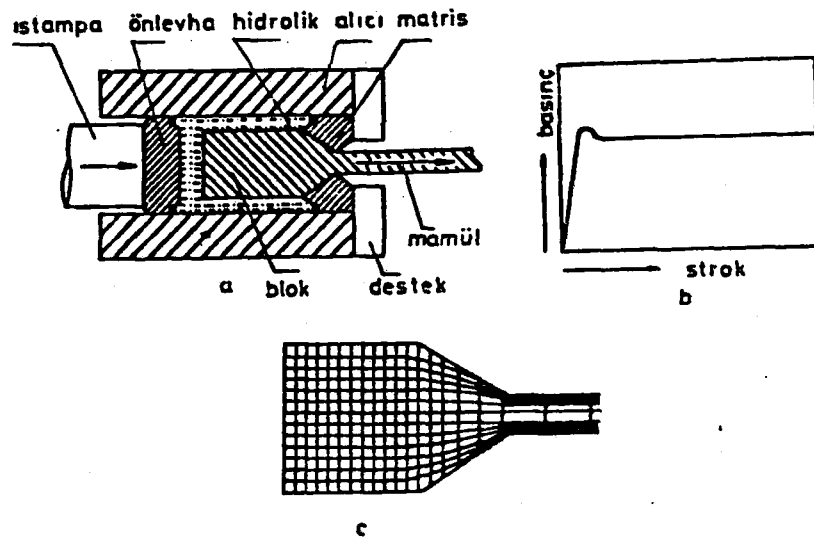
Profil mekanik özelliklerinin profil boyunca değişimi konusunda vasıtalı ekstrüzyon vasıtasız ekstrüzyona oranla daha avantajlıdır, zira vasıtalı metotta gerek profil sıcaklığı ve gerekse pres kuvveti tüm operasyon boyunca önemli bir değişme göstermezler.

Vasıtalı ekstrüzyonda, takoz ve kovan arasında sürtünme olmadığından takoz yüzeyindeki impüritelerin takoz içine akması mümkün değildir. Bu nedenle, pratikte uygulanan kuyruk kalınlıklarında vasıtasız metottakilere oranla çok daha küçüktür. Vasıtalı ekstrüzyonda profil yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktör takoz yüzey kalitesidir. Çünkü bu metotta profil dış yüzeyi direkt olarak takoz yüzeyinden oluşmaktadır. Dolayısıyla iyi bir profil yüzey kalitesi elde edebilmek için kullanılan takozların yüzey kalitesinin iyi olmasına dikkat edilmelidir.

1.1.3. HİDROSTATİK EKSTRÜZYON

Hidrostatik ekstrüzyon yönteminde blok, ıstampa kuvveti ile değil basınç ortamı ile matrilden geçirilmektedir. Bu yöntemde blok, yüksek basınç akışkanı ile çevrilmiştir ve akışkanın basıncı ile ekstrüzyon edilmektedir.

Hidrostatik ekstrüzyon araştırılmasındaki temel amaç, kırılğan ve zor şekillendirilen malzemelerin hidrostatik basınçlar altında şekillendirilebilme özelliği kazanmaları ve kolaylıkla şekillendirilebilmeleridir. Uygulamada hidrostatik ekstrüzyon sadece kırılğan malzemelerin biçimlendirilmesinde kullanılmayıp, alüminyum ve bakır gibi sunek malzemelerin işlenmesinde de avantajlar sağlamaktadır. Bu yöntemde hem sıcak hem de soğuk blokla çalışmak mümkündür. Şekil 1.1.7'de hidrostatik ekstrüzyonun prensibi ve karakteristikleri görülmektedir.



Sekil 1.1.7 a) Hidrostatik ekst. sematik görünümü/6/
b) Ekst. basınc. deg. c) Malzeme akis tipi

Hidrostatik ekstrüzyonun klasik ekstrüzyon yöntemlerine göre birçok avantajları vardır, bunlar;

1-Blok ile alıcı arasında sürtünme oluşmadığından işlem başlangıcındaki ıstampa kuvveti küçülmekte ve ekstrüzyon basıncında bir artış olmaksızın istenilen uzunlukta bloklar ekstrüzyon edilebilir.

2-Blok ile matris yüzeyi arasında oluşan yağ filmi nedeni ile matris yüzeyinde sürtünme büyük oranda azalmaktadır.

3-Belli limitler içerisinde kalmak şartı ile, boyutları kontrol edilmiş silindirik bloklar kullanmak şart değildir.

4-Azalan ekstrüzyon kuvveti ve matris sürtünmesi nedeni ile büyük ekstrüzyon oranlarında çalışılabilmektedir.

5-Yüksek basınçlı akışkan ile çevrili matrise destek sağlanabilir. Bu nedenle karışık kesitli mamuller ince cidarlı matrisler içinden ekstrüzyon edilebilir.

6-İşlem çok yönlüdür. Basit bir matris değişimi ile çeşitli boyutlardaki bloklar ve kesitlerin ekstrüzyonu mümkün olabilmektedir.

7-Hidrostatik ekstrüzyon ile imal edilmiş tellerin mukavemeti klasik tel çekme yöntemi ile imal edilenden daha yüksektir.

Hidrostatik ekstrüzyonun dezavantajları;

1-Akışkanın sıkıştırılmasıyla yüksek basınçlar oluşur. Bu ise verim düşüren ve tehlikeli olabilecek büyük miktarda enerji meydana getirir.

2-Blok ekstrüzyon edilmeye başlandığında, ekstrüzyon hızını kontrol etmek zordur.

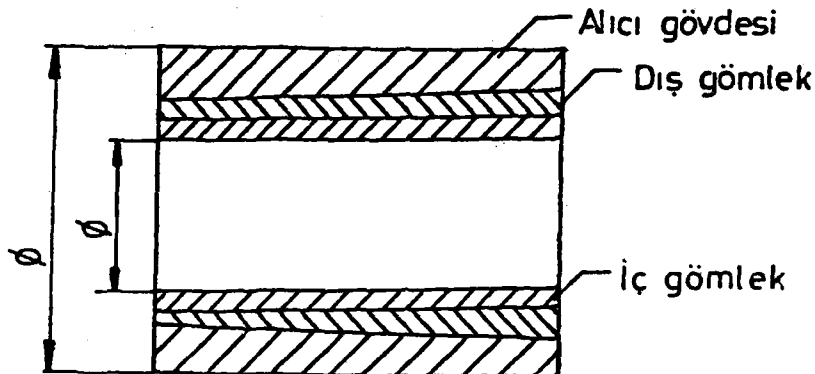
- 3-Donatımda çok iyi bir sızdırmazlık sağlanması gerekir.
- 4-Blokun bir ön işleme tabi tutulması gerekir.
- 5-Matrise aşırı yük gelmemesi için ekstrüzyondan önce blok matris deliğine uygun bir koniklikte işlenmelidir.
- 6-Döküm bloklar kullanıldığında blok yüzeylerinin hatalardan arındırılması gerekmektedir.

1.2.EKSTRÜZYON TAKIMLARI

Ekstrüzyon donanımlarının ana elemanı hidrolik prestir. Tezgah pres gücüne göre anılır. Pres dışında önemli ekstrüzyon takımları alıcı, ıstampa, matris, ön levha ve destektir. Bu takımlar görevlerine göre birtakım zorlamalara maruz kalırlar ve malzemeleri zorlanma durumlarına göre seçilir.

1.2.1. ALICI

Alicı, blokun içine yerleştirildiği ve silindirik olarak imal edilen ekstrüzyonun en önemli takımlarından biridir. Alicı sıcak bloktan aldığı ısıdan dolayı ısıl gerilmelere maruz kalır. Ayrıca ıstampaın bloku sıkıstırmasından dolayı büyük bir iç basınç etkisi altındadır. Alicı iç cidarında meydana gelen çatlama ve aşınmayı önlemek için değıştirilebilir özel çeliklerden yapılmış gömlekler kullanılır.



Sekil 1.2.1 Alici ve gömlekleri

Alıcı dizaynında dikkat edilmesi gereken faktörler ; iç basınç, ekstrüzyon sıcaklığı, sürtünme gibi faktörlerdir. Alıcıların imalinde kullanılacak malzemeler de önemlidir. Bu malzemeler aşağıda bir tablo halinde verilmiştir.

Tablo 1.2.1 Alıcıların imalinde kullanılan malzemeler/6/

TAKIM	Fe,Ni,Ti esaslı alas.	Bakir alasımları	Aluminyum alasımları	Zn,Pb,Sn esaslı alasim.
GOMLEK	2343/2344 2365/2606	2344/2365 2367/2779	2343/2344	2323/2343
GOMLEK TUTUCUSU	2323/2343	2323/2343	2323/2343	2323
ALICI GOVDESI	2312/2323 2343	2312/2323 2343	2312/2323 2343	2312/2323

Alıcı iç çapı yaklaşık olarak biyet çapından 1-2 mm daha büyük imal edilir. Alıcı boyu ise ekstrüzyon edilecek blok boyuna bağlı olarak 30-90 cm arasında bir değere sahiptir. Alıcı üzerinde ayrıca bir ısıtma tertibatı mevcuttur. Bu ısıtma ekstrüzyon esnasında bloğun sabit sıcaklıkta kalmasını sağlar.

Alıcı iç gömleği, yüksek sürtünme ve basınç nedeniyle ve bunun yanında oluşan ısıl gerilmeler sonucu zamanla aşınır ve değiştirilmesi gerekir.

1.2.2. İSTAMPA

İstampa, pres ana pistonundan ayrılabilen ve sıcak biyeti alıcı içinde kalıba doğru iterek ekstrüzyon işleminin gerçekleştirilmesini sağlayan, sıcak iş çeliğinden imal edilen bir parçadır. Bu parça yüksek basınçlara dayanmalıdır.

Bir çok durumda istampanın dayanıklılığı ekstrüzyon işleminde uygulanacak müsaade edilebilir özgül basınç için bir

ölçüdür. Genel olarak 110 Kp/mm² 'lik özgül basıncın üzerine çıkılmaması gerekiyor isede pratikte daha yüksek basınçlar da söz konusu olabilir.

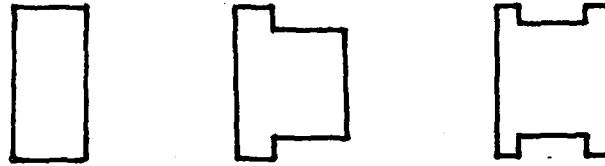
Tablo 1.2.2 Istampası ve ön levha için sıcak iş çelikleri/6/

TAKIM	Fe, Ni, Ti alasımları	Bakır alasımları	Alüminyum alasımları	Zn, Pb, Sn alasımları
ISTAMPA	2343/2344 2365/2606 2706	2343/2344 2365/2567 2606/2889	2323/2343 2344/2714	2343/2714
ÖN LEVHA	2344/2603	2344/2365 2581/2606 2705/2779	2343/2344	

1.2.3. ÖN LEVHA

Ön levha, ekstrüzyon ıstampasını bir çok etkiden korur. Basma ve eğilme gerilmelerine karşı mukavimli olmalıdır. Malzeme cinsine göre ön levha malzemeleri tablo 1.2.2'de verilmiştir.

Ön levhalar 3 tipte olabilmektedir. Bunlar şekil 1.2.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2.2. Ön levha tipleri/2/

Alıcı iç çapı ile, ön levha dış çapı arasında 0.25-1.5 mm bir boşluk olması gerekmektedir.

1.2.4. MATRİS

Matris, üzerinde imal edilecek profilin kesiti kanal şeklinde açılmış, belirli kalınlıkta bir disk şeklindedir. Alıcı

içindeki blokun basınç etkisi ile matristen geçirilmesi sureti ile istenilen profil elde edilir.

Matrisler yüksek basınçlara maruz kalmaktadır. Bu yüzden sıcak iş çeliklerinden imal edilir ve 48-50 HRC sertlikte sertleştirilirler.

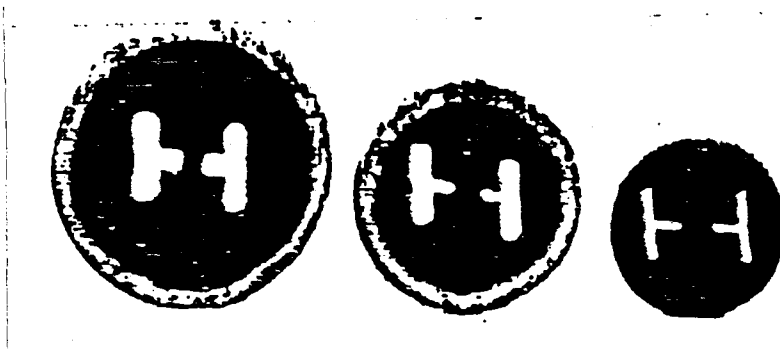
Matriste oluşacak hatalar direkt olarak profile yansır, yani profilde oluşabilecek, özellikle şekil, yüzey ve boyut hataları genellikle matristen kaynaklanır.

Matrislerin yüksek basınçta deforme olmamaları için arkalarına destek konur. Destek, matris arkasına konan ve delik boyutları matrisinkinden büyük olan bir ekstrüzyon takımıdır.

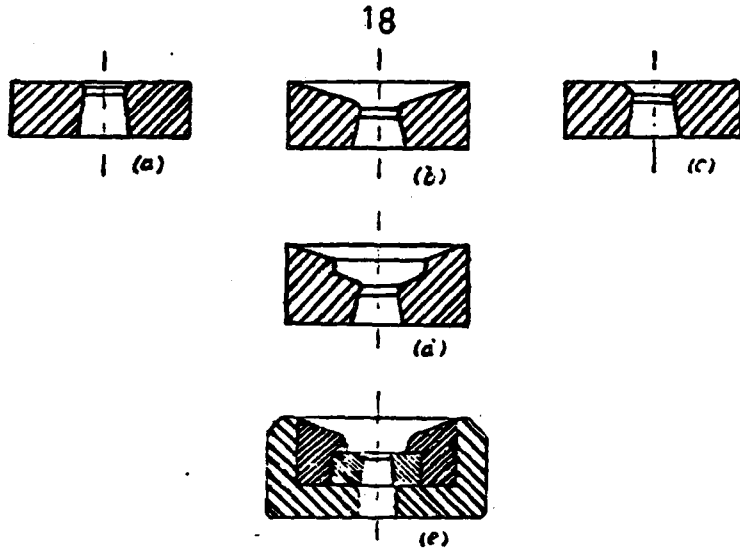
Değişik kesitli profillerin imali için değişik tiplerde matrisler geliştirilmiştir.

Matrisler ısıl ve mekanik gerilmelerin etkisi altında çalışırlar. Matris malzemeleri bu gerilmeleri karşılayabilecek özelliklere sahip olması gerekir. Ayrıca blokun şekil değiştirmesini gerçekleştirmesi ve bundan dolayı oluşacak aşınmaya karşı direncinin yüksek olması gerekir.

Matrislerin dizaynı ve hazırlanması çok teknik bir konudur.



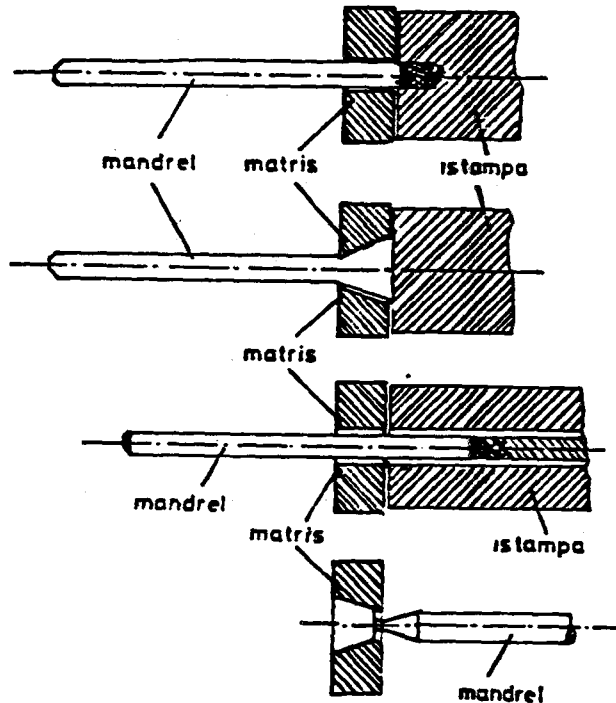
Sekil 1.2.3. Matris, destek ve bolster/1/



Sekil 1.2.4. Cesitli ekstruzyon matrislerinin kesitleri/5/

1.2.5. MANDREL

Mandreller boru ekstrüzyonunda kullanılırlar.Çapları borunun iç çapına göre değişir.Bunlar sıcak malzeme tarafından çepeçevre sarıldığından devamlı ekstrüzyon sıcaklığı ile karşı karşıyadırlar.Bundan dolayı sıcaklık karşısında mukavemet özelliklerini korumalıdırlar.Eğer mandreller delici olarakda kullanılıyorsa eğilme ve basma mukavemetleri yüksek olmalıdır Sekil 1.2.5'te cesitli mandrel kesitleri verilmiştir.



Sekil 1.2.5. Cesitli mandrellerin kesitleri/5/

2. MATRİSLER

Matrisler, ekstrüzyon donatılarının en önemli takımlarından biridir. Matris üzerinde profilin kesiti kanal şeklinde açılmış olan, belirli bir kalınlıktaki disk şeklindedir. Matris ham bloğa basınç altında profil şeklini veren ekstrüzyon takımıdır. Bu sebepten dolayı matris, imal edilecek profilin tüm detaylarını ve toleranslarını içerir. İmal edilecek profilde meydana gelen yüzey ve boyut hataları çoğunlukla matristen kaynaklanır.

Matrisler ekstrüzyon esnasında yüksek mekanik ve ısıl gerilmelere maruz kalırlar, bu yüzden matris malzemesi ve matris dizaynı, matrisin dayanımı açısından çok önemli iki kriterdir. Matris malzemesi ve şeklini etkileyen bir diğer faktörde ekstrüzyon malzemesidir.

Matrisler imal edilecek olan profil şekline göre belirli tiplerde dizayn edilirler.

Ekstrüzyon kuvvetinin azaltılması, mamul ve yarı mamul kalitesini iyileştirmek, ekstrüzyon edilebilir profil çeşidini artırmak için çeşitli matrisler geliştirilmiştir. Bunlar, düz ve konik matrisler, köprülü matrisler, odalı matrisler, spider matrislerdir.

2.1. MATRİS MALZEMELERİ

Matrisler ısısal ve mekanik gerilmelerin etkisi altında çalışırlar. Matris malzemeleri bu gerilmeleri karşılayabilecek özelliklerde olmalıdırlar. Ayrıca blokun şekil değiştirmesini gerçekleştirmesi ve bundan dolayı oluşacak aşınmaya karşı direncinin yüksek olması gerekir.

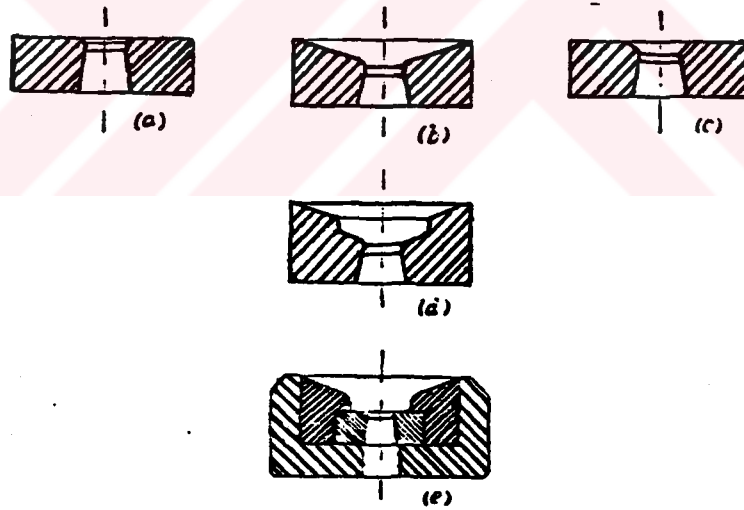
Matrisler genelde çelikten imal edilirler. Matris malzemeleri sünek ve ekstrüzyon sıcaklığında mukavemetlerinin yüksek olması gerekir. Matrisler ayrıca sertleştirme işlemine tabi tutulurlar, sertlikleri 320-375 HB arasındadır.

Alüminyum ekstrüzyonunda genel olarak kullanılan çelikler sıcak iş çelikleridir. Bunlar arasında en çok kullanılanı ise 1.2344 (DIN) çeliğidir (X40CrMoV51). Bu çeliğin özellikleri EK 1'de verilen tablolarda görölmektedir.

2.2. EKSTRÜZYON MATRİSLERİNİN FORMLARI

Ekstrüzyon matrislerinin delik şekli, dizaynı ve profil şeklini veren boşluğun matris üzerindeki yeri, ekstrüzyon işleminin ekonomikliği açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle matris dizaynı ve imalatı bilgi, tecrübe ve ileri teknoloji gerektiren bir iştir.

Matris dizaynından kaynaklanan, malzeme akışı bozuklukları, şekil bozukluğu, yüzey kalitesi bozukluğu gibi faktörler maliyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebepten dolayı matris dizaynı, dikkat edilmesi gereken bir husustur.



Sekil 2.2.1. Yuvarlak, düz ve diğer profillerin ekstrüzyonunda kullanılan matris şekilleri

Ekstrüzyonda sık olarak kullanılan matris, şekil 2.2.1.a'da gösterilen matristir. Çok farklı profiller üzerinde çalışılmış ve metalin akış çizgisine uygun giriş şekli vermek için çaba sarfedilmiştir. Fakat deneyler göstermiştir ki elde edilen bu sonuçlar yeterli değildir. Kaide olarak matris deliği

ağı için küçük yuvarlatma yarıçapları verilmiştir. Matris ağızında yapılan bu yuvarlatma, ekstrüzyon basıncının bir miktar artmasına sebep olur. Buna karşılık keskin kenarlı matrislerin çabuk aşınması sebebiyle ve yüksek ekstrüzyon basıncının gerekli olduğu metallerde yüzeydeki çarpılmaları önlediği için yuvarlatma yapılması uygun görülmüştür. Düşük plastiklik özelliğine sahip metallerin ekstrüzyonunda, matris ağızındaki küçük yuvarlatma, yüzey çatlaklarını önlemeye yardım eder. Ayrıca düzgün yüzeyli, kaliteli imalat yapılmasını sağlamaktadır.

Alüminyum ve alaşımları için keskin kenarlı matrislere uygulanacak yuvarlatma yarıçapları 1-2 mm civarındadır. Alüminyumun matris yüzeyine yapışma özelliği olduğu için matris kanal uzunluğu daha kısa tutulur.

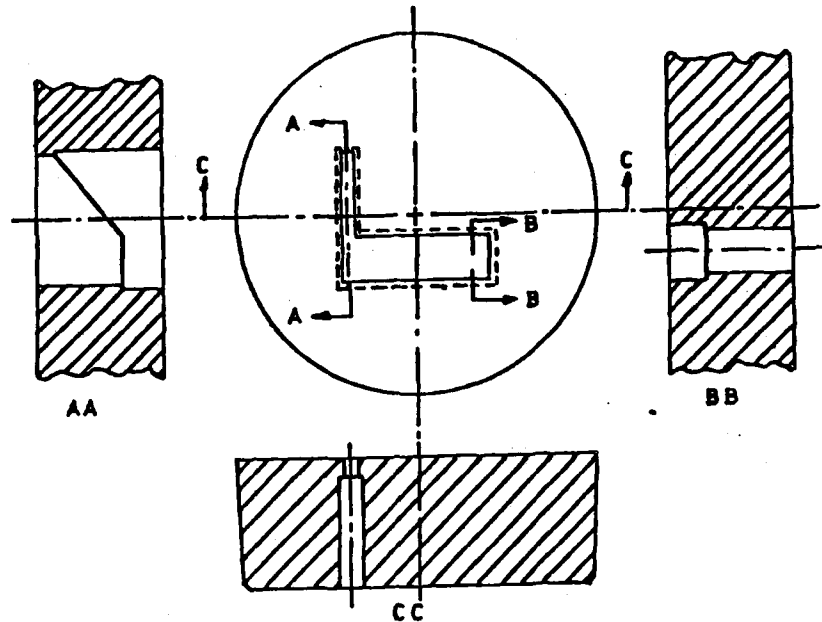
Uzun kanal boyu, matris mukavemetinin ve matris ömrünün artmasını sağlarken, metal akışının zorlaştırır. Kanal boyu 4.76mm'den 12.7 mm'ye kadar değişir. Kolaylıkla ekstrüzyona tabi tutulan malzemeler, büyük çaplı çubuklar için matris kanal boyu daha büyük alınabilir.

Değişik kalınlıklı, farklı profillerin ekstrüzyonunda matris içindeki akış dengeli olarak sağlanmalıdır. Malzeme akışına karşı gösterilen direnç matrisin her tarafında aynı düzeyde olmalıdır. Kanal bölümlerinde akmaya karşı direnç düşük ve kesitin daraldığı kısımlarda veya keskin köşeli yerlerde akmaya karşı direnç yüksek olup, akma hızı değişebilir. Dar bölgelerde, matrisin soğutma tesirinin artması ve matris yüze-

yindeki sürtünme dolayısıyla akış hızında değışiklik meydana getirir.

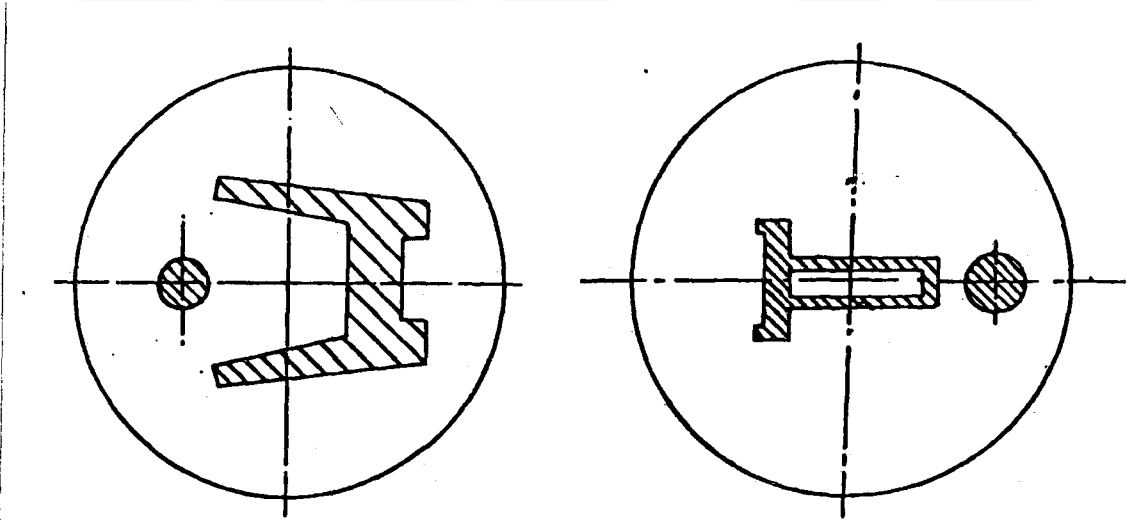
Bu aksaklıklar giderilmediği takdirde ince parçalarda kenarların yırtılması ve ekstrüzyon edilmiş bölgelerin bükülmesine sebep olur. Bunu önlemenin başlıca yoluda akışın kolay olduğu kısımlarda sürtünmenin arttırılması ve matris kanal boyunun uzatılmasıdır. Ayrıca bu noktalardaki kanal kısmına az bir koniklik vererek akışın kısılması suretiyle bu aksaklıklar giderilebilir.

Alüminyum alaşımlarında, basılan malzemenin prüzlü matris yüzeyine yapışma ihtimali olduğu için matris yüzeyleri parlatılmalıdır. Bu işlem yapılmadıği takdirde yüzey kalitesi düşer. Bu amaçla matris yüzeylerini kromla kaplamak bazı üstünlükler sağlamasına rağmen matris yüzeyinin tamamen kaplanması güç bir iştir.



Sekil 2.2.2. Farklı kalınlıklı profillerde matris kanal uzunluğunun kesitlere göre ayarlanması /6/

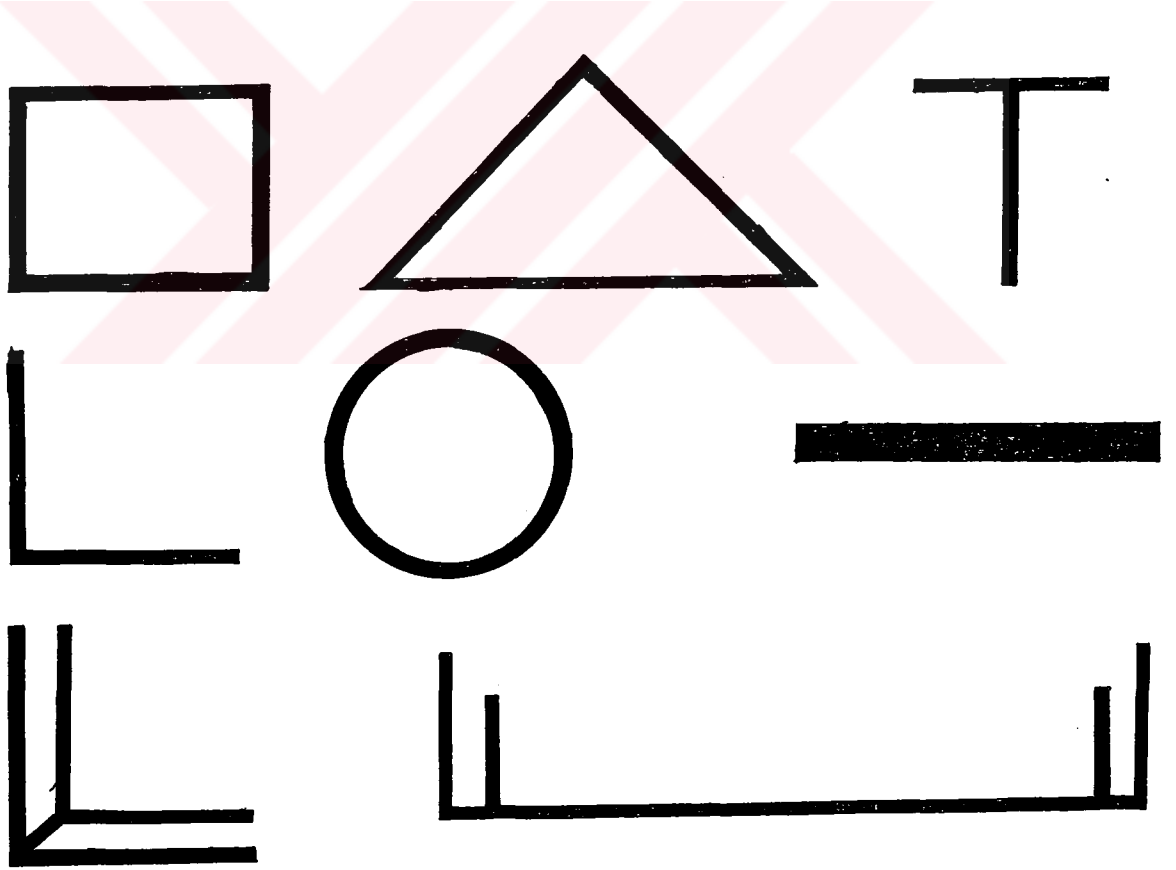
Metalin matris içinde düzgün olarak akmasını sağlamak için homojen plastiklik özelliğine sahip olması gerekir. Boru imalinde, konsantriklik sağlamak için homojen plastiklik özelliğine dikkat edilmesi ve matris eksenine ile mandrel eksenine çakışmalıdır. Bu işlem yapılmadığı takdirde simetrik olarak akış sağlanamaz. Dolayısıyla içi boş profillerde farklı cidar kalınlıkları meydana gelir. İçi boş ve simetrik olmayan iş parçalarının ekstrüzyonunda matris denk olmayan bir basıncın etkisi altında kalır. Bu basıncın etkisiyle matris eğilmeye zorlanır. Matrisin eğilmesini önlemek için matris üzerinde, simetrik iki delik veya bir denge deliği açılır. Şekil 2.2.3.'de simetrik olmayan profillerin matrisinde basıncı dengelemek amacıyla denge deliği açılmış matrisler görülmektedir.



Şekil 2.2.3. Simetrik olmayan profillerin matrislerinde basıncı dengelemek amacıyla açılan denge delikleri/5/

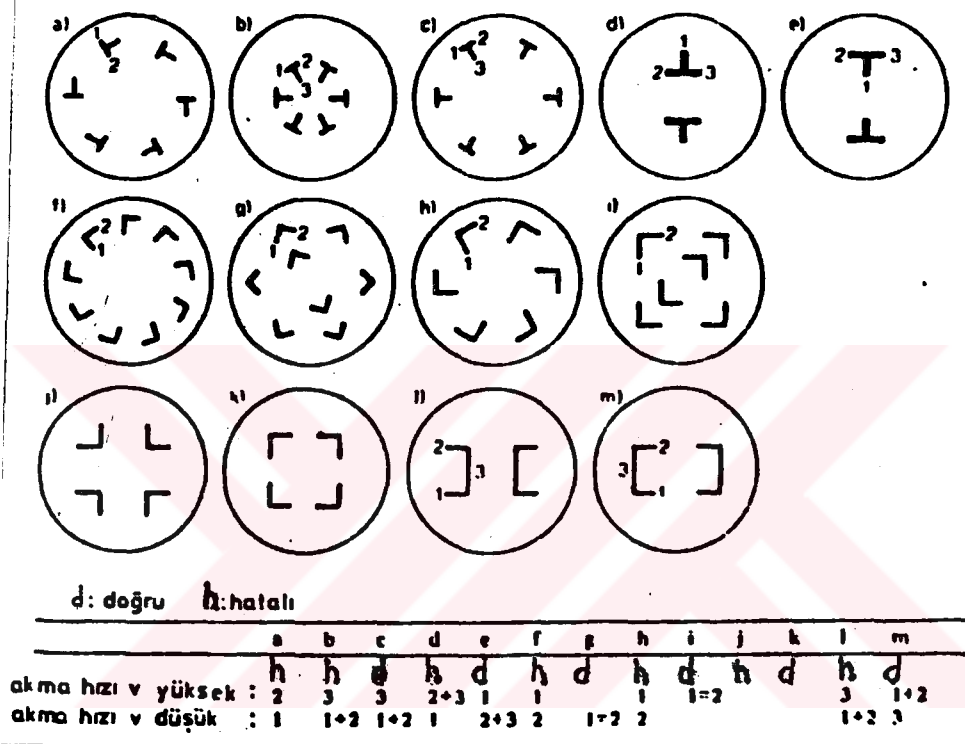
2.2.1. SOLID MATRISLER

Bu tip matrisler dolu profillerin imalinde kullanılırlar. Bu matrislerin dizaynında matris deliğinin yerini belirlemek için bazı temel kurallar dikkate alınmalıdır. Malzeme birikiminin fazla olduğu kısımlar matris kenarına yakın bölgelerde olacak şekilde yerleştirilmelidir. Profillerin ağırlık merkezi genel olarak matrisin ağırlık noktasına yerleştirilmelidir. Sekil 2.2.4.'de çeşitli profiller görülmektedir.



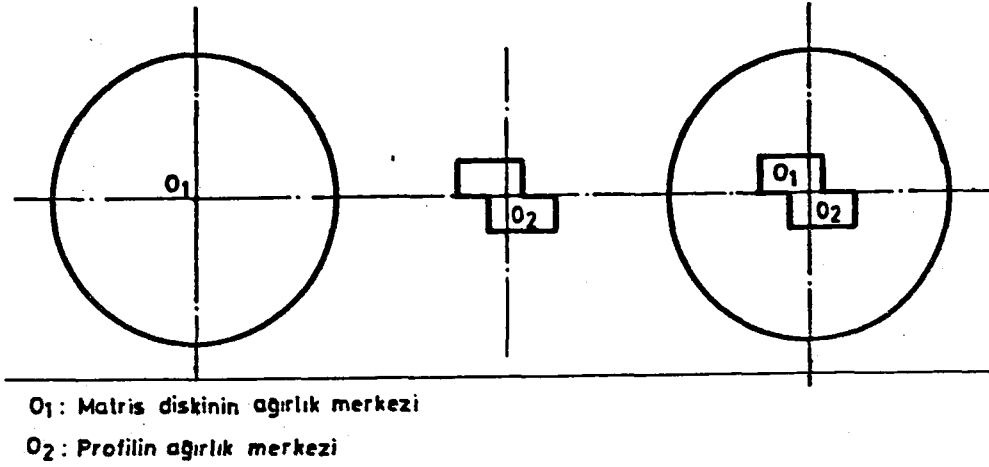
Sekil 2.2.4 Çeşitli ekstrüzyon profilleri

Ayrıca çok delikli solid matrislerde deliklerin simetrik olarak yerleştirilmesi de önemlidir (Şekil 2.2.5.).

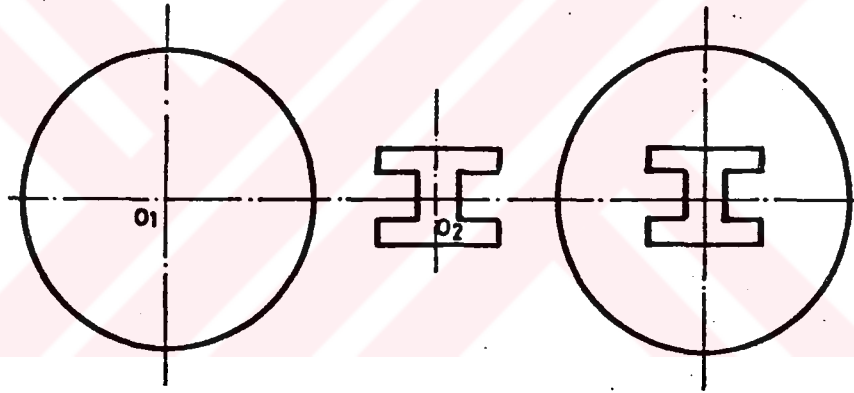


Şekil 2.2.5. T, L, U profillerinin akma hızı kriterine göre matris delik yerlerinin seçimi/6/

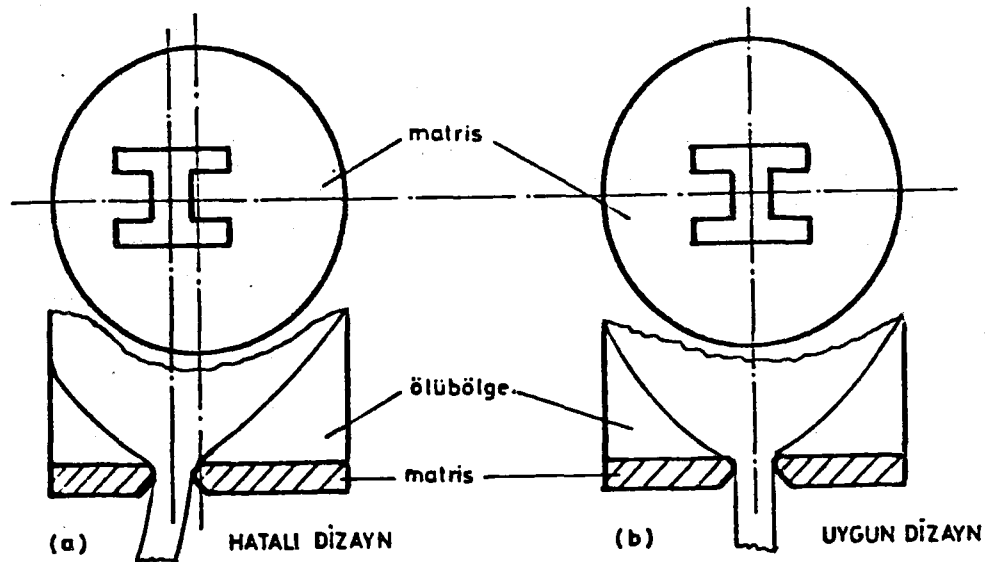
Matris üzerinde tek bir profil deliği varsa profil kesiti- nin ağırlık merkezi matrisin ağırlık merkezi ile çakışmalıdır. Bu sağlanmadığı takdirde kaçıklık meydana gelecektir (Şekil 2.2.6.). Simetrik bir profilde, simetri eksenini ve ağırlık merkezi, matrisin simetri eksenini ve ağırlık merkezi ile çakışmalıdır (Şekil 2.2.7.). Bu çakışma sağlanmadığı zaman malzeme akışındaki homojenlik bozulacak ve profilde eğilmeler başlayacaktır (Şekil 2.2.8.).



Şekil 2.2.6 Profil ağırlık merkezi ile matris ağırlık merkezinin çakışması/1/.



Şekil 2.2.7 Simetrik bir profilin matris yüzeyindeki dizaynı/1/.



Şekil 2.2.8. Hatalı ve hatasız matris dizaynında ölü bölgenin durumu ve mamulde meydana gelen hata./1/.

2.2.2 PORTHOLE (ODALI) MATRİSLER

Porthole kalıpların tasarımı daha karmaşık bir işlemdir. Figürlerin yerleştirilmesi ve ölçülerin belirlenmesi gibi aşamalar solid kalıplardakilerle aynıdır. Figürlerin yerleşiminden sonra zıvana ağzını destekleyecek olan ayak sayısı tesbit edilmelidir. Destek ayakları akımın ayrıldığı ve sonra yeniden kaynadığı bölgeler olduğundan görünür yüzeylerden mümkün olduğunca uzak yerleştirilmelidir. Zıvana bütünüyle bu ayaklar tarafından desteklendiği için bu ayakların, aynı zamanda biyet tarafından zıvana üzerine uygulanan basınca dayanacak güçte olmaları gerekmektedir. Ayakların esnememesi, zıvana ağzının hareket ederek profil ölçülerinde değişmelere sebep olabileceği cihetiyle, önemlidir. Ayakların genişliği deneyimlerle saptanmaktadır ve bu ölçüler çok figürlü, 4 yada daha fazla ayaklı kalıplarda müşterinin gereksinimlerinin tek ayaklı tasarımlara izin vermediği kalıplarda 12 mm'den az olabildiği gibi 45 mm'ye kadar değişebilir. Ayak genişliklerinin asırı olmasından kaçınılmalıdır. Zira aksi taktirde boşaltma alanları küçülecektir.

Ekstrüzyon yapılan metal kalıp üzerindeki boşaltmalardan geçmek durumundadır. Zıvana çok figürlü bir kalıp olarak düşünüldüğünde, kalıp tasarımı bütün boşaltmalara eşit miktarda akım gidecek şekilde yapılmalıdır. Bazı özel koşullarda boşaltma boyutları eşit olmayan akım dağılımları verebilecek şekilde düzenlenebilir, ancak bu yola yalnızca akışın bilinen yollarla kontrol edilemediği kesitlerde başvurulmalıdır.

Daha esdeğer bir akım sağlayabilmek için, alüminyum akışında kenarlardan merkeze doğru olan değişimler göz önüne alınmalıdır.

Boşaltmaların dış uçları (Du) alıcı çapının %85-90'ından büyük olmamalıdır. Bundan sonra alanlar akımın merkezden kenarlara doğru olan değişimine göre bütün portlarda eşit dağılım verecek şekilde ayarlanmalıdır. Alanların kesin olarak hesaplanmasına gerek yoktur, bunlar yaklaşık olarak göz kararı belirlenebilir.

Boşaltma boyutları belirlendiğinde, destek ayak uzunlukları yani kalıp yüzeyinden kaynama bölümünün üzerindeki ayak bite-ne kadar olan uzaklık hesaplanabilir. Ayak uzunluğu zıvananın sağlamlığını belirler. Pratik bir kural olarak bu uzunluk baştan başa ayak açıklığının 0.7 katı olarak belirlenebilir. 0.7 faktörü kalıba bağlı olarak 0.5-1.1 arasında değişebilir. Daha yüksek değerler tek ayak destekli yada zıvana ağzının hareketine izin vermeyecek kadar sağlam dizaynlar için kullanılabilirler.

Alüminyumun kaynaşma bölgesine doğru olan akışı ayaklar üzerindeki 10-18° arasındaki besleme açısıyla (feed angle) kontrol edilir. Bu açının geçiş boyunca simetrik olmasına gerek yoktur. Ayakların izdüşümsel yüzeylerinin figürün kaynama noktalarında kesişmesinde yarar vardır.

Ayakların hemen altından başlayan kaynama bölgesi zıvana üzerine işlenebileceği gibi, kalıbın solid kısmı üzerinde de bırakılabilir ki, bu yaklaşım daha yaygındır.

Kaynaşma boşluğunun boyutları boydan boya ayak genişliğine göre belirlenir.Metal ayak çevresinde akar ve kalıpla zıvananın oluşturduğu figür aralığından geçmeden önce ayakların ge- risinde kaynaşır.

Eğer bu boşluk gerektiğince derin değilse yetersiz ve eksik kaynaşma oluşur.Diğer taraftan aşırı derin boşluklardan da zıvana yüksekliğini gereksiz yere uzatacağı için kaçınılmalıdır.Kaynama odağının kalıbın solid kısmında işlenmesinin di- ğer bir avantajı ise, bu boşluğun yan yüzeylerinin aılandı- rılarak ikincil bir kontrol görevi yaptırılmasıdır.Bazen, - zellikle kck kesitli çok figirli kalıplarda kaynaşma boşlu- ğunun solid kısma işlenmesi, zıvanaya işlenmesinden daha kolaydır.

Kalıbın toplam derinliği ayakların uzunlukları, kaynaşma boşluğunun derinliği ve solid kısmın derinliğinin toplanması ile bulunur.Bu değer pres takımlarının aparat(mhre) derinlik leri ile uyum sağlamalıdır.

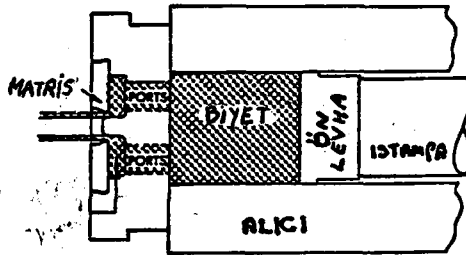
Temel tasarımlar yapıldıktan sonraki aşama geçiş uzunlukla- rının belirlenmesidir.Prosedür solid kalıplar için kullanıla- na oldukça benzerdir.Fakat ayarlamalar ayaklar tarafından ka- patılan bölümlerin akımı doğrudan gören kesimlere göre daha az alüminyum alabilmeleri ve bu bölgelerde akimin daha yavas olması faktörüne göre yapılmalıdır.Bunu takiben temel kurala (yarı çapın merkezden itibaren her 20mm değişiminde geçiş yüksekliği/et kalınlığı oranını 0.25 değiştirme) uyularak, ayaklar altındaki kesitlerde geçiş yükseklikleri bir parça

daha az tutularak daha yavaş bir akım sağlanmış olur. Vidalama çıkıntıları ve diğer küçük detaylara özel önem verilmektedir. Akım bu bölgelerde çok yavaş olduğundan küçük geçiş derinlikleri gerekmektedir. Zivana üzerindeki geçişler genellikle solid kısımdakilerden 1-2 mm daha uzun verilir. Bu sayede yük altındaki zivana üzerindeki esnemeler yada işleme hataları telafi edilmiş olur.

Porthole kalıpların hazırlanmasında kesin bir metot belirlenmemiştir. Genel kurallara uyulmak kaydıyla tasarımcı uygulamada geniş özgürlüğe sahiptir.

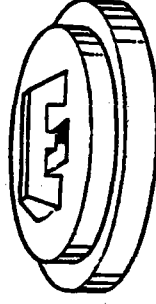


Sekil 2.2.9 İki parçadan oluşan bir porthole matrisi/1/



Sekil 2.2.10 Porthole kalibin ekstrüzyon esnasındaki kesit görünümü/1/

2.2.3. BRIDGE MATRISLER



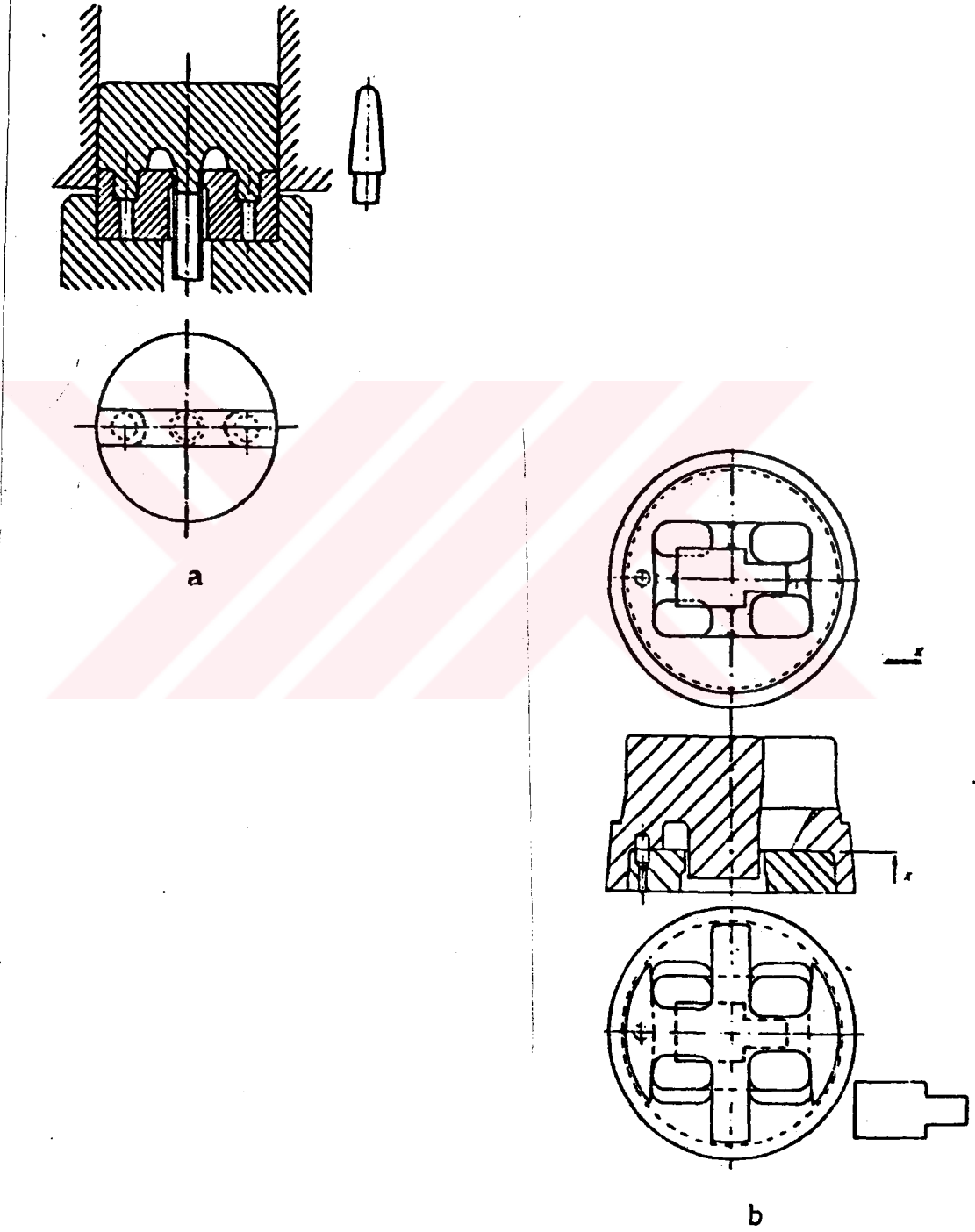
Sekil 2.2.11 Bridge matriste, bridge'in matris arkasına yerleştirilmesi/



Sekil 2.2.12 Bridge matrisin metal giriş ve çıkış kısımları/

Bu matrisler de delikli profillerde kullanılırlar. Köprülü matrisler genel olarak profil yüzeyinden iyi bir kalite beklediğinde kullanılmaktadır. Her ekstrüzyon işleminden sonra kalıntı uzaklaştırıldığından köprülü matris düşük sıcaklıklarda kullanılır. Bu konstrüksiyonun diğer bir avantajı da matrisin arka taraftan monte edilmesi olup, yeni matris durumunda matris giderlerinin düşük olmasıdır. Ekstrüzyon kalıntısının her işlemde sonra alınması iskarta miktarının artması sistemin dezavantajıdır. Ayrıca çekme ve basma neticesinde birbirine ters yönde ortaya çıkan zorlamalar nedeniyle takım-

da kısa sürede aşınma veya kırılma olabilir.



Sekil 2.2.13 Köprülü matrisler; a)Eski tip b)Yeni tip/6/

2.2.4. SPİDER MATRİSLER

Bir spider matris, istenen profil dış kesitinde bir matris ve matris içinde, iç geometriyi veren bir spiderden oluşmuştur. Bu kombinasyon alıcının önüne yerleştirilir ve biyet spiderin bacakları arasından geçerken ayrılan metal bacaklardan sonra kaynama yapar ve matrisi terk eder. Spider matris genellikle düşük ekstrüzyon oranlarında, büyük içi boş profiller için kullanılır. Bu matrisin kontrol ve ayarı için uzun süre temizlik gerektiğinden kullanılması ikinci plana atılmıştır.



Şekil 2.2.14 İki parçalı spider matris/1/

EK 2'de spider matris takım tertibi verilmiştir.

2.2.5. MATRİS PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Matris yüzey boşluğunun tamamı ve matrise bağlı diğer komponentler, pres işletme şartları, takım dizaynı ve bakımı matris performansını etkiler.

En basit şekilli profillerde dahi başarılı bir ekstrüzyon yapabilmek için en önemli faktör matris dizaynidir.

Metal akışını yönlendirebilmek için matris üzerinde değişiklikler yapılabilmesi mümkündür fakat genelde işlem üzerinde bazı değişiklikler yaparak metal akışını kontrol etmek mümkün olmaktadır. Bu değişiklikler; biyet sıcaklığının değiştirilmesi, ekstrüzyon hızının değiştirilmesi, matrisin ekseninde etrafında döndürülmesi, çıkan profili kontrol altında tutacak desteklerin konulması gibi operasyon parametreleridir.

Matrisin üzerinde yapılabilecek değişiklikler; ön giriş bölgesine acı verilmesi, geçiş uzunluklarının değiştirilmesi, matris yüzeyinde taşlama yapılarak akışın dengelenmesi, matris yüzeyinde kaynak yoluyla setler oluşturulması gibi değişikliklerdir.

Presin hareketli platinleri, matris hamili, alıcı, istampa tam düz olmalı, bağlandıkları parçayla tam 90° yapmaları ve hepsinin merkezlerinin çakışık olması gerekmektedir. Bu merkezler arasındaki en ufak bir kaçıklık matris performansını etkileyecektir. Bu merkez kaçıklığı, matris üzerinde dengesiz basınç oluşumuna neden olacak ve akışın dengesiz olmasına sebep olacaktır. Matris üzerinde bir değişikliğe gitmeden önce pres parçalarının merkez kontrolü yapılmalıdır.

Pres yataklamaları da her ay kontrol edilmesi gereken parçalar arasındadır. Yataklamalardaki aşınmalar direkt olarak üretimde hatalara sebep olurlar. Bu tip hatalardan dolayı matrisden çıkan profildeki olumsuzluğu düzeltmek için mutlaka matris üzerinde düzeltme yapılması gerekirse, bu taktirde matrisin bir sonraki ekstrüzyon işleminde de aynı konumda prese yerleştirilmesi gerekir, aksi taktirde profil yine hatalı çıkacak ve matris üzerinde yeniden ayarlama yapılması gerekecektir. Bu da hem vakit kaybına hem de matris ömrünün kısılmasına neden olur.

Ekstrüzyon hızı da matris performansını etkileyen faktörlerden biridir. Düşük hızlarda farkedilmeyen hatalar, hızın artmasıyla ortaya çıkarlar. Ekstrüzyon hızı arttıkça hızlı bölgeler daha hızlı, yavaş bölgeler daha yavaş ilerler ve bu da daha büyük hataları ortaya çıkarır.

Matrisler belirli (ekonomik) bir üretim hizına göre ayarlanir ve bu hızda ekstrüzyon işlemine tabi tutulurlar.

Ayrıca çok ince kesitli profillerde, yüksek ekstrüzyon hızlarında çalışabilmek için homojenize edilmiş biyetler kullanılmalıdır. İnce kesitli profillerde, yüksek hızda çalışma sonucunda (eger homojenize edilmemiş biyet kullanılıyorsa) yüksek sıcaklıklar nedeni ile yırtılmalar (profil yüzeyinde) meydana gelecektir.

Matris-alıcı-pres üçlüsünü incelersek, alıcı boyutları ile metal akışı arasında bağlantı vardır. Belirili bir alıcı ölçüsüne sahip bir preste çalıştırılan ve o prese göre ayarlanmış

olan bir matrisi başka bir preste (değişik alıcı ölçülerine sahip) çalıştırdığımız zaman, matristen aynı sonucu almak pek mümkün olmaz.

Alüminyum ekstrüzyonunda genelde iki tip akış karakteristiğine rastlanır. Bunlardan birincisi biyet merkezindeki akış hızı, biyet kenarlarına göre daha hızlıdır. Bu tip akış, ekstrüzyon edilen profillerin istenen mekanik özelliklere sahip olmasını sağlar. Diğer akış tipinde ise biyet dış yüzeyi ile alıcı yüzeyi arasındaki direnç muhafaza edilir ve böylece yüzeydeki oksit ve diğer istenmeyen artıklar ara işi parçasında kalır. Dengesiz metal akışının istenmeyen bir diğer sonucuda, profilin matristen çıkarken dönme yapması durumudur. Bu problemle her matriste karşılaşılabılır, fakat genelde maksimum daire çapındaki profil kalıplarında daha fazla görülür.

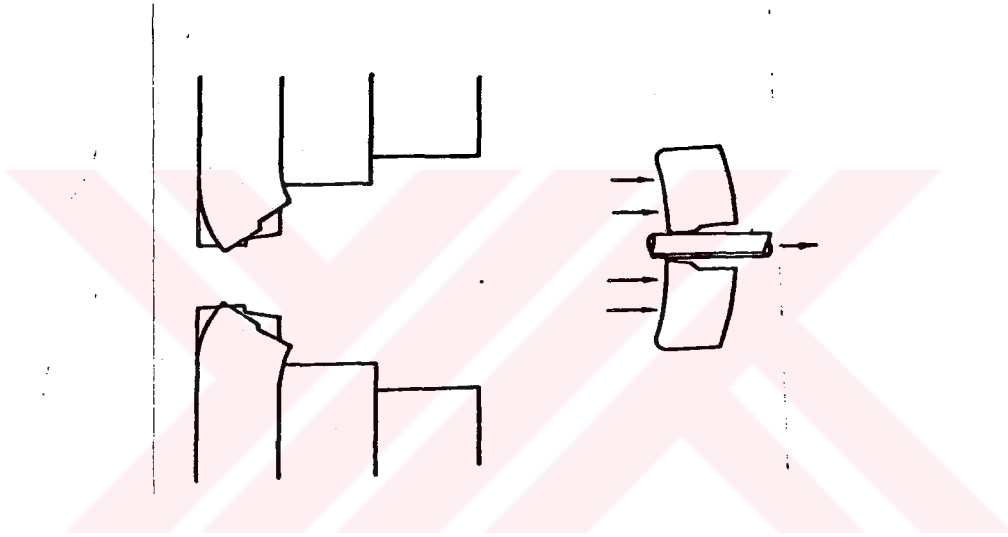
Matris performansını etkileyen bir başka faktörde matris üzerinde açılan oyukların merkeze olan mesafelerinin eşit olması gerekliliğidir. Bir deliğin matrise olan mesafesi diğerlerinden daha fazla ise uzakta olan delikteki akış daha yavaş olacaktır.

Bir önemli kuralda matris yerleştirilmesinin düzgün olması gerekliliğidir. Özellikle matris ve destek arasında yer alabilecek olan talaş veya bir metal parçası, çok küçük dahi olsa, matris veya dayamada kırılma ve çatlamalara neden olabilir.

Ayrıca mührenin matris hamiline yerleştirilmesi hususu da çok önemlidir. Bu yerleştirme yapılırken çok dikkat edilmelidir. Matris hamili içinde olabilecek toz, metal parçaları, gi-

bi istenmeyen faktörler, matris hamilinin tam oturmasına neden olur ki buda matris ile alıcı merkezleri arasında kaçıklığa neden olur.

Ekstrüzyon işlemi süresince yüksek basınç ve sıcaklık nedeni ile matris yüzeyinde konkavlaşma görülebilir.



Sekil 2.2.15 Ekstrüzyon basıncı etkisi ile matriste şekil değişimi/2/

Bu tip bir çökme matris boşluğunun küçükmesine neden olur ve bu yüzden istenen ölçülerde profil elde edilemez. Bu şekil değiştirme merkezde daha fazla görülür.

Matris performansını etkileyen bir diğer faktörde matrislerin yağlanması konusudur. Alüminyum ekstrüzyon matrisleri daha iyi yüzey kalitesi, daha az aşınma ve daha düşük basınçlarda çalışabilme amaçlarıyla yağlanırlar.

Yağlayıcı aynı zamanda alüminyum ile çelik matris arasındaki direnci azaltır. Kullanılan yağlar genelde grafit esaslı yağlardır.

Yağlama işlemi genelde ekstrüzyona başlandığı zaman uygulanır. Matris boşluğunun büyük olduğu yerlerde akış daha hızlı olacağından, küçük bölgeler yağlanarak akış dengelenmeye çalışılır. Matris yağlayıcısının yanlış kullanılması da problemler yaratabilir. Yağlayıcının yanlış ve fazla kullanılması imal edilen profil üzerinde yüzey hatalarına yol açabilmektedir.

Matrislerin temizlenmesinde ise kostik (NaOH) kullanılır. Kostik'in etkisi ile ekstrüzyon basıncında düşme, daha düşük sıcaklıkta çalışabilme, daha yüksek hızlar ve daha iyi yüzey kalitesi elde edilebilir. Kostik %10-25'lik bir çözelti olarak hazırlanır, yaklaşık 140 F 'a ısıtılır ve matrisler içinde temizlenmeye bırakılır. Kostik'in deriyle ve gözlerle temas etmemesine dikkat edilmelidir.

Matris performansını etkileyen bir diğer faktörde matrislerin sertleştirilmesidir. Matris sertliği belirli bir değerde olmalıdır. Genelde 50 HRC ideal sertlik olarak kabul edilmiştir. Sertlik değeri daha yüksek olan matrislerde, matris yüzeyinde oluşan yıpranmaları, tesviye yoluyla gidermek pek mümkün olmaz.

Sıcak alüminyum tabii ki çelikten daha yumuşaktır. Bu yüzden dolayı 35 HRC'lik bir sertlik değerinin yeterli olduğu düşünülebilir. Fakat alüminyumun yüzeyinde yer alan oksit tabakası gayet aşındırıcı bir tabaka olup, en sert çeliklerde ve hatta karbürlerde dahi aşınmaya neden olabilir.

Matris yüzeyindeki aşınmaları azaltmak için geliştirilen

yeni işlemlerden biri de kritik geçiş yüzeylerinin tungsten karbür kaplanmasıdır. Karbür tabakasının kalınlığı 0.005-0.038 milimetre arasında bir değerdir.

Matrislere uygulanan bir diğer işlemdedir nitrasyon. Bu yöntemle alaşımlı çelikler çeşitli katkıları ile sertleştirilir. İşlem nitritlerin çelik üzerinde formasyonuna bağlıdır, işlem nitrojenin bazı alaşım elemanları ile beraber çelik üzerinde reaksiyona girmesiyle olur.

2.3. MATRİSİN İMALİ

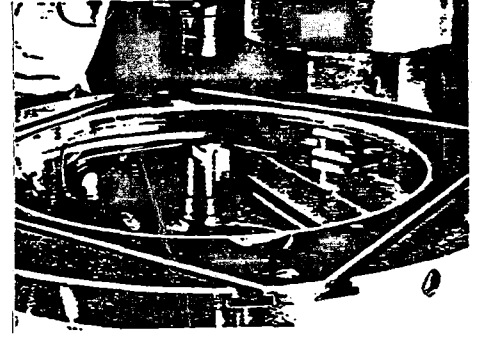
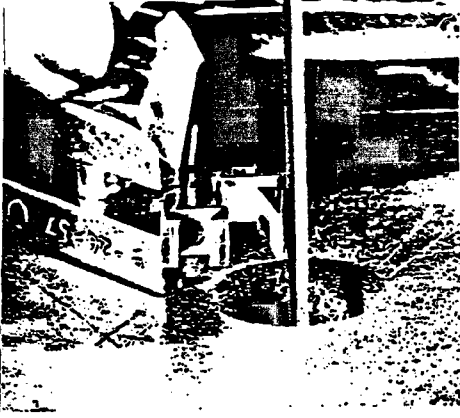
Matrisin imali hem teknik hem de estetik isteyen bir işlemdir. Birbirinin aynısı olarak imal edilen iki matris, aynı işletme şartlarında çalıştırılırsalar dahi aynı üretim performansını vermeyebilirler.

Aşağıda verilecek olan örnekte, alüminyum ekstrüzyonunda kullanılan bir matrisin imalat aşamaları belirtilmektedir.

Operasyonlar için yaklaşık işlem süreleri verilmiştir, fakat unutulmamalıdır ki bu süreler matrisi imal eden kişiye ve kullanacağı takımlara ve tezgahlara bağlı olarak değişecektir.

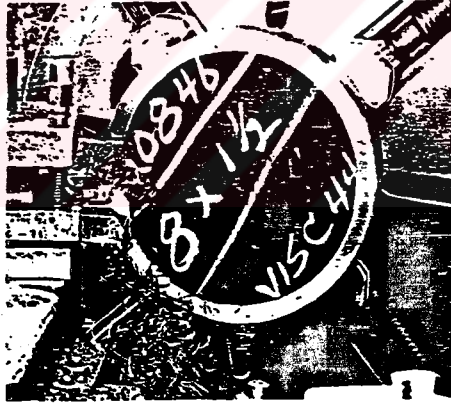
Matris üzerindeki mekanik operasyonlar;

Örnek olarak verilen bu matris üzerindeki mekanik işlemler toplam olarak 48 saat sürmektedir. Isıl işlem süresi bunun haricindedir. Matris üzerinde işlemlere başlanmadan önce bir şablon hazırlanır. Bunun takribi süresi 7 saattir. Şablon bir alüminyum levha üzerine profil dış geometrisinin işlenmesi şeklinde elde edilir.



Sekil 2.3.1 a)Şablonun hazırlanması b)Kontrolü/1/

Daha sonra matris çeliğinin tornalanması işlemi gerçekleştirilir ve bu işlem için 50 dakikalık bir süre gerekir.



Sekil 2.3.2 Matris çeliğinin tornalanması/1/

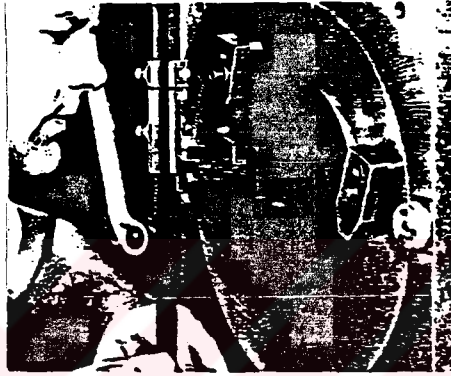
Bu işlemden, işlem hızı 250 dev/dak ve ilerleme ise, kaba pasoda 0.6 mm/dev, son pasoda ise 0.15 mm/dev olarak seçilmiştir. Paso miktarı ise, kaba pasoda 1.6 mm, son pasoda ise 0.12-0.25 mm olarak seçilmektedir.

Değişik çaplardaki matrisler için tavsiye edilen işleme hızları aşağıda verilmiştir.

150-180 mm	matris -	330 dev/dak
200-230 mm	matris -	250 dev/dak
250-300 mm	matris -	180 dev/dak
350 mm	matris -	125 dev/dak

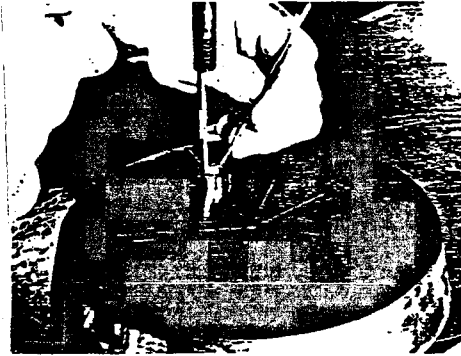
Daha sonra 5 dakika süren bir taşlama işleminden sonra matris işlenmeye hazır hale gelir.

Matris yüzeyinde yerleştirme çizgilerinin çizilmesi 1 saat alır.



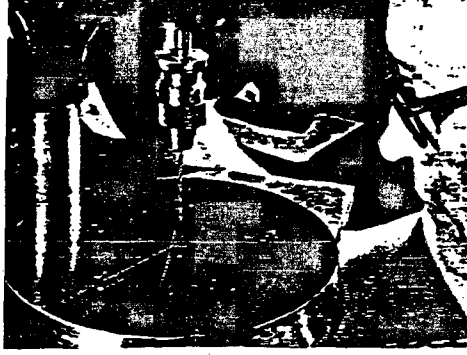
Sekil 2.3.3 Matris yüzeyinde yerleştirme çizgilerinin çizilmesi//

Daha sonra şablonun matris üzerine kopyalanması işlemine geçilir ve bu işlem 1.5 saat sürer. Matris arka yüzeyinde frezeyle yapılacak olan boşaltma işlemi ile ilgili hesaplamalar ve matrisin frezeyle yerleştirilip işleme hazır hale gelmesi 3 saat sürer.



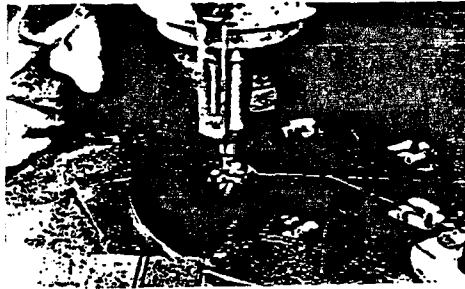
Sekil 2.3.4 Şablonun matris üzerine kopya edilmesi//

Daha sonra her figür üzerinde açılacak olan başlangıç delikleri açılır. Bu işlem 2 saat sürer.



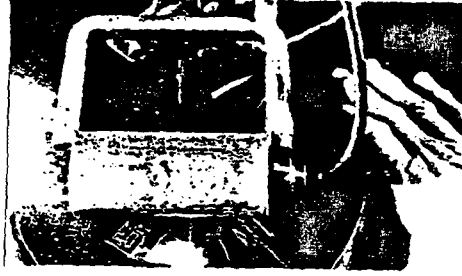
Sekil 2.3.5 Başlangıç deliklerinin açılması/1/

Daha sonra matrisin arka kısmının frezede boşaltılması işlemine geçilir. Bu işlem 14 saat sürer. Bu işlemde kullanılan freze uçları 3/32" (1.5° ve 3°) ve 1/8" (1.5° ve 3°) lik uçlardı. İşleme hızı ise 650-1050 dev/dak idi, ilerleme el ile veriliyordu.



Sekil 2.3.6 Matris arka kısmının frezede boşaltılması/1/

Testereleme işlemi için gerekli olan başlangıç deliklerinin açılması 1 saat sürer. Daha sonra makina ile testereleme işlemine geçilir. Bu işlem 5 1/4 saat sürer. Burada işlem hızı 27-30 m/dak. dir. Son finiş işlemi için kil testere kullanılır ki bu işlem de 1.5 saat sürer.



Şekil 2.3.7 1/16"*0.038" lik testere ile testereleme/1/
Matriste metal geçiş yüzeylerinin eğeleme ve zımparalama suretiyle parlatılması işlemi matris imalinin son aşamasıdır ve bu işlem en uzun süreyi kapsar ve yaklaşık 17 saat sürer.

Mekanik işlemlerin bitmesinden sonra matrisin sertleştirilmesi işlemi yapılır ve matris kullanıma hazır hale gelir.



Şekil 2.3.8 Metal geçiş yüzeylerinin eğelenmesi/1/

3. MALZEME AKIŞI, EKSTRÜZYON BASINCI, KUVVETİ VE HIZI

3.1. EKSTRÜZYONDA MALZEME AKIŞI

Ekstrüzyon işleminde, genellikle aralıklı bir çalışma yapılmakta, yani ilk blokun ekstrüzyonundan sonra ikinci blok alıcıya yerleştirilmekte ve böylece blokta sıcaklık farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca blok ile alıcı, ön levha, matris yüzeyi ve kanalında sürtünme oluşmaktadır. Bu durumda blok ön kısmından blok sonuna kadar eşit olmayan akış durumları ortaya çıkmaktadır. Farklı akış durumları, ekstrüzyon kuvvetinin değişmesine, malzeme kesiti ve boyunda farklı malzeme özelliklerine ve diğer ekstrüzyon hatalarına sebep olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı alıcıdaki malzeme akışının incelenmesi gerekir.

Ekstrüzyon işlemi esnasında malzemenin hareketi yani malzemenin akışı imalatın kalitesini çok büyük oranda etkilemektedir. Malzemenin akışının düzenli veya düzensiz olması mamulün kaliteli veya kalitesiz olmasına sebep olur. Aynı zamanda malzeme akışı ekstrüzyon kuvvetlerinin belirlenmesinde de önemli rol oynar. Malzeme akışını, birinci derecede ekstrüzyon edilen malzemenin özellikleri olmak üzere çok sayıda işlem faktörü etkilemektedir. Aşağıdaki tabloda malzeme akışını etkileyen faktörler verilmiştir.

FAKTÖRLER

- 1- Yöntem
- 2- Matris biçimi
- 3- Yağlama
- 4- Sıcaklık
- 5- Mamul biçimi
- 6- İş parçası
- 7- Ekstrüzyon oranı

OLASILIKLAR

- 1- Vasitasız, vasitalı, hidrostatik
- 2- Düz, konik, tek ve çok delikli
- 3- Yağlamalı, yağlamasız
- 4- Sıcak, soğuk
- 5- Çubuk, profil, boru, tel
- 6- Plastiklik özelliği
- 7- Küçük, büyük

3.1.1. MALZEME AKIŞINI ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Malzeme akışının araştırılmasında değişik bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bütün bu yöntemler, blok içinde malzeme akışını gösterecek markalama tarzına ve araştırmada kullanılan malzeme cinsine göre üç grupta toplanabilir.

Kullanılan malzeme cinsine göre ;

a) Plastikliği yüksek malzemelerden (mum, plastilin, vs.) modeller.

b) Bicim değiştirme kabiliyeti yüksek metalsel malzemelerden modeller (Pb, Sn, Bi, Zn ortam sıcaklığında veya düşük sıcaklıklarda)

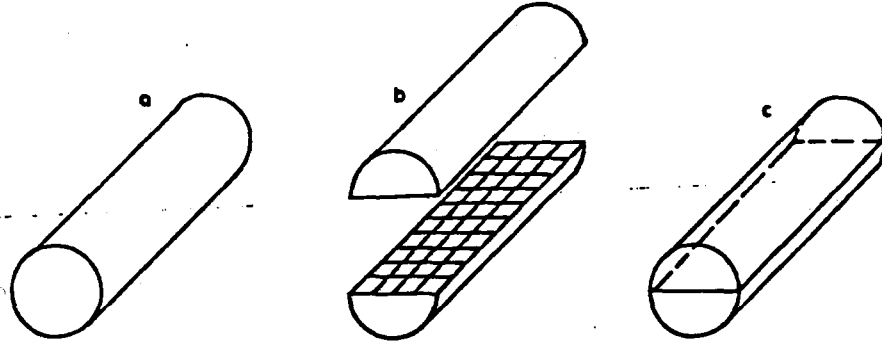
c) Al, Cu ve bunların alaşımlarından modeller (işletme şartlarında)

Malzeme akışını izleyebilecek markalama yöntemine göre ;

a) Plaka usulü: Optik ve metalografik bakımdan farklı, fakat birbirine benzer malzemelerden plakalar bir blok teşkiledecek şekilde biraraya getirilerek ekstrüzyon işlemine tabi tutulur

b) Endikator usulü: Ekstrüzyon işleminde blok yüzeyinin tutumunu incelemek için değişik malzemelerden küçük pimler blok yüzeyine yerleştirilir. Ancak bu usulde blok merkezinin akışı hakkında bir fikir vermemektedir.

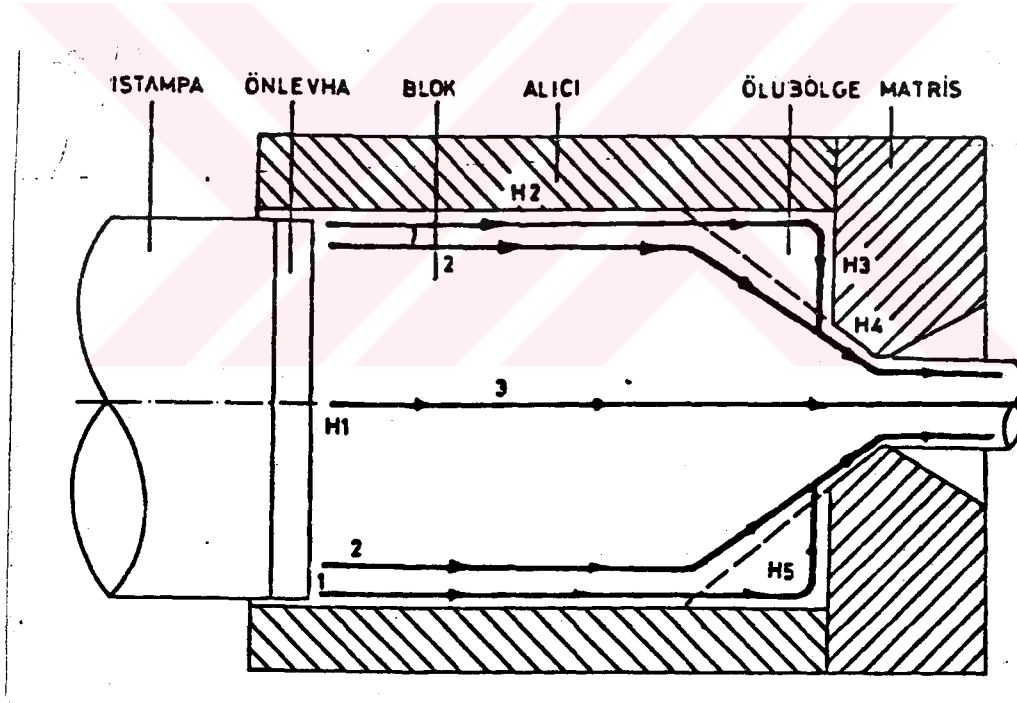
c) Koordinat usulü: Blok simetri düzleminden ikiye bölünmekte ve bölme yüzeylerine koordinatlar çizildikten sonra tekrar birleştirilmekte ve bu şekilde ekstrüzyon edilmektedir. Ekstrüzyon işleminden sonra blokta şekil değiştirmiş koordinat sistemi incelenerek akış hakkında fikir edinilmektedir.



a) Ham blok, b) Koordinat ağı çizilmiş parçalar, c) Birleştirilmiş parçalar.

Şekil 3.1.1 Koordinat usulüne göre hazırlanmış blok/6/

3.1.2. VASITASIZ EKSTRÜZYON YÖNTEMİNDE MALZEME AKIŞI

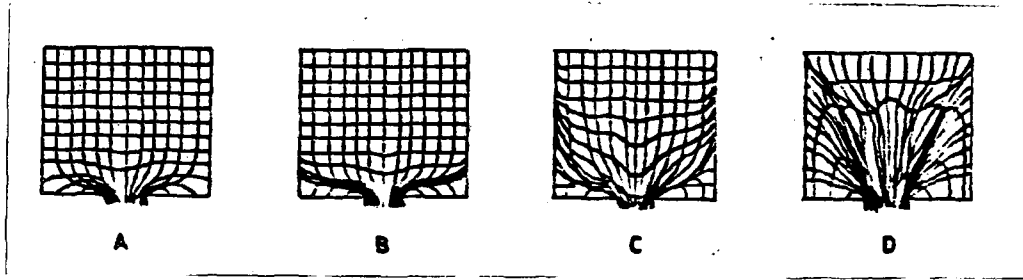


Şekil 3.1.2 Vasıtasız ekstrüzyonda blok çevresinin (1 veya 2) ve merkezinin (3) izlediği yol/6/

Malzemenin alıcı içindeki hareketini, malzemenin plastikliği ve blok ile takımlar arasındaki dış sürtünmeden önemli derecede etkilenmektedir. Blokun plastikliğinin homojen olmaması blokun içindeki sıcaklık dağılımının farklı oluşundan, alıcı,

ıstampa, matris, blok sıcaklıklarının farklı oluşundan ve blokun iç yapısından kaynaklanmaktadır. Dış sürtünme ise yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi blok ile ön levha yüzeyi (H1) alıcı yüzeyi (H2), matris alın yüzeyi (H3) ve matris delik yüzeyi (H4) arasındaki sürtünmeden meydana gelmektedir. Ayrıca blok ile ölü bölge yüzeyi (H5) arasında da sürtünme meydana gelmektedir.

Blokun çevresi yukarıdaki şekildeki 1 veya 2 yolunu izleyerek matrisi terk etmektedir. Ancak 1 yolu, 2 yolundan daha uzundur. Alıcı içindeki malzeme tabiat kuvvetleri gibi en kısa yolu takip etmek dolayısıyla 2 no'lu yolu seçmektedir. Bu nedenle vasıtasız ekstrüzyonda küçük veya büyük bir ölü bölge meydana gelmektedir. Blok yüzeyi ile takım yüzeyleri arasındaki sürtünme blok çevresini engellemeye çalışırken, blok merkezi hiçbir engelleme ile karşılaşmadan akacaktır. Yukarıda sözü edilen faktörlerin ekstrüzyon işlemini etkilemesi neticesinde farklı akış tipleri oluşmaktadır.



Sekil 3.1.3 Vasıtasız ekstrüzyonda malzeme akış tipleri/6/

3.1.3. AKIŞ TIPLERİ

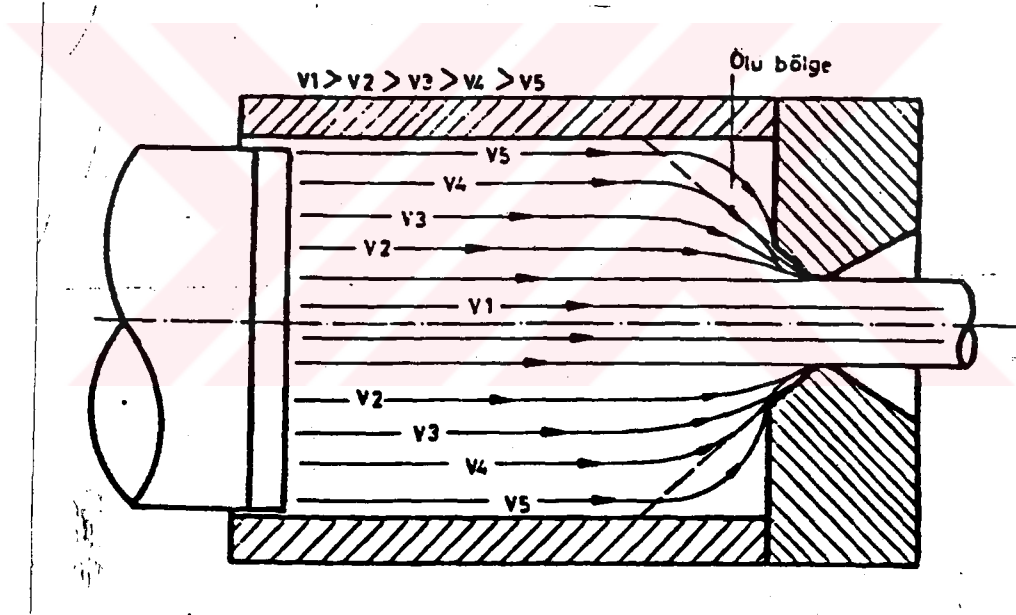
Yukarıdaki şekilde gösterilen A,B,C,D akış tiplerinden A tipi ideal akış tipini ve D tipi ise istenmeyen akış tipini karakterize etmektedir.Bu konuda herbir akış tipi ayrı ayrı açıklanacaktır.

3.1.3.1. A TİPİ MALZEME AKIŞI

A tipi akışta, blokun alıcıdan ayrılışı mümkün olabilecek en düzenli bir şekilde olmaktadır.Blokun plastik akışı, matrise çok yakın bir şekil değiştirme bölgesinde olmakta ve blokun ekstrüzyon edilmeyen kısmı biçim değiştirmeden matris yönünde hareket etmektedir.Blokun ön kısımları tabaka tabaka şekil değiştirme bölgesine girmektedir.Bu akış tipi, alıcı iç cidarında, matris yüzeyinde, matris deliği yüzeyinde sürtünmenin olmadığı ve homojen malzemelerde oluşmaktadır.Bütün sınır yüzeylerinde sürtünme olmadığından blokun çevresi frenlemeden kolayca hareket edecektir.Bunun neticesinde blokun tüm kütlesi aynı hızla hareket ederek malzeme akışı düzenli olacaktır.Ancak sürtünmesiz ekstrüzyon pratik olarak mümkün değildir ve aynı zamanda bloku bütün kütlesi aynı hızla hareket etmemektedir.Sürtünme, etkili bir yağlama yöntemi ile yok edilebilir, örneğin hidrostatik ekstrüzyon, cam yağlamalı ekstrüzyon ve vasitalı ekstrüzyon yönteminde matrisin yağlanması.Ancak bu yüksek yağlama etkisine rağmen blok merkezi blok çevresinden hızlı akmaktadır.Sekil 3.1.4'de görüldüğü gibi küçük de olsa ölü bölge oluşmasından, malzemede sapmalar meydana gelir.Blok merkezinin katettiği yol daha kısa ve merkez-

den uzaklaştıkça daha uzun olmaktadır. Akış hızı merkezden çevreye doğru küçülmektedir. Bunun neticesinde malzeme akışı şekil 3.1.3'deki A tipi ile tam uyum sağlamamaktadır. İdeal bir yağlama ile merkezle çevre arasındaki hız farkı minimuma indirilebilir.

Çesitli araştırmacılar, plastin ve balmumu malzemelerin ideal yağlama ile ekstrüzyonda A tipi akışı elde etmişlerdir.



Şekil 3.1.4 Vasitasız ekstrüzyonda bloktaki hız dağılımı/6/

3.1.3.2. B TİPİ MALZEME AKIŞI

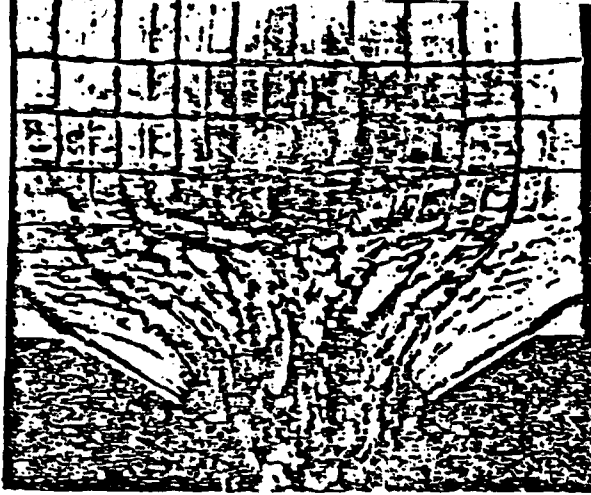
Blok ile alıcı arasındaki sürtünmenin sıfır kabul edildiği fakat matris ve matris tutucusu yüzeylerinde meydana gelen sürtünmenin ihmal edilemeyecek kadar küçük olmadığı durumlarda homojen malzemelerde B tipi akış meydana gelir. Bu durumda, kenar bölgelerin matris deliği doğrultusundaki radyal akış engellenir ve bunun sonucu olarak daha büyük kayma gerilmesi

. ortaya çıkabilir. Boylece A tipine göre daha büyük bir ölü bölge ve genişlemiş bir biçim değiştirme bölgesi oluşur. Blokun merkezinde biçim değiştirme düzgün olarak meydana gelir.

Ekstrüzyonda B tipi akış yumuşak iş parçalarında, örneğin Pb, Sn, Bi gibi yağlama ile elde edilir. Bakır oksitle kaplanmış bakır blokların ekstrüzyonunda bu akma tipi oluşmaktadır. Kurşunun $2\alpha=120^\circ$ 'lik konik matrizen yağlamalı olarak yapılan ekstrüzyonunda da B tipi akış elde edildi (Şekil 3.1.5).

Şekil 3.1.5'de görüldüğü gibi bölge çok küçük ve biçim değiştirme matris deliğine çok yakındır. Ekstrüzyon oranının küçülmesi akışı daha düzenli yapmaktadır.

UNCKEL'a göre malzemenin akışı akış boruları adı verilen kanallar içinde meydana gelmektedir. İstampa biçim değiştirme bölgesine gelinceye kadar akış borularının durumu değişmemektedir. Ancak istampa yolun sonuna geldiğinde akış boruları radyal yönde itilmektedir. Buradan çıkarılan sonuç şudur; ekstrüzyon edilen çubuğun hacim elemanlarının biçim değiştirmesi uzunlamasına yönde ve kesit içinde aynı değildir (Şek.3.1.6) Çubuğun uç kısmında biçim değiştirme en azdır. Bu bölgede blokun biçim değiştirmemiş döküm yapısı görülebilir. Çubuğun ortalarına doğru biçim değiştirme yaklaşık sabit bir değere ulaşır, sonlara doğru artar. Çubuğun ekseninde bulunan elemanlar dikdörtgen biçimlerini yaklaşık olarak korurlar, sadece biraz uzarlar. Yüzey bölgelerindeki hacim elemanları ise şiddetli kaymadan dolayı biçimleri tamamen bozulur.



Ekstrüzyon oranı:5

$2\alpha = 120^\circ$

L/D=1.5

V =1 mm/s Kurşun

Yağlamalı

α : Matris yarı açısı

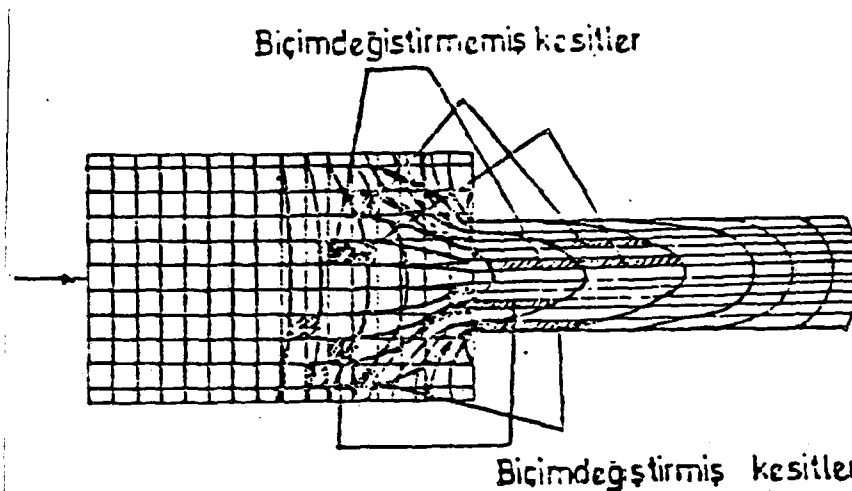
L : Blok boyu (mm)

D : Blok çapı (mm)

V : Ekstrüzyon hızı

Sekil 3.1.5 Kurşunun konik matristen ekstrüzyonunda akış/6/

Sekil 3.1.6'daki akış borularının genişliği, malzemenin akış boruları içinde hangi hızla aktığının göstermektedir. Biçim değiştirme bölgesinde blokun merkezindeki malzemenin akış hızı maksimumdur. Sürtünme nedeni ile hız, merkezden çevreye doğru o kadar azalır ki bu bölgede yapışma meydana gelir. Yapışan malzeme konik bir halka şeklini alır ve akışa iştirak etmediği için ölü bölge olarak isimlendirilir. Ölü bölgede bulunan malzemenin yüksekliği dolayısıyla koni açısı, ekstrüzyon oranına ve matris açısına (konik matrisle ekstrüzyon) bağlıdır. Ölü bölge koni açısı işlem boyunca çok az değişmektedir.



Sekil 3.1.6 B tipi akışta malzemenin şekil değiştirmesi/6/

3.1.3.3. C TİPİ MALZEME AKIŞI

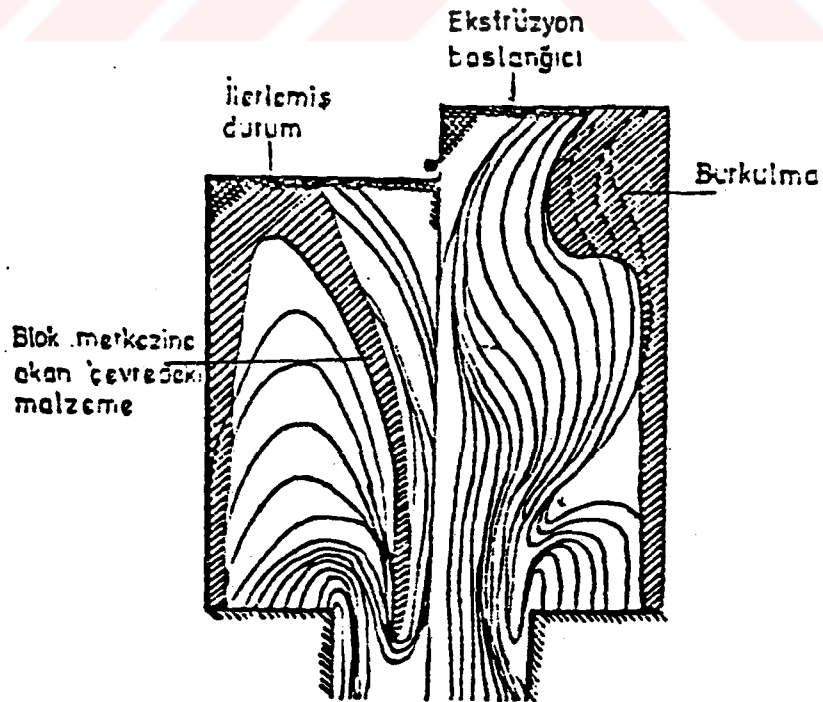
C tipi malzeme akışı, alıcı cidarında, matris ve matris tutucusu yüzeyinde, matris deliğinde sürtünme olduğunda ve homojen malzemelerde oluşur. Blok çevresi daha alıcı cidarında frenlenmekte ve bloğun merkezi az direnç görmesi nedeni ile matris deliği yönünde hareket etmektedir. Şekil değiştirme B tipine göre matrisin çok uzaklarında baslar. Kayma bölgesi keskin hatları ortaya çıktıkça şekil değiştirmenin homojenliği gittikçe kaybolur. Matristen dışarıya çıkan her bir kesit sürtünme etkisi ile bloğun iç kısmı ile irtibatta kaldığından müteakip kesitler için çıkış açıklığı sürekli olarak daralır. Bundan dolayı şekil değiştirme miktarı çubuğun ucundan sonuna doğru gittikçe artar. B tipinde görülen, çubuğun ortasında yaklaşık sabit şekil değiştirme bu tipte olmaz.

Sürtünme nedeni ile frenlenen çevre malzemesi ile hareket eden merkez malzemesi arasındaki kayma bölgesi, ekstrüzyon malzemesine ve ekstrüzyon şartlarına göre az veya çok şekilde bloka çekilir. Bu durumda ölü bölge büyür. Ekstrüzyon ilerledikçe merkeze doğru büyüyen kayma bölgesinden kirler ve yağlama maddeleri kayma bölgesi boyunca blok içinde akarlar ve ekstrüzyon edilmiş çubuk yüzeyine çıkma tehlikesi doğururlar.

C tipi akma, oksit tabakalrı oluşturmeyen bakır alaşımları, bir çok alüminyum ve alaşımlarında görülür. Kurşunun konik matrisle ekstrüzyonunda ($\alpha = 30^\circ$) C tipi malzeme akışı görülür.

3.1.3.4. D TİPİ MALZEME AKIŞI

D tipi malzeme akışı, C tipinde olduğu gibi, sadece sürtünmenin çok olduğu durumlarda değil, ayrıca ekstrüzyon malzemesinin biçim değiştirme direncinin blok kenar bölgesinde, blok içine göre fazla olduğu durumlarda meydana gelir. Biçim değiştirme, matristen çok uzakta başlar. Ekstrüzyon işleminin başlangıcında malzeme akışının yönü, ön levhanın dış kenarından matris profiline doğrudur. Bu nedenle akış tipinde oluşan ölü bölge C tipinden daha büyüktür. Buna bağlı olarak kayma gerilmelerinin meydana geldiği koni bölgesi daha büyük ve daha belirgindir (Şekil 3.1.7).

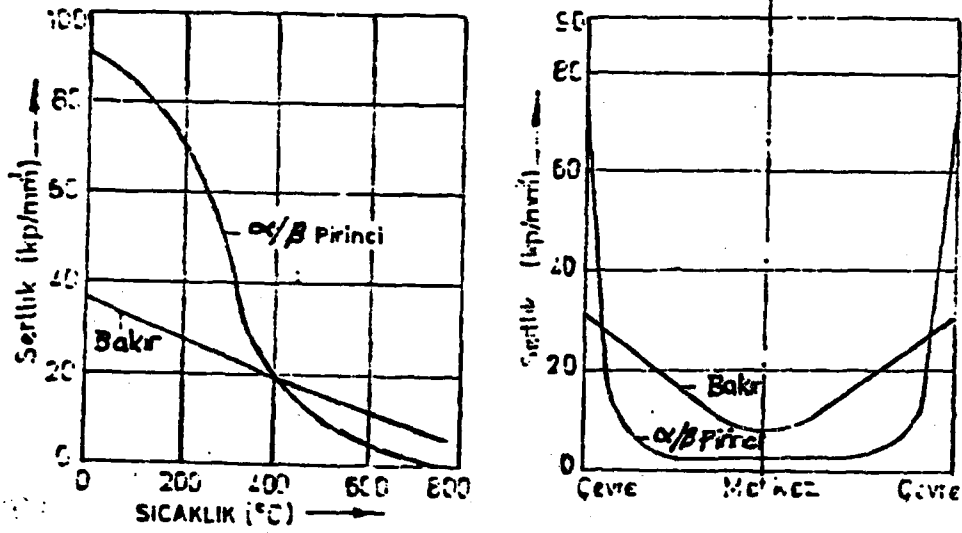


Şekil 3.1.7 Princ ekstrüzyonunda malzeme akışı (D tipi)/6/

D akış tipi özellikle ($\alpha + \beta$) pirincinin ekstrüzyonunda görülür ve tipik merkezi ekstrüzyon hatası meydana gelir. Pirincin, diğer metallere farklılık gösteren akış tutumu, yüksek sıcaklıklarda (blok içinde) plastiklik özelliği iyi β -pirinci ve düşük sıcaklıklarda (blok kenarında) plastiklik özelliği daha az olan α -pirincinden doğan plastiklik farklılıklarındandır. Aynı zamanda alıcı cidarındaki sürtünme de büyük rol oynamaktadır.

SANDIN, bu değişiklikleri şekil 3.1.8 'de açıklamıştır. Blok kesitindeki homojensizliğe bağlı olarak D tipi için karakteristik akış durumu oluşmaktadır (Şekil 3.1.7). Ekstrüzyon başlangıcından itibaren bloğun alıcı içerisinde düzgün olmayan bir akış gösterdiği açıkça izlenmektedir. Bloğun zor biçim değiştiren çevre bölgesi ilk akışa iştirak etmemektedir. Bu tabaka istampanın önünde diyagonal doğrultuda matrise doğru ilerlemektedir. Blok yüzeyinden gelen bu malzeme, yüzeyin oksitlerini ve gayri safiyetlerini içerdiğinden çubuk içinde çatlamalara ve ayrılmalara neden olur.

D akış tipi, malzemedeki plastik farklılıklarından ve sürtünme etkilerinden oluştuğuna göre, D akış tipi sadece pirincede değil, başka malzemelerde de görülmektedir. Örneğin, D akış tipi, 140° kadar ön tavlama tabii tutulan ve soğuk olarak ekstrüzyon edilen kalay malzeme de görülmüştür. Ayrıca alüminyum ve alüminyum alaşımlarında da D tipi akışa rastlanmıştır. Tablo 3.1.1'de ekstrüzyonda malzeme akış tiplerinin karakteristik özellikleri bir araya toplanmıştır.



Şekil 3.1.8 Bakır ve $\alpha+\beta$ princi bloklarında sertlik dağılımı/6/

Sonuç olarak, vasıtasız ekstrüzyon yönteminde; homojen malzemeler kullanıldığında, blok uniform olarak tavlandığında alicisi ile blok arasında sıcaklık farkı olmadığında ve ekstrüzyon hızı ve oranı iyi seçildiğinde düzgün malzeme akışı sağlanmakta ve hatasız mamul elde edilmektedir.

Plastiklik bakımından homojen olmayan malzemeler kullanıldığında, blok kütlesi homojen olarak tavlama yapılmadığında, alicisi ile blok arasında sıcaklık farkı meydana geldiğinde, iyi bir yağlama yapılmadığında, blok yüzeyi kalitesiz olduğunda ve ekstrüzyon hızı iyi seçilmediğinde düzgün olmayan malzeme akışı oluşmakta ve ekstrüzyon hataları meydana gelmektedir.

Akış Tipi	Ekstrüzyon malzemesi	Sürtünme	Ekstrüzyon hatası	Biçim değiştirme başlangıcı
A	Homojen	Yok	Yok	Matris girişinde
B	Homojen	Az (Matriste)	Yok	Matrise yakın
C	Homojen	Yüksek (Matriste ve alicıda)	Yüzeyde çanak oluşumu	Matriste uzakta
D	Homojen değil	Çok Yüksek (Alicıda ve matriste)	İkilenme	Matristen çok uzakta

Akış Tipi	Artık malzeme	Uygulamada karşılaşılan yerler	Akış tipinin hangi modelle elde edildiği
A	En az	Cam ile yağlamada	Plastilin ve mum (Yağlama ile)
B	Az	Pb, Sn, Bi, Al (Yağlama ile)	Plastilin ve Mum (Yağlama ile)
C	Çok	Cu, Al ve Al alaşımları ve Pb, Sn, Bi	Plastilin ve parafin
D	En çok	Pirinç, Al, AlMg, AlZnMg, Mg.	Değişik Plastikliğe sahip silindirik tabakalardan yapılmış mum bloklar.

Tablo 3.1.1 Vasıtasız ekstrüzyon yönteminde malzeme akış tiplerinin karakteristikleri

3.1.4. PROFİLLERİN EKSTRÜZYONUNDA AKMA OLAYI

Cok karmaşık profillerin ekstrüzyonunda akış olayları henüz tam olarak açıklığa kavuşmuş değildir. bu konudaki tüm çalışmalar basit profiller üzerinde olmuştur.

Profil ekstrüzyonu esnasında da tüm blok çevresi boyunca ortaya çıkan bir ölü bölge görülür. Akış bölgelerinin büyüklüğü, matris üzerindeki delik ile matris çevresi arasındaki uzaklığa bağlıdır. Bu uzaklık ne denli büyük ise ölü bölge de o kadar büyüktür. Buna bağlı olarak kaymaya zorlanan bölgenin formuda koni şeklinde olmayıp düzensiz bir form gösterebilir.

SCHMIDT, Mg alaşımlı bloklardan elde edilmiş 115*10 mm ve 130*10 mm boyutlarındaki yassı profillerin yapısını incelemiştir. Blokun merkezi eliptik formda bir biçim değiştirmeye uğramış ve bu bölge tüm çubuk boyunca devam etmiştir. Blokun yüzeyi ise ekstrüzyon artığı olarak geri kalmıştır.

JOHNSON, teorik düşüncelerinden hareket ederek kurşundan mamul üçgen, dörtgen kesitli profillerde ve I profillerinde akış şekillerini incelemiştir. Dörtgen profilli çubuklarda en büyük akış hızına, tıpkı dairesel kesitli çubuklarda olduğu gibi, ekstrüzyon edilen malzemenin merkezinde rastlanmıştır. Üçgen kesitli çubukta ise en yüksek hız değerleri, ağırlık merkezinin yakınından geçen eksen üzerinde görülmüştür

I profillerinde ise iki adet hız maksimumuna rastlanmıştır. Bu maksimumların bulunduğu hat, flanşların gövdeyle birleştiği bölgeye rastlamaktadır. Genel bir kural söylemek gerekirse matris üzerindeki deliğin yanaklarından en uzak olan noktada-

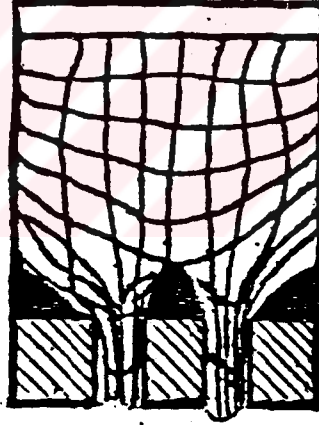
ki hız en yüksek olmaktadır. Ancak bu kuralın doğru olabilmesi için sürtünmenin profil yüzleri boyunca sabit olması ve geçiş yüzeylerinin aynı uzunlukta olması gerekir. Komplike bir profilde, belli bir noktada malzeme akışını daha hızlandırmak ve etkin duruma getirilmek isteniyorsa, sürtünme değerinin kayma boyunca homojenliğini bozmak veya belli yerlerde matris geçiş yüzeylerinin uzunluklarını değiştirmek başvurulan çarelerden biri olabilir.

Profillerin et kalınlığı, fazla olan yerlerinde geçiş yüzeyini uzatarak malzeme akışının yavaşlatılması gerekir. Böylece et kalınlığı fazla olan bölgelerdeki malzeme akış hızı, ince et kalınlıklı bölgelere nazaran ve blok ekseninden uzakta bulunan bölgelere nazaran azalır. Böylece çubuk düzgün ve doğru bir şekilde çıkar. Bu amaç için yapılacak değişikliklerin (geçiş yüzeyi ve sürtünme değişiklikleri) ne miktarda olacağı yapılacak deneylerle saptanabilir.

3.1.5. ÇOK DELİKLİ MATRİSLERDE AKIŞ

Ekstrüzyon işleminde, aynı anda iki veya daha çok profil veya çubuk ekstrüzyon edilmek istendiğinde çok delikli matris kullanılmaktadır. Ancak malzeme akışının düzenli olabilmesi için deliklerin matris yüzeyine uygun bir şekilde yerleştirilmesi gerekir. Eğer matris üzerinde, blok eksenine simetrik olarak düzenlenmiş iki delik var ise bloğun simetri düzlemi bir sınır görevi yapar ve bloku her iki yarısından malzeme ayrı ayrı matris deliklerinden akar. Şekil 3.1.9'da üzerine koordinat ağı çizilmiş alüminyum blok için bu durum görülmek-

tedir. Mum ile yapılan deneylerde, sürtünme değeri ile oynanmadıkça aynı sonuçları vermiştir (blokun alicisi içindeki sürtünmesi). Blok merkezindeki malzeme düzgün bir şekilde her iki deliğe dağılır. Matris üzerinde iki yerine üç veya dört delik bulunuyor ise, malzeme akışı burada da her bir deliğe düzenli eşit bir şekilde olur. Malzeme merkezindeki diğer bir değişle; blok merkezindeki malzeme kütlesi, delikten dışarı ekstrüzyon edilen profillerin yüzey tabakalarında yer alır. Matrisin ortasında kubbe formu bir ölü bölge meydana gelir.



Şekil 3.1.9 İki delikli matristen alüminyum akışı

Matrisin merkezinde, bir delik bulunuyor ve diğer delikler merkezdeki deliğe eş uzaklıklarda dağılmış bulunuyor ise, blokun merkezindeki malzeme orta delikten akar, blokun çevresindeki malzeme ise diğer delikten akar, yani diğer cubukları oluşturur. Ölü bölgenin şekli üç delik için yassı bir halka şeklindedir. Dört veya daha fazla delik için ise, yıldızlardan yapılmış bir halka şeklindeki ölü bölgeye rastlanabilir.

Çok delikli ekstrüzyonda blok kütlesi farklı çubuklara dağıldığından, çubuk kesitlerinin blok kesitiyle tam uyuşması beklenemez. Halbuki merkezde tek deliğin bulunması halinde blok kesiti ile çubuk kesiti tam uyum gösterirler. Blok çevresindeki malzeme kütlesinin akışı incelenecek olursa durum daha iyi anlaşılır. Alıcı cidarı ile blok çevre yüzeyinin sürtünmesinden dolayı oluşan kayma bölgesi, tek delikli ekstrüzyonda elde edilen çubuğun üzerinde eş kalınlıklı dış tabaka oluşturur. Halbuki çok delikli ekstrüzyonlarda kayma bölgesi malzemesi çubuklar üzerinde düzgün bir tabaka meydana getiremezler, aksine yer yer kalınlığı değişen düzensiz bir örtü meydana getirirler. Buradan şu sonuca varılabilir; kayma bölgesindeki malzeme yalnızca matris çevresi ile direk komşu olan deliklerden ekstrüzyon edilen çubukların üzerinde bir tabaka oluştururlar. İç tarafta kalan deliklerden çıkan çubuklarda kayma bölgesi malzemesi görünmez. Çünkü bu delikler, çevrelerindeki diğer deliklerce korunmaktadırlar.

Blok ile alıcı arasındaki sürtünmeden dolayı vasıtasız ekstrüzyonda bloğun merkezindeki malzeme, çevredeki malzeme kütlesine göre daha hızlı akar. Dolayısı ile matrisin ortasındaki delikten çıkan çubuğun hızı, çevredeki deliklerden çıkanlara göre daha yüksek olmaktadır. Ancak çubukların çıkış hızını yağlama maddeleri kullanmak sureti ile önemli oranlarda değiştirmek mümkündür. Araştırmacılar Pb ve Al ile yaptıkları deneylerde yağlama yapılması halinde, merkeze yakın olan deliklerden çıkan çubukların hızının, uzakta olanlardakinden daha

yavaş olduğunu görmüşlerdir. Yağlama yapmadıkları zaman ise ise, beklenen normal sonucu elde etmişler, yani merkezdeki çubuğun çıkış hızının daha yüksek olduğunu görmüşlerdir.

Değişik çaplardaki çubukların aynı anda ekstrüzyon edilmesi halinde, çıkış hızları arasındaki oranı etkileyen faktör, yine deliklerin merkeze uzaklığıdır. Ekstrüzyon işlemi sırasında hızlarda bir değişiklik olacak olursa çubuklar eğilmeye meylin ederler.

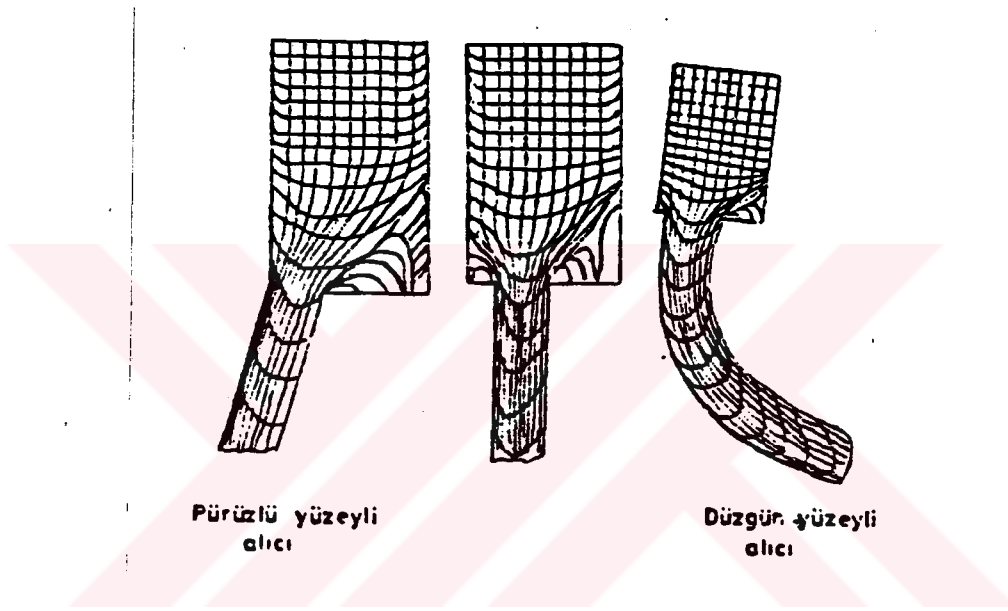
Çok delikli matrislerin kullanılması halinde, delikler matris üzerinde öyle düzenlenmelidir ki ve delik yüzeyleri boyunca sürtünme o şekilde ayarlanmalıdır ki, tüm çubuklar aynı hızla çıksınlar. Burada blokun şekil değiştirmesinin heterojenliğinin ve alıcı cidarlarında sürtünmenin dikkate alınması gerektiği hemen anlaşılmaktadır.

3.1.6. MERKEZDEN KAÇIK, EKSANTRİK DELİKLERDEN AKIŞ

GREEN , plastilin malzeme ile eksantrik delikli matrislerle ekstrüzyon yaparak çubuktaki akışlar üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Sekil 3.1.10'da değişik eksantrik dereceleri ve sürtünme değerleri için elde edilen akış tipleri görülmektedir. Bu parametrelerin kombinezonu, çubuğun çıkış yönünü, çubuğun eğriliğini ve ölü bölgenin formunu saptar. Alıcıdaki sürtünmenin çubuğun eğriliğine neden olan önemli bir etkidir. Sürtünme değeri arttıkça çubuğun eğriliği azalır. Çubuğun, alıcının yan tarafında bulunan bir delikten çıkması halinde ise malzeme eğik bir akış yörüngesini izleyerek çıkış deliğine doğru i-

lerler.Bu arada, alıcının alt tarafında olan malzeme akış bölgesinde kalır ve dışarı akan malzemedan ayrılır.Malzemenin alıcı içindeki yörüngesinin eğriliği, çıkış deliğinin çapına bağlıdır.



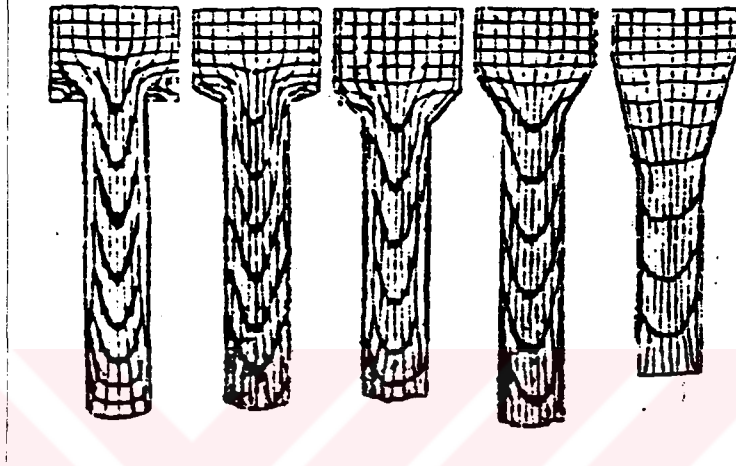
Şekil 3.1.10 Plastik malzemenin eksantrik deliklerden akışı/6/

3.1.7. KONİK MATRİSLERDEN AKIŞ

Malzeme akışı yönünden, dik açılı matrislerin bazı malzemeler için uygun olmadığı anlaşılınca konik matrislerle çalışmalar başlamıştır.Araştırmacılar kalayı değişik giriş açılı matrislerle ekstrüzyon etmişler ve deliğin giriş açısı ne kadar küçük ise, malzemenin hareketi o kadar düzenli olmuştur.

Saf kalayın, ekstrüzyon işleminde matris açısı değiştirilerek, malzeme akışı incelenmiştir.Dik açıda B tipi malzeme akışı sağlanırken, matrise belirli açılar verilince malzeme akışının daha homojen olduğu görülmüştür.Şekil 3.1.11 'de de-

ğisik matris açılarında kalay malzemenin akışı görülmektedir.



Şekil 3.1.11 Kalayın konik matristen akışı/6/

Konik matrisler genellikle kurşun alaşımlarının, çeliklerin titanyum alaşımlarının ve yüksek sıcaklıkta ekstrüzyon edilen alaşımların ekstrüzyonunda kullanılabilir. Konik matrisle ekstrüzyonda optimum giriş açıları genellikle ekstrüzyon oranına bağlıdır. Ekstrüzyon oranının küçük olması durumunda matris açısı da küçük olabilir.

EK 3'de vasıtasız ekstrüzyonda, değişik matris açılarında blokun durumu şematik olarak gösterilmekte ve ölü bölgelerin görünümü verilmektedir.

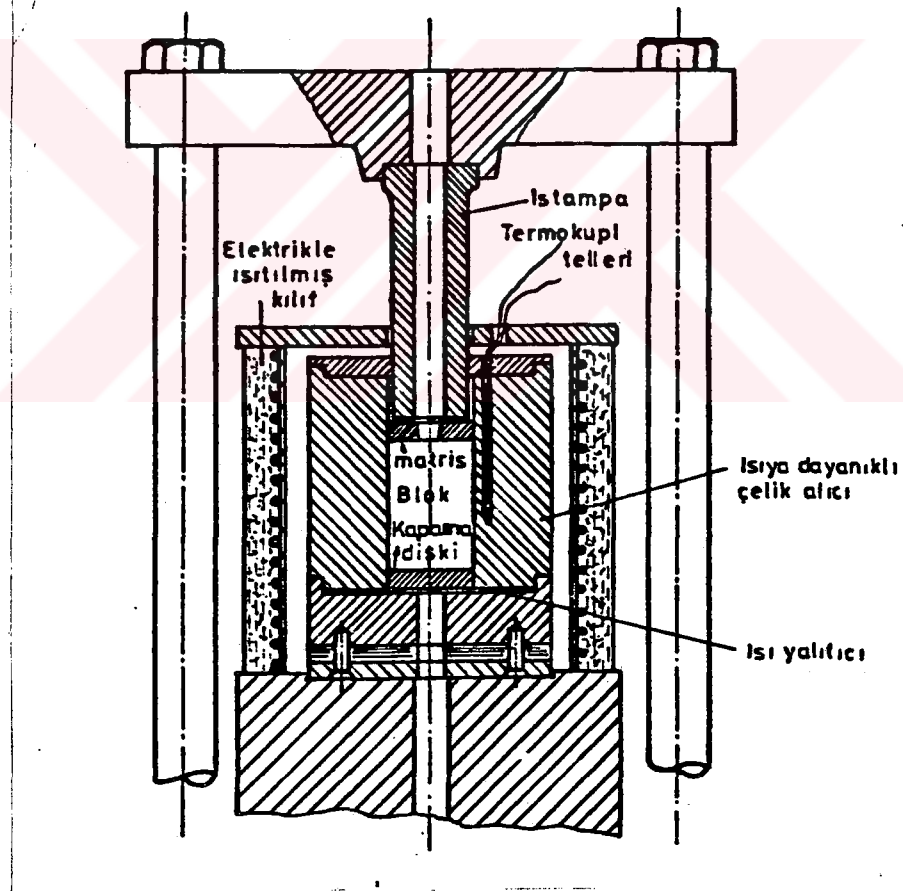
3.2. EKSTRÜZYON BASINCI

Ekstrüzyonda malzeme akışı dikkate alınarak, ekstrüzyon basıncının tayinine çalışılır. Ekstrüzyon basıncı malzeme akışından geniş ölçüde etkilenir. Ekstrüzyon üzerine yapılmış araştırmaların büyük bir çoğunluğu ekstrüzyon basıncı ile ilgilidir. Maksimum ekstrüzyon basıncı, yapılacak bir işlem için gerekli pres tayininde çok önemlidir. Genel olarak bu basınc aynı zamanda büyük gerilmelere sebep olur ve netice olarak matrislerin, ıstampaların, alıcıların dizaynını yaparken çok önemlidir. Bu basıncın büyüklüğüne yan faktörler etki eder. Bu faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Şekil değiştirme derecesi
2. Ekstrüzyon hızı
3. Ekstrüzyon sıcaklığı
4. Blok malzemesi
5. Blok uzunluğunun çapına oranı
6. Ekstrüzyon oranı
7. Matris profili
8. Matris delik sayısı
9. Ekstrüzyon edilmiş mamulün delik şekli
10. Yağlama metodu
11. Matris açısı

Her ne kadar problem çok karmaşık isede, akış olayında olduğu gibi gerekli aparatlarla yapılan deneylere müracaat ederek bazı engeller aşılmaya çalışılır. Değişkenler bağımsız olarak incelenerek basınc üzerindeki etkileri saptanmıştır.

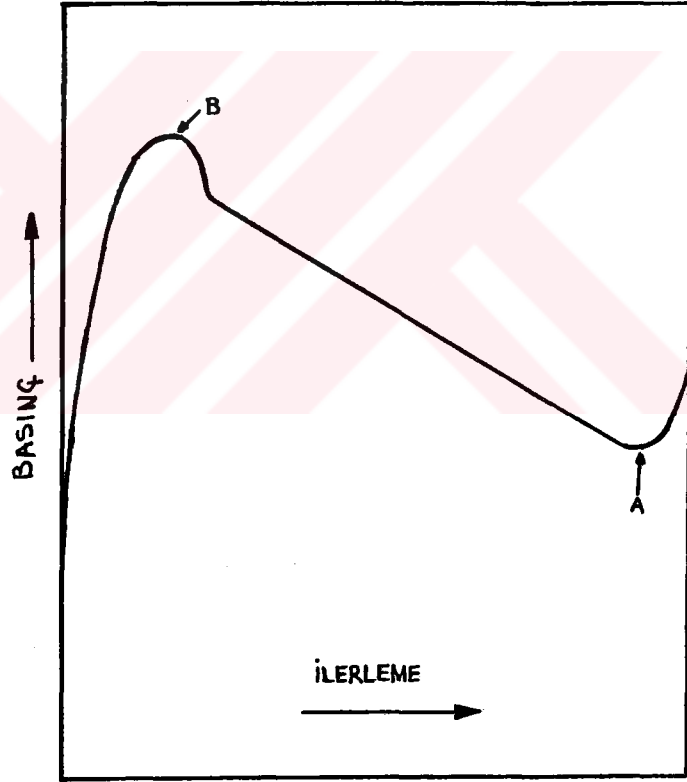
Siebel ve Fankeneier ile Sachs ve Eisbein ekstrüzyon üzerine çalıştılar. Kaly ve kurşunu adı ısıda ekstrüzyon ettiler. Sachs ve Eisbein araştırmalarını ilerleterek bakır ve pirinc ekstrüzyonuna büyük katkıda bulundular. Pearson ve Smythe ekstrüzyon basıncı ve hızı arasındaki bağıntıyı incelediler. Ayrıca bu şahıslar ekstrüzyon esnasında bir çok yumuşak metalde ısının etkisini araştırdılar. Sekil 3.2.1'de deneyler için yapılmış bir ekstrüzyon cihazı görülmektedir.



Sekil 3.2.1. Ekstrüzyon deneyleri için yapılmış bir ekstrüzyon cihazı/5/

Bu cihaz vasıtalı ve vasıtasız olarak kullanılır. Belirli bir ısı altında ekstrüzyon yapmak için cihaz özel bir elektrikli ısıtıcı kilif içine alınır. Çalışma esnasında basınç sabit tutularak ekstrüzyon hızını veya belirli bir ekstrüzyon oranı seçerek, ekstrüzyon basıncı ölçülebilir.

Direkt ekstrüzyon işleminde biyet maksimum uzunlukta iken basınç maksimum değerine ulaşır. Şekil 3.2.2'de tipik basınç eğrisi görülmektedir.



Sekil 3.2.2 /2/

Ekstrüzyon süresince biyet uzunluğu düşer. Bu düşüş, biyet ile alıcı iç yüzeyi arasındaki temas bölgesinin azalmasına sebep olur ve basınç ekstrüzyon işlemi süresince düşme gösterir. Ekstrüzyon sonuna doğru ince bir alüminyum disk kalana kadar düşme sürer ve son anda tekrar bir yükselme görülür.

Ekstrüzyon sonuna doğru meydana gelen artışın nedeni kalıp yüzeyine olan radyal akıştır. Maksimum ve minimum basınçlar arasındaki farkın nedeni, biyet ile alıcı arasındaki sürtünmedir. Bu yüzden ıstampa üzerindeki yük sadece metalin akışını sağlamak için gerekli olan güç değil, buna ilave olarak sürtünmeden gelen ilave yük de olaya etki etmektedir. Gerçek ekstrüzyon basıncı ise biyet uzunluğu sıfıra yaklaştığında ortaya çıkar.

Ekstrüzyon için gerekli olan basıncı, özellikle kullanılan alaşıma, ekstrüzyon oranına, şekil faktörüne, biyet sıcaklığına ve biyet uzunluğuna bağlıdır. Şekil 3.2.2'de A noktasında minimum basıncı, B noktasında maksimum basıncı görülmektedir. A ile B arasındaki fark metal akışından dolayı meydana gelen sürtünme kuvvetinin etkisini göstermektedir.

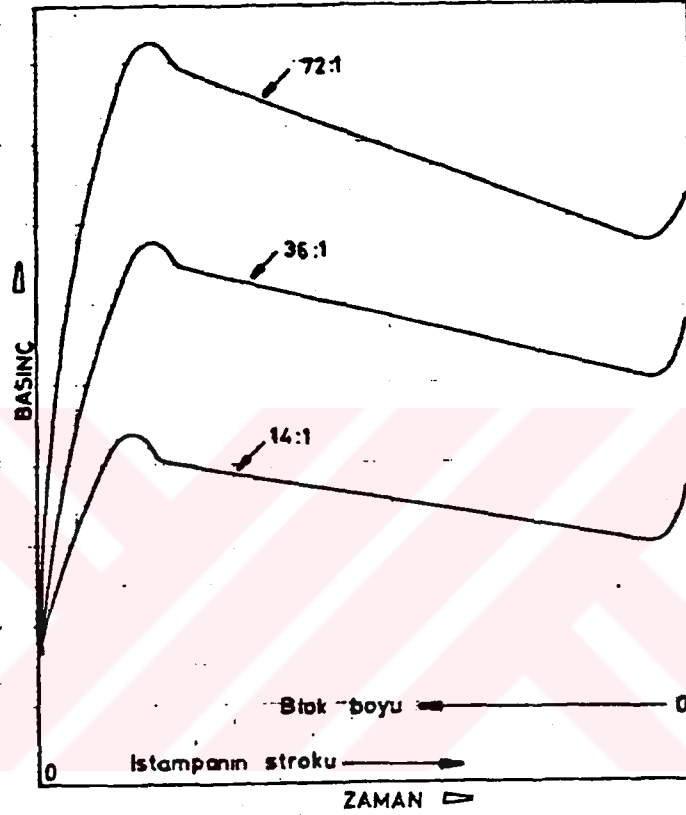
3.2.1. ŞEKİL DEĞİŞTİRME DERESESİNİN BASINCA ETKİSİ

Ekstrüzyon oranı A/a formülü ile belirlenir. A alıcının kesit alanı, a ise profil kesit alanıdır. Ekstrüzyon oranının belirlenmesi, basıncı ihtiyacı belirlenmesinde önemlidir. Ekstrüzyon oranı alıcı veya biyet çapını değiştirerek veya matris üzerindeki figür sayısını değiştirerek, değiştirilebilir.

Asağıda verilen grafikte değişik çaplardaki biyetler aynı matris üzerinde denenmiş ve farklı ekstrüzyon oranlarının ekstrüzyon basıncına etkisi görülmüştür.

Belirli bir ekstrüzyon oranı belirlenmesi genel olarak gereklidir. Fakat tek bir pres varsa ve tek bir alıcı ile çalışılıyorsa istenen ekstrüzyon oranını tutturmak pek mümkün değildir.

Ancak matris üzerindeki figür sayısını değiştirebilme imkanı varsa, istenen ekstrüzyon oranı elde edilebilir.



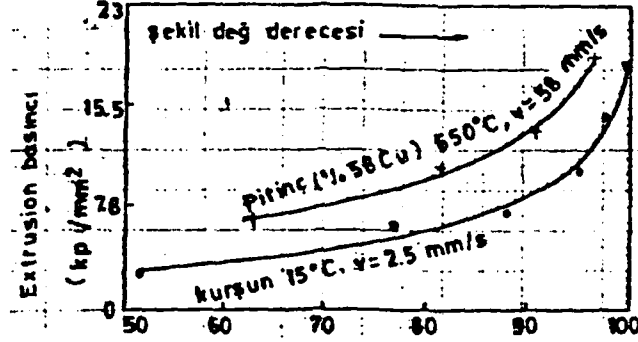
Sekil 3.2.3. Farklı çaplardaki biyetlerin, aynı Şartlarda, aynı kalıp üzerinde ekstrüzyonunda karşılaşılan sonuç/2/

Ekstrüzyon oranını dūřürmek için alıcı çapı dūřürülebilir.

Fakat bu durumda istenen miktarda profili elde edebilmek için daha fazla biyet kullanılması gerekir ve bu da zaman kaybı demektir.

Şekil değiştirme alanı, lüzumlu kuvvetin hesaplanmasında önemli bir faktördür.Şekil değiştirme genel olarak alıcı ve matrisin kesit alanları üzerine kurulmuş ve yüzde olarak verilir [$[(A-a)/a] * 100$].

A: Blok kesit alanı a: ubuk kesit alanı



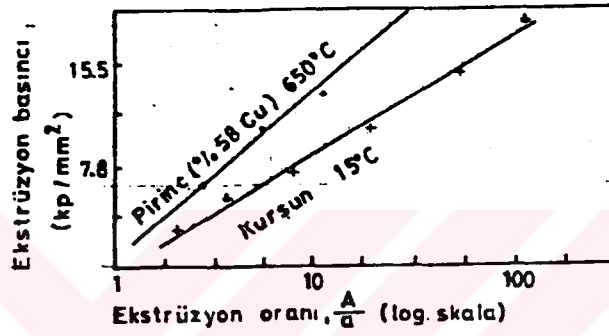
Şekil 3.2.4 Deformasyon derecesine bağlı olarak basınc/5/

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere, basınc, başlangıçtan % 90'lik şekil değiştirmeye kadar yavaş bir şekilde yükselir. Şekil değiştirme % 97'ye ulaştığı zaman basınçta ani bir yükselme görülür. Bu gayet açık olarak, büyük bloklardan çok küçük ölçülere ekstrüzyon edilirken meydana gelen en büyük zorluğu gösterir. Ayrıca daha sert metallerde kesitin boyutlarına uygun bir alıcı imal etme gerektiğini belirtir. Daha kolay ekstrüzyon edilen metallerde şekil değiştirme % 90'in üzerinde verilir. Bunun yanında sert metallerde şekil değiştirme % 95 den aşığı verilir.

Biyet çapı mm	Cubuk çapı mm	Azalma yüzdesi	Ekst. oranı	Ekst. basıncı Kg/mm²		Sıcaklık °C	Hız m/dk
				NORM	MIN		
185	31	96.6	28.2	27	19	640	3.48
185	52	90.7	10.7	24	13	640	3.48
185	71	82.2	5.6	22	10	650	3.96
185	101	63.8	2.8	19	6	660	4.42

Tablo 3.2.1 Değişik azalma oranları için basınc değerleri Pirinc malz. (% 58 Cu, %2.7 Pb) Vasıtasız ekstrüzyon/5/

Sachs ve Eisbein'a göre eğer ekstrüzyon basıncı (A/a)'nın logaritmasına göre çizilirse, orjinden geçen düz çizgiler elde edileceği ve $P=c \cdot \log(A/a)$ bağıntısını göstereceğini söylediler. (c: metalin şekil değiştirme direncini içeren sabit)



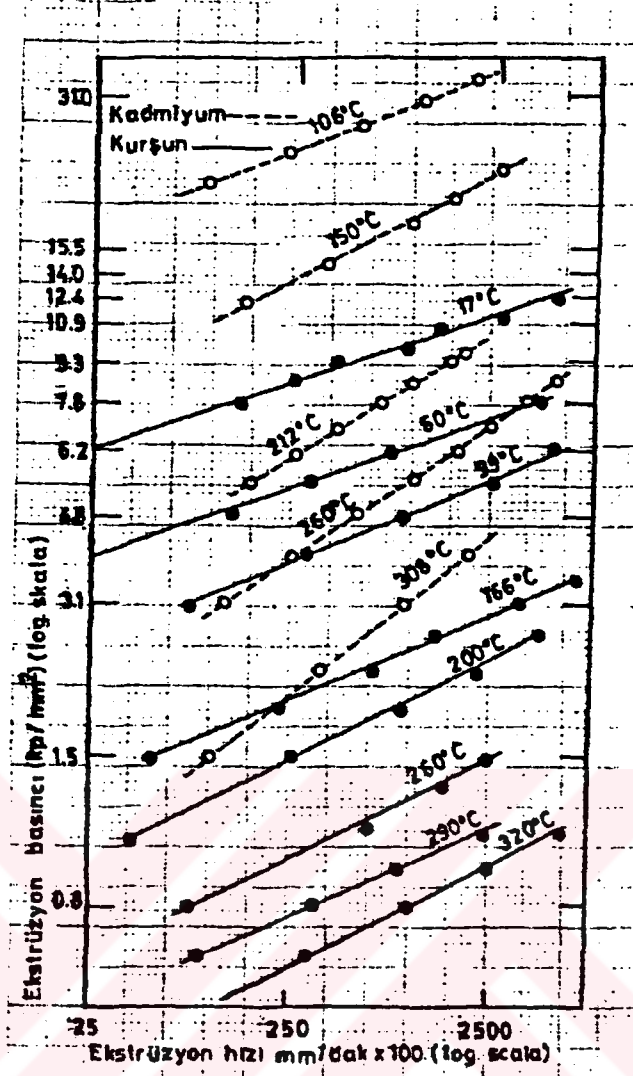
Sekil 3.2.5/5/

3.2.2. HIZIN EKSTRÜZYON BASINCINA ETKİSİ

Ekstrüzyon hızı, ekstrüzyon işlemini bir çok yönden etkiler. Burada hızın, basınc üzerine yaptığı etkiyi inceleyeceğiz.

Belirli bir alaşım için, istenen özelliklerde profil elde edilebilmesi için optimum bir ekstrüzyon hızı belirlenir. Ekstrüzyon hızı çok yavaş ise biyetin soğuması sonucunda, ekstrüzyon sıcaklık limitinin altına düşülmesi durumu ortaya çıkabilir. Bu da gerekli ekstrüzyon basıncının artması durumunu ortaya çıkarır ve basınc değeri işlem süresince çok yüksek değerlere ulaşır.

Eşit şartlarda, farklı ekstrüzyon hızlarında iki işlem gerçekleştirilmiş ve olayın etkisi şekil 3.2.6'da gösterilmiştir.



Sekil 3.2.6 Istamp a hızının basınc üzerine etkisi/5/

Bu tip bir karşılaştırma sadece kısa sürede biten ekstrüzyon işlemleri için geçerlidir.

Asağıdaki tablodaki değerler Pb blokun 200°C 'da vasıtalı ekstrüzyon halinde, sabit yük kullanılarak ve ıstamp a ilerleme hızının sabit olduğu durumlarda elde edilmiştir. Bunun gibi birçok deneyler vardır. Bunları kurşun için özetlersek ; hızda 10 misli artışa karşılık basınc artışı; 17°C'de %36, 100°C'de %44, 166°C'de %50, ve 325°C'de %55 olmuştur.

Ekstrüzyon basıncı Kp/mm ²	Ekstrüzyon hızı mm/sn
0.9	25.4
1.1	45.7
1.4	254
1.8	889
2.1	2184
2.5	4445

3.2.3. SICAKLIĞIN EKSTRÜZYON BASINCINA ETKİSİ

Ekstrüzyon sıcaklığının basıncı üzerindeki etkisinden başka, işlem üzerinde de etkileri vardır. Fakat bunları şimdilik bir kenara bırakalım ve sıcaklığın basınca olan etkisini inceleyelim.

Bütün sıcak işleme olaylarının gereği, işlemin; metalin şekil vermeye uygun bir plastik hale geldiği derecede zor olmakla beraber istenilen güç altında ve şekil değiştirme etkileri meydana gelmeyecek şekilde hızlı olarak yapılmasıdır. Sıcaklık arttıkça metallerin şekil değiştirmeye karşı dirençlerinin azaldığı ve ergime noktasına yaklaştıkça elde edilen yumuşaklığın bu direncin kaybolması noktasına kadar düştüğü ve bu direncin değerinin metalden metale değiştiği bilinmektedir. Bu yumuşamadan faydalanarak çalışma operasyonları kolaylaştırılabilir. Fakat bütün metallerde belli bir sıcaklık limitine ulaşıldığında kohezyon mukavemeti azalır ve bunun neticesinde malzemelerin iç yapısı bozulabilir. Sıcak çatlama- ların sadece metale bağlı değil aynı zamanda şekil değiştirme işleminin tabiatına bağlıdır ve şekil değiştirme hızından etkilenebilir. Bazı şekillendirme işlemleri diğerlerinden daha çok ısı kaybına (sebepler oldukları gerilmelerin şiddetine ve çeşitlerine bağlı olarak) maruz kalırlar.

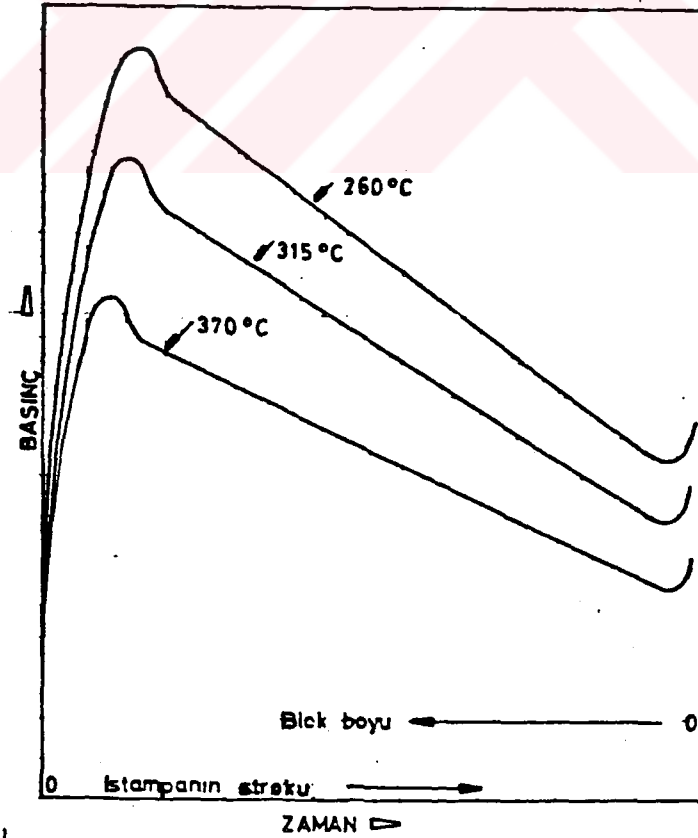
Ekstrüzyonda kuvvetler genellikle sıkıştırma tarzındadır. Böylece haddeme ve dövmeden daha yüksek sıcaklıklarda çalışmayı mümkün kılar. Bütün aynı diferansiyel gerilmeler metalin matrisi terk ettiği anda da vardır.

Sıcak çatlama ve yırtılmalar basit şekilli mamullerden daha çok, karışık şekilli mamullerde meydana gelir. Sıcak çatlama- lar; eğer metaller saf ise ergime noktalarına kadar meydana gelmez. Fakat daha hızlı eriyebilen bir madde olması, bazen bazı pislikler veya alaşımlarda kolay erir bir madde bulunma- sı (katılaşma süresini uzatır) çalışma alanını sınırlar. Bun- dan dolayı da çalışma zorlukları da büyük ölçüde artar. Böyle- ce bir metalin sıcak işleme limitleri sıcak iken çatlama, yırtılma ve öbür taraftan soğudukça sertleşme ile sınırlıdır. Metalin çekilerek şekillendirme işlemi için, kapasitesini ta- yin etmek için malzemenin direncini ve sıcaklığın etkisini bilmek önemlidir. Soğuk olarak metallerin şekil değiştirme di- rencini anlamak için bir çok yol vardır. Örneğin sertlik, çekme ve basma testleri ile bu durum anlaşılabilir. Ayrıca bunların bazıları yüksek sıcaklıktaki değişimleri görmek için de yapı- lır. Testler metallerin dövülebilmelerini değişik sıcaklıkta incelemiştir. Bunlar istenen güce ve çatlama noktaları tayini- ne dayanır. Fakat bu testler ekstrüzyon için güvenilir bir rahber olamazlar. Bu yolla elde edilen veriler metallerin eks- trüzyonunda bagil davranışları ile ilginç bir mukayeseye ça- lışılır. Örneğin; Doernickel, Trockels ve Genders degisik pi- rinclerin sıcak dövmedeki özelliklerini incelediler. Sonuçları ekstrüzyonda elde edilenlerle yakın nümerik değerler oldu. Şüphesiz sıcaklığın etkisi en iyi ekstrüzyon şartlarında bel- li olur. Şekil 3.2.8'de değişik sıcaklıklarda belli bir matris deliğinden, belli oranda ekstrüzyon için gerekli basınc ince- lenmiştir.

Pratikte biyet sıcaklığı için minimum bir değer belirlenir ve ekstrüzyon işlemi bu sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bu minimum sıcaklığın amacı, yüzey hassasiyeti ve maksimum verimlilik için belirlenmiş bir sıcaklık oluşudur.

Sıcaklığı arttırarak ekstrüzyon basıncını düşürmek mümkündür. Fakat yüksek sıcaklık beraberinde; düşük yüzey kalitesi ve metalurjik bozukluklar getirir. Şekil 3.2.7'de alıcı sıcaklığını sabit tutarak değişik biyet sıcaklıklarında oluşan basınc eğrileri verilmiştir.

Bazı alaşımlar için ekstrüzyon sıcaklığının dikkatlice kontrol altında tutulması gerekir. Bunun sebebi ekstrüzyon sonunda istenilen tane büyüklüğünün elde edilmesinin istenmesidir.



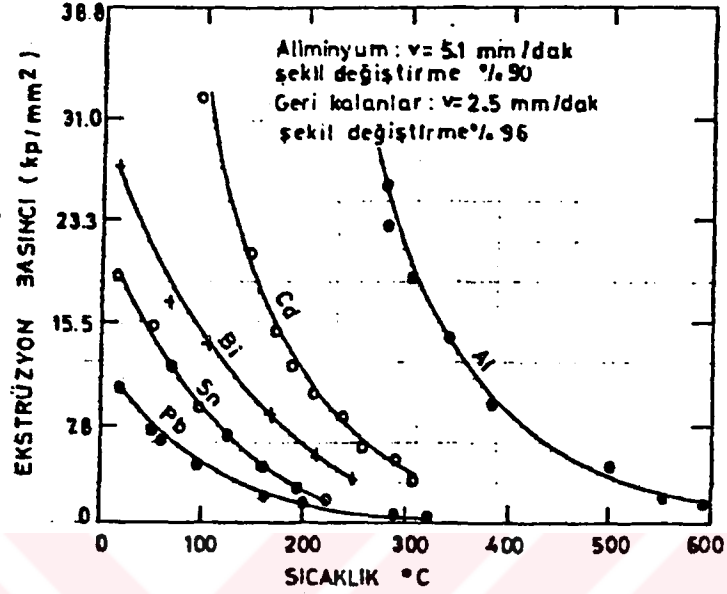
Şekil 3.2.7 Değişik biyet sıcaklıklarında basınc değişimi/2/

Alüminyum ekstrüzyonunda alıcı sıcaklığı biyet sıcaklığından 50-150 F daha düşük olmalıdır. Bunun amacı biyet dış yüzeyindeki oksit tabakasının ekstrüzyon esnasında biyet içine karışmasını önlemektir.

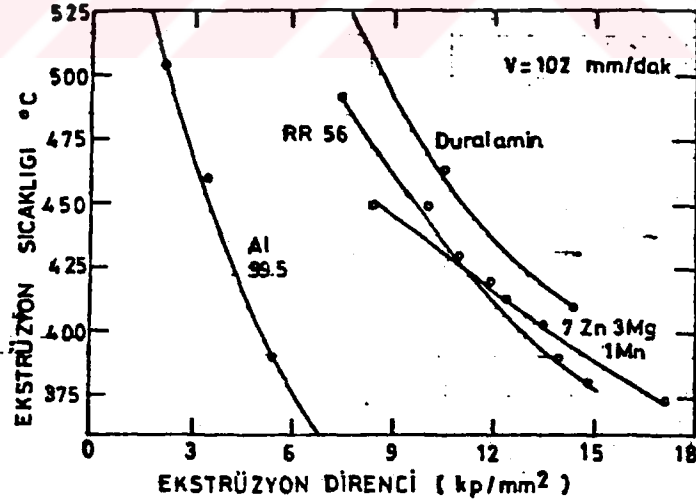
6063 alaşımlı biyet ekstrüzyon edilirken biyet sıcaklığı profilin matristen çıkış sıcaklığına göre belirlenir. İlk başlangıçtaki biyetin normalde 50-75 F daha sıcak olması veya kısa bir biyet kullanılması (normalin 1/2'si veya 2/3'u) tavsiye edilir. Burada amaç işlem için optimum sıcaklığın belirlenmesidir. İlk iki, üç biyetten sonra, profil çıkış sıcaklığına göre biyet sıcaklığı ayarlanır. Profil sıcaklığı 930 F veya biraz daha yüksek olabilir. Bu sıcaklık 6063 alaşım için en iyi mekanik özellikleri sağlayacak olan sıcaklıktır.

Çıkış sıcaklığı alaşıma, matrise, profil kesitine, diğer işlem parametrelerine ve mamulün kullanım yerine göre farklılık gösterebilir.

Bir de diğer faktörlere bağlı olarak bir sıcaklık artışı meydana gelir. Bu da işlemi çok önemli şekilde etkileyebilir. Bu faktörlerden biri sürtünmedir. Sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan ısı artışı, alıcı ve matriste bazı problemlere yol açabilir. Bu sıcaklık artışı 100 F kadar olabilir. Sıcaklık artışının sebepleri ekstrüzyon oranı ve hızıdır. Bu sıcaklık artışını önlemek için biyet üzerine farklı ısıtma uygulanabilir. Bu da şu şekilde olur: Biyetin arka kısmı ön kısmına göre 100-150 F daha düşük sıcaklıkta ısıtılır fakat bu yöntemde yan etkilerinden dolayı pek kullanılmaz.



Şekil 3.2.8 Değişik hız ve malzemelerde sıcaklığın ekstrüzyon basıncına etkisi/5/



Şekil 3.2.9 Bazı Alüminyum alaşımlarının ekstrüzyona relatif direnci/5/

3.3. EKSTRÜZYON KUVVETİ

Ekstrüzyonda şekil değiştirme kuvvetini hesaplayabilmek için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin birbirinden farkları, metodların analizine, teorik yaklaşımlara ve sonuçların gerçeğe yakınlığına bağlıdır. Pratikte bu yöntemlerden elemanter analiz yöntemi konulara yaklaşımı ve kolayca uygulanabilmesi açısından en önemlisi olması nedeni ile ekstrüzyon kuvvetinin hesaplanmasında bu yöntemden faydalanacağız.

Elemanter analiz için gerekli gözlemlerin kaynağı; iş malzemesinin etkisi, ekstrüzyon oranı, sıcaklık, blok ile alıcı arasındaki sürtünme ve şekil değiştirme işinin yüksekliğidir. Şekil değiştirme bölgesinde gayri muntazam şekil değiştirmeler ve şekil değiştirme işleri, tüm şekil değiştirme işinin hesaplanmasında büyük matematik zorluklar çıkardığından, elemanter analizde blokun elemanlarının paralel kaldığı kabul edilir. Bu kabulde temel düşünce, yatay kesitlerin yine yatay kaldığıdır. İstampa kuvvetlerinin etkisi ile hacim elemanında oluşan üç eksenli gerilme durumunda ana gerilmelerin $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ Tresca akma elemanının sürtünmesiz (kayıpsız) şekil değiştirmesinde d_l uzunluğu için F_{id} şekil değiştirme kuvveti gerekli olup; bu durumda şekil değiştirme işi $d_{wid} = F \cdot d_l$ olarak bulunur.

$$F = A \cdot \sigma_A \quad \text{veya } l/l \quad \text{ile çarpılarak}$$

$$F = (V / l) \cdot \sigma_A \quad \text{böylelikle şu değer elde edilir.}$$

$$d_{wid} = V \cdot \sigma_A \cdot (d_l / l)$$

$$W_{id} = V \cdot \sigma_A \int_{l_1}^{l_0} (d_l / l) \int (d_l / l) = \ln l \Big|_{l_1}^{l_0} = \ln (l_1 / l_0)$$

Hacim sabitliğinden

$$A_0 * l_0 = A_1 * l_1$$

$$\ln (l_1 / l_0) = \gamma = \ln (A_0 / A_1)$$

böylelikle

$$Wid = V * \sigma_A * \gamma \quad Fid = Wid / l = A_0 * \sigma_A * \gamma$$

Wid : İdeal (teorik) şekil değiştirme işi

σ_A : Şekil değiştirm dayanımı

V : Şekillendirilmiş hacim

l : Uzunluk (l₀:Blok uzunluğu l₁:Çubuk uzunluğu)

A : Kesit

A₀ : Blok kesiti

γ : Logaritmik şekil değiştirme

Fid : İdeal ıstampa kuvveti

Görüldüğü gibi ideal şekil değiştirme işinden Wid sürtünme-
siz ekstrüzyon için ideal ekstrüzyon kuvveti Fid olarak bulu-
nur. Gerçekte ideal şekil değiştirme işinin Wid yanısıra şekil
değiştirme bölgesindeki iç kaymaların ve matristeki sürtünme-
nin yenilmesi için bir W_s işi ve de alıcı ile blok arasındaki
sürtünmenin yenilmesi için veya blok yüzeyinde yapışmaya ne-
den olan kayma kuvvetinin ortadan kaldırılabilmesi için bir
W_R işi gereklidir.

$$W_{top} = Wid + W_s + W_R$$

W_s'i ifade etmek oldukça zor olduğundan Wid ve W_s birlikte
düşünülür ve şekil değiştirme verimi şöyle tariflenir.

$$\eta_F = Wid / (W_s + Wid)$$

Sürtünme kayıpları deneysel olarak tesbit edileceğinden bu ifadenin ölçülmesi mümkündür.

Bu durumda

$$W_{id} + W_s = W_{id} / \eta_F = V * \psi * (\sigma_A / \eta_F) \quad \sigma_A / \eta_F = \sigma_D$$

Şekil değiştirme direnci olarak adlandırılır.

σ_D malzemeye bağlı, karakteristik bir büyüklük olan σ_A şekil değiştirme mukavemetinden, şekil değiştirme geometrisinden bağımsız olan kayma kayıpları ve matris sürtünmesi nedeni ile ayrılır. Alıcı ile blok yüzeyi arasındaki sürtünme işi şu şekilde ifade edilir.

$$W_R = F_R * l = u * l^2 * \mu_w * \sigma_A = \pi * D * l^2 * \mu_w * \sigma_A$$

F_R : Sürtünme kuvveti

l : Blok uzunluğu

μ_w : Cidar sürtünme katsayısı

Bu durumda toplam iş için gerekli ifade,

$$W_{top} = V * \psi * \sigma_D + (\pi * D * l^2 * \mu_w * \sigma_A)$$

ve toplam ekstrüzyon ıstampa kuvveti,

$$F_{top} = A_0 * \psi * \sigma_D + (\pi * D * l * \mu_w * \sigma_A)$$

Bu denklem Siebel ve Fangmeier'in tahminlerine uymaktadır.

Diğer araştırmacılar, özellikle alıcı cidarındaki sürtünmeyi farklı şekilde kabul etmekte olup; örneğin bir üstel fonksiyon ve ölü bölge göz önünde tutularak yapışma sürtünmesi için $\mu_w * \sigma_A = \zeta$ değerini kullanma eğilimindedirler. Aradaki ince nüans farkları burada incelenmeyecektir.

3.3.1. AKMA GERİLMESİ

Akma gerilmesi σ_A kayıpsız şekil değiştirme için bir malzeme karakteristiğidir. Sıcaklığa, şekil değiştirmenin biçimine ve şekil değiştirme hızına bağlı olup; bu büyüklüklere bağımlılığı göz önünde tutularak deneylerle saptanır. Bu işlem esnasında tek eksenli bir gerilme seçilecek olursa deneyin yapılması ve değerlendirilmesi çok basit olur. Çekme deneyinde sürekli uzama durumunda (tek eksenli çekme).

$$\sigma_2 = \sigma_3 \quad \sigma_A = -\sigma_1 = F/A_1 \quad F: \text{Çekme kuvveti}$$

A_1 : Çubuk kesiti

Basma deneyinde (tek eksenli)

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 0 \quad F: \text{Basma kuvveti}$$

$$\sigma_A = -\sigma_3 = F/A_1 \quad A_1: \text{Kesit}$$

Akma gerilmesi σ_A ile şekil değiştirme değeri $\psi = \ln(A_0/A_1)$ belirlediği sistemdeki eğriler akma eğrileri olarak adlandırılmaktadır. Soğuk şekillendirme esnasında soğuk pekleşme nedeni ile artan şekil değiştirme derecesinde iş malzemesine bağlı olarak akma eğrileri az veya çok dik bir yükselme gösterirlerken, sıcak şekillendirme esnasında pekleşme söz konusu olmadığından akma gerilmesi şekil değiştirmeden hemen hemen bağımsız gibidir.

3.3.2. SEKİL DEĞİŞTİRME DİRENCİ VE SEKİL DEĞİŞTİRME VERİMİ

Şekil değiştirme direnci σ_D , şekil değiştirme dayanımı σ_A haricinde şekil değiştirme esnasında oluşan iç kayıpları ve dış matris kayıplarını içermekte olup; blok ve alıcı arasındaki sürtünme kayıplarını göz önüne almaz.

$$F_{top} = (A_0 * \psi * \sigma_D) + (\pi * D * l * \mu_w * \sigma_A) \text{ 'dan}$$

$$F_{top} = A_0 * \psi * \sigma_D + FR$$

Şekil değiştirme dayanımının hesaplanmasında blokun önemli ölçüde basıldığı ve blok uzunluğunun küçüldüğü düşünülerek ıstampa kuvvetindeki cidar sürtünmesi bileşeni FR pratik olarak ihmal edilir. Böylece ,

$$FR \approx 0$$

$$\sigma_D = F_{top}/A_0$$

Buna göre, σ_D ve σ_A 'dan şekil değiştirme verimi,

$$\eta_F = \sigma_A/\sigma_D$$

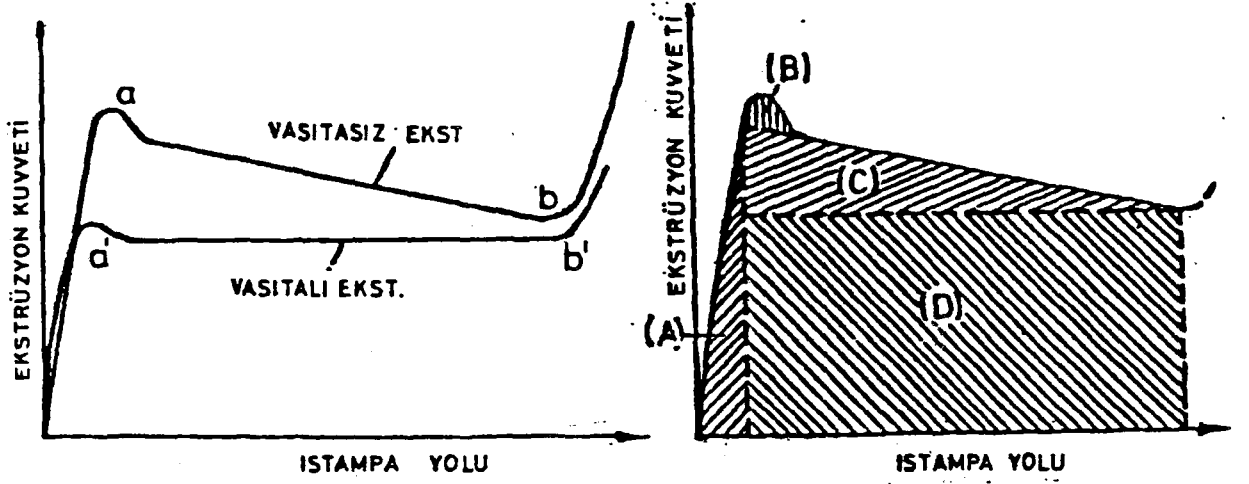
Bu ölçümlerde artan pres hızı ile şekil değiştirme veriminin de arttığı ayrıca gözlenmiştir.

3.3.3. ALICI VE BLOK ARASINDAKİ SÜRTÜNMENİN EKSTRÜZYON KUVVETİNE ETKİSİ

Istampa kuvveti denkleminde blok ile alıcı arasındaki sürtünme su ifade ile gösterilmiştir.

$$FR = \pi * D * l * \mu_w * \sigma_A$$

Azalan blok uzunluğu ile birlikte sürtünme bileşeni lineer olarak küçülmektedir. Bu denklem böylelikle vasıtasız ekstrüzyon işleminde ıstampa kuvveti-ıstampa yolu diyagramını yeterli ölçüde açıklamaktadır (Şekil 3.3.1). Eğri başlangıçta bir maksimum gösterdikten sonra, yavaş bir değişme göstererek bir basınc düşmesi olur ve işlem sonuna kadar düşme devam eder. İşlem sonuna doğru ise radyal akış nedeni ile dik bir yükselme ile basınc artışı görülür.



a) Istampaya yolu

b) Şekil değistirme işinin dağılımı

A alanı: Boşluk doldurma işi

B alanı: Malzeme akış olayının başlaması işi

C alanı: Öz biçimlendirme işi

D alanı: Sürtünme işi

Şekil 3.3.1 Ekstrüzyon kuvveti eğrileri ve ekstrüzyonda tüketilen iş ve bölümleri/6/

Cidar sürtünmesi için μ_w sürtünme katsayısı malzeme ve yağlama şartlarına bağlı olarak çok farklı olabilir. İyi yağlamada ve ortam sıcaklığının çok az üzerinde olan sıcaklıklarda $\mu_w = 0.05-0.15$ değerleri arasındadır. Yağlamasız ekstrüzyonda $\mu_w = 0.35-0.45$ 'dir.

3.4 EKSTRÜZYON HIZI

Ekstrüzyon metodunun ekonomikliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri de pres hızıdır. Pres operasyonunda uygulanabilecek maksimum pres hızı, maksimum profil çıkış sıcaklığı (yapıda iri tanelerin veya profil yüzeyinde çatlakların oluşmaya başladığı sıcaklık) ile belirlenir.

Vasıtasız ekstrüzyon metodunda profil sıcaklığı, takoz ile kovan arasındaki sürtünme dolayısıyla, operasyon başlangıcından sonuna kadar sürekli yükselir. Bu nedenle -operasyon esnasında sabit tutulduğu varsayılan- maksimum pres hız, operasyon sonundaki maksimum profil sıcaklığına göre ayarlanır.

Vasıtalı ekstrüzyonda ise, profil sıcaklığı vasıtasız metottakinden daha düşük seviyede olup, tüm operasyon boyunca sabittir. Dolayısı ile vasıtalı metotta gerçekleştirilen maksimum pres hızları, vasıtasız metottakilerine oranla daha yüksektir. Tablo 3.4.1 'de görüldüğü üzere verilen alüminyum alaşımları için vasıtalı ekstrüzyonda uygulanan pres hızları vasıtasız ekstrüzyonda uygulananlarını 2-3 katıdır. Vasıtalı ekstrüzyonda vasıtalı ekstrüzyona oranla daha düşük sıcaklıkta takoz kullanılabileceği de göz önünde bulundurulursa, her iki metot arasındaki hız farkının daha da büyüyeceği açıktır.

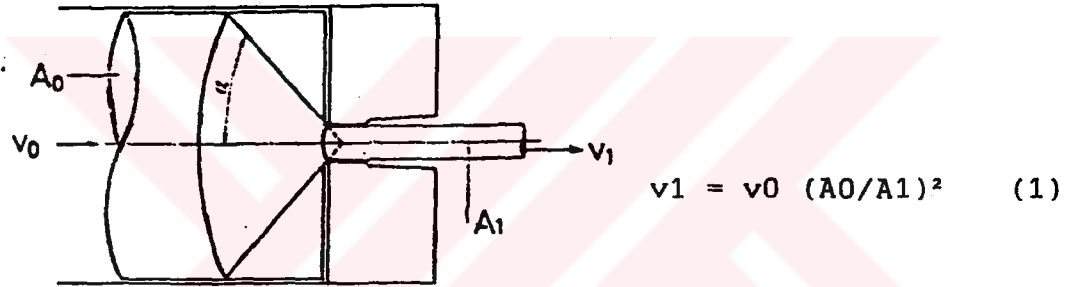
Malzeme	Deformasyon oranı	Takoz Sıc. °C	Maks. Profil hızı	
			vasıtasız m/dak	vasıtalı m/dak
AlCuMg1 (2017)	52	450	3.0	9.3
AlCuMg2 (2024)	52	400	2.0	6.2
AlMg5 (5456)	52	480	4.0	11.6
AlMgSi0.5 (6063)	52	450	70	130

Tablo 3.4.1 Vasıtalı ve vasıtasız ekstrüzyonda muhtelif alüminyum alaşımları için maksimum pres hızları/2/

Ekstrüzyon esnasında, istampanın hareketinden dolayı literatürlere göre çeşitli hızlar konu edilmektedir.

Bunlar, ekstrüzyon hızı veya ıstampa hızı, mamul çıkış hızı veya çubuk hızı, bir de şekil değiştirme hızıdır.Çubuk hızı ve şekil değiştirme hızı, ıstampa hızına bağlı hızlardır.

Bu bölümde konu edilecek hızlar ıstampa hızı ve ona bağlı olarak çubuk hızıdır.Bu iki hız ekstrüzyon karakteristikleri bakımından önemlidir.Istampa hızı ile çubuk hızı arasında, hacim sabitliği prensibine bağlı, ekstrüzyon oranından etkilenen bir bağıntı vardır.Bu bağıntı asağıda gösterilmektedir.



v_0 : ıstampa hızı veya ekstrüzyon hızı

v_1 : çubuk hızı veya çıkış hızı

A_0 : blok kesiti

A_1 : Çubuk kesiti

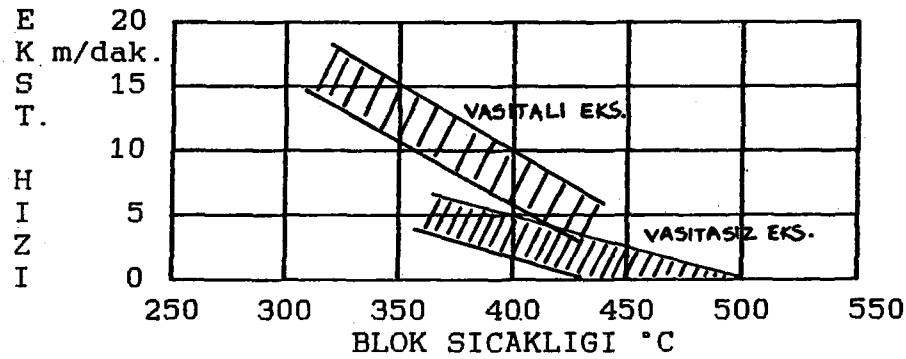
A_0/A_1 : ekstrüzyon oranı

Şekil 3.4.1. Ekstrüzyon hızı ile çıkış hızının bağıntısı/7/

Istampanın belirli hızda ilerlemesiyle (1) denklemi gereğince malzeme matrisi (v_1) hızı ile terk ederken matris kanalındaki sürtünmeden dolayı mamulun sıcaklığı artar ve belli bir çıkış sıcaklığına varır.Yani mamulun çıkış hızı (v_1), bir de çıkış sıcaklığı vardır.Sıcak ekstrüzyonda, matris kanalındaki sürtünmeden dolayı yeniden billurlaşma hızlanır.Buna bağlı olarak mamul yüzeyinde kaba taneli yapı oluşur.

Bu sebepten dolayı da mamulün mekanik özellikleri, korozyon dayanımı ve yüzey kalitesi düşer. Ekstrüzyonda mamul çıkış hızı veya çubuk hızı, mamul yüzey kalitesini, mekanik özelliklerini etkilediği gibi işlemin ekonomikliğini de etkiler. Ekstrüzyonda ve özellikle sıcak ekstrüzyonda mamul çıkış hızı ve sıcaklığı seçilerek, ıstampa hızı veya ekstrüzyon hızı bunlara göre ayarlanır.

Çıkış hızının yüksek olması işlemi ekonomikleştirir. Yüksek çıkış hızında, ıstampa hızı da çıkış hızı yüksektir. Bu hızların yükselmesi bazı faktörlerle sınırlanmıştır. Bunlar, çıkış sıcaklığı, hızın yükselmesi ile basıncın yükselip presin yetersiz kalması, büyük ekstrüzyon oranlarında çalışmak ve daha da önemlisi yüksek sıcaklıklarda, yüksek hızlarda ekstrüzyon edilen mamulde çıkış sıcaklığının yükselerek yeniden billurlaşma sıcaklığının üstüne çıkması ve yüzeyde tane kabalaşması mekanik değerlerde düşmeler, yapı hataları ve yapı homojensizliği meydana gelmesi.



Sekil 3.4.2 Alüminyum alaşımında blok sıcaklığı-ekstrüzyon sıcaklığı arasındaki ilişki/8/

Daha önce incelendiği gibi sıcaklık sabit kalmak şartı ile ekstrüzyon hızında artış meydana getirdiğimiz zaman, ekstrüzyon basıncı yükselecektir. Hem sıcaklığı, hemde hızı arttırırsak bu sefer basınçtaki artmalar daha da yüksek olacaktır.

Ekstrüzyon hızını etkileyen bir diğer faktörde ekstrüzyon oranıdır. Ekstrüzyon oranı (A_0/A_1) yüksek olduğu zaman, ekstrüzyon basıncı da yüksektir. Bu oran küçüldüğu zaman ekstrüzyon kuvvetinde de düşmeler görülür.

Istampa hızına bağlı olarak çıkış hızında yükselmeler ve sıcaklık artmaları, malzemenin yeniden billurlasma sıcaklığının üstüne çıkarak tane kabalaşmasına neden olur ve yapı homojenliği bozulur, mamul kalitesi düşer. Bundan dolayı optimum çıkış hızı ve sıcaklığı seçilerek istampa hızı veya ekstrüzyon hızı ayarlanır ve ekonomik çalışma sahasına girilir.

4. MATRİS DİZAYNI VE DİZAYNA İLİSKİN KARAKTERİSTİKLERİN İŞLEM ÜZERİNDE ETKİLERİ

Ekstrüzyon işleminde ekonomikliğı ve işlem kolaylığını etkileyen en önemli faktörlerden biri matris dizaynıdır. Bu nedenle matris dizaynı üzerinde durulması gereken çok önemli bir husustur.

Bir matrisin dizaynı gerçekleştirilirken birçok husus göz önünde bulundurulmalı ve optimum noktaya ulaşılmalıdır. Matris dizaynında dikkat edilmesi gereken hususların başında; pres kapasitesi, malzeme, ekstrüzyon hızı, ekstrüzyon sıcaklığı, alıcı çapı, figür sayısı, profilde istenen fiziksel ve mekanik özellikler ilk sırayı alır. Matris dizayncısı bütün bu faktörleri göz önüne alarak maksimum verimle çalışılacak şekilde matris dizaynını gerçekleştirmelidir. Aksi halde iş verimi düşer.

Ayrıca matris dizaynından kaynaklanan hatalar işlem üzerinde bir çok yan etkiye yol açar. Döner çıkkan profiller, hatalı ölçüler, yüksek ekstrüzyon basıncı ihtiyacı, profilde çatlamlar gibi bir çok hata matrisin hatalı dizayn edilmiş olmasından kaynaklanabilir.

Kısaca özetlersek, matris dizaynı işlemin ekonomikliğini etkileyen birinci faktördür ve bu nedenle çok geniş bir şekilde incelenmelidir. Aşağıda çeşitli başlıklar altında, matris dizaynı ve matris dizaynının işlem üzerindeki etkileri incelenmektedir.

4.1. MATRİS BOYUTLANDIRILMASI VE DİZAYNI

Matris dizaynı ve yapımı, hassasiyet ve bilgi isteyen bir iştir. İyi dizayn edilmiş matrisler kaliteli mamul üretiminin ilk aşamasıdır. Matris dizaynları ekstrüzyon parametrelerini etkiler. Bundan dolayı, matrisler sistemin ekonomikliğine de etki eder.

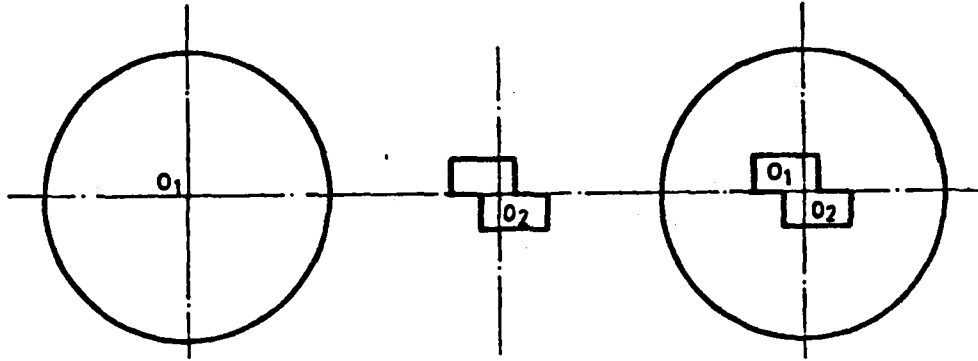
Matrisle imal edilebilecek kesitin büyüklüğü matris çapına bağlıdır. Aşağıdaki tabloda matris çapı ile kesit büyüklüğü arasındaki oranlar görülmektedir.

Maks. kesit büyüklüğü (çap) (mm)	Kalıp çapı (mm)				
	100	125	150	200	250
Tek delikli kalıplar	50	75	90	125	155
Çok delikli kalıplar	65	90	100	135	175

Tablo 4.1.1 Matris çapı-kesit büyüklüğü oranı/1/

Matris dizaynı yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır :

1. Profil büyük kesit farkları içermiyor ise ve matris üzerinde tek bir profil deliği ihtiva ediyorsa, profil kesitinin ağırlık merkezi, matris diskinin ağırlık merkezi ile çakışmalıdır. Bu sağlanmadığı takdirde kaçıklık meydana gelecektir. Bunun sonucunda ıstampada kısılmalar, matriste dengesiz zorlamalardan dolayı kuvvet ihtiyacı artacak, malzeme akış düzensiz bozulacak, mamulde matristen çıktıktan sonra eğilme meydana gelecektir. Bu olumsuz etkiler, kaçıklık oranının artması ile dahada artacaktır.

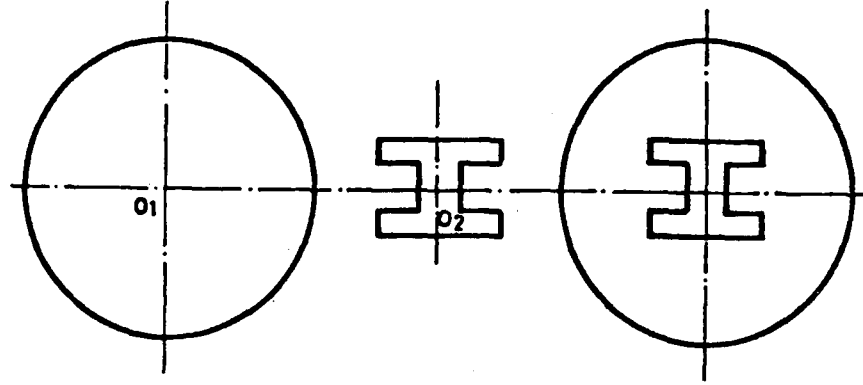


O1:Matris dikinin ağırlık merkezi
O2:Profilin ağırlık merkezi

Sekil 4.1.1 Profil kesiti ağırlık merkezi ile matris diski ağırlık merkezinin çakıştırılması

2.Simetrik bir profilde, simetri eksenleri ön levhanın orta noktasında olacak şekilde dizayn edilmelidir.Bu düzenleme malzeme akışı yönünden önem taşımaktadır.Simetrik bir profilde, eğer profilin ağırlık merkezi ile ön levhanın ağırlık merkezi çakışmıyor ise malzemenin katedeceği yol, matris yüzeyinin bir bölgesinde kısa, diğer bölgesinde uzun olacaktır. Bunun sonucunda çevreye yakın olan kısımda ölü bölge küçük, uzak olan yerde ölü bölge büyük olacaktır.Bunun sonucunda farklı akış hızları sebebi ile mamulde egilmeler görülecektir.Kuvvet ihtiyacında artmalar görülecek, ekstrüzyon hızı düşecektir.Önlevhada dengesiz yüklerden dolayı kasımlar meydana gelecektir.

Sekil 4.1.2'de simetrik profillerde, profillerin matrise tanzimi, O1 ve O2 eksenlerinin çakışması durumu gösterilmiştir.Aynı zamanda bu merkez ön levha ağırlık merkezi ile de çakışmalıdır.

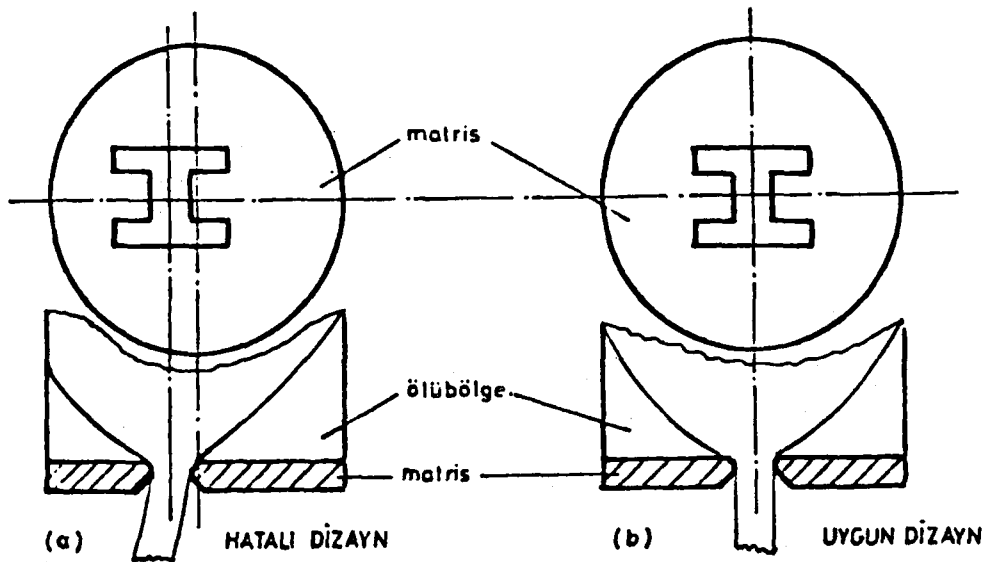


Sekil 4.1.2 Simetrik profillerin matris üzerine tanzimi/1/

Ölü bölgenin şekil değiştirmesi ile ön levhada meydana gelen kasılmalar ıstampa tarafından hidrolik pistona iletilir ve sistemin belirli zaman sonra hasar görmesi muhtemeldir.

Ölü bölgenin bir tarafta uzun olması bu bölgenin ıstampa tarafından matrise doğru itilirken bu bölge kıvrılarak blok yüzeyindeki pislilikler matrise doğru ilerler. Bu istenmeyen maddeler mamul kalitesini bozar.

Sekil 4.1.3'de hatalı dizayn durumunda ölü bölgenin form değiştirmesi ve mamulde meydana gelen eğilme görülmektedir.

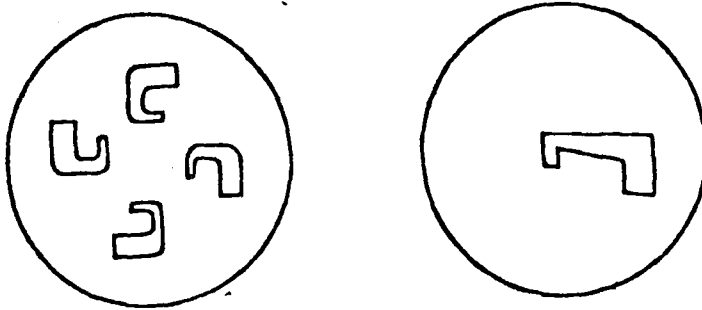


Sekil 4.1.3 Ölü bölgenin form değiştirmesi/1/

3. Matrisin malzeme ile temas eden tüm yüzeyleri taşlanmış olmalıdır. Taşlanmamış yüzeyler, yüksek basınç altındaki malzemenin matrise akışına ve matristen çıkışına karşı direnç oluştururlar. Bunun sonucunda gerekli kuvvet ihtiyacı artar, ekstrüzyon hızı düşer. İşlenmemiş yüzeyler malzeme akışını bozar. Bu nedenlerden dolayı matris yüzeyleri taşlanır (honlama, lebleme, ince taşlama) bazen de kromla kaplanır. Taşlanmamış yüzeyler mamulün yüzey kalitesini etkiler, profil yüzeyinde boyuna çizgiler oluşur.

4. Profilin kütleli bölgeleri, yani malzeme birikiminin fazla olduğu kısımlar, matris kenarına yakın bölgelerde olacak şekilde düzenleme yapılmalıdır. Bunun neticesinde profilin büyük kesitlerine akan malzeme, matris yüzeyinde kısa yol kat ederek matris deliğine girecektir. Matriste dengeleme yapılmadığı zaman sistem dengesiz yükler altında kalır. Bu şekilde çalışma sistemi zamanla deforme edebilir.

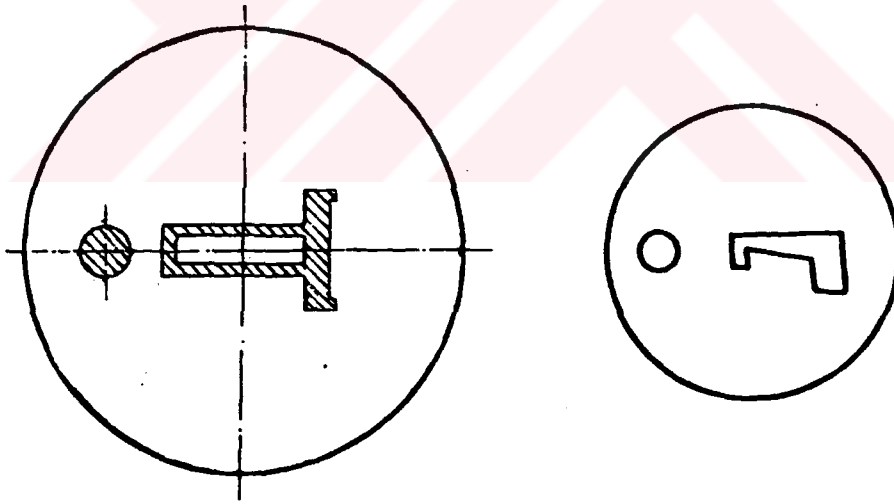
Sekil 4.1.4'de matrisin dengelenmesi amacı ile kalın kesitlerin matris kenarına yerleştirilmesi gösterilmektedir.



Sekil 4.1.4 Matrisin dengelenmesi/1/

Profil büyük kesit farkları içeriyorsa, simetrik değilse ve matrise tek bir profil deliği sığdırılabiliyorsa, 4.maddede de belirtildiği gibi malzeme akışını düzgünleştirmek amacı ile kütleli kısımlar matrisin kenar bölgesinde olacak şekilde dizayn edilir. Bu durumda matris yüzeyine gelen basınçta dengesizlik oluşur. Bir tarafta malzeme hemen matris deliğine girerken diğer tarafta malzeme matris yüzeyinde çok uzun yol katederek matris deliğine ulaşır. Bu dengesizlikten dolayı malzeme akış bozulur, kuvvet ihtiyacı artar, mamulde dönme ve eğilmeler meydana gelir.

Bu dengesizliği önlemek için matrise dengeleme deliği açılır. Bu durum aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

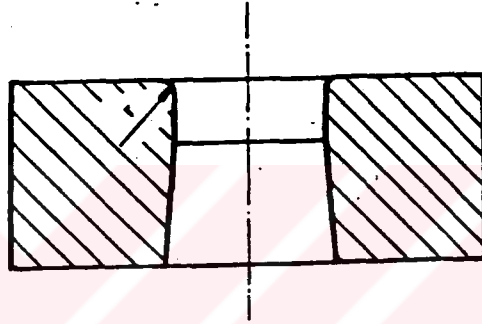


Sekil 4.1.5 Matris üzerinde açılan dengeleme deliği/1/

6. Düz matrislerde, delik girişindeki köşelerde yuvarlatma yapılmalıdır. Bu yuvarlatmalar yapıldığı zaman gerekli kuvvet miktarı artmasına rağmen malzeme akışı düzgünleşmektedir.

Düz matrisler alüminyum ve bakır alaşımlarında malzemenin matris kanalına yapışmasını önlediği için kullanılır.

Konik matrisler kullanıldığı zaman matris delik yüzeyine yapışmalar meydana gelmektedir. Delik girişinde yuvarlatma yapılmadığı zaman malzeme akışının bozulmasının yanı sıra imal edilen profilin yüzeylerinde çizgiler meydana gelmektedir. Aşağıdaki şekilde düz matristedeki köşe yuvarlatmaları gösterilmektedir.

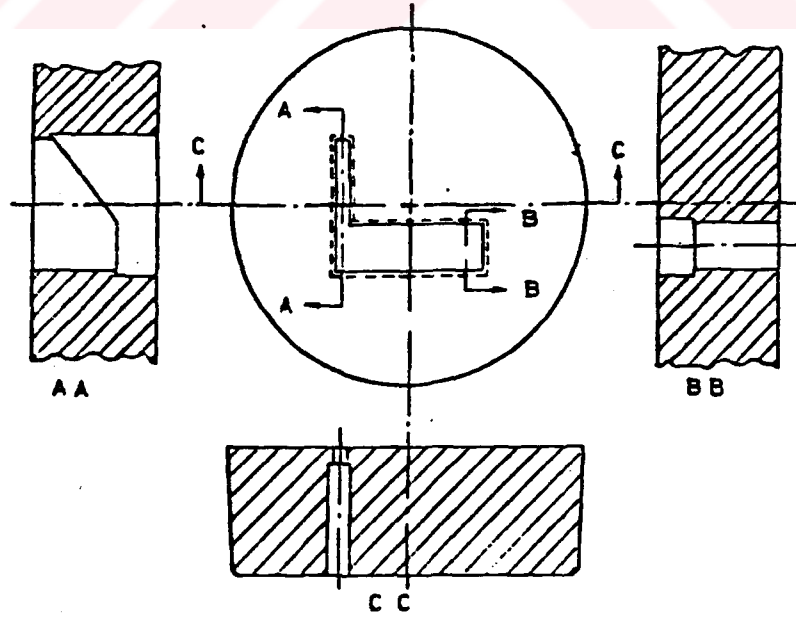


Sekil 4.1.6 Düz matristede köşe yuvarlatmaları /1/

7. Profil büyük kesit farklılıkları içeriyorsa, ince ve kalın kesitler matris deliğinden çıkarken farklı sürtünme kuvvetlerine maruz kalırlar. Kalın kesitler, matris kanalından geçerken az bir sürtünme kuvveti ile karşılaşırken ince kesitler, yüksek sürtünme kuvveti etkisi altındadır. Bu sürtünme kuvveti farklılıkları profilin yapısında ve malzeme akışı üzerinde olumsuz etkiler meydana çıkarırlar. Bu olumsuz etkilerin önlenmesi için matris kanal boyunda ince ve kalın kesitlere göre ayarlama yapılmalıdır. Genel olarak ince kesitler için kanal boyu kısa, büyük kesitler için kanal boyu uzun tutulur. Böylece profilin matristen çıkış hızı ve malzeme akışında düzen sağlanmış olacaktır. Matris dizayn edilirken bu düzenleme iyi şekilde yapılmış ise mamul matrissi düzgün şekilde (yani dönme ve eğilme yapmadan) terkeder.

Matris kanal boyu ince kesitlerde uzun tutulursa, ince kesitlerde yüksek olan sürtünme kuvveti daha da artacak ve ortaya yüksek sıcaklıklar çıkacaktır. Oluşan ısıyeneden billurlaşma sıcaklığını aşarsa ince kesitlerde tane kabalaşması meydana gelir, mamulde yapı farklılıkları oluşur, boyutlarda sapmalar meydana gelir.

Merkezde malzeme akış hızı çevreye göre yüksek olduğundan diğer bir ayarlama da bu özelliğe göre yapılır. Buna göre matrisin merkezinde bulunan profil bölümlerinde matris kanal uzunluğu uzun tutulur ve bu kanal uzunluğu, matrisin merkezinden uzaklığın artmasıyla profil şekline bağlı olarak kısalmır. Aşağıdaki şekilde profil kesitlerine bağlı olarak matris kanal uzunlukları gösterilmiştir.



Sekil 4.1.7 Profil kesitlerine bağlı olarak matris kanal uzunlukları/5/

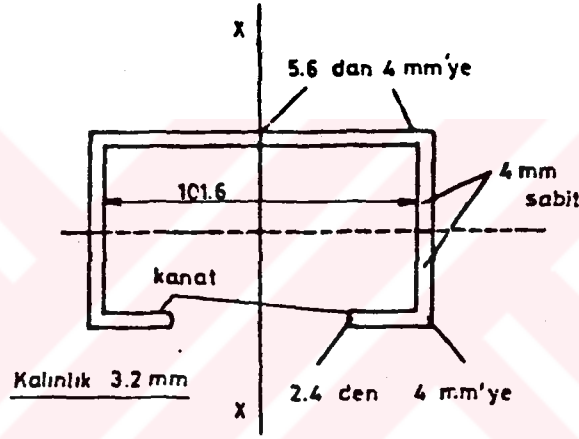
Düzenli malzeme akışının esaslarından biride uzun yada kısa matris uzunluklarının kullanılmasıdır. Her matriste değişen kanal uzunlukları ile karşılaşılr. Örneğin eğer bir profilde farklı kesitler varsa, matris kanal uzunlukları aynı yada daha az olması, yani kalın kesitlerde uzun, ince kesitlerde kısa kanal uzunlukları matristen daha iyi malzeme akışı olmasını sağlar ve burulma eğilimini azaltır.

Genellikle matris kanal uzunluğunun saptanmasında, hassas kesit değişimlerinin kontrolü için konstrüktör en küçük pratik şekiller ile başlar.

Avrupa'daki çalışmalarda küçük kesitlerde kanal uzunluğu kesit kalınlığının 4 katı olarak alınmıştır. Matris kanal uzunluğu, küçük veya ince kesitlerde kesit kalınlığına eşit uzunlukta alınarak çalışılmıştır. Bir çok konstrüktör en küçük kanal uzunluğu olarak 2.4 mm almış ve akış kontrol edilmiştir. Matris yüzeyindeki şekillere bağlı olarak, matris deliği ölçülerine göre saptanan minimum başlangıç matris kanal uzunlukları ile matris deliklerinin kesin ölçüleri için minimum matris kanal uzunlukları saptanmıştır. Genellikle seçilen şekil alıcı cidarına yakındır. Profilin ince kesitleri için kullanılan kanal uzunluğu yaklaşık olarak kesitin 4/5'i kadardır. Kesit şekline bağlı olarak 2.4 mm'lik minimum kanal uzunluğu ile başlangıç noktası saptandıktan sonra bu başlangıç noktasından merkeze doğru her 12.7 mm'lik yaklaşma için kanal uzunluğu 0.8 mm artırılır. Bu kural yaklaşı 4.8 mm kalınlığındaki her kesite uygulanabilir. Aynı kural kesit kalınlıklarının çok fazla değişmediği durumlarda da kullanılır.

Bir kesit değişen ölçülere sahipse bir başlangıç noktası alınır ve tüm kanal uzunlukları; en kısa kanal uzunluklarına dayanarak delik ölçülerine orantılı olarak artırılır.

Eğer belli bir bölge varsa, metod en küçük kesitte kanal uzunluğunun ne olması gerektiğinin hesaplanması olarak ele alınır sonra kanal uygulamalarının gerektirdiği matris deliği oranı ile çarpılır. Aşağıdaki örnekte daha önce tanımlanan kurallara ters düşen bir durum söz konusudur.



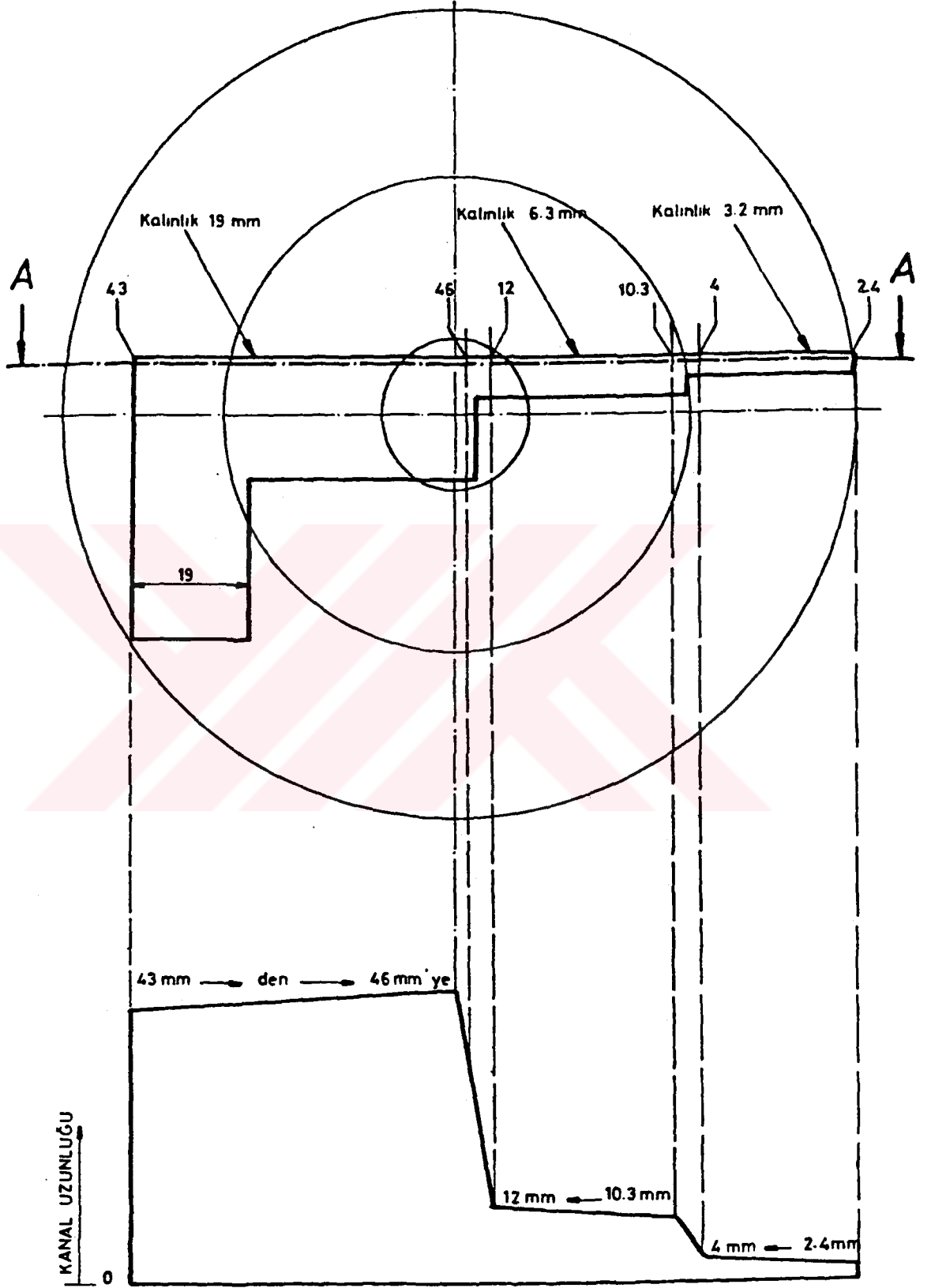
Şekil 4.1.8 Açık kanatlı, sabit kesitli profilde matris kanal uzunluğunun değişimi/1/

101.6 mm genişliğinde ve 3.2 mm kalınlığında bir profil şekil 4.1.8'de görülmektedir. Burada başlangıç olarak uç noktadan 2.4 mm'lik minimum kanal uzunluğu ile dizayna başlayarak xx ekseninden uzaklaştıkça 2.4 mm'lik matris kanal uzunluğu 25.4 mm'lik boyda lineer olarak 4 mm'ye çıkmaktadır (bu artan kanal uzunluğu daha önce tanımladığımız kurala tam ters düşmektedir. Aslında kanal uzunluğunun xx ekseninden uzaklaşıldıkça azalması gerekir.) ve xx eksenine paralel durum boyunca kanal uzunluğu 4 mm olarak sabit kalmaktadır. Profilin üst kısımlarında ise 4 mm'lik kanal uzunluğu kuralın

gerektirdiği Şekilde lineer olarak artarak xx eksenini kestiği 50.8 mm uzaklıkta 5.6 mm maksimum kanal uzunluğu değerini almaktadır.4 mm'den 5.6 mm'ye artması tanımlanan kurala uymaktadır.2.4 mm'den 4 mm'ye artma durumu ististanadır.

İnce kesitlerin uçları minimum kanal boylarını gerektirir. Bu da kanallarda sıkışma yada daralmaya yol açan dirseklerden sapmaya neden olur.Sekil 4.1.9'da değişen kesit kalınlıkları ile, istenilen kesitler için matris kanal uzunlukları örneği verilmiştir.Konstrüktorler kesit kalınlığınının 3.2 mm olduğu merkezden en uzak nokta için kanal uzunluğununun 2.4 mm olduğu bir dizayn geliştirmişlerdir.Baslangıç noktasından merkeze doğru 12.7 mm'lik her yaklaşma kademesi için kanal uzunluğu 0.8 mm artırılarak ilk 25.4 mm'lik boy için matris kanal uzunluğu 4 mm'ye orantılı olarak artırılmıştır.Bu noktada kesit kalınlığı değişmektedir.Müteakip kesit değişimlerinden hemen önce 6.3 mm'lik ksit 10.3 mm'lik kanal uzunluğu, bu kesitin bitiminde 12 mm'ye yükselmistir.19 mm kalınlığındaki kesitte, matris kanal uzunluğu 46 mm'ye yükselirken başka bir değişle matrasi desteği gerekir, bu destek 6.3 mm ve 19 mm kesit kalınlıkları arasındaki orantılı kanal uzunluğu + %30'u temsil eder.Bu noktadan sonra merkezden her 12.7 mm'lik uzaklaşma için matris kanal uzunluğu 0.8 mm azalark 43 mm'de son bulur.L profilinin kısa bacağı merkezle aynı yaya sahip olduğundan kesit değişimi yoktur matris kanal uzunluğu 43 mm'de sabit kalır.

8.Düz matrisler malzeme akışı yönünden ideal bir form değildir.

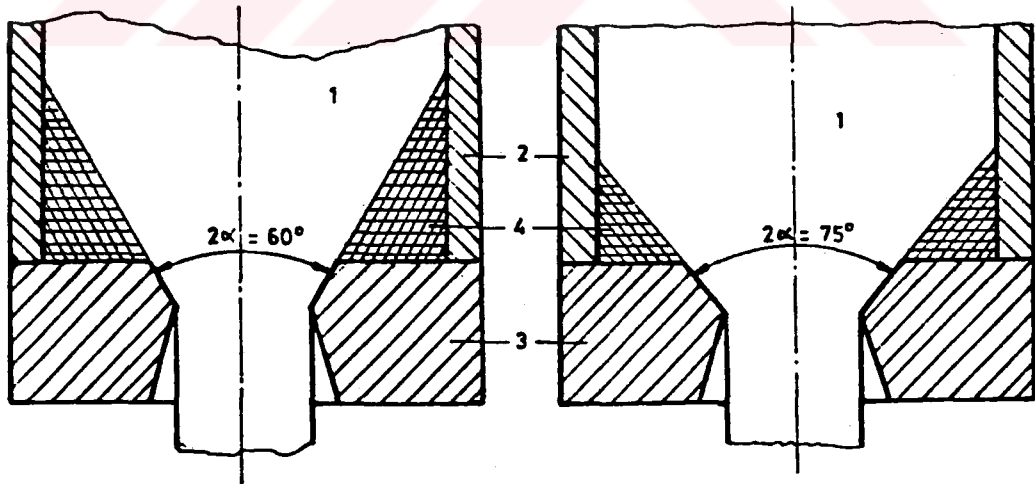


MATRİS GİRİŞ YÜZEYİ

A A KESİTİ

Sekil 4.1.9 Değişen kesit kalınlıkları ile matris kanal uzunluklarının değişimi/1/

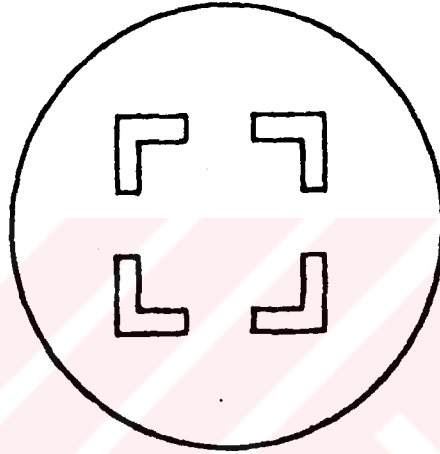
Matrislerde düz olarak giriş yapıldığında, matris deliğinin çevresinde malzeme normal olarak akamaz ve toplanma yapar. Bu oluşumlar sonucunda köşelerde ölü bölge olarak bilinen bir kısım meydana gelir. Ölü bölgenin meydana gelmesini önlemek için çeşitli yollara baş vurulmuştur. Alüminyum ve bakır alaşımları matrisleri dışında kullanılan matrisler bu amaçla koniklik verilmiştir. Küçük koniklik açılarında, örneğin $2\alpha=30^\circ$ lik konik matristerde ölü bölge oldukça fazladır. Koniklik açısı büyüdükçe ölü bölge azalmaktadır, bununla birlikte çubuğun dış yüzeylerinde geri akma ve deformasyon miktarları artmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda optimum koniklik açısı $2\alpha=90^\circ$ civarında bulunmuştur.



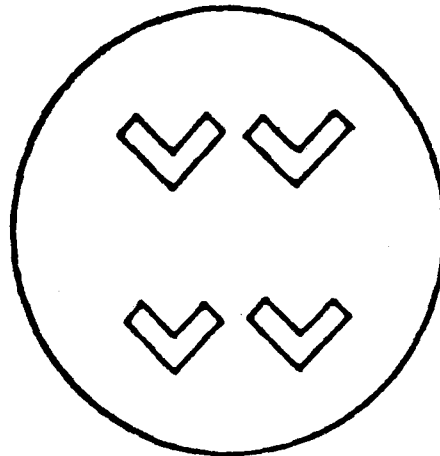
1.Blok 2.Alıcı 3.Matris 4.Ölü bölge

Sekil 4.1.10 Koniklik açıları ve ölü bölge/s/

9. Çok delikli matrisler dizayn edilirken delikler belli bir simetri ile yerleştirilmelidir. Dizayn safhasında matris yüzeyi belirli sayıda bölümlere ayrılır. Ayrılan bu bölümlere belirli kurallar çerçevesinde delikler dizayn edilir (Kalın kesitler dış tarafa yakın, uzun boyutlar matrisin dışına gelecek şekilde).



Sekil 4.1.11 Uygun dizayn edilmiş çok delikli bir matris/1/
Her ayrılan bölümün ağırlık merkezleri aynı noktada olmalıdır. Malzeme akışının her delikte aynı olması açısından önem taşıyan bu kural mamullerin çıkış hızlarını da dengeler.

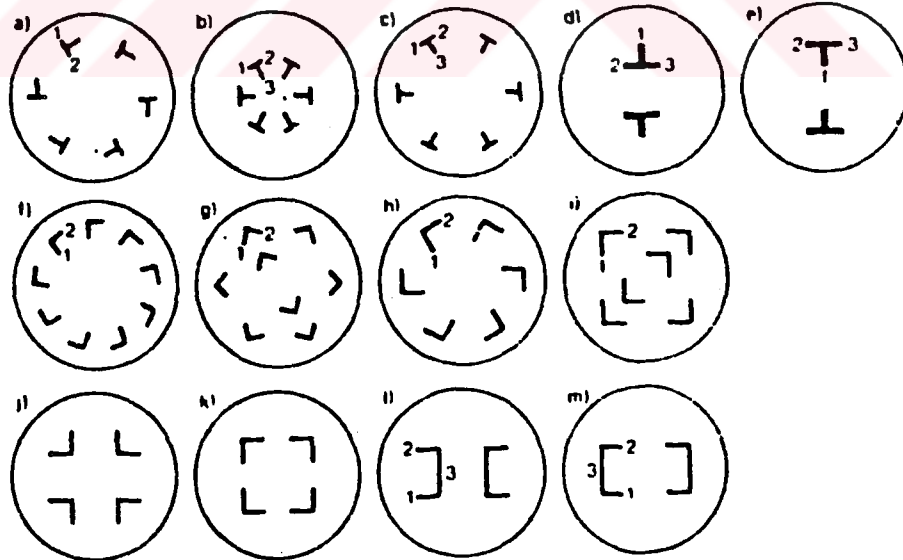


Sekil 4.1.12 Uygun dizayn edilmemiş çok delikli matris/1/

Sekil 4.1.12'deki uygun olmayan dizaynda malzeme akışı düzgün değildir ve dolayısıyla mamuller matrisi terk ettikten sonra eğilirler.

10. Çok delikli matrislerde matris deliklerinin yerleştirilmesinde diğer bir nokta şekil faktörüdür. Yine profilin kalın ve uzun kesitleri matris kenarına gelecek şekilde düzenlenmelidir. Matrisin kenarına gelen malzemeye fazla yol katettirmeden matris deliğine girmesi sağlanmalıdır. Çünkü matris kenarlarında malzeme akış hızı merkeze oranla daha düşüktür.

11. Çok delikli matrislerde matris delikleri merkeze oranla kenara daha yakın olmalıdır. Böylelikle matrisin merkezinden ve kenarından gelen malzeme deliğe eşit hızlarda girecektir. Yani hızlar dengelenecektir. Sekil 4.1.13'de uygun ve uygun olmayan dizaynlar verilmistir.



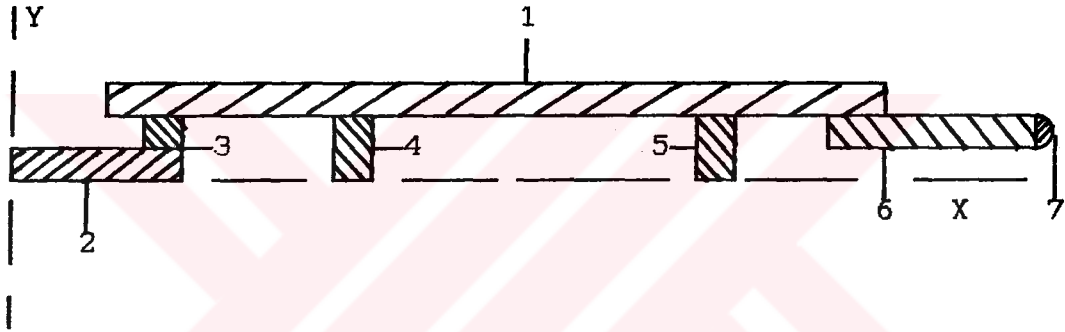
d: doğru h: hatalı

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
	h	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d
akma hızı v yüksek	2	3	3	2+3	1	1	1	1	1=2			3	1:2
akma hızı v düşük	1	1+2	1+2	1	2+3	2	1=2	2				1+2	3

Sekil 4.1.13 Çok delikli matrislerde L ve T profillerinde uygun ve uygun olmayan dizaynlar ve hız değerleri/6/

Bir profile ait matrisin dizaynını bir örnekle açıklarsak. İlk önce yapılacak işlem profil kesitinin ağırlık merkezinin ıstampa ağırlık merkezi ile çakışacak şekilde matris diski üzerine yerleştirilmesi işlemidir. Örnek şekilde verilen profil için bu hesaplama şu şekilde yapılır.

Önce profilin sematik resmini çizer ve profili belirli geometrik formlardaki bölgelere ayırırız.



Daha sonra her bölgenin alanı hesaplanır ve bu alanların X-Y eksenine göre ağırlık merkezlerinin uzaklıkları bulunur ve alanlarla ağırlık merkezi mesafeleri çarpılıp hepsi toplanır ve toplam alana bölünür.

$S_1=82 \cdot 1.1=90.2 \text{ mm}^2$	$X_1=4.15$	$S_5=3.6 \cdot 1.1=3.96 \text{ mm}^2$	$X_5=1.8$
$S_2=15.1 \cdot 1.1=16.61 \text{ mm}^2$	$X_2=0.55$	$S_6=4.8 \cdot 1.6=7.68 \text{ mm}^2$	$X_6=2.8$
$S_3=2.5 \cdot 1.1=2.75 \text{ mm}^2$	$X_3=2.35$	$S_7=(\pi \cdot 1.6^2)/8=1 \text{ mm}^2$	$X_7=2.8$
$S_4=3.6 \cdot 1.1=3.96 \text{ mm}^2$	$X_4=1.8$		

$$S=S_1+S_2+S_3+S_4+S_5+S_6+S_7=126.16 \text{ mm}^2$$

$$X=(S_1 \cdot X_1 + S_2 \cdot X_2 + S_3 \cdot X_3 + S_4 \cdot X_4 + S_5 \cdot X_5 + S_6 \cdot X_6 + S_7 \cdot X_7)/S$$

$$X=3.37 \text{ mm}$$

S1=90.2 mm ²	Y1=53 mm	S5=3.96 mm ²	Y5=76.75 mm
S2=16.61 mm ²	Y2=7.55 mm	S6=7.68 mm ²	Y6=94.7 mm
S3=2.75 mm ²	Y3=14.55 mm	S7=1 mm ²	Y7=97.44 mm
S4=3.96 mm ²	Y4=30.65 mm		

$$Y=(S1*Y1 + S2*Y2 + S3*Y3 + S4*Y4 + S5*Y5 + S6*Y6 + S7*Y7)/S$$

$$Y=49.11 \text{ mm}$$

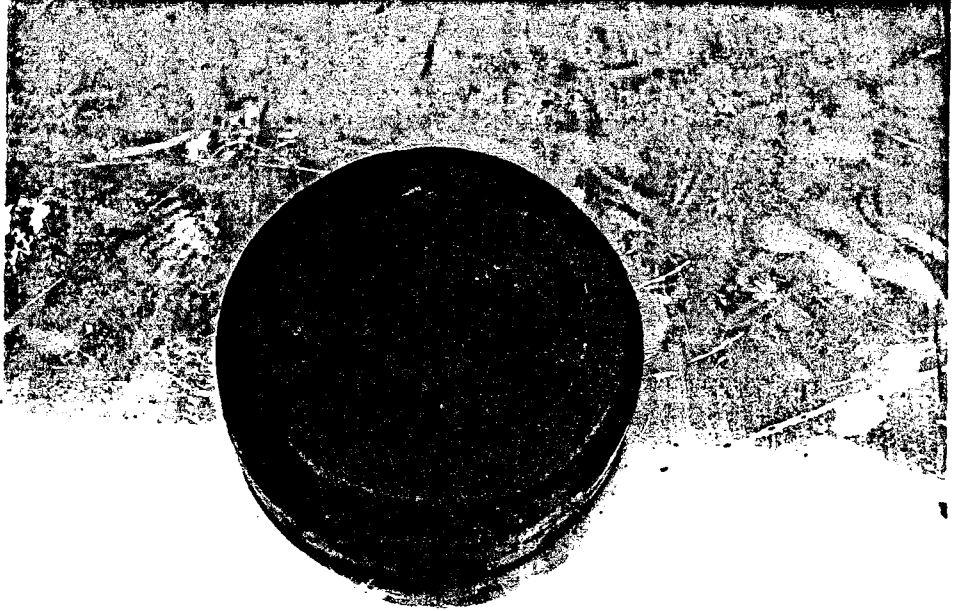
Bulunan bu değerlere göre profil, matris diski üzerine yerleştirilir.

Bu işlemden sonra geçiş kanal uzunluklarının tayini işlemine geçilir. Bu işlemin yapılışı yukarıda açıklanmıştı.

Basit bir solid kalıp için dizayn işlemi bu şekilde bitirilmif olur. Fakat dizayn işleminden sonra yapılması gereken bir diğer husus da matris mukavemet kontrolüdür. Bu kontrol yapılmadığı zaman matris dizaynı tam ve doğru olarak gerekleştirilmif olmaz.

Asağıdaki fotoğraflarda hatalı dizayn sebebiyle ortaya çıkan bozuk profiller ve matrisler görüntülenmiştir.

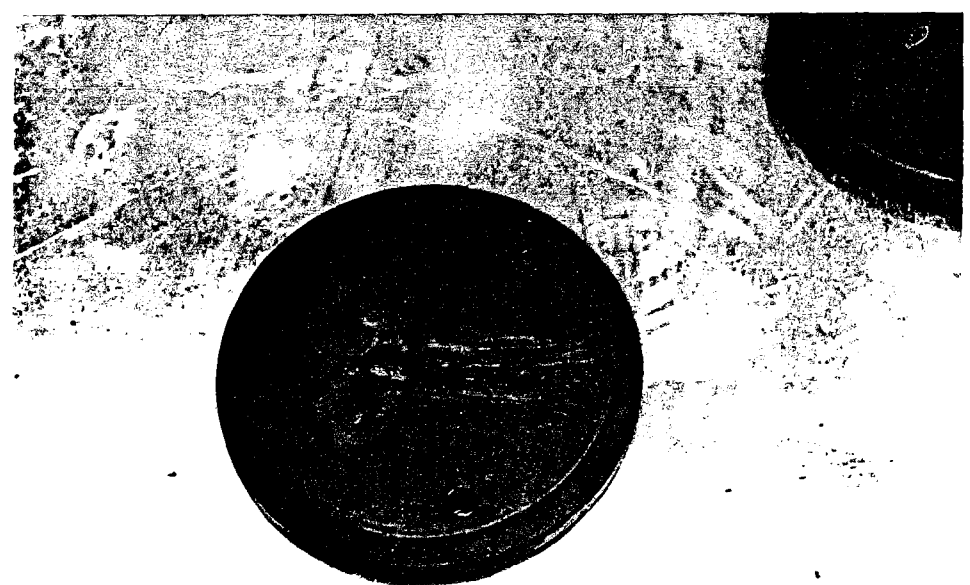
F
O
T
O
G
R
A
F
-1-



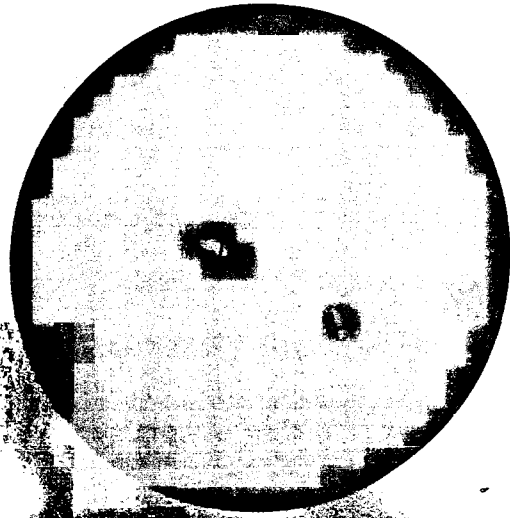
F
O
T
O
G
R
A
F
-2-



F
O
T
O
G
R
A
F
-3-



F
O
T
O
G
R
A
F
-4-



F
O
T
O
G
R
A
F
-5-



F
O
T
O
G
R
A
F
-6-

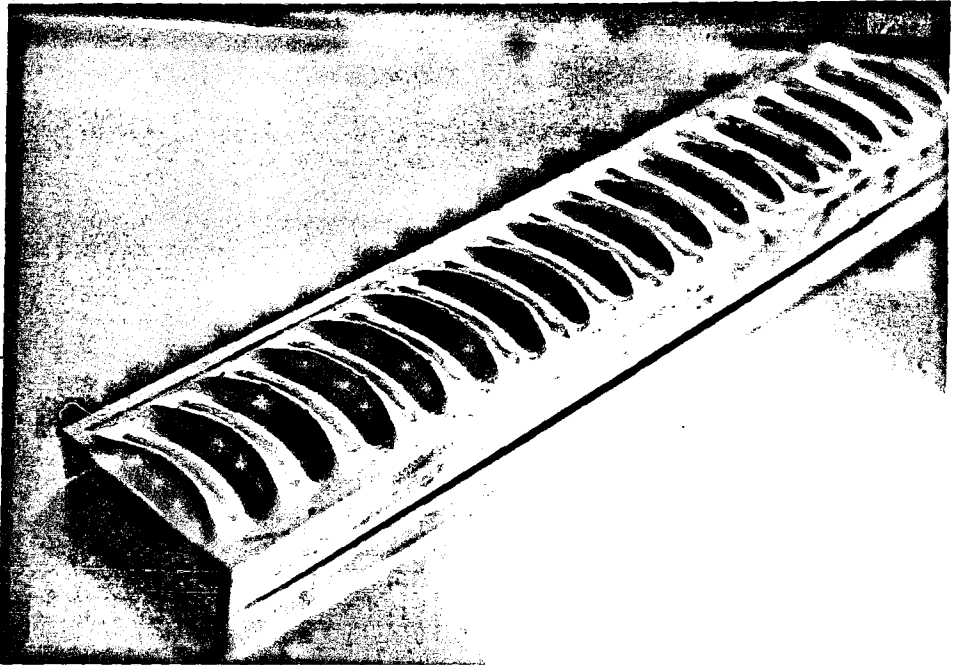


MATRİS FOTOGRAFLARININ İNCELENMESİ

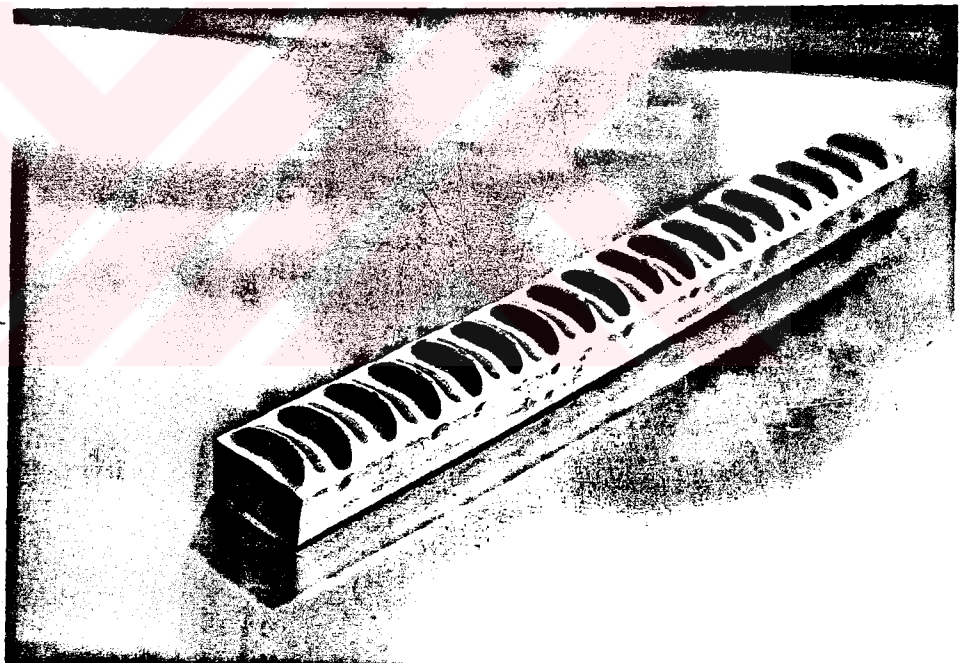
1-6 no'lu fotoğraflarda prthole (odalı) tipdeki bir ekstruzyon matrisi verilmiştir. Burada elde edilen profil bir menese profilidir ve hatalı dizayn sebebi ile profil hatalı çıkmaktadır (dalgalı olarak çıkmaktadır). Bunu önleme çalışmaları 1-6 no'lu fotoğraflarda gösterilmiştir.

Fot. 1'de matrisin ön görünüşü bulunmaktadır. Burada görüldüğü üzere matris üzerinde 4 delik bulunmaktadır. alüminyum blok önce bu deliklerden içeriye akar ve fot. 2'de gösterilen kaynama odasına gelir. Burada 4 delikten gelen alüminyum birleşir ve fot. 3'de görülen matrisin diğer parçasıyla karşılaşır ve matris boşluğundan geçerek matrisi terk eder. Fot. 3'de görülen matris boşluğu istenen profil şeklini içermektedir. Fakat bu matriste istenen düzgünlükte mamul elde edilememiştir. Fot. 3'de görüldüğü gibi akışı dengelemek için, hızlı çıkış yapan uç kısma çizgiler (setler) çekilerek yavaşlatılmaya çalışılmıştır. Fakat istenen sonuç elde edilemeyince fot.1'de görülen matris ön kısmında değişiklik yapılmasına karar verilmiştir. Fot. 4'de görüldüğü gibi matris üzerindeki akış delikleri ufaltılarak akış yavaşlatılmaya çalışılmıştır. Matrisse arka taraftan bakıldığında yavaşlatma daha iyi görülmektedir (Fot. 5). Profilin hızlı çıkan kısmında daraltma yapılmış ama bu işlemde de istene sonuç elde edilememiştir. En son olarak fot.6'da görülen şekilde matris üzerindeki delik sayısı 3'e indirilmiş ve uç kısımdaki akış hızı istenen seviyeye çekilmiştir. Böylece istenen profil elde edilebilmiştir.

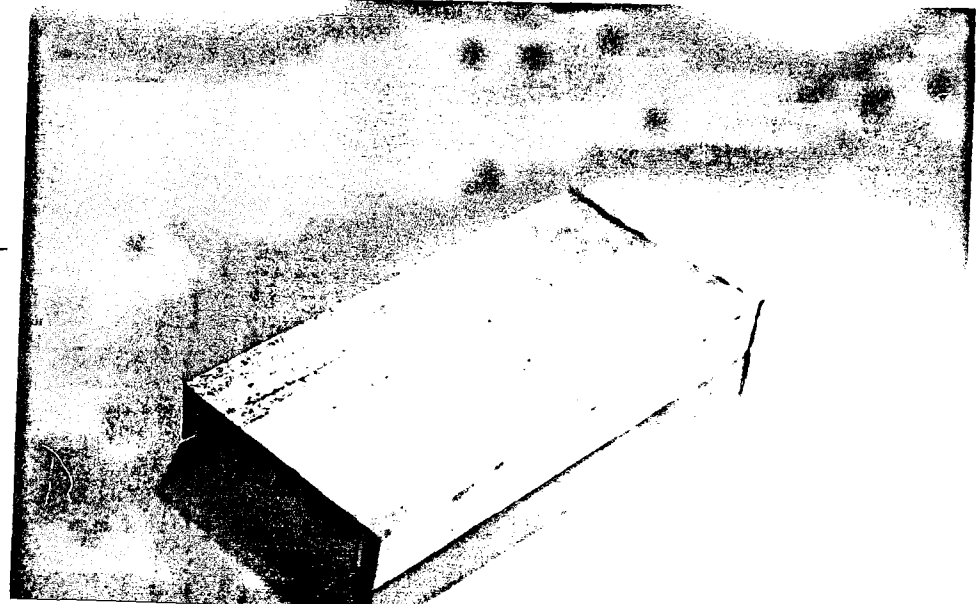
F
O
T
O
G
R
A
F
-7-



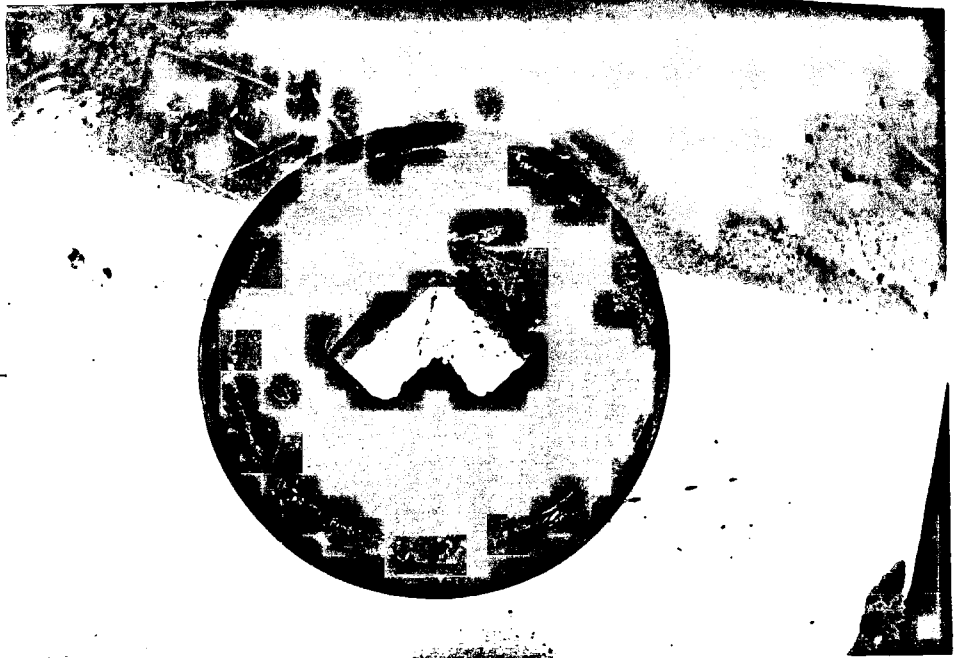
F
O
T
O
G
R
A
F
-8-



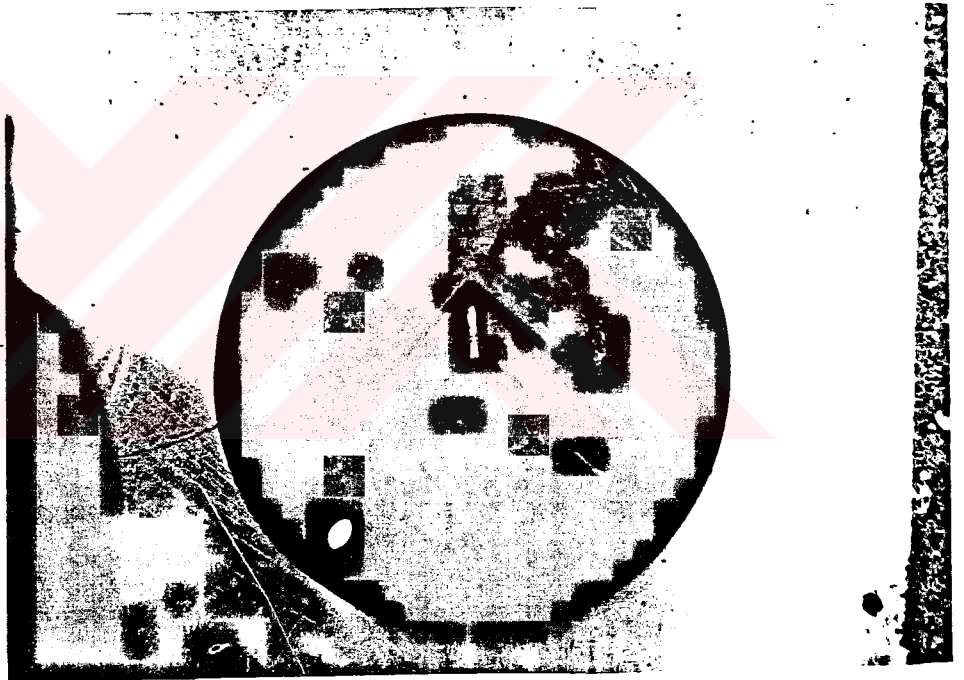
F
O
T
O
G
R
A
F
-9-



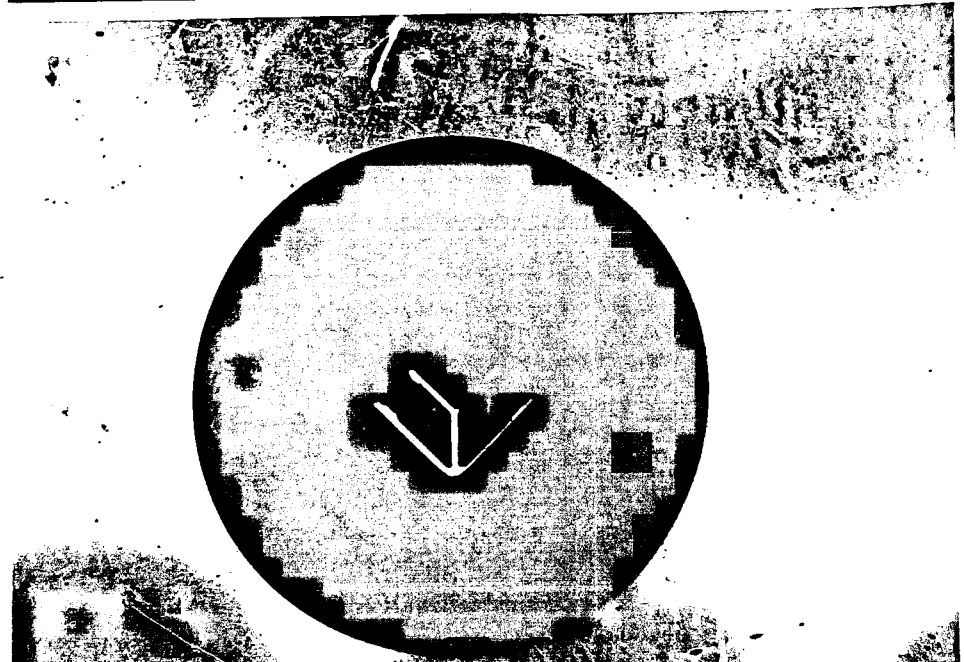
F
O
T
O
G
R
A
F
-10-



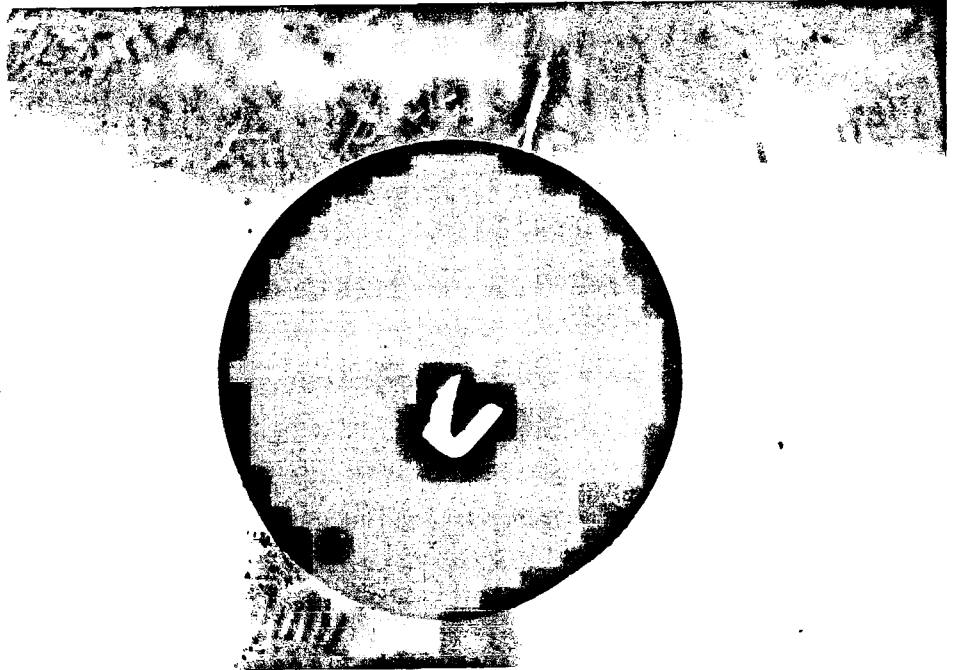
F
O
T
O
G
R
A
F
-11-



F
O
T
O
G
R
A
F
-12-



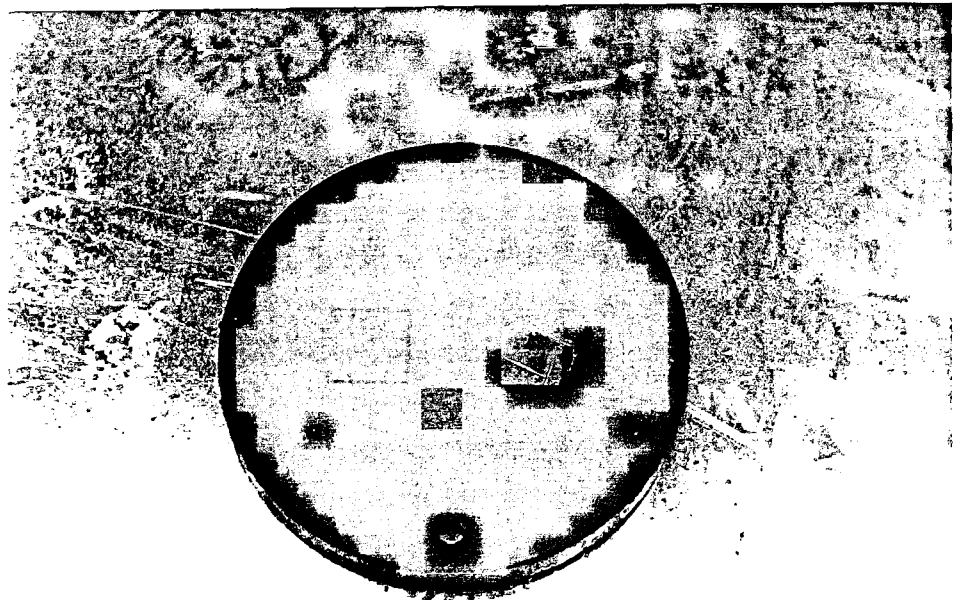
F
O
T
O
G
R
A
F
-13-



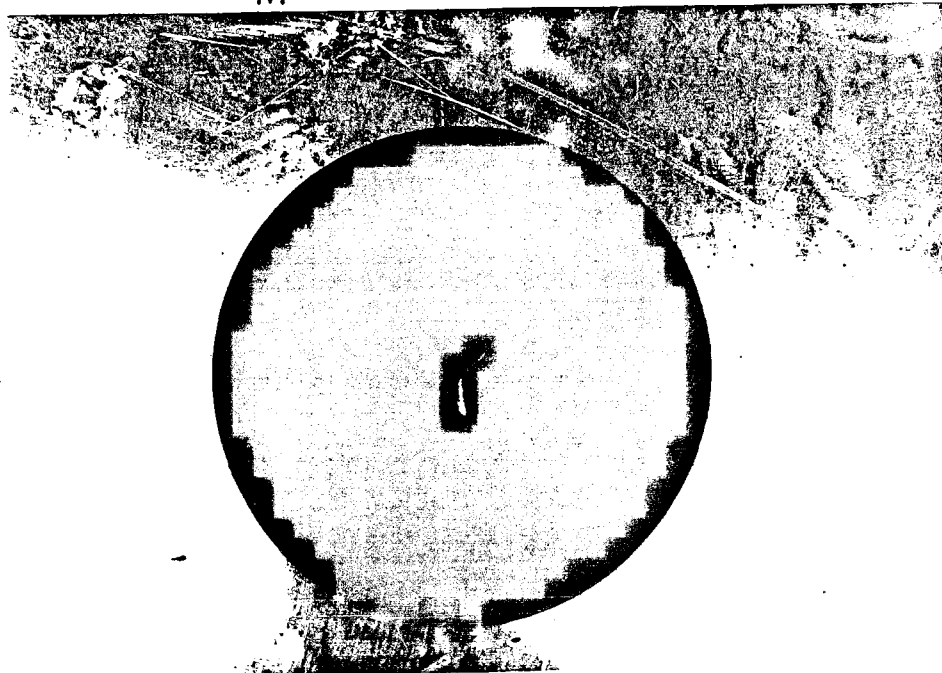
F
O
T
O
G
R
A
F
-14-



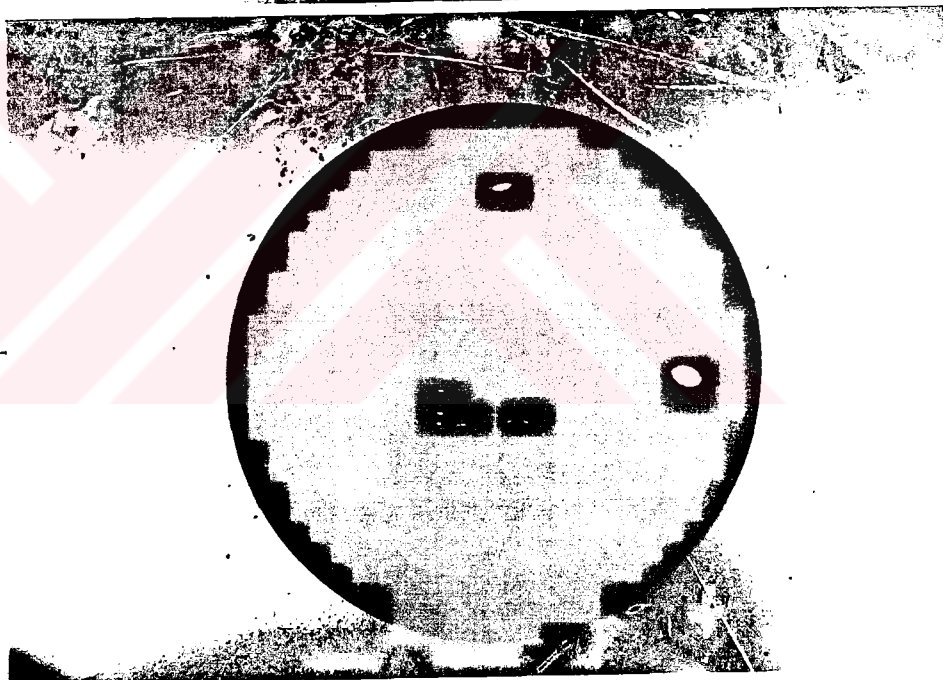
F
O
T
O
G
R
A
F
-15-



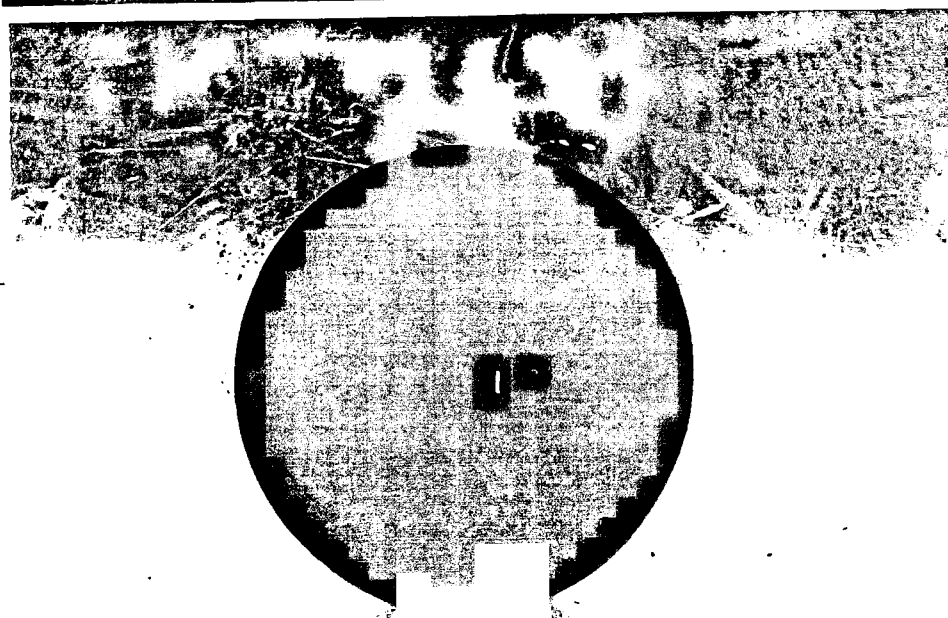
F
O
T
O
G
R
A
F
-16-



F
O
T
O
G
R
A
F
-17-



F
O
T
O
G
R
A
F
-18-



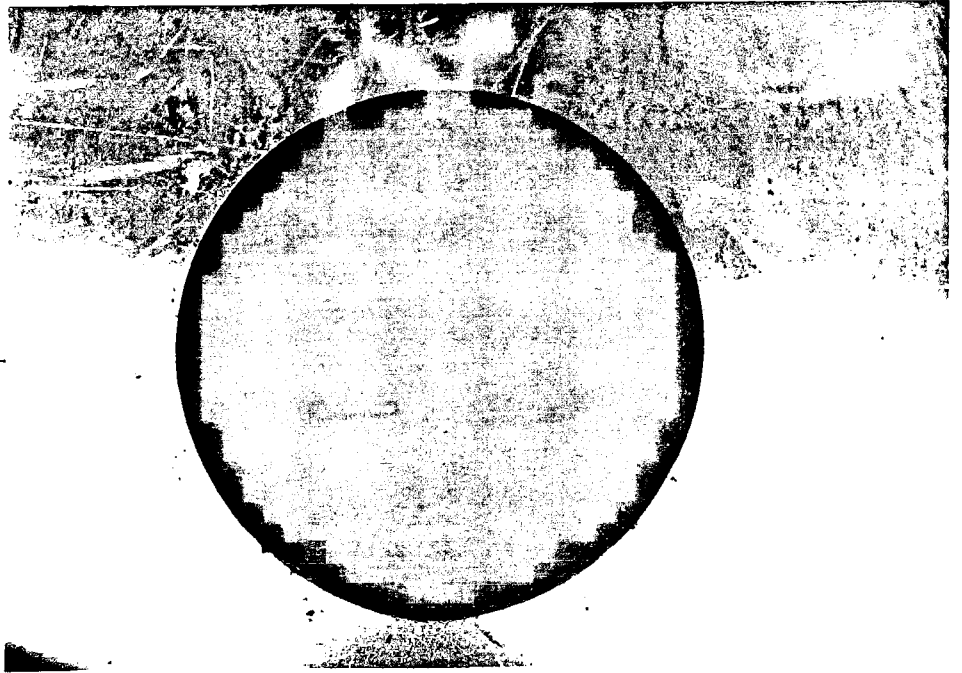
Akış hızı bozukluklarının sonuçlarını fot.7 ve 8'de görmekteyiz.Fot.9'da ise düzgün bir profil görülmektedir.Fot.7 ve 8'de akış hızı farklılığından meydana gelen dalgalanma olayı görülmektedir.

Fot. 10-14 arasında bir solid matris takım tertibi verilmiştir.Bir solid matris 3 kısımdan oluşmaktadır.Fot.10'da solid matrisin ön geçiş kısmı tabir ettiğimiz kısmı görülmektedir.Takoz ilk önce bu kısma temas eder ve burada bir ön şekillendirmeye uğrar. daha sonra matrisin esas kısmına geçer (Fot.11) ve burada istenen profil kesit şeklini alır.Bu ikinci kısım esas profil şeklinin verildiği. matrisin en hassas kısmıdır.Fot.12'de matrisin ikinci kısmının arkadan görünüşü verilmiştir.Bu kısım profilin matrisi terkettiği kısımdır. Fot.13 ve 14'de ise matris desteği dediğimiz üçüncü kısım verilmiştir.Bu parçanın görevi matris üzerindeki kritik dillere destek olmak ve matrisin rijitliğini sağlamaktır.

Fot.15 ve 16'da mukavemet değerlerinin kontrol edilmemesi sonucu deformasyona uğramış matrisler verilmiştir.Eğer matris diskinin kalınlığı yeterli olmazsa bu fotoğraflarda görüldüğü gibi matris üzerindeki kritik dil bölgeleri kırılma veya çökme gösterirler.

Fot.17'de tek figurlu bir solid matrisin. matris diski görülmektedir.Fot.18'de ise iki figurlu bir solid matrisin matris diski verilmiştir.İki figurun aynı anda kullanılmasının sebebi. istenen ekstruzyon oranını yakalamaktır.Fot.19'da ise 4 figurlu bir solid matris görülmektedir.

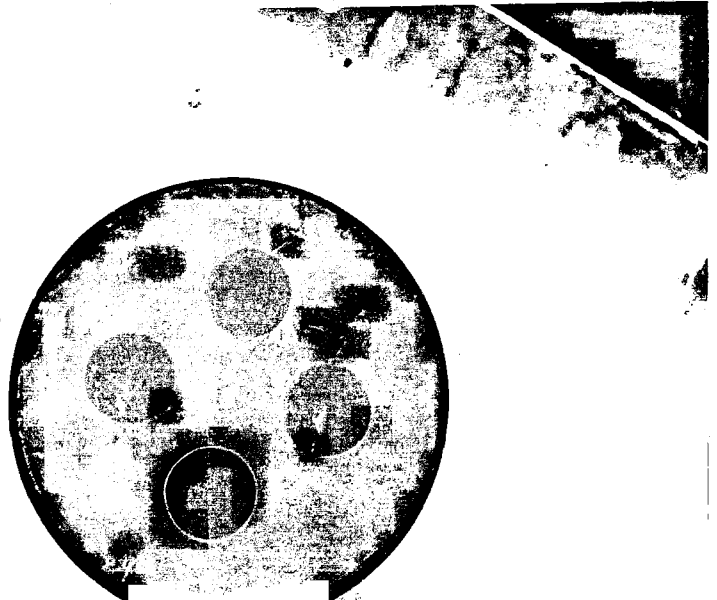
F
O
T
O
G
R
A
F
-19-



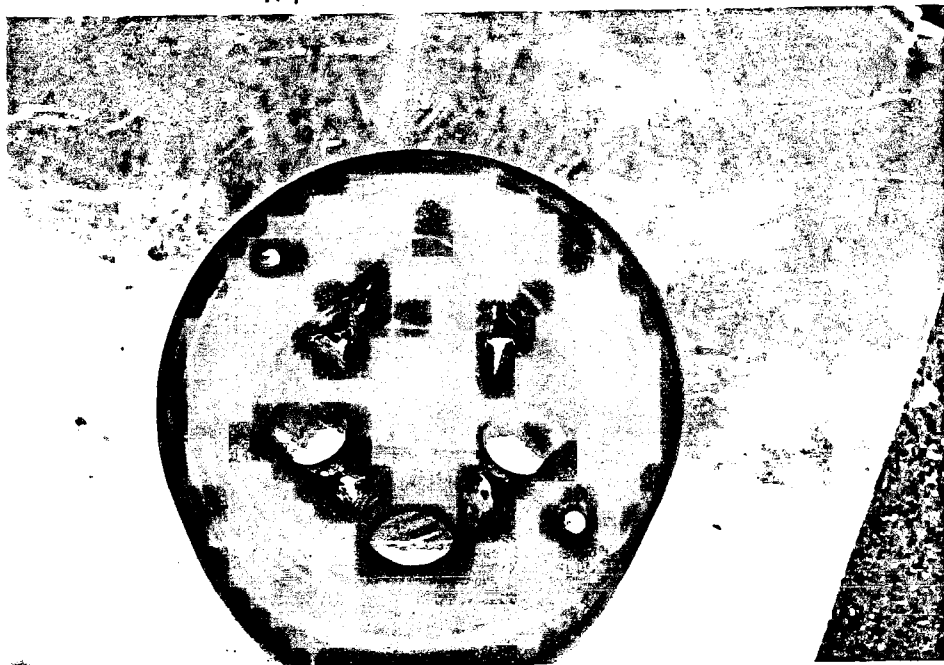
F
O
T
O
G
R
A
F
-20-



F
O
T
O
G
R
A
F
-21-



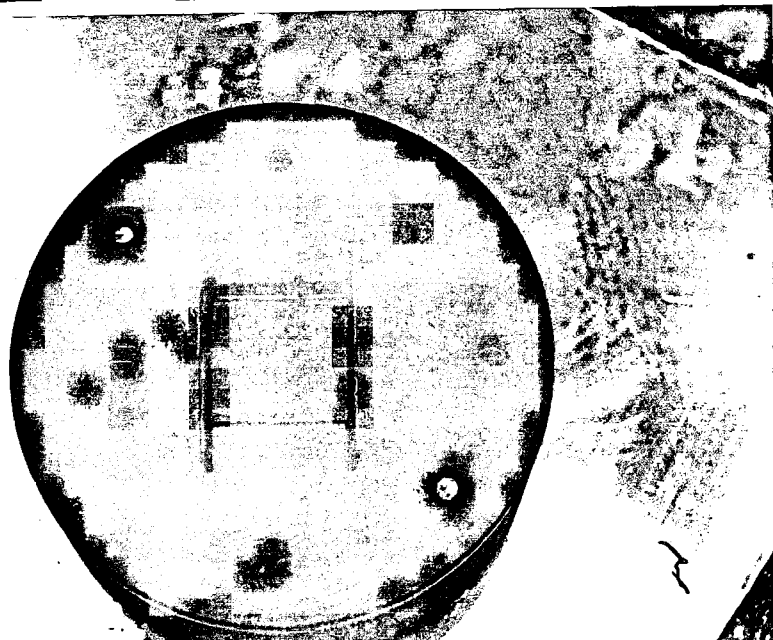
F
O
T
O
G
R
A
F
-22-



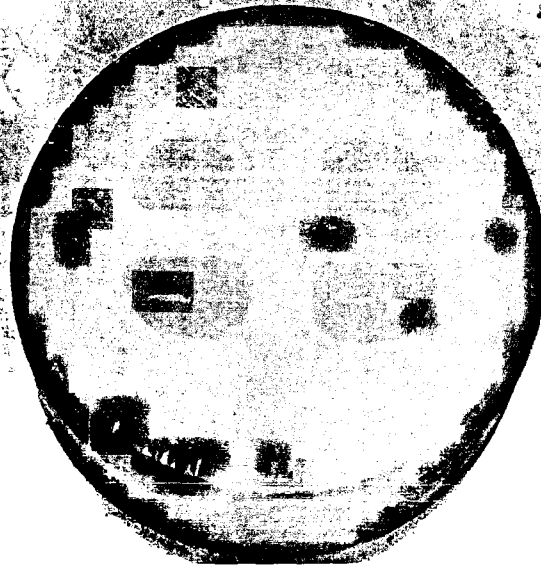
F
O
T
O
G
R
A
F
-23-



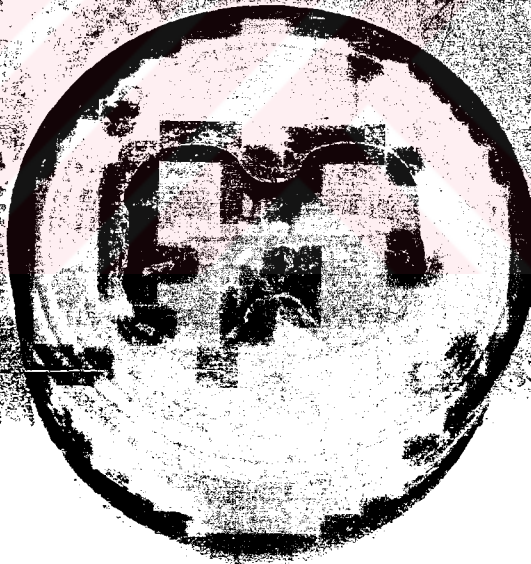
F
O
T
O
G
R
A
F
-24-



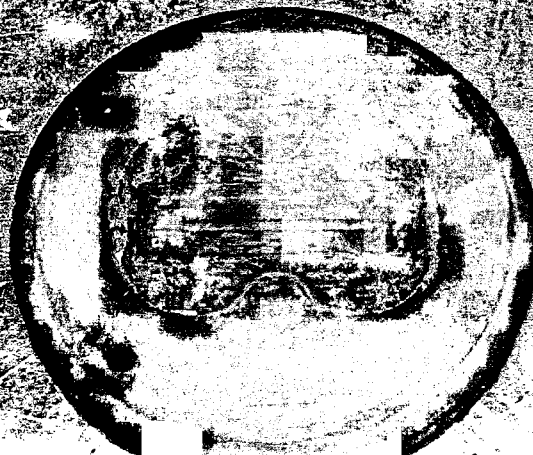
F
O
T
O
G
R
A
F
-25-



F
O
T
O
G
R
A
F
-26-

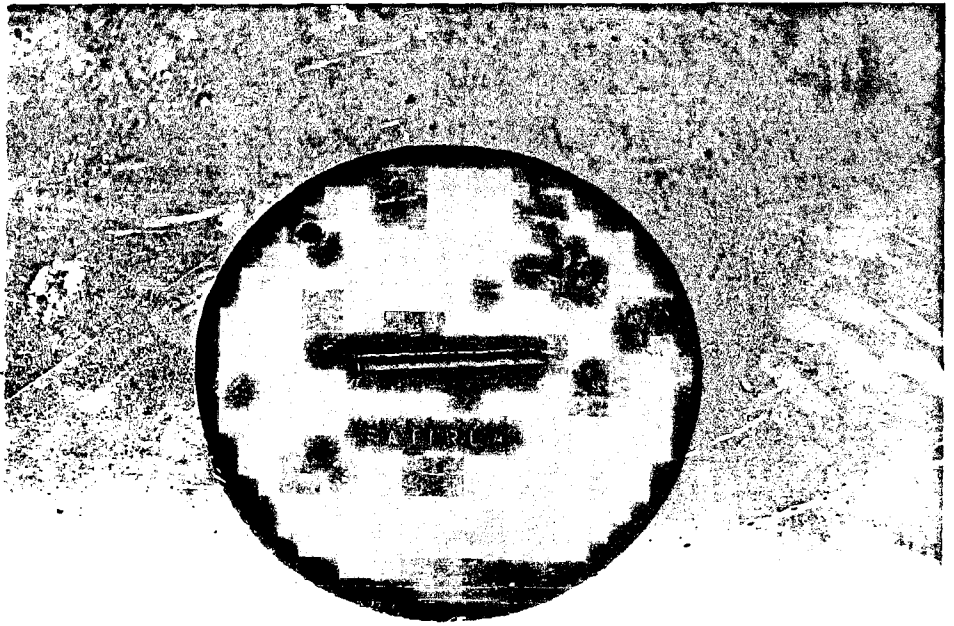


F
O
T
O
G
R
A
F
-27-



F
O
T
O
G
R
A
F

-28-



F
O
T
O
G
R
A
F

-29-

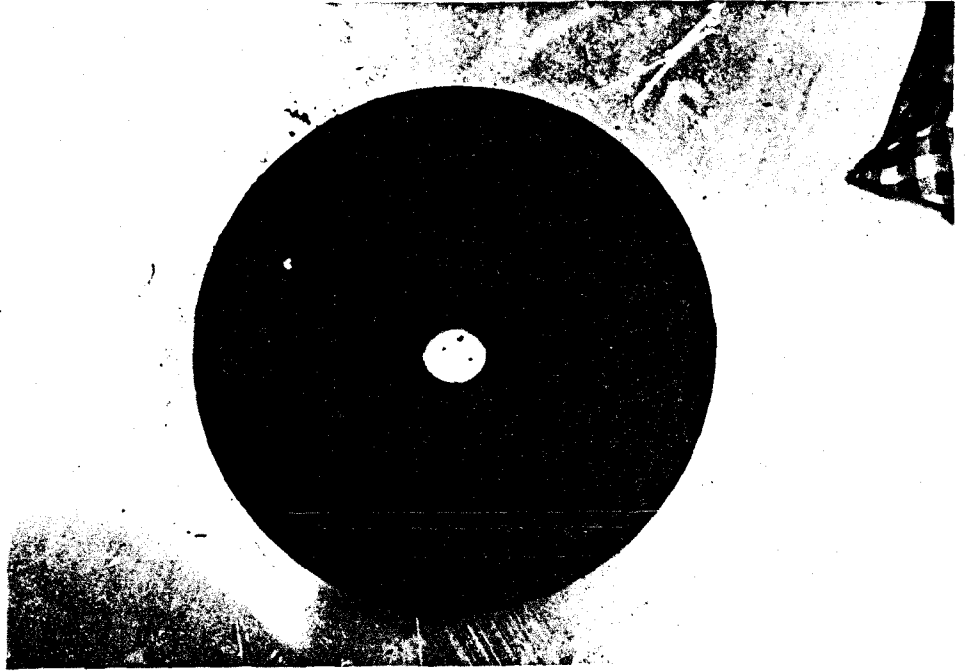


F
O
T
O
G
R
A
F

-30-



F
O
T
O
G
R
A
F
-31-



F
O
T
O
G
R
A
F
-32-



Fot.19'da 4 figur kullanılması nereden dolayı. figur kesit alanının çok küçük olması ve istenen ekstruzyon oranının ancak 4 figurle yakalanabilmesidir. Bu tip matrislerde en önemli husus her matris boşluğundan çıkan 4 figürün de aynı hızla çıkması gerekliliğidir. Aksi takdirde işlem ekonomik olmaktan çıkar.

Bundan sonraki fotoğraflarda üç değişik porthole matris gösterilmektedir. Fot.20-24 doğrama profili olarak adlandırılan bir profilin matrisine aittir. Fot.20'de matrisin iki parçası birbirine monte edilmiş halde görülmektedir. Fot.21'de matris önden görülmektedir. Matris üzerinde 4 adet akış deliği bulunmaktadır. Alüminyum blok önce bu deliklerden içeri akmakta ve fot.22'de görülen kaynama bölgesine gelmektedir. Burada profilin iç şeklini veren malafa kısmı görülmektedir. Daha sonra fot.23'de görülen matrisin ikinci kısmına gelen alüminyum burada profil dış şeklini alır ve matrisi fot.24'de görülen arka kısımdan terk eder.

Fot.25 ve 28 arasında ise farklı bir porthole matris görülmektedir. Fot.25'de görüldüğü gibi bu matriste de 4 delik bulunmaktadır fakat delik geometrileri fot.21'dekilerden çok farklıdır. Bunun sebebi bu matrisle imal edilecek olan profilin şeklinin farklı olmasıdır. Fot.21'deki profilin şekli kare biçimindeyken, fot.25'deki profil şekli bir dikdörtgen tarzındadır. Bu sebeple delikler yanlara doğru genişletilmiştir. Fot.26'da matrisin kaynama bölgesi ve profil iç şeklini veren malafa bölgesi görülmektedir. Fot.27'de profil dış şeklini veren, matrisin ikinci parçası görülmektedir. Profil daha

sonra fot.28'de görülen matris arka kısmından matrisi terk eder.

Fot.29-32 arasında da yine bir porthole matris görülmektedir. Burada istenen profil bir boru profilidir. Bu sebeple fot.29'da görüldüğü gibi matris üzerindeki delikler merkeze yakın açılmış ve 3 delik kullanılmıştır. Bu fotoğrafta matris içindeki kaynama bölgeside farkedilmektedir. Fot.30'da kaynama bölgesi açık olarak gösterilmiştir ve boru iç çapını veren malafa görülmektedir. Fot.31'de boru dış çapını veren malafa görülmektedir. Fot.32'de ise profilin matrisi terk ettiği çıkış kısmı görülmektedir.

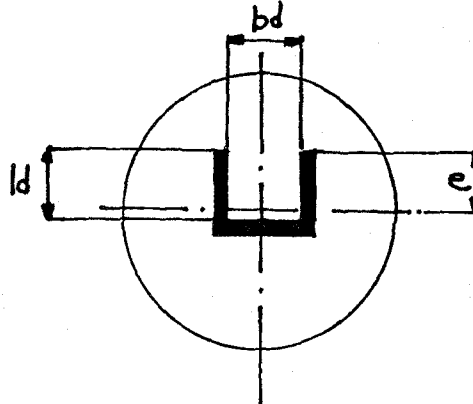
4.2. MATRİS MUKAVEMET KONTROLU

Belirli bir malzemedan ekstrüzyon matrisinin imali için a-
şağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:

- a) Matris deliğinin şekli ve büyüklüğü
- b) Ekstrüzyon oranı, pres kapasitesi ve çubuk sayısı
- c) Çubukların konumu
- d) Maksimum özgül ekstrüzyon basıncı

Bütün ekstrüzyon takımlarının statik hesaplamalarında genel olarak seçilen ekstrüzyon presinin özgül basıncı kullanılmaktadır. Matrislerin hesaplanmasında takımın çalışma sıcaklığında dikkate alınır (hafif metallerde yaklaşık 400°C).

Matrisin düzenlenmesinde ve boyutlandırılmasında en önemli zorluklar serbest olarak taşınması gereken diller nedeni ile oluşmaktadır. Büyük profillerde matris dili bir destek takımı ile desteklenirken ince dilli küçük profillerde bu durum söz konusu değildir. Matris dilleri büyük bir eğilmeye zorlanmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır. aksi takdirde ölçü sapmaları ve kırılmalar oluşabilir. Eğilme için dilin boyu (ld) ile genişliği (bd) arasındaki oran bir ölçüdür.



Sekil 4.2.1 Matris üzerinde dilin gösterilişi/6/

Matris üzerindeki basınc :

$$p = F_{top}/A_o \quad p:\text{Özgöl ekstrüzyon basıncı}$$

$$Q = p \cdot A_d \quad F_{top}:\text{Ekstrüzyon kuvveti}$$

$$A_d = b_d \cdot l_d \quad A_o:\text{Blok kesit alanı}$$

Q:Dil üzerindeki yüzey yükü

A_d:Dil alanı b_d :dil genişliği l_d :dil boyu

Eğilme :

$$M_b = Q \cdot e \quad M_b:\text{Eğilme momenti} \quad e:\text{Ağırlık merkezine uz.}$$

$$\sigma_b = M_b/W \quad \sigma_b:\text{Eğilme gerilmesi}$$

$$W = (b_d \cdot L_1^2)/6 \quad W:\text{Mukavemet momenti} \quad L_1:\text{Matris kalınlığı}$$

Kayma Gerilmesi :

$$\zeta = Q/(b_d \cdot L_1)$$

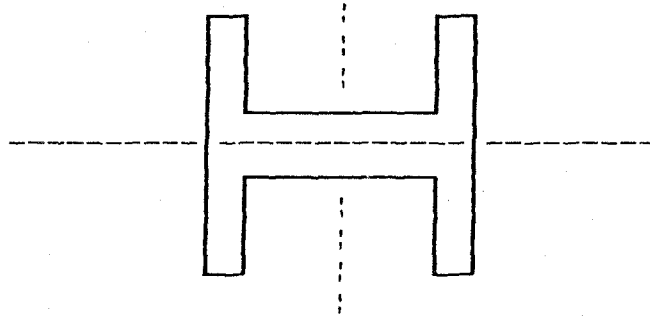
Bileşik gerilme :

$$\sigma_v = \sqrt{[\sigma_b^2 + (1.73 \zeta)^2]} \approx \sqrt{(\sigma_b^2 + 3 \zeta^2)}$$

$\sigma_v < \sigma_{em}$ olmalıdır

Bu kriterlere göre matris mukavemet kontrolü yapılır.

Bu hesaplama basit bir örnek verirsek:



Şekildeki örnek için $b_d = l_d = 10$ mm verilmiştir

Destek dili genişliği $b_{d2} = 6$ mm

Ekstrüzyon kuvveti $F_{top} = 1200$ ton

Alıcı çapı $D_a = 125$ mm

Matris kalınlığı $L_1=20$ mm

Destek kalınlığı $L_2=150$ mm

Bu verilen değerlere göre özgül ekstrüzyon basıncı:

$$p = F_{top}/A_o = 1200000/(\pi \cdot 62.5^2) = 97.78 \text{ Kp/mm}^2$$

Dil üzerindeki yüzey yükü

$$Q = p \cdot b d_1 \cdot l_d = 97.78 \cdot 10 \cdot 10 = 9778 \text{ Kp}$$

Destek dilinin eğilmesi

$$M_b = Q \cdot e = 9778 \cdot 11.5 = 112447 \text{ Kpcm}$$

$$W = (b d^2 \cdot L_2^2) / 6 = (0.6 \cdot 15^2) / 6 = 22.5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = M_b / W = 112447 / 22.5 = 4997 \text{ Kp/cm}^2 = 49.97 \text{ Kp/mm}^2$$

Kesilme gerilmesi

$$\tau = Q / (b d^2 \cdot L_2) = 9778 / (6 \cdot 150) = 10.86 \text{ Kp/mm}^2$$

Bileşik gerilme

$$\sigma_v = \sqrt{[(49.9)^2 + (1.73 \cdot 10.86)^2]}$$

$$\sigma_v = 53.31 \text{ Kp/mm}^2$$

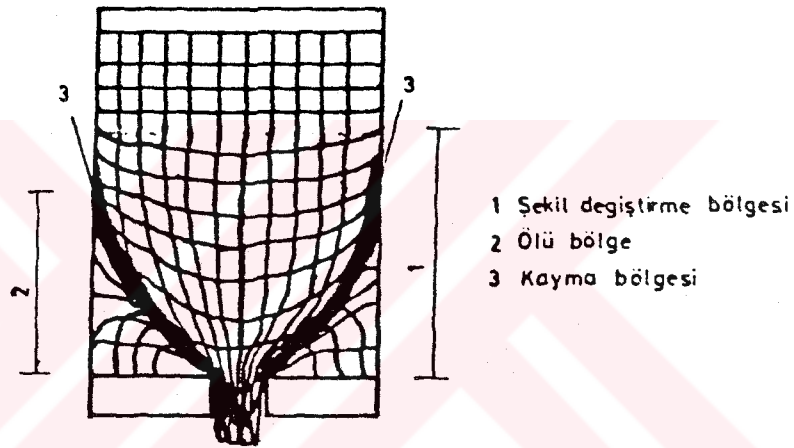
$\sigma_v < \sigma_{em} = 100 \text{ Kp/mm}^2$ olduğundan matris mukavemeti yeterlidir.

4.3. MATRİS DİZAYNININ MALZEME AKIŞINA ETKİLERİ

Ekstrüzyon işlemi esnasında malzemenin hareketi yani malzemenin akışı imalat kalitesini çok büyük oranda etkilemektedir. Malzeme akışının düzenli veya düzensiz olması, mamulün kaliteli veya kalitesiz olmasına sebep olur. Aynı zamanda malzeme akışı ekstrüzyon kuvvetlerinin belirlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Malzeme akışı, birinci derecede ekstrüzyon edilen malzemenin özellikleri olmak üzere çok sayıda işlem faktöründen etkilenmektedir. Bu yazıda matris ve dizaynının malzeme akışını etkilemesi üzerinde durulacaktır. Alıcıda sürünmenin olmadığı kabul edilerek sadece matris dizaynının malzeme akışı üzerine etkisi incelenecektir.

Düz matrisler malzeme akışına uygun bir form olmayıp, bu matrislerde, matris deliğinin girişinde malzeme normal olarak akamaz ve yığılmalar oluşur. Bu nedenle düz matrislerde, matris deliğinin girişine, ekstrüzyon edilecek metal ve alaşımına göre yuvarlatmalar yapılır. Yuvarlatmalar yapılmadığı zaman malzeme akışında düzensizlikler ve mamul kalitesinde bozulmalar, yapıldığı zaman ise akışta düzelmeler görülür. Matriste giriş yüzeyinin küçük olması nedeni ile bu tip matrisler, giriş yüzeyine yapışma ve deliği daraltma özellikleri olan alüminyum ve bakır alaşımlarının ekstrüzyonunda kullanılır (alüminyum ve bakır alaşımlarında yüzeyi büyük olan matrisler yani konik matrisler kullanılırsa bu sorunla karşılaşılır.). Düz matrislerde, alıcı içinde ıstampa ile matris arasında boyuna şekil değiştiren bölgenin büyük olması akış çizgilerinde büyük deformasyonlar meydana getirir.

Düz matrislerde ölü bölgenin büyük olması neticesinde, akış bölgesi ile ölü bölge arasında metal-metal sürtünme yüzeyi artmakta ve metal-metal sürtünme yüzeyinin büyük olması akan metalin, bu bölgede ölü bölgeye yapışmasına, dolayısıyla matris çikiş aralığının küçülmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak akış çizgilerinin formlarının bozulması malzeme akışının bozulmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.3.1 Şekil değ. bölgesi, ölü bölge, kayma bölgesi

Matris girişine yapılan yuvarlatmalar sayesinde bu olayların etkisi azaltılır.

Düz matrislerin bu dezavantajlarını kaldırmak için matris girişine koniklik açıları verilerek konik matrisler geliştirilmiştir. Saf kalayın ekstrüzyonunda matris açıları değiştirilerek malzeme akışı incelenmiştir. Düz matriste B tipi malzeme akışı sağlanırken, matrise koniklik verilince malzeme akışı, şekil değiştirmenin daha homojen olduğu görülmüştür. Ekstrüzyonda, ilk akışın başlamasında malzemenin matris yüzeyinde kat ettiği mesafe, matris açısı küçüldükçe artmaktadır.

Matris yüzeyinde katedilen mesafenin artması sürtünmeyi arttırmakta, blokun matris deliğine yönelmesini matristen çok uzakta başlatmaktadır ve dolayısıyla boyuna şekil değiştiren bölgenin uzunluğu artmakta, akış çizgileri bozulmaktadır. Küçük koniklik açılarında ölü bölgenin büyük olması ve dolayısıyla metalin metal üzerinde sürtünen yüzeyinin artmasıyla sürtünme kuvveti artmaktadır. İstampanın ilerlemesiyle ölü bölge ile temasta olan akış bölgesi, metal-metal sürtünmesinden dolayı çıkış aralığı devamlı daralmaktadır. Bunun sonucunda merkezle çevre arasında hız farklarının artmasıyla malzeme akışı zorlaşır, ölü bölge miktarı artar, mamul hatalı çıkar. Koniklik açısı büyük olduğu zaman (120°) malzeme çıkış aralığı yeteri kadar geniştir. Bu nedenle fazla malzeme birikimi olmadan ve şekil değiştirme matrise daha yakın yerden başlayarak daha düzgün malzeme akışı sağlanır. Koniklik açısını daha da arttırarak akışta bir düzelme görülmez. Çünkü artan koniklik açıları ile birlikte matris, konik matristen çok düz matrise benzemektedir.

Koniklik açısı 2α ($^\circ$)	Akış tipi	Artık malzeme	Şekil değiştirme başlangıcı
30	C	ÇOK	MATRISTEN UZAK
60	C	ÇOK	MATRISTEN UZAK
75	C	ÇOK	MATRISTEN UZAK
90	B	AZ	MATRİSE YAKIN
120	B	EN AZ	MATRİSE EN YAKIN

Tablo 4.3.1 Koniklik açısının akış tipine, artık malzeme miktarına ve şekil değiştirme başlangıcına etkisi

Küçük koniklik açılarında ölü bölgenin büyük olması ve ıstampa tarafından ölü bölgenin uçlarının akışa iştirak ettirilmesi malzeme akışını bozan ve blok yüzeyinde bulunan istenmeyen malzemelerin mamule geçmesine neden olur. Koniklik açısının artmasıyla ölü bölge miktarının azalması, ıstampa tarafından ölü bölgenin uçlarını akışa iştirak ettirmesi ekstrüzyon işleminin sonuna rastladığından malzeme akışı düzgün ve mamule yabancı maddelerin girme oranı da azdır (Ek 3).

Merkez ile çevre arasında var olan hız farkları malzeme akışının homojenliğini bozar. Blokun çevresinde bulunan malzeme alıcı cidarını, matris yüzeyini, ve matris kanalını sürtünerek katederken, blokun merkezinde bulunan malzeme hiç bir (kendi iç sürtünmesi dışında) engelle karşılaşmadan akar. Bu da merkezle çevre arasındaki hız farklarını doğurur. Çevre malzemesinin sürtünme etkilerini ve merkezle olan hız farklarını azaltmak için matrisin kanal boyunda ayarlama yapılır. Kesit farkı ihtiva etmeyen bir profilde, kanal uzunluğu merkezde en büyük değere ulaşır. Bunun neticesinde hız farklarının azalması ile dengeli bir akış sağlanır.

Genel kural olarak merkezde ve kalın kesitlerde matris kanal uzunluğu uzun, çevreye yakın ve ince kesitlerde kanal uzunluğu kısa tutularak akış hızları dengelenir.

Farklı kesitleri olan profilde, büyük kesitlerde malzemenin hızlı akmasına rağmen, ince kesitlerde yüksek sürtünmeden dolayı akma hızı düşer. Böyle profillerde düzgün ve dengelenmiş malzeme akışı sağlamak için büyük kesitlerin kanalları uzun, küçük kesitlerin kanal boyları kısa tutularak dizayn edilir.

Eger büyük kesit merkezde bulunuyor ise kanal boyu daha da arttırılır.

Çok karmaşık profillerde akış olayları hala tam çözülmüş değildir. Akış bölgesinin büyüklüğü, matris üzerindeki delik sayısı ve deliklerin matris çevresine olan uzaklığına bağlıdır. Bu sebeple kaymaya zorlanan bölgenin formu koni şeklinde olmayıp düzensiz bir form gösterebilir. Komplike profillerde malzeme akısını düzgünleştirmek kanal uzunluklarını ve sürtünme yüzeylerini değiştirmekle mümkündür. Kesit farkları içeren profillerde büyük kesitler matris kenarına yakın konumda olmalıdır. Böylelikle çevre malzemesi az yol katederek matris deliğine girecektir. Büyük kesit matrisin kenarına yakın dizayn edildiğinde matriste dengesizlik meydana geliyorsa matrise denge deliği açılarak hem matris hem de akış dengelenir.

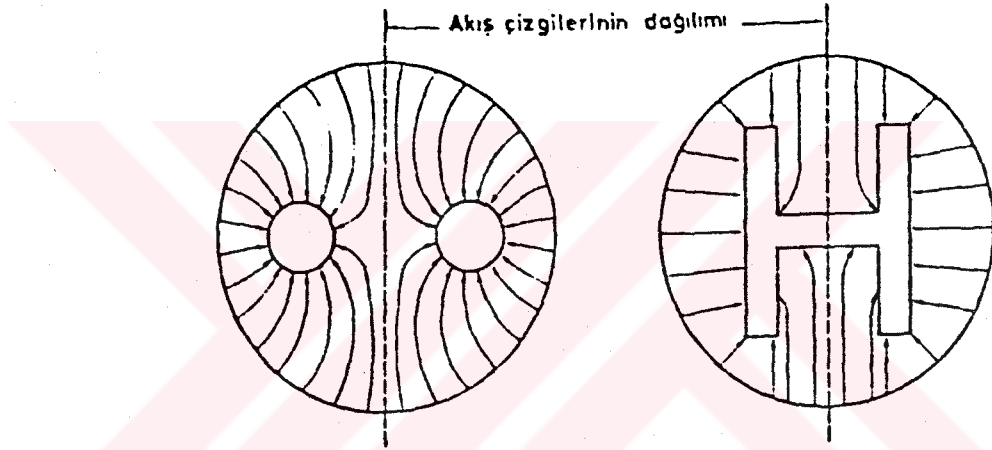
Çok delikli matrislerde ölü bölgenin formu delik sayısına bağlı olarak değişik şekillerde olabilir. Kayma bölgesi malzemesi profillere eşit olarak dağılmaz. Çubuklar üzerinde kalınlığı yer yer değişen düzensiz bir örtü meydana getirir.

Çok delikli matriste çevre deliklerinin yanısıra matrisin merkezinde delik bulunuyor ise merkezden çıkan profilin hızı diğer çubuklara nazaran daha hızlıdır ve kayma bölgesi malzemesinden etkilenmez. Çıkış hızlarını dengelemek amacı ile ya kanal uzunlukları ayarlanır yada yağlama yapılır.

Değişik çaptaki çubukların aynı anda ekstrüzyon edilmesi halinde, çıkış hızları arasındaki oranı etkileyen faktör, deliklerin merkeze olan uzaklığıdır. Hızlarda olan farklılıklar

çubukları eğilmeye yönlendirir. Yine kesit ve merkeze olan konumlarına göre kanal uzunlukları ayarlanarak hızlar eşitlenir ve malzeme akışı düzeltilir.

Çok delikli matrisler dizayn edilirken delikler matris üzerinde öyle düzenlenmelidir ki, kalın kesitler çevreye, ince kesitler merkeze yakın olmalı ve delik yüzeyleri boyunca sürtünme o şekilde ayarlanmalıdır ki akış hızları dengelenerek tüm çubuklar aynı boyda çıksın.

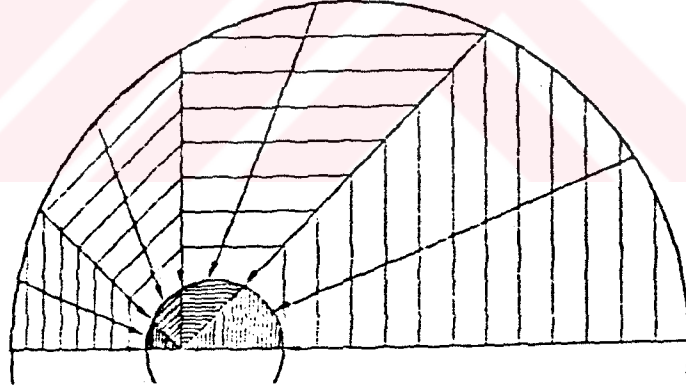


Şekil 4.3.2 Çok delikli matriste ve H profilinde malzemenin matris yüzeyinde katettiği yollar/7/

Merkezden kaçık deliklerden akış şekil 4.3.3'de görüldüğü gibidir. Matrise uzak ve yakın çevreden gelen malzemenin yolları eşit olmadığı gibi hızları da eşit değildir ve akış dengesizdir. Matrise yakın olan çevrede ölü bölgenin küçük olması sürtünmeyi azaltmakta bu bölgeden matrise daha çok malzeme akmaktadır. Diğer bölgelerde durum tam tersidir. Alıcının da pürüzsüz olması durumunda kaçık matristen ekstrüzyon edilen mamul eğilmektedir.

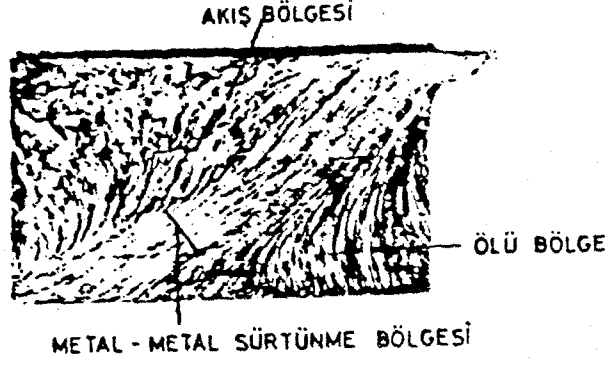
Matris yüzey ve kanalları taşlanmamış olması halinde sürtünme kuvveti artacak ve akışa karşı direnc oluşacaktır. Taş-

lanmamış yüzeyler akışa karşı direnc oluşturduğu için şekil değiştirme bölgesi matrinden çok uzaklarda başlayacak ve akış hatları bozulacaktır. Matris kanalı da taşlanmamış durumda ise sürtünme kuvveti daha da artarak çevre ile merkez arasındaki akış hızı farkını arttıracak ve akış hatları borucuk şeklini alarak ikilenme hatalarına sebep olacaktır. Aynı zamanda mamul yüzeyinde çizgiler meydana gelecek, şayet kesit ince ise sürtünmeden oluşan ısı ile malzeme yeniden billurlasma sıcaklığının üzerine çıkacak ve tane kabalaşması meydana gelecektir. Matris yüzeyleri ve kanalları taşlanarak veya kromla kaplanarak yüzeyler parlatılmalıdır. Bu şekilde akışa karşı direnc azalır ve ekstrüzyon hataları önlenir.



Şekil 4.3.3 Merkezden kaçık bir dairesel çubukta malzemenin matris yüzeyinde izlediği yollar/7/

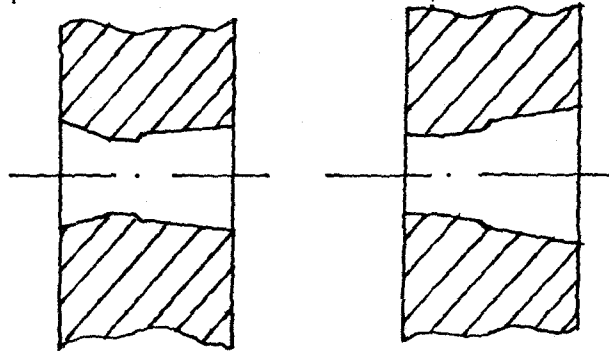
Küçük kesitli profillerin ekstrüzyonunda ölü bölge büyük olmakta ve akan malzeme matrise gelene kadar uzun yol katetmesi nedeni ile sürtünme büyük, akış düzensiz olabilir. Büyük kesitli profillerde ise ölü bölgenin az olması ve sürtünme yüzeyinin az olması akışa karşı az direnc oluşturmakta ve akış rahatlamaktadır.



Sekil 4.3.4 Ölü bölge, metal-metal sürtünme bölgesi, akış bölgesi

Daire, kare, hac şeklindeki kesitler üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Daire kesitli profilde malzeme akışı daha kolay olmaktadır. Kare ve hac şeklindeki profillerde malzeme akışı zorlaşmaktadır. Daire kesitli profilin şekil faktörü 1 'dir. Kare kesitli profilin şekil faktörü 1.02, hac şeklindeki profilin şekil faktörü 1.28'dir. Şekil faktöründeki bu artan değerler ile malzeme akışı olumsuz yönde etkilenmektedir. İnce cidarlı içi boş profillerde yine malzeme akışı olumsuz yönde etkilenir.

Malzeme akış hızını azaltma ve arttırma için kullanılabilen iki yöntem şekil 4.3.5'de verilmiştir.



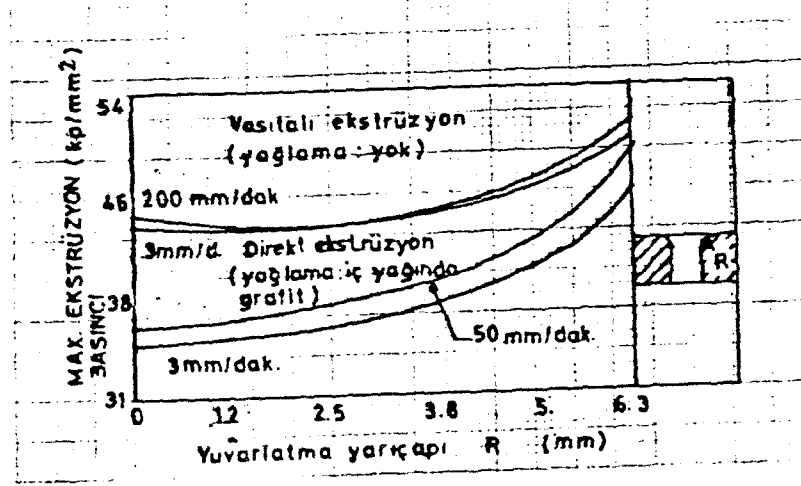
Şekil 4.3.5 a) Frenleme b) Hızlandırma /1/

4.4 MATRİS DİZAYNININ VE ŞEKLİNİN EKSTRÜZYON BASINCINA VE KUVVETİNE ETKİSİ

Ekstrüzyon matrislerinin çoğunluğu delik girişinde herhangi bir düzenleme yapılmadan kullanılır. Fakat duruma göre delik kenarında yuvarlatma yapılarak veya özel şekiller verilerekde kullanılabilir. Bu özel şekilleri vermenin amacı metal akışını kontrol etmek, yüzey kalitesini iyileştirmek veya çatlama (kırılma) riskini azaltmak olabilir. Uygun matris şekli verilerek, istenen profil çok daha hızlı bir şekilde imal edilebilir (akış hızı kontrol edilerek).

Değişik alaşımlı malzemelerde matris şeklinin ekstrüzyon basıncı üzerine yaptığı etki, incelenmesi ilginç bir konudur. Bu konu üzerine olan araştırmalar genelde kurşun ve kalay malzemeler üzerine yapılmıştır.

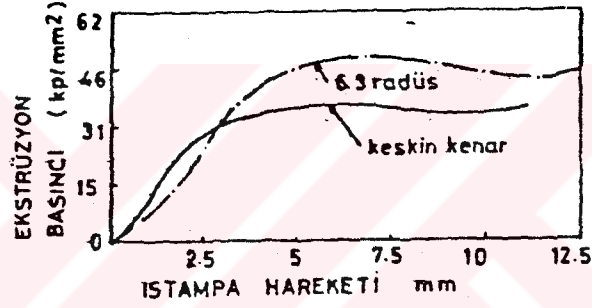
SIEBEL, kurşun ile yaptığı bir araştırmada, oda sıcaklığında, artan yuvarlatma yarıçapı ile ekstrüzyon basıncında kademeli olarak %10 oranında bir azalma olduğunu ortaya koymuştur



Sekil 4.4.1 Ekstrüzyon basıncının, ekstrüzyon hızı ve yuvarlatma yarıçapına bağlı olarak değişimi/5/

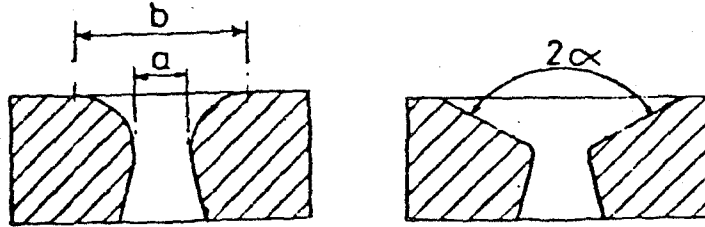
SACHS ve EISBEIN kurşun ile yaptıkları araştırmada keskin köşeli matrislerde basıncın %15-20 oranında arttığını arttığını görmüşlerdir.

Birçok denemeler sonucunda, yüksek sıcaklıkta, yumuşak metallerle çalışma durumunda büyük yuvarlatma yarıçaplarının kullanılmasının zararlı olduğu saptanmıştır. Pratik olarak da zaten bu tip yuvarlatmaların basınç artışına neden olduğu bilinmektedir.



Sekil 4.4.2 Saf alüminyumun direkt ekstrüzyonunda, keskin kenarlı ve yuvarlatılmış matrislerin, istampa ilerlemesine göre değişimi/5/

BERNHÖEFT'in yaptığı araştırmada bazı pirinc alaşımlarında $b/a=2$ oranında (Sekil 4.4.3) yuvarlatma yapılan matrislerde basıncın % 25 oranında arttığı görülmüştür. Aynı etki alüminyum alaşımlarında da olduğu saptanmıştır.



Sekil 4.4.3 Matris ağızında b/a oranı ve koniklik/5/

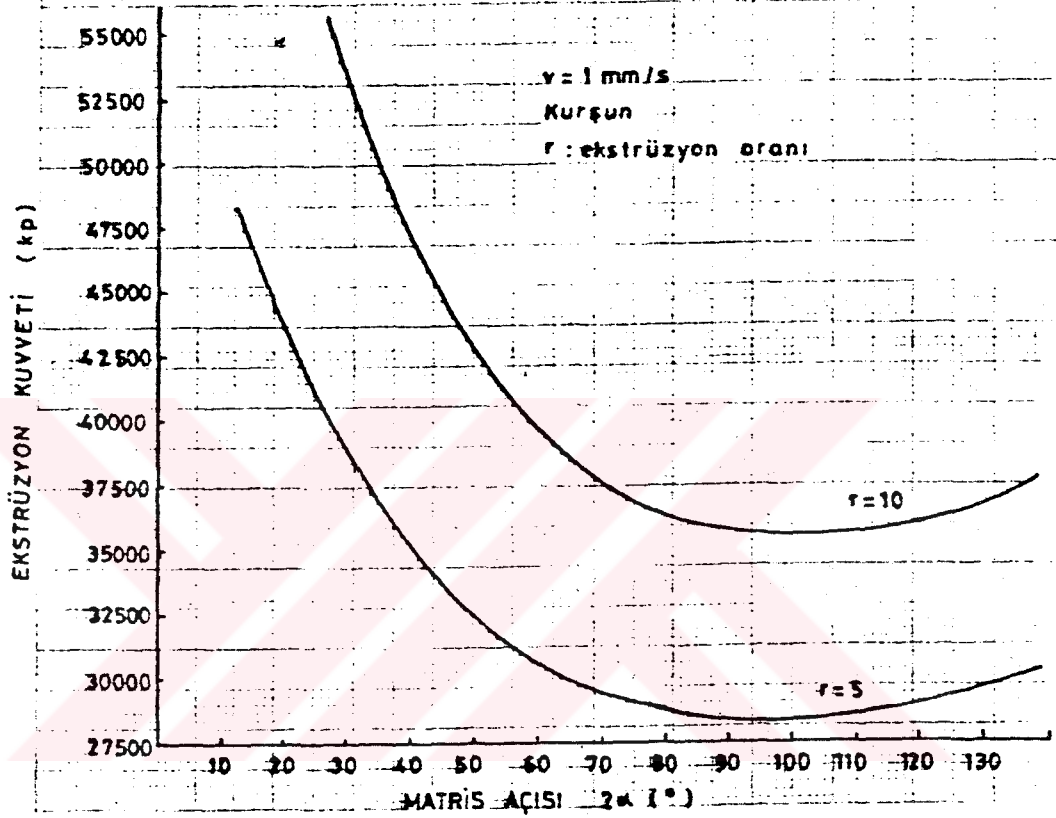
Ekstrüzyon basıncına etki eden faktörlerden biri de matrisin koniklik açısıdır. Matris konikliğinin artması ile, deformasyon miktarlarındaki azalmadan dolayı ekstrüzyon basıncında düşme görülür.

Daha düşük basıncın gerekli olduğu ekstrüzyonda matris açısı küçülür. SACHS ve EISBEIN'in kurşun ve kalay üzerine yaptıkları araştırmalarda, koniklik açısının 90° civarında olduğu durumlarda minimum basıncı gereksinimi olduğu saptanmıştır. Bu durumda elde edilen değer düz kalıplarda elde edilen basınçtan %30 daha düşüktür. Pratikta kullanılan konik kalıplar 90° den daha büyük açılar içerirler. Bu açı değeri 120° - 160° arasındadır. Bu açı sayesinde basıncı değeri %10-20 lik bir düşme gösterir.

LOHBERG'in çinko üzerine yaptığı araştırmada konikliğin bir miktar basıncı artışına yol açtığı görülmüştür.

Matrislerde basıncı üzerine etki eden bir diğer karakteristik de kanal uzunluğudur. Daha önceki konularda anlatıldığı üzere kanal uzunluğu dengesiz akışa sahip matrislerde akış hızını istenilen bölgede azaltmak ve istenilen bölgede arttırmak amacı ile matris üzerinde uygulanan bir dizayn unsurudur.

Kurşun biyetlerle soğuk ekstrüzyonda SACHS ve EISBEIN'in yaptığı araştırmalarda kanal uzunluğunun 15:1 oranında değiştirilmesi durumunda basınçta çok az bir değişim olduğu saptanmıştır. Bu değer taşlanmış matrislerde elde edilmiştir. Taşlanmamış matrislerde ise bu değer 2 katı bir değer elde edilmiştir.



Sekil 4.4.4 Ekstrüzyonda koniklik acısına bağlı olarak kuvvet egrileri/5/

Yukarıda açıklanan olayda kanal uzunluğunun etkisinin çok az olduğu gibi bir düşünceye kapılabiliriz ama unutulmamalıdır ki sıcak ekstrüzyonda sürtünme kuvvetleri daha büyük oranda artacak ve kanal uzunluğunun etkisi diğer metallerde çok daha fazla basınç artışına neden olacaktır.

Matris kanal uzunluğunun büyük tutulması halinde, kanalda meydana gelen sürtünme artacaktır. Diğer yandan malzeme akışına da uygun düşmeyecektir.

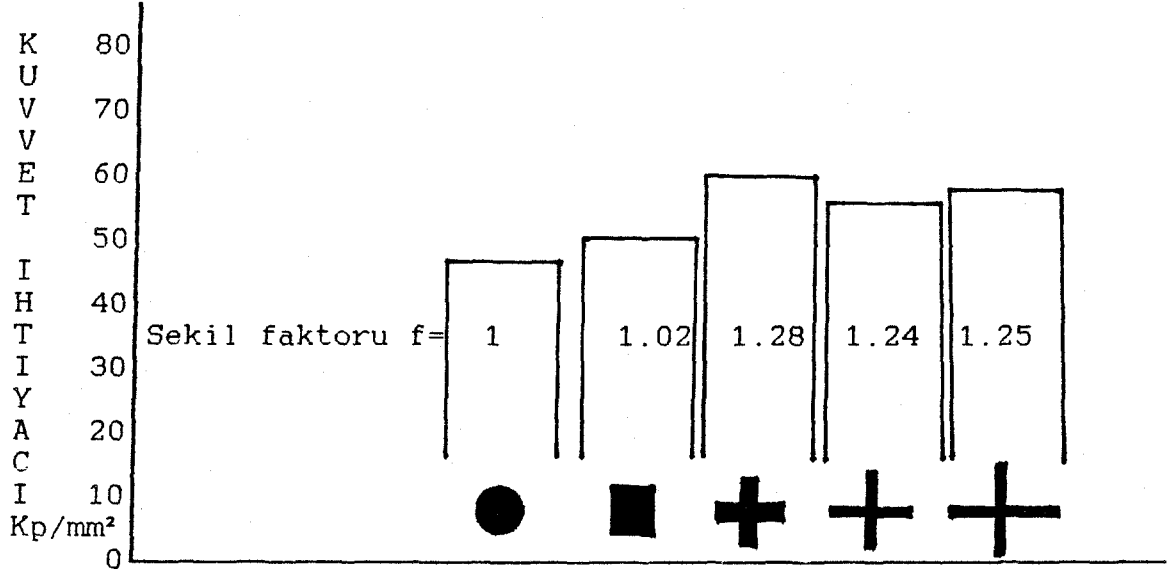
Sürtünme kuvvetinin artması ekstrüzyon basıncı üzerine ek bir yük getirecektir. Matris kanal uzunluğu ekstrüzyon edilecek profilin kesitine göre ayarlanmalıdır.

Çok delikli matris-ler, küçük kesitlerin ekstrüzyonunda sık olarak kullanılırlar. Bu durumda her bir deliğe gelen basınc, aynı ölçüdeki tek bir deliğe gelen basınctan çok daha düşük olacaktır. Aynı zamanda çok delikli matristeki basınc matrisdeki deliklerin toplam kesit alanına sahip, tek delikli bir matristeki basınctan daha fazladır. Kurşunla yzılan bir demede 3 delikli bir kalıpta %10, 4 delikli bir kalıpta %22 lik bir basınc artışı görülmüştür (deliklerin toplam kesit alanına sahip tek delikli matrisle karşılaştırıldığında).

Ekstrüzyon basıncına tesir eden diğer faktorlerden biri de delik şeklidir. Değişik delik şekillerinde kesit alanları eşit matrislerde ekstrüzyon basıncı değişmektedir. Bu durumda şekil değiştirme derecesi sabit kalmaktadır.

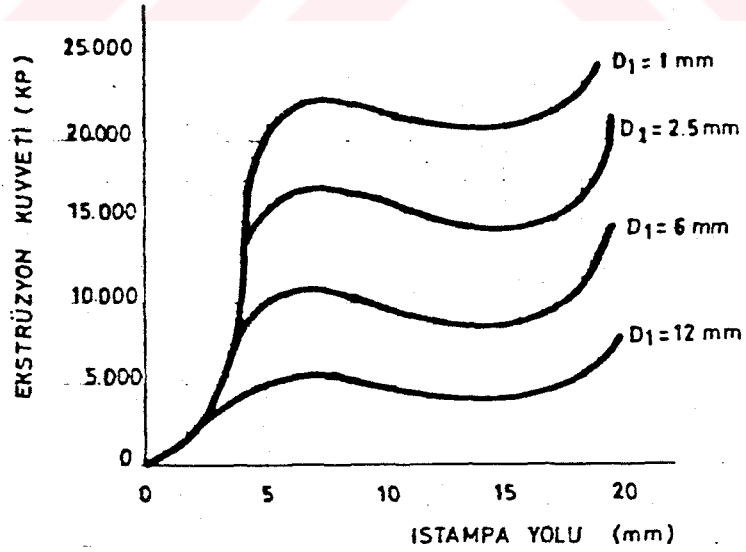
Aynı delik kesitine haiz, fakat delik şekli değişik matrislerin, şekil degistirme derecesi sabit kaldığı halde, kuvvet üzerinde etkileri değişik olmaktadır. Örneğin; kare kesitli profil, daire kesitli profile göre malzeme akışını çok az zorlaştırmaktadır. Fakat hac şeklindeki profillerde kuvvet ihtiyacı artmaktadır (Şekil 4.4.5).

Çevresi U_0 olan dairesel kesitli bir profil yerine aynı yüzeye haiz, fakat daha geniş U_p çevreli diğer bir profilin kullanılması halinde (kare, üçgen, hac gibi) kuvvet ihtiyacı U_p/U_0 oranı ile artar. Ayrıca kuvvet ihtiyacına matris deliğinin kesitinden başka, matrisin geometrisi de etki eder.

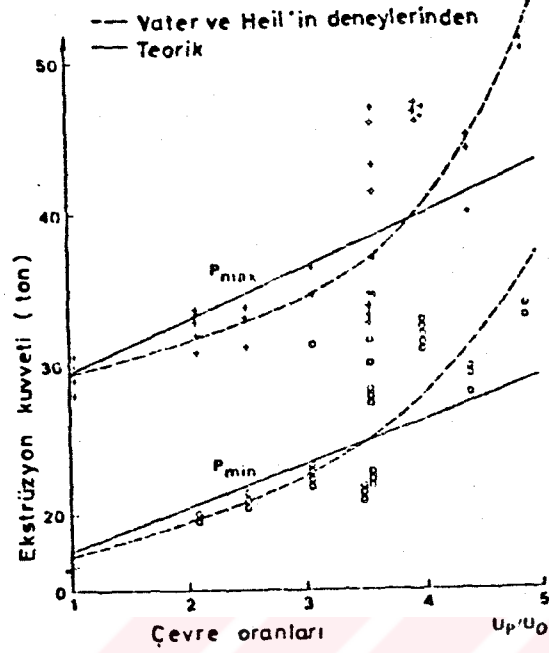


Şekil 4.4.5 Profil şeklinin kuvvett ihtiyacına etkisi

Değişik delik kesitlerinin basma kuvvetine olan etkisi şekil 4.4.6'da görülmektedir. Eğriler bir tek eğrinin devamı şeklinde birbirine paralel tarzda uzamaktadır. Yaklaşık olarak kuvvet şekil değiştirme derecesi ile orantılıdır.



Şekil 4.4.6 Matris delik kesitinin basma kuvvetine etkisi (D₀=22 mm, v=0.2 mm/s, malzeme:kalay)/5/



Sekil 4.4.7 Değişen çevre oranlarının ekstrüzyon kuvveti üzerindeki değişimleri/5/

4.5 MATRİS DİZAYNININ EKSTRÜZYON HIZINA ETKİSİ

Yüksek ekstrüzyon hızlarında yapılan ekstrüzyon işlemi, üretim zamanını kısalttığından dolayı ekonomiklik sağlar.

Çubuk hızını veya çıkış hızını arttırmak ve hatasız mamul elde etmek için matris dizayn edilirken bazı durumlar göz önüne alınmalıdır.

Çıkış hızını ve dolayısıyla ekstrüzyon hızını etkileyen matris karakteristiklerinden biri matris kanal boyudur. Matris kanal boyu, profilin kesitine ve deliğin matris merkezine uzaklığına bağlı olarak değişir. Bu uygun değişimler sonunda profilin bütün kesitleri matrisi uygun biçimde, yani bütün kesitler matrisi aynı hızda terkederler. Değişken kesit içeren profillerde, ince kesitlerin kanal boyları kısa tutulur.

Eğer ince kesitlerde kanal boyu uzun ise yüksek sürtünme kuvvetlerinden dolayı aşırı ısı meydana gelerek, ince kesitleri yapısını bozacak şekilde tavlama, yani kesitte kaba tane oluşumu hızlanır, korozyon dayanımı düşer ve diğer kesitlerle çıkış hızı aynı olmadığından, birde mamule yapı hatalarının yanısıra boyutsal hatalar da eklenir. Profilin merkeze yakın ve kalın kesitlerinde matris kanal boyu uzun tutulur. İnce kesitte çıkış hızı düşük olduğundan, kalın kesitlerde kanal boyu uzun tutularak, sürtünme arttırılır ve dolayısıyla çıkış hızları eşitlenir. Matris kanal boyunun uzunlukları pratik deneyler sonucunda bulunabileceği gibi, bazı literatürlerden faydalanarak yaklaşık değerler bulmak mümkündür.

Çıkış hızını etkileyen matris özelliklerinden biri de deliklerin matris üzerindeki tanzimidir. Malzeme akış hızı, matris merkezinde çevreye göre daha az sürtünme ile karşılaştığından yüksek, matris çevresinde ise azdır. Matris delikleri öyle tanzim edilmelidir ki, çevreden gelen malzeme az, merkezden malzeme uzun yol katederek matris deliğine girsin. Bu şekilde mamul çıkış hızları eşitlenir ise boyut hataları oranı azalır. Buna göre; matris çok delik içeriyorsa, deliklerin yeri matris merkezi ile matris çevresinin orta kısmında değil, çevreye daha yakın bir konumda olur.

Matris deliklerinin yerleri seçildikten sonra karşımıza profillerin hangi konumda yerleştirileceği sorusu çıkar. Bu sorunun çözümünde ise araştırmacılar, büyük ve uzun kesitlerin çevreye daha yakın olduğu dizaynlarda çıkış hızı farklılıklarının olmadığını bulmuşlardır.

5. SONUC

Ekstruzyon yönteminde; malzeme akışı, ekstruzyon basıncı, ekstruzyon hızı ve matris dizaynının bunlara etkisi incelendiğinde;

a) Düz matrisler malzeme akışını, profil yüzey kalitesini kötü yönde etkilemektedir. Matris giriş deligine belirli bir radius verilmekle akış düzgunleşmekte ve yüzey kalitesi iyileşmektedir.

b) Düz matrisler gerekli ekstruzyon kuvvetini arttırmaktadır. Ekstruzyon kuvvetini azaltmak ve akışı düzgunleştirmek için konik matrisler kullanılmaktadır. Ancak alüminyum ve bakır alaşımları matrise sıvanma özelliği gösterdiklerinden, düz matrisler kullanılmaktadır.

c) Konik matrislerde matris açısı büyüdükçe ekstruzyon kuvveti azalmakta, malzeme akışı idealleşmektedir. (Saf kursun için $2\alpha=90^\circ$ 'de minimum kuvvet gerekmiş ve $2\alpha=120^\circ$ 'de de B tipi akış sağlanmıştır.)

d) Kaliteli mamul elde etmek, ekstruzyon kuvvetini azaltmak, mamul akışını iyileştirmek, çıkış hızı farklarını ortadan kaldırmak ve dolayısıyla ekstruzyon hızını arttırarak işlemi ekonomikleştirmek için matris kanal boyunda ayarlama yapılır. Büyük ve merkeze yakın kesitlerde matris kanal boyu uzun, küçük ve çevreye yakın kesitlerde, kanal boyu kısa tutulur.

e) Farklı kesitli profillerde, kalın kesitler çevreye, ince kesitler matris merkezine yakın dizayn edildiğinde, malzeme akışı düzgunleşmekte, ekstruzyon hızı artmakta ve ekstruzyon kuvveti malzeme akışındaki düzelmelerden dolayı düşmektedir.

f) Çok delikli matrislerde, delikler merkezden çok çevreye yakın olması incelediğimiz ekstruzyon parametrelerini olumlu yönde etkilemektedir.

g) Çok delikli matrislerde, delikler simetrik olarak yerleştirilmelidir. Malzemenin her delige homojen akmasını sağlayan bu düzenleme, her delikten çıkan mamullerinde hızlarının eşit olmasını sağlamaktadır.

h) Kesitleri aynı, çevre oranları farklı olan profillerde, kesit aynı olduğu halde çevresi büyük olan profilin kuvvet ihtiyacı diğerlerine göre yüksek olmakta ve aynı zamanda ekstruzyon hızı düşük olmaktadır. Çevre oranının artmasıyla malzeme akışı bozulmaktadır.

i) Küçük kesitli profillerde, matris üzerinde tek delik yerine, çok delik varsa, ekstruzyon kuvveti delik sayısına bağlı olarak artış gösterir. Malzeme akışı ve ekstruzyon hızı deliklerin şekilleri, sayısı, matristeki konumlarına göre değişir.

İdeal bir matris dizaynı sayesinde, işlem için gerekli ekstruzyon kuvveti düşmekte, malzeme akışı düzgunleşmekte ve ekstruzyon hataları minimuma inmektedir. Bu sebepten dolayı verimli bir ekstruzyon işleminin temelinde, ideal matris dizaynı yatmaktadır.

LITERATURLER

- 1- ALUMINUM EXTRUSION DIE DESIGN (SECOND EDITION)
KAISER ALUMINUM & CHEMICAL SALES INC. OAKLAND, CALIFORNIA
TUBITAK
- 2- ALUMINUM EXTRUSION/ A REWIEV OF SOME PARAMETERS
(SECOND EDITION)
KAISER ALUMINUM & CHEMICAL SALES INC. OAKLAND, CALIFORNIA
TUBITAK
- 3- EXTRUSION
SCIENTIFIC & TECHNICAL DEVOLEPMENTS
G. LANG, A. F. CASTLE, M. BAUSER, G. SCHARF 1981
- 4- II. ULUSAL ALUMİNYUM SANAYİ KONGRESİ 11-13 EKİM 1984
SEYDİŞEHİR ETİBANK ALUMİNYUM TESİSLERİ
- 5- THE EXTRUSION OF METALS
PERSON C. E. CHAPMAN & HALL LTD. LONDON-1944
- 6- METAL EKSTRUZYONU
SÖNMEZ HÜSEYİN EĞİTİM YAYINLARI A. S. 1989 İSTANBUL
- 7- INFLUENCE OF SAHAPE & DIE DESIGN OF METAL FLOW . EXTRUSION
LOAD & SPEED AKARET R. LONDON 1982
- 8- METALLURGICAL ASPECTS OF THE INDIRECT EXTRUSION OF
ALUMINIUM ALLOYS WEGST J. LONDON 1982
- 9- $AlMgSi_{0.5}$ EKSTRUZYONU VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ
EDEN PARAMETLER
ALTINTAS SABRİ ARALIK-1984 BOĞAZICI ÜNİVERSİTESİ
- 10- EKSTRUZYON İŞLEMİNDE MALZEME AKISI VE EKSTRUZYON KUV.
UZERİNDE İNCELEME
SÖNMEZ HÜSEYİN DOKTORA 1983
- 11- FENİS ALUMİNYUM A. S.

142
EK 1

 **BÖHLER**



BÖHLER W302

**WARMARBEIT
HOT WORK STEEL**

mische Zusammensetzung (Anhaltswerte in %)
 Chemical Composition %

C	Si	Cr	Mo	V
0.39	1.0	5.1	1.3	1.0

Abkürzungen
 Abbreviations

DIN	AISI	BS	SIS	JIS	UNI	UNE	GOST	ISO	EN
1.2344						F 5318			
X 40 CrMoV 5.1	H 13	BH 13	2242	SKD 61	X 40 CrMoV 5.1	KU X 40 CrMoV 5	4 Ch 5 MF 1 S	40 CrMoV 5	

Gegenüberstellung BOHLER-Merkmale zu Normwerkstoffen entsprechend großer Ähnlichkeit. Abweichungen betreffend die chemische Zusammensetzung sind mit * gekennzeichnet. Die in Normen festgelegten Anforderungen an die Normwerkstoffe können selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung von denen der entsprechenden BOHLER-Merkmale abweichen.

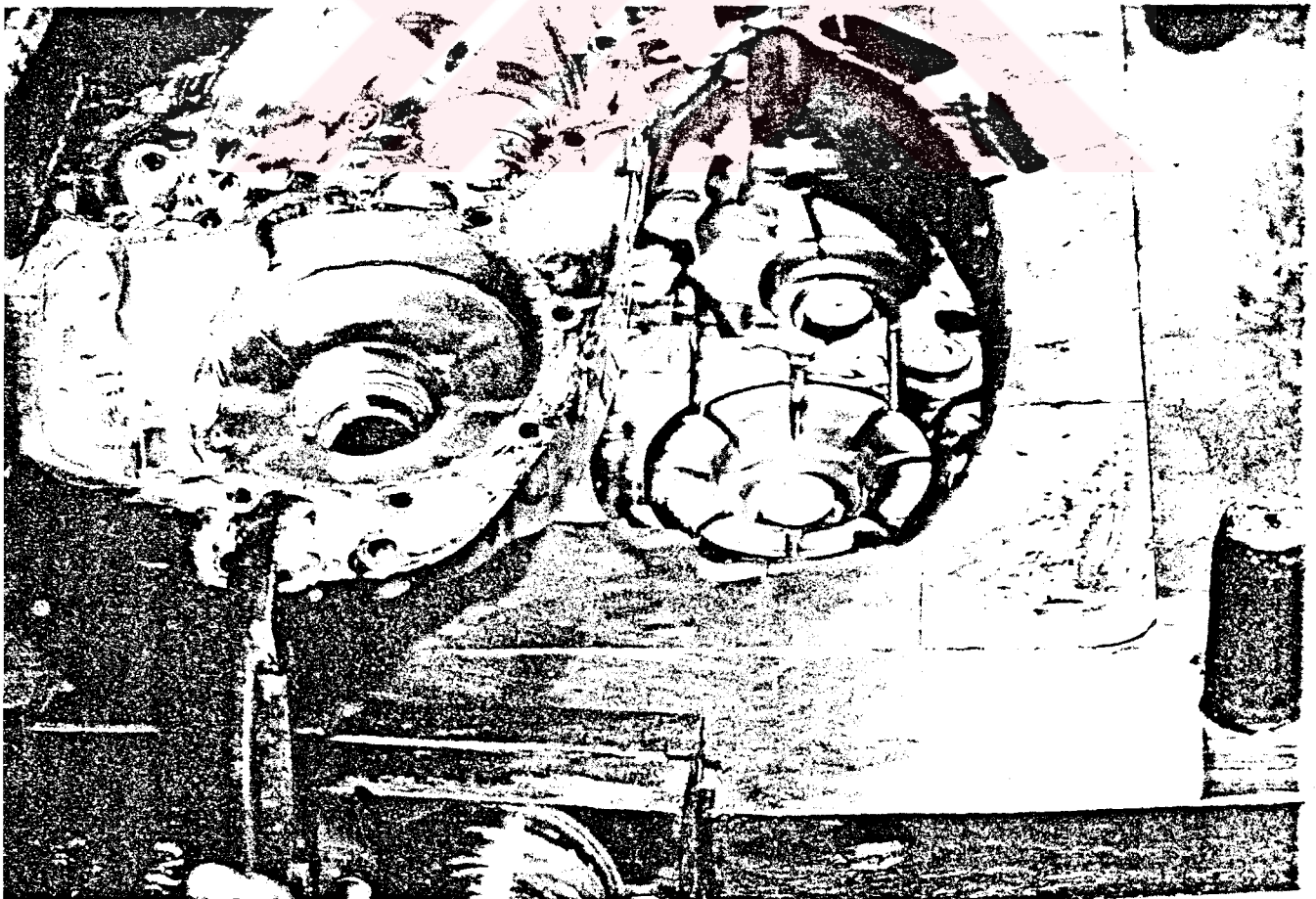
Standard materials arranged according to their similarity to BOHLER grade. Deviations in chemical composition are indicated by *. The requirements imposed on standard materials by the relevant specifications may differ from the corresponding BOHLER grade even if the chemical composition is identical.

EIGENSCHAFTEN Warmarbeitsstahl mit sehr guten Warmfestigkeitseigenschaften, hoher Warmverschleißfestigkeit sowie guter Zähigkeit und Brandrißbeständigkeit, wasserkühlbar.

DESCRIPTION Hot work tool steel featuring excellent tensile properties, high not wear resistance, high toughness and heat checking resistance, water cooling.

VERWENDUNG Hochbeanspruchte Warmarbeitswerkzeuge, vornehmlich zur Verarbeitung von Leichtmetallegerungen, wie Preßdorne, Preßmatrizen und Blockaufnehmer für das Metallrohr- und Strangpressen, Warmfließpreßwerkzeuge, Werkzeuge für die Hohlkörperfertigung, Werkzeuge für die Schrauben-, Mutter-, Niet- und Bolzenerzeugung, Druckgießwerkzeuge, Formteilpreßgesenke, Gesenkeinsätze, Wärmeschermesser, Kunststoffformen.

APPLICATIONS Heavy duty hot work tools and equipment, mainly for light alloy processing; mandrels, die blocks, containers for metal tube and rod extrusion, extrusion equipment; tools and dies for the manufacture of hollow bodies, screws, rivets, nuts, bolts. Die casting equipment, forming dies, die inserts, shear blades, and plastic moulding dies.



Druckgießform zur Herstellung von Getriebegehäusen für Motorräder.
 Die casting mould for the production of motorcycle gearbox.

BEHANDLUNGSANLEITUNG

WARMFORMGEBUNG: 1100—300° C/langsame Abkühlung im Ofen oder in wärmeisolierendem Material.

WEICHLÜHEN: 750—800° C/langsame Ofenabkühlung. Härte nach dem Weichglühen: max. 229 HB.

SPANNUNGSARMGLÜHEN: 600—650° C/langsame Ofenabkühlung. Zum Spannungsabbau nach umfangreicher Zerspanung oder bei komplizierten Werkzeugen. Haltezeit nach vollständiger Durchwärmung 1—2 Stunden in neutraler Atmosphäre.

HÄRTEN: 1020—1080° C/Öl, Warmbad (500 bis 550° C), Luft.

Haltezeit nach vollständigem Durchwärmen 15 bis 30 Minuten.

Erzielbare Härte: 52—56 HRC bei Öl- oder Warmbadhärtung; 50—54 HRC bei Lufterhärtung.

ANLASSEN: Langsames Erwärmen auf Anlaßtemperatur unmittelbar nach dem Härten/Verweildauer im Ofen 1 Stunde je 20 mm Werkstückdicke, jedoch mindestens 2 Stunden/Luftabkühlung.

Es wird empfohlen, mindestens zweimal anzulassen. Ein nachfolgendes 3. Anlassen zum Entspannen ist vorteilhaft.

1. Anlassen beim Sekundärhärtemaximum.
2. Anlassen auf Arbeitshärte. Richtwerte für die erreichbare Härte nach dem Anlassen bitten wir dem Anlaßschaubild zu entnehmen.
3. Anlassen zum Entspannen 30—50°C unter der höchsten Anlaßtemperatur.

NITRIEREN: Für Bad- und Gasnitrierung geeignet.

INSTRUCTIONS FOR TREATMENT

HOT FORMING: 1100—300° C/slow cooling in furnace or thermoinsulating material.

ANNEALING: 750—800° C/slow cooling in furnace. Maximum as annealed hardness 229 Brinell.

STRESS RELIEVING: 600—650° C/slow cooling in furnace: intended to relieve stresses set up by extensive machining, or in complex shapes. After thorough heating, hold in neutral atmosphere for 1—2 hours.

HARDENING: 1020—1080° C/oil, salt bath (500 to 550° C), or air.

Holding time after temperature equalization: 15—30 minutes.

Obtainable hardness: 52—56 RC in oil or salt bath, 50—54 RC in air.

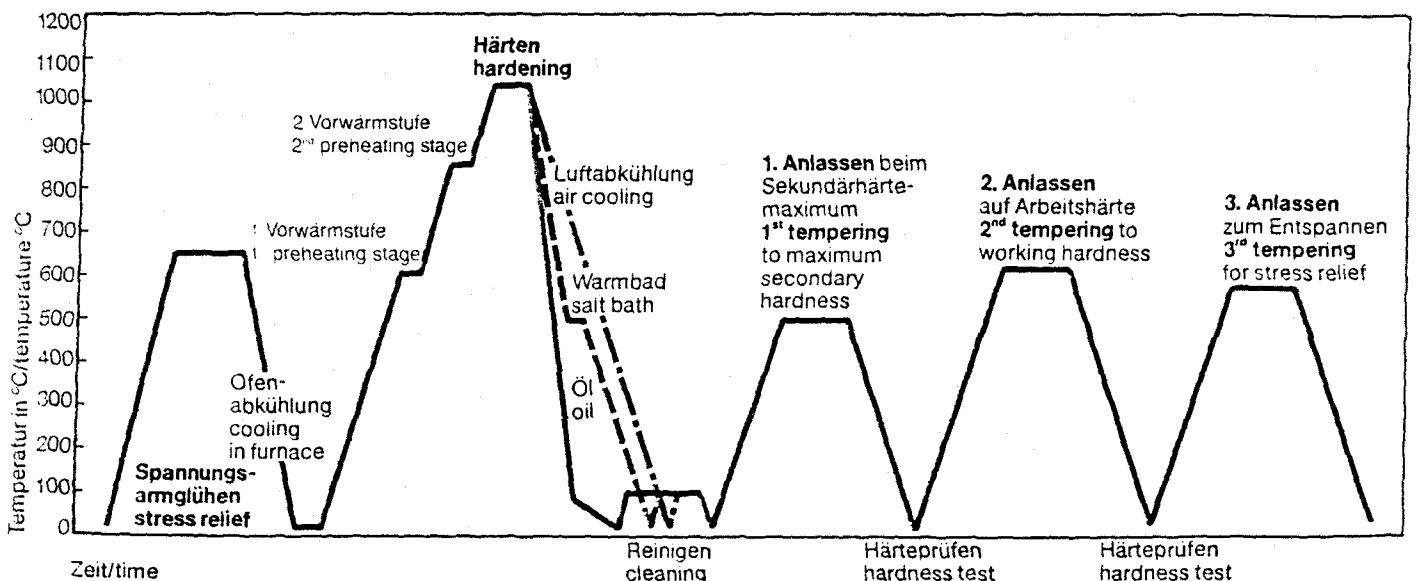
TEMPERING CYCLES: Slow cooling to tempering temperature immediately after hardening; time in furnace 1 hour for each 20 mm of workpiece thickness but at least 2 hours; cooling in air.

It is recommended to temper at least twice. A third tempering cycle for the purpose of stress relieving may be advantageous.

- 1st to maximum secondary hardness;
- 2nd to develop working hardness; the tempering chart shows average as tempered hardness values;
- 3rd for stress relieving at a temperature 30 to 50° C below highest tempering temperature.

NITRIDING: Suited for both bath and gas nitriding.

WÄRMEBEHANDLUNGSSCHEMA /
HEAT TREATMENT SEQUENCE



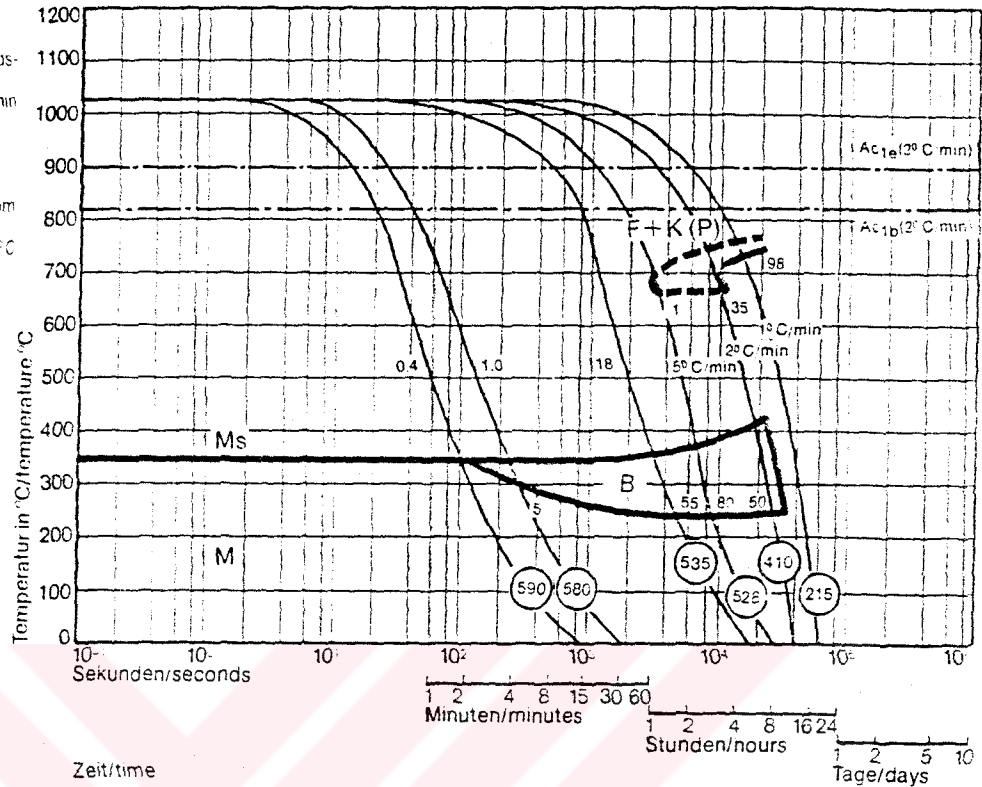
mische Zusammensetzung in % chemical composition in %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W
	0.41	0.95	0.37	0.018	0.012	5.00	1.22	0.27	1.03	0.05

erhitzenstemperatur: 1020°C
heating temperature: 1020°C

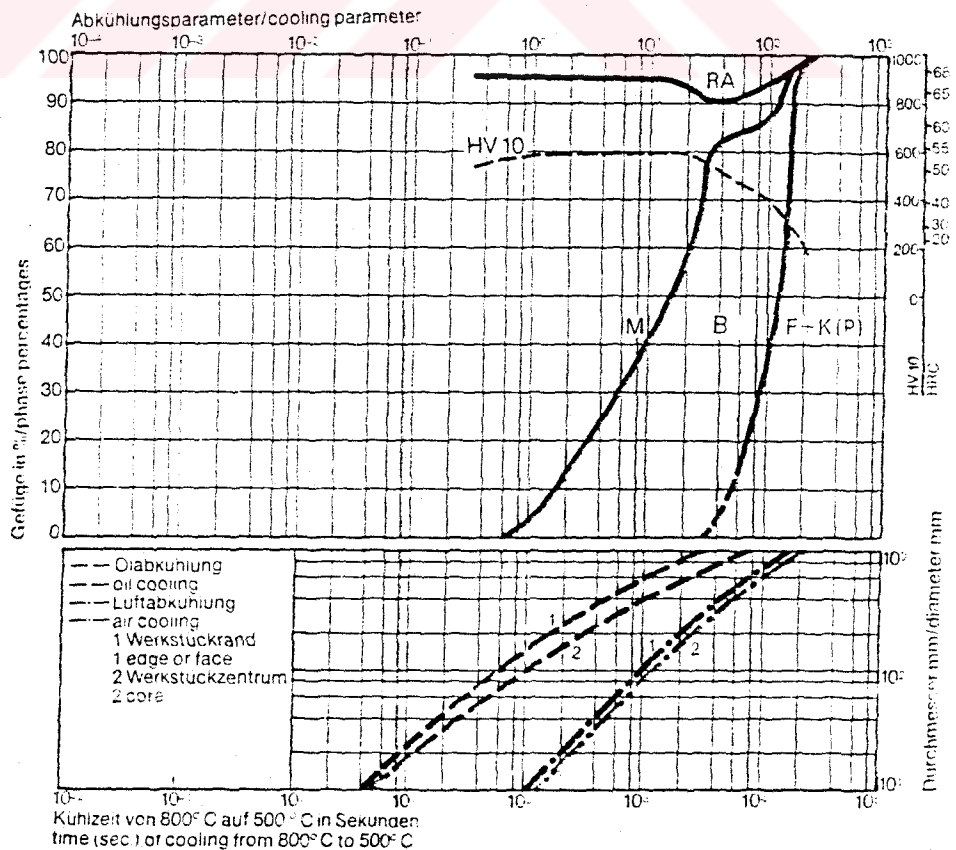
Haltezeit: 15 Minuten
holding time: 15 minutes

arte in HV
35 Gefügeanteile in
... 18 Abkühlungsparameter, d.h. Abkühlungs-
r von 800-500°C in s x 10³
1°C/min Abkühlungsgeschwindigkeit in °C/min
erreich von 800-500°C

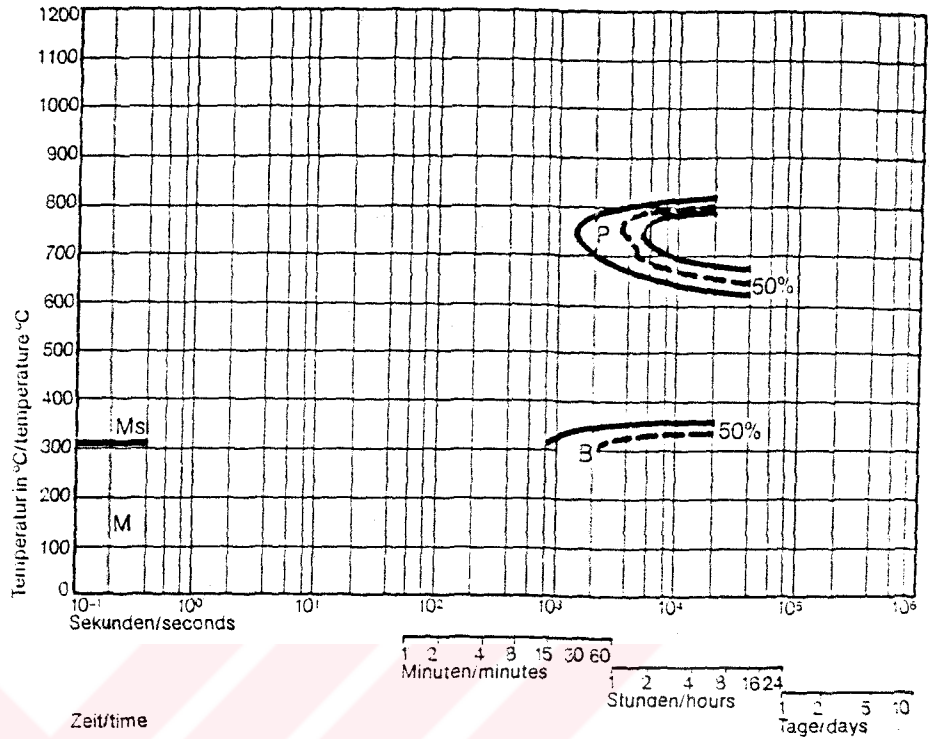
ckers hardness
35 phase percentages
... 18 cooling parameters, i.e. duration of cooling from
to 500°C in s x 10³
1°C/min cooling rate in °C/min in the 800-500°C



GEFÜGEMENGENSCHAUBILD
QUANTITATIVE PHASE DIAGRAM



chemische Zusammensetzung in % chemical composition in %	C 0.41	Si 0.95	Mn 0.37	P 0.018	S 0.012	Cr 5.00	Mo 1.22	Ni 0.27	V 1.03	W 0.05
Wärtemittlungstemperatur: 1020°C tempering temperature: 1020°C	Haltezeit: 15 Minuten holding time: 15 minutes									

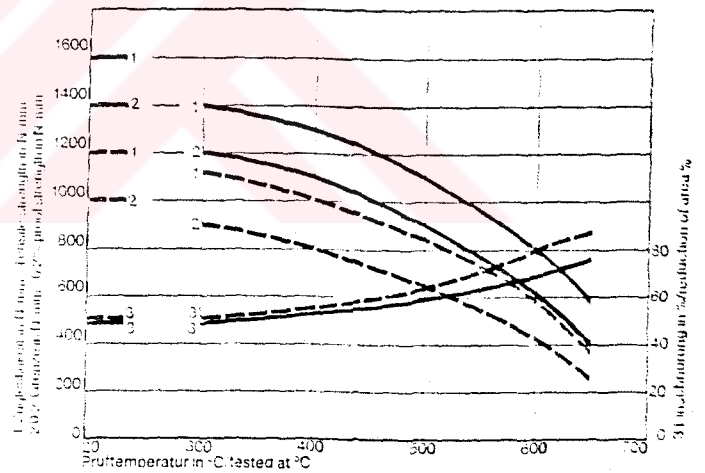


WÄRMESTÄRKE-SCHAUBILD

— vergütet auf 1600 N/mm²
- - - vergütet auf 1200 N/mm²

HOT STRENGTH CHART

— heat treated to 1600 N/mm²
- - - heat treated to 1200 N/mm²

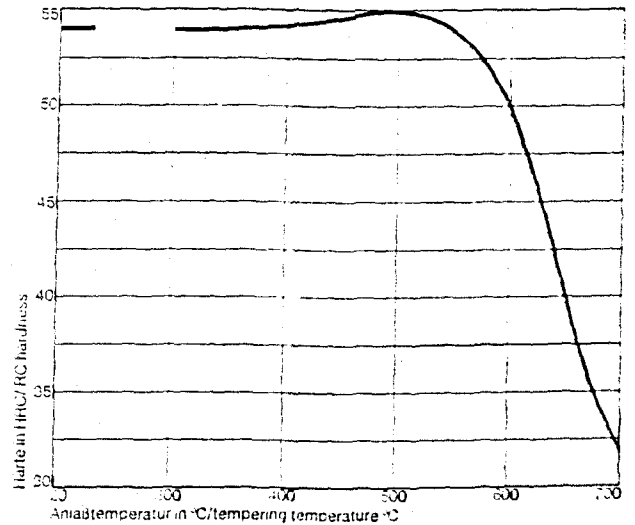


ANLASS-SCHAUBILD

Härtetemperatur: 1050°C
Probenquerschnitt: □ 50 mm

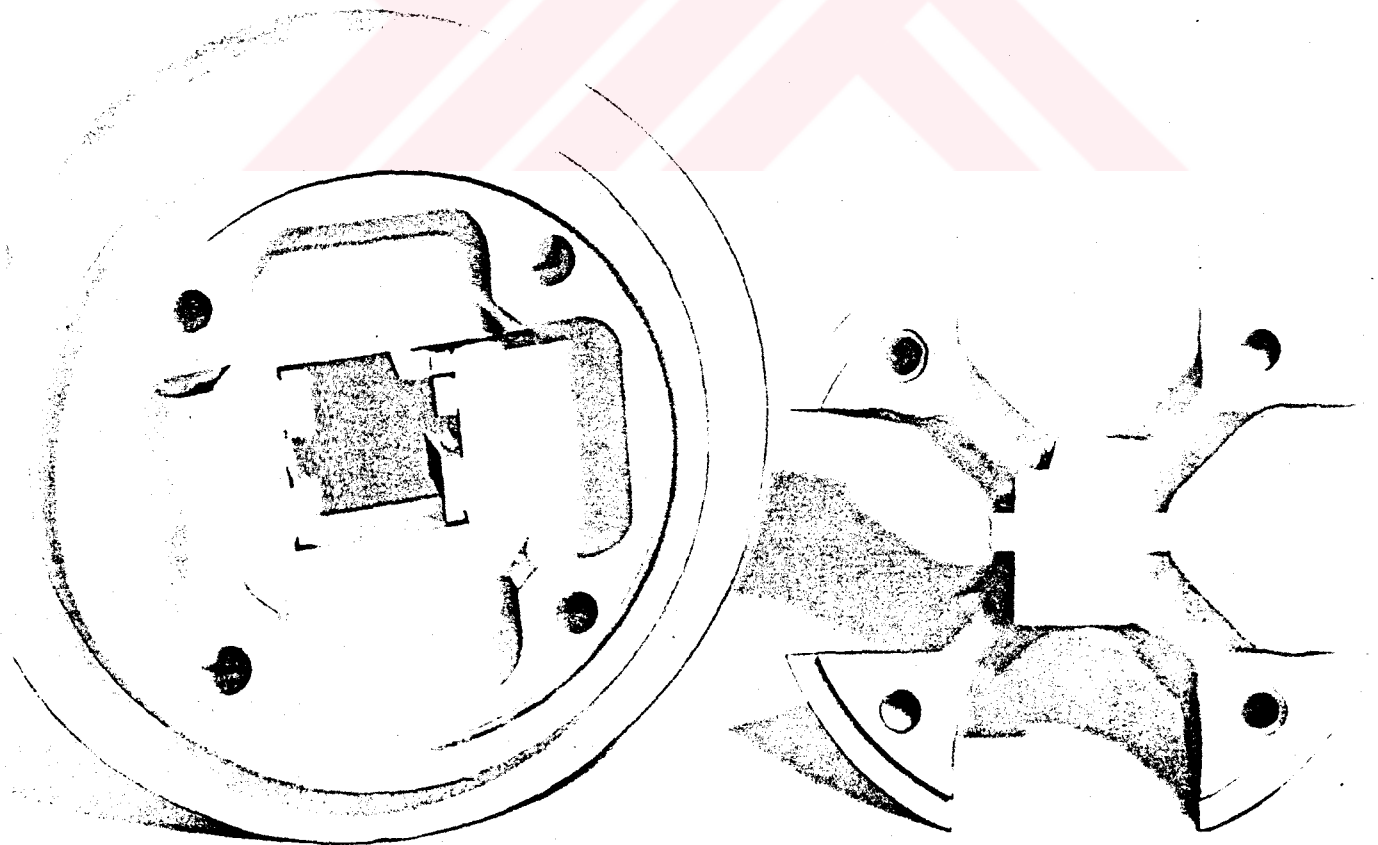
TEMPERING CHART

hardening temperature: 1050°C
specimen size: □ 50 mm



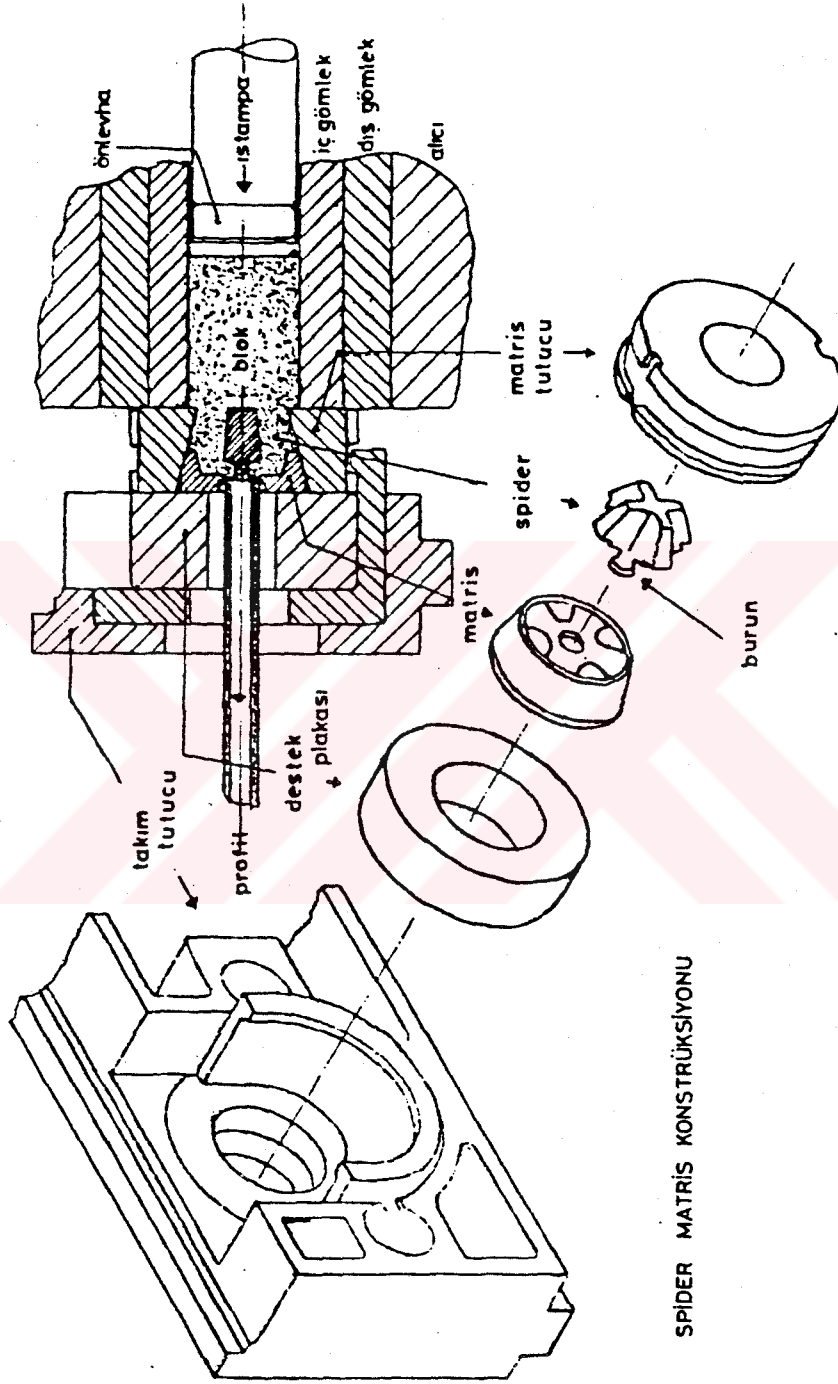
PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN (Raumtemperatur)
 PHYSICAL PROPERTIES (at ambient temperature)

Dichte, g/cm ³ density	7.85						
Elastizitätsmodul, 10 ³ N/mm ² modulus of elasticity	216						
Wärmeleitfähigkeit, W/(mK) thermal conductivity	25						
Spezifischer elektrischer Widerstand electric resistivity	0.52						
Wärmeausdehnung zwischen 20°C und thermal expansion between 20°C and	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	
10 ⁻³ m/(mK)	11.5	12.0	12.2	12.5	12.8	13.0	



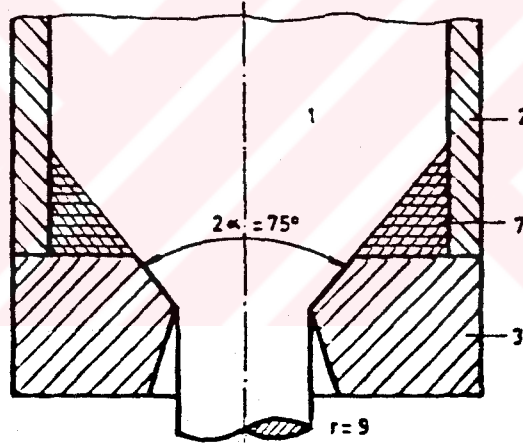
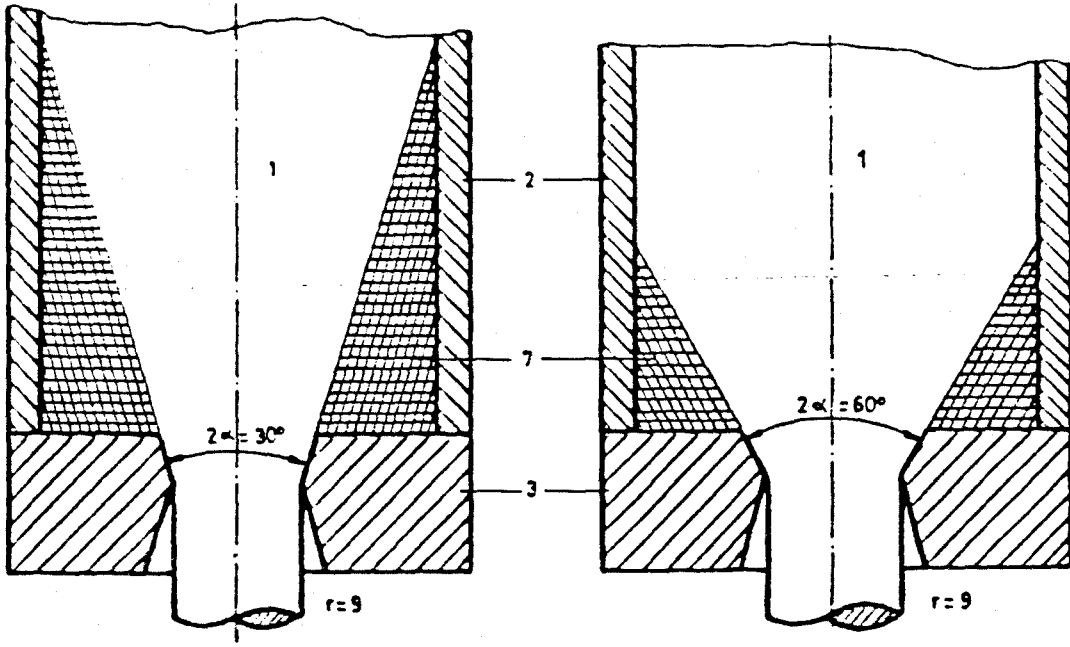
Einbaufertiges Brückenwerkzeug
 Bridge assembly ready for installation

EK 2

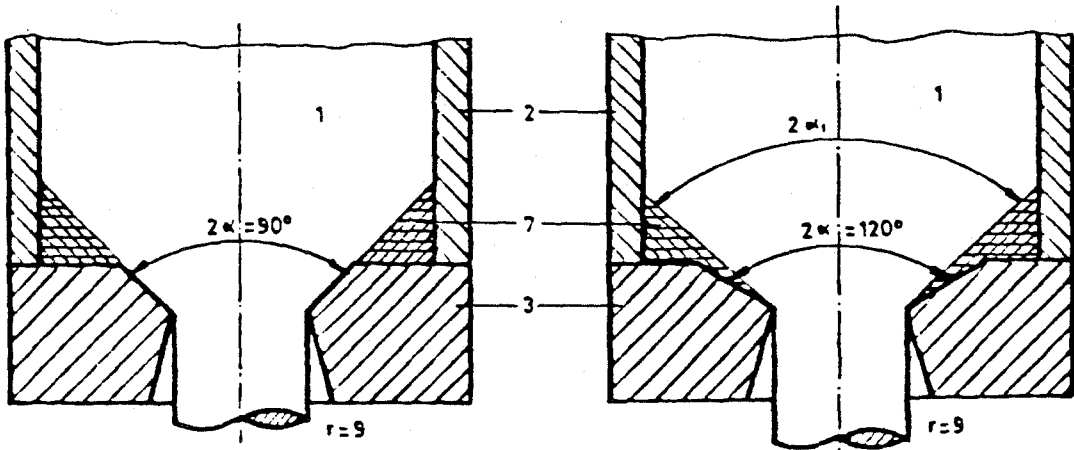


Spider matrisin ve takımının montaj resmi ve ekstrüzyondaki kesiti

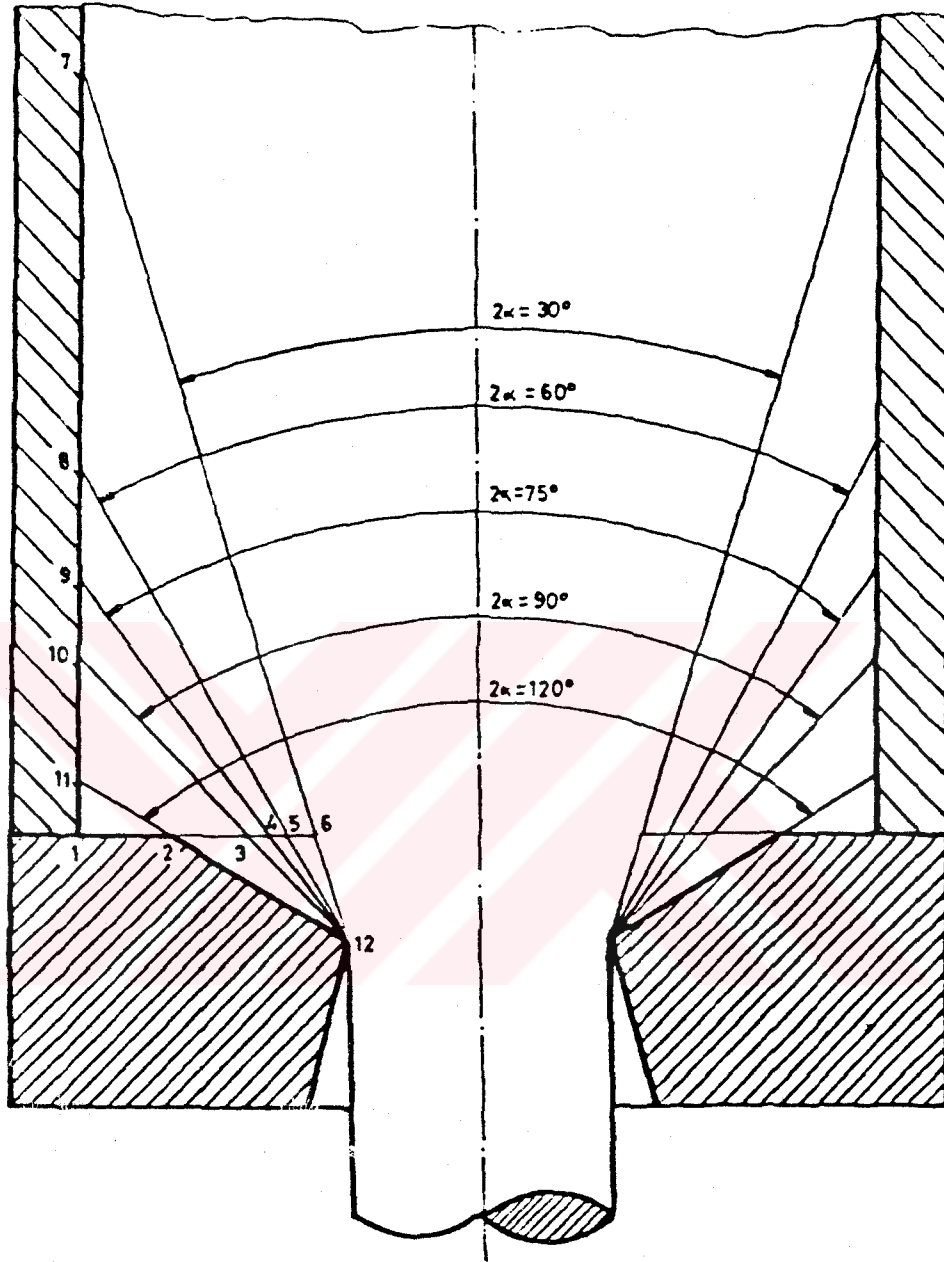
EK 3



- 1- BLOK
- 2- ALICI
- 3- MATRİS
- 7- ÖLÜBÖLGE



Vasıtasız ekstrüzyonda matris açısına bağlı olarak ölü bölgenin görünümü (şematik)



Matris açısı	Matris yüzeyi uzunluğu	Ölülük yüzeyi uzunluğu
30°	1-6 → l _{M1}	6-7 → l _{b1}
60°	1-5 → l _{M2}	5-8 → l _{b2}
75°	1-4 → l _{M3}	4-9 → l _{b3}
90°	1-3 → l _{M4}	3-10 → l _{b4}
120°	1-2 → l _{M5}	2-11 → l _{b5}

Vasıtasız ekstrüzyonda, değişik matris açılarında blokun durumu (şematik)

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında İstanbul'da doğdum .ilk ve orta öğrenimimi yine İstanbul'da tamamladıktan sonra lise öğrenimimi 1984-1988 yılları arasında Özel Ortadoğu Lisesi-İstanbul'da tamamladım.1988 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Muhendisliği bölümüne girdim.1992 yılında bu bölümden Makina Muhendisi olarak mezun olduktan sonra aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans öğrenimime başladım.

OSMAN YELKENCI
1995

OSMAN YELKENCI
1995