

57427

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKSTRÜZYON MATRİSLERİNDE
KANAL UZUNLUĞU VE ÖN ODANIN
ARAŞTIRILMASI

Mak.Müh. Alibey ARABACI

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 1996

İÇİNDEKİLER :

i

1.	Giriş	1
1.1.	Ekstrüzyon yöntemleri	3
1.1.1.	Direkt ekstrüzyon yöntemi	3
1.1.2.	Endirekt ekstrüzyon yöntemi	4
1.1.3.	Hidrostatik ekstrüzyon yöntemi	6
1.2.	Ekstrüzyon malzemeleri	7
1.3.	Ekstrüzyonda malzeme akışı	9
1.3.1.	A tipi malzeme akışı	10
1.3.2.	B tipi malzeme akışı	11
1.3.3.	C tipi malzeme akışı	11
1.3.4.	D tipi malzeme akışı	12
2.	Matris	13
2.1.	Matris malzemeleri	14
2.2.	Matris şekilleri	16
2.2.1.	Dolu profiller için ekstrüzyon matrisleri	18
2.2.2.	İçi boş profiller için ekstrüzyon matrisleri	19
2.2.2.1.	Köprülü matrisler	19
2.2.2.2.	Spider matrisler	21
2.2.2.3.	Odalı matrisler	23

	ii
3. Matris kanalı	26
3.1. Matris kanal uzunluğu	26
3.1.1. Matris kanal uzunluğunun düzenlenmesi	29
3.1.2. Eğim açısı	33
3.2. Sürtünme	39
3.3. Kaynama tabakası	53
3.4. Matris kanal uzunluğunun sürtünmeye etkisi	67
3.5. Matris kanal uzunluğunun toplam ekstrüzyon kuvvetine etkisi	81
3.6. Aşınma	89
3.7. Lепleme	92
3.8. Nitrasyon tabakası	94
3.9. Ön oda	95
4. Sonuç	107

ÖZET

Bu teorik araştırmada , plastik Şekil verme yöntemlerinden biri olan ekstrüzyon yönteminde matris kanal uzunluğunun ve n odanın matris dizaynına ve malzeme akışına olan etkileri incelenmiştir .

Bilindiği gibi ekstrüzyon yöntemi günümüzde çok yaygın uygulama alanı bulmuştur . Geliştirilen yöntemler ve takımlar sayesinde , ekstrüzyon parametreleri ve dolayısıyla maml kalitesi iyileşmiştir . Malzeme akışını iyileştirmek , ekstrüzyon kuvvetini düşürmek , kaliteli maml elde etmek , üretimi zor olan profilleri üretmek ve sistemi ekonomikleştirmek için matris üzerinde yapılan dizayn çalışmaları devam etmektedir .

Bu çalışmada önce ekstrüzyon yöntemleri ve malzeme akışı üzerinde durulmuş , matris ve matris Şekilleri incelenmiştir . Matris kanalı araştırılarak kanal uzunluğunun matris dizaynına ve malzeme akışına olan etkileri bulunmuştur . Egim açısının , sürtünmenin , kaynama tabakasının , aşınmanın , leplemenin ve nitrasyon tabakasının matris kanal uzunluğu , malzeme akışı ve profil kalitesine olan etkileri incelenmiştir . Son olarak matriste n odanın işlevi araştırılarak malzeme akışına olan etkisi incelenmiştir .

ZUSAMMENFASSUNG

Bei dieser theoretischen Arbeit wurde beim Strangpressen das einer der Umformverfahren ist der Einfluß der Preßkanallänge und der Vorkammer auf die Gestaltung der Matrize und auf den Materialfluß untersucht .

Wie man weiß hat das Strangpreßverfahren heut zu tage einen sehr großen Anwendungsgebiet gefunden . Durch die entwicklung der Werkzeuge und der Verfahren wurde die Strangpreßparameter und dadurch die Produktqualität verbessert . Um den Materialfluß zu verbessern , den Preßkraft zu reduzieren , qualitätsreichen Produkt zu gewinnen , um schwer herstellbare Profile zu produzieren und einen ekonomischen System zu erstellen führen die Arbeiten über die Gestaltung der Matrize weiter .

Bei dieser Arbeit wurde erst die Strangpreßverfahren und der Materialfluß untersucht . Der Preßkanal wurde untersucht und der Einfluß der Kanallänge auf die Matrizegestaltung und auf den Materialfluß gefunden . Der Einfluß des Neigungswinkels , des Verschleißes , des Lämpens , der Reibung , der Haftsicht und der Nitriersicht auf den Materialfluß , Preßkanallänge und auf die Profilqualität wurde erforscht . Als letztes wurde die Funktion der Vorkammer untersucht und den einfluß auf den Materialfluß erforscht .

1. GİRİŞ

Ekstrüzyon yöntemi , çubuk , profil , boru , tel ve diğer kalın cidarlı profillerin biçimlendirilmesinde kullanılan önemli bir plastik şekil verme yöntemidir . Günümüzde çok yaygın uygulama alanı bulan ekstrüzyon yöntemi ile biçimlendirilen malzemelerin ve yarı mamüllerin çeşidi hızla artmaktadır . Hatta günümüzde hatasız olarak , direkt mamül dahi elde edilebilmektedir .

Ekstrüzyon yönteminin ilk uygulaması 1797 yılında ekstrüzyonun babası sayılan İngiliz Joseph BRAMAH adındaki hidrolik mühendisinin kurşun boru imali için patent alması ile görülmektedir . 1820 yılında Thomas BURR 'un hidrolik preslerdeki gelişmeyi değerlendirip kurşun bloklardan boru imal etmek için bir hidrolik pres geliştirmesiyle ekstrüzyon uygulamaları kendini yenilemeye başlamıştır . Daha sonra 1837 yılında J. C. HANSON adlı araştırmacılar alıcı , ıstampa ve matris düzenlenmesinde yeni gelişmeler sağlamışlardır .

Üretim bakımından pres üzerindeki çalışmalar 1867 yılında HAMON , 1870 yılında HEINES , J. W. WEEMS , 1879 yılında BOREL ve WESSAU , 1880 yılında EATON 'la devam etmiştir . 1894 yılında Alexander DICK'in ilk ekstrüzyon presi için patent alması ile bakır , pirinç , alüminyum gibi metaller ile çeşitli profillerin üretimi başlamış gelişmelerle bugünkü modern üretim ve tezgahlara ulaşılmıştır .

Ekstrüzyon işleminde alıcı içerisindeki plastiklik özelliği olan malzeme , basınç altında profil kesitini taşıyan matris kanalından geçirilerek biçimlendirilmektedir . Biçim veren matrislerin uygun dizayn edilmesi ile ekstrüzyon malzemesinin cinsine bağlı olarak basit veya karmaşık profilli çubuk kesitleri elde edilir .

Matris , üzerinde imal edilecek profilin kesiti kanal şeklinde açılmış , bloğa basınç altında profil şeklini veren ekstrüzyon takımıdır . Bu nedenle matris , profilin tüm detaylarını içerir . Matriste oluşacak hatalar direkt olarak profile yansır .

Ekstrüzyon matrisleinde malzeme akışı çok önemli bir yer tutmaktadır . Matristeki malzeme akışını yönlendirmek için günümüzde üç yöntem kullanılmaktadır :

- Matris boşluğunda farklı kanal uzunluğu kullanımı .
- Aynı levha olarak veya takım üzerine işlenen ön oda kullanımı
- Özel takımlarda çeşitli şekilde ve büyüklükte giriş ve birleşme odası kullanımı

Kanal yüzeyi , ekstrüzyon işlemi esnasında malzemenin takım üzerinde kayarak profil şeklini aldığı yüzeydir . Matris kanal uzunluğu , profilin istenen tolerans sınırları içerisinde olmasını sağlayacak biçimde dizayn edilmelidir .

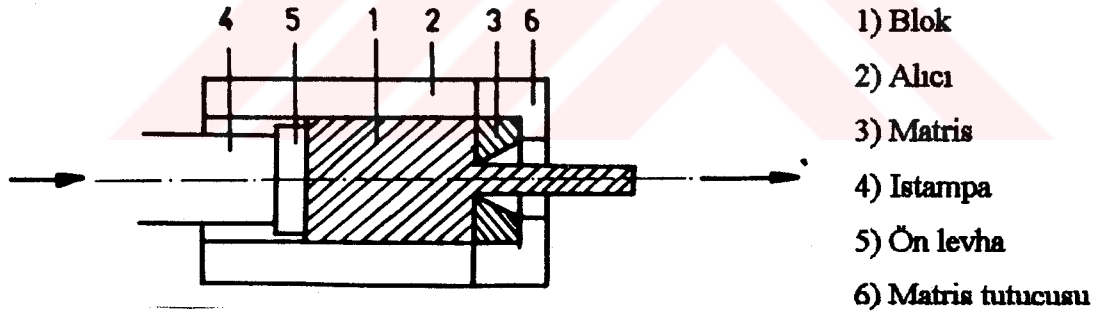
Matris dizaynında malzeme akışının yavaşlatılması veya hızlandırılmasına bağlı olarak kanal uzunluğu et kalınlığına ve alıcı eksenine olan mesafeye bağlı olarak kısa veya uzun düzenlenir . Matris de ön oda , malzeme akışının eşit ve kararlı olmasını sağlar . İçi dolu , karışık geometrili ve ince et kalınlığına sahip profillerde ölçü ve şekil tamlığını sağlar . Bunun dışında ön odalar kesiti alıcı çapından büyük profillerin imalatını da sağlarlar . Matris kanalındaki aşınma , sürtünme , malzemenin kaynaması , matris kanalına nitrasyon uygulanması ve matris kanalının leplenmesi gibi konular profilin matris kanalından pürüzsüz ve düzgün çıkmasını sağlayan diğer faktörlerdir . Bu konular ilerki bölümlerde daha ayrıntılı olarak incelenecektir /11/15/ .

1.1. EKSTRÜZYON YÖNTEMLERİ

Yöntemin ilk uygulaması olan direkt ekstrüzyondan itibaren üretkenliği arttırmak için ekstrüzyon kuvveti , malzeme akışı , takım dizaynı , ekstrüzyon malzemesi , profil kalitesi gibi faktörler üzerinde yapılan çalışmalarla diğer ekstrüzyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak malzeme akış yönüne , matrisin hareketli veya sabit olmasına , kuvvet iletilme tarzına göre direkt , endirekt ve hidrostatik ekstrüzyon olarak sınıflandırılmıştır /11/.

1.1.1. DİREKT EKSTRÜZYON YÖNTEMİ

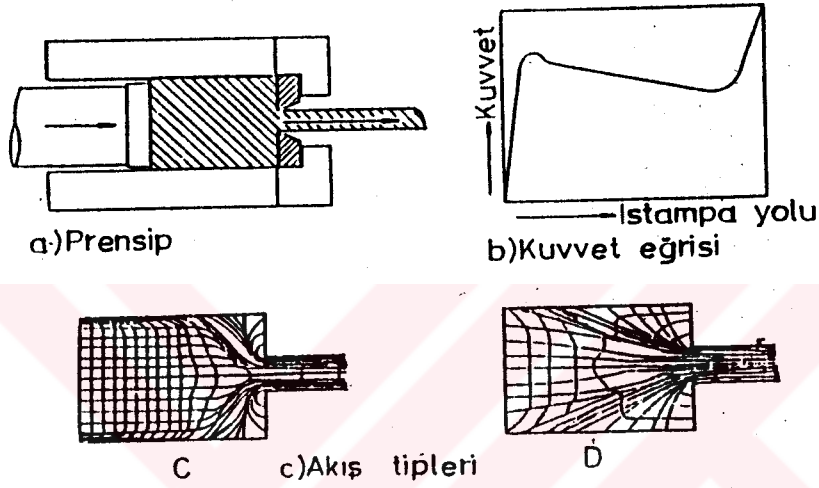
Direkt ekstrüzyon yönteminde , alıcı içindeki blok ıstampa tarafından itilerek diğer uçtaki matris deliğinden geçirilir (şekil 1.1) . Malzeme akışı ve zorlama yönü aynıdır . Matris sabittir , ıstampa ve blok alıcıya göre bağıl hareket yaparlar . Bu bağıl hareketten dolayı alıcı ile blok arasında sürtünme meydana gelir .



Şekil 1.1 Direkt ekstrüzyon yöntemi /11/.

Sürtünme kuvveti bloğun matrise doğru ilerlemesini engeller , gerekli ekstrüzyon kuvvetini ve ekstrüzyon artığını arttırmaktadır . Ayrıca blok ile alıcı arasındaki sürtünmeden dolayı blok çevresi yavaş , blok merkezi hızlı hareket ederek blok sonunda huni biçiminde bir boşluk meydana gelmektedir . Büyük ekstrüzyon kuvveti uygulayıp , bloğun tamamı ekstrüzyon edilse dahi yarı mamülün sonu hatalı olmaktadır . Bu nedenle direkt ekstrüzyon yönteminde belli bir miktar ekstrüzyon artığı bırakılmaktadır .

Sürtünme , ekstrüzyon kuvvetini arttırdığı gibi düzensiz bir malzeme akışına da neden olmaktadır . Sürtünme az olduğunda C tipi akışı , yüksek olduğunda D tipi akışı oluşmaktadır . Sürtünmenin bu son etkisi ekstrüzyon profilinin uzunluğu boyunca özelliklerin değişmesine ve bazı hatalara neden olmaktadır . Şekil 1.2'de de direkt ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve akış tipleri topluca görülmektedir .



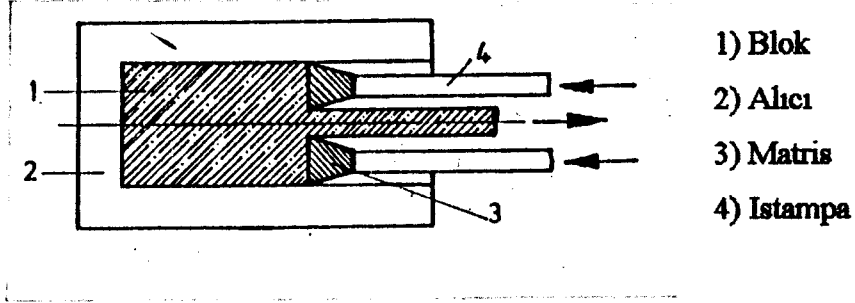
Şekil 1.2 Direkt ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve akış tipleri /11/.

Direkt ekstrüzyon yöntemi dezavantajlarına rağmen takım düzenlenmesi basit ve işletme yönünden kolay olduğundan çok tercih edilen bir yöntemdir . Çeşitli dolu ve içi boş profiller istenilen uzunluk , çap ve kalınlıkta imal edilebilirler . Bu yöntemde matris çapı , alıcı iç çapı tarafından sınırlanmamaktadır . Fakat takım ömrü endirekt ekstrüzyona göre daha kısadır /11/.

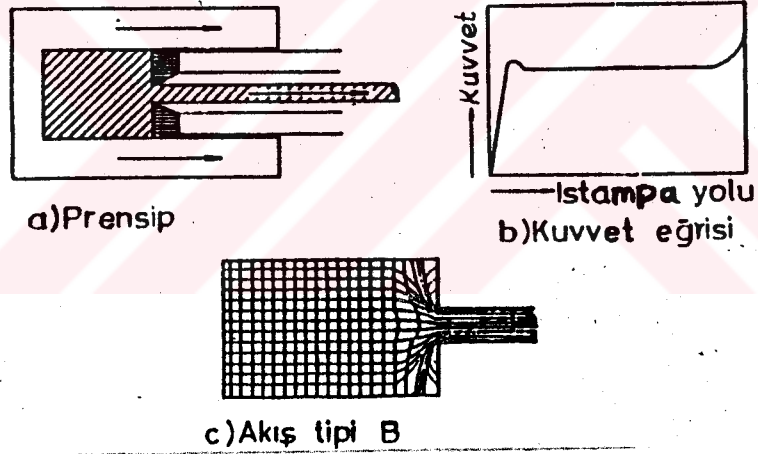
1.1.2. ENDİREKT EKSTRÜZYON YÖNTEMİ

Endirekt ekstrüzyon yönteminde matris , içi boş bir ıstampanın ucuna monte edilir ve ıstampa ile birlikte hareket eder (şekil 1.3) . Matris hareketli , blok sabit olduğundan ıstampa alıcıya göre bağlı hareket yaparken , blok ile alıcı arasında bağlı bir hareket yoktur . Malzeme akışı ile zorlama yönü tam zıttır . Şekil 1.4'de endirekt ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve malzeme akış tipi gösterilmiştir .

Bu yöntem ile ekstrüzyonda , blok yüzeyi ile alıcı cidarı arasında sürtünme oluşmadığından gerekli ekstrüzyon kuvveti azalmaktadır . Endirekt ekstrüzyonda kayıp miktarı direkt ekstrüzyona göre çok azdır . Aynı zamanda malzeme akışı daha düzenli olmakta (B akış tipi) ve ekstrüzyon hatalarının oluşum oranı azalmaktadır .



Şekil 1.3 Endirekt ekstrüzyon yöntemi /11/.

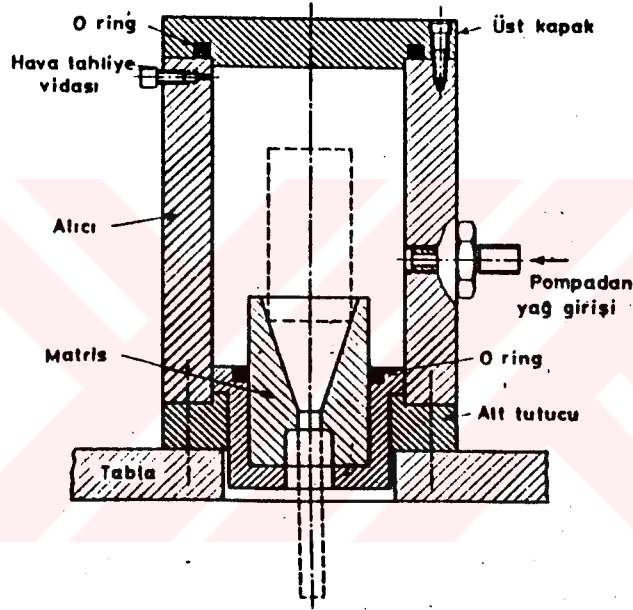


Şekil 1.4 Endirekt ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve malzeme akış tipi /11/.

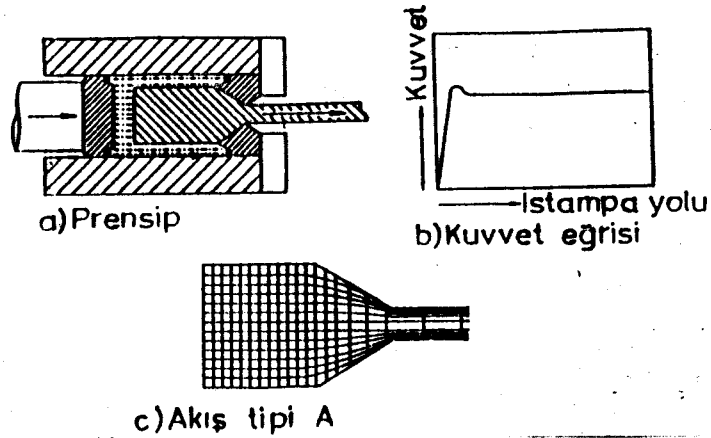
Direkt ekstrüzyona göre daha büyük ekstrüzyon oranları , daha yüksek ekstrüzyon hızları , daha düşük blok sıcaklığında çalışılabilmektedir . Endirekt ekstrüzyon yönteminin birçok avantajlarına rağmen bazı dezavantajlarından dolayı özel imalatlar için tercih edilmektedir . Bu yöntemde matris çapı alıcı iç çapı tarafından sınırlanmaktadır ve takımların düzenlenmesi zor olmaktadır . Komplike kesitlerin ekstrüzyonuna uygun bir yöntem değildir . Ayrıca ıstampanın uzunluğu eğilme gerilmesi ile sınırlanmaktadır /11/.

1.1.3. HİDROSTATİK EKSTRÜZYON YÖNTEMİ

Hidrostatik ekstrüzyon , bloğun alıcıda ıstampa kuvvetinin etkisi ile değil , basınç ortamı ile matristen geçirildiği bir yöntemdir (şekil 1.5) . Bu yöntemde blok , yüksek basınç akışkanı ile çevrilmiştir ve akışkanın basıncı ile ekstrüzyon edilmektedir . Blok ile takımlar arasında sürtünme olmadığından gerekli ekstrüzyon kuvveti daha az olmaktadır. Aynı zamanda ideal akış tipi (A tipi akış) sağlanmaktadır . Şekil 1.6'da hidrostatik ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve malzeme akış tipi topluca gösterilmiştir .



Şekil 1.5 Hidrostatik ekstrüzyon donatımı (şematik) /11/.



Şekil 1.6 Hidrostatik ekstrüzyon yöntemi , kuvvet eğrisi ve malzeme akış tipi /11/.

Basınç sağlayan akışkan ile dolu alıcı , ıstampa ve matriste sızdırmazlık temin edilmiştir . Akışkan basıncı , ekstrüzyon edilecek malzemenin akma gerilmesine ve ekstrüzyon oranına bağlı yeterli bir değere ulaştığında malzeme matristen akmaya başlar . Matriste bir yağ filminin oluşmasını sağlamak için konik matris kullanılır . İşlem çok yönlüdür . Basit bir matris değişimi ile çeşitli boyutlardaki bloklar ve kesitlerin ekstrüzyonu mümkün olabilmektedir . Donatımda çok iyi bir sızdırmazlık sağlanması gerekir . İşlemden önce blok yüzey hatalarından arındırılmalıdır ve matris deliğine uygun bir koniklikte işlenmelidir . Hidrostatik ekstrüzyon bu dezavantajlara rağmen klasik ekstrüzyon yöntemlerine göre avantajlıdır /11/.

1.2. EKSTRÜZYON MALZEMELERİ

Metallerin ekstrüzyon edilebilirliği , sertlikleri , ekstrüzyon esnasındaki sıcaklık , ekstrüzyon hızı gibi faktörler etkilemektedir . Ekstrüzyon işlemi , pekleşme etkilerini ortadan kaldırmak için daha ziyade sıcak uygulanmakla birlikte , özellikle yumuşak metallere soğuk olarakta tatbik edildiği görülmektedir . Nispeten düşük ekstrüzyon sıcaklıkları ve akma gerilmesi gösteren kurşun , kalay , bakır , alüminyum ve magnezyum alaşımları ile pirinç ve bronz gibi malzemeler ekstrüzyonun en çok uygulandığı metallerdir . Alüminyum ve alaşımları birçok önemli özelliklerinden dolayı ekstrüzyon yönteminde kullanılan malzemelerin başında yer almaktadır . Esas olarak bilinen bütün teknik alüminyum alaşımları ekstrüzyonuna uygundur . Soğuk sertleşme ile istenen mukavemet özellikleri sağlanabilen alüminyum band ve saclardan farklı olarak ekstrüzyon malzemelerinin seçiminde sertleşebilir AlMgSi , AlCuMg ve AlZnMgCu önemli rol oynarlar . Bu durum özellikle şekilleri nedeniyle soğuk ekstrüzyona uygun profiller için geçerlidir . Mukavemeti yüksek ve soğuk çekilebilir alaşımlardan çubuk ve boru imalinde sertleşme özelliğinden yararlanır . Çeliğin akma gerilmesinin yüksek oluşu nedeniyle yüksek sıcaklık ve basınç uygulamalarını gerektirmesi ve alıcı iç yüzeylerinde kaynama tehlikeleri yaratması bu malzemenin ekstrüzyonunu zorlaştırmaktadır . Bununla birlikte , ekstrüzyon esnasında ergiyerek blok üzerinde yağlama etkisi yaratan fosfat tuzları veya cam kaplama kullanılmak suretiyle oldukça önemli miktarda çelik ekstrüzyon mamülleride elde edilir . Tablo 1.1'de ekstrüzyon malzemeleri ve bazı ekstrüzyon şartları görülmektedir /11/.

Tablo 1.1 Ekstrüzyon malzemeleri ve bazı ekstrüzyon şartları /11/.

Metal Grubu	Malzeme İsmi	Malzeme Bileşenleri %						Malz. Ekstrüzyon Sıcaklığı	Spesifik Eilet. Baaneri İptisam *	Malz. Eilet. Oranı A ₀ /A ₁
		Cu	Zn	Sn	Al	Pb	Ni			
Cu ve Cu - Zn alaşımları	b-Cu	99.9						900	60-90	280
	Mn58	58	42					700	50-70	700
	SolMa				1.31	1.31-2		700	50-70	700
	SEPBAl	58	40					700	50-70	700
	Mn63	63	37					750	50-70	600
	Mn68	68	32					800	55-80	450
	SolMa71	70	29	1				900	70-100	80
	SolMa78	76	22	1.8				900	70-100	80
Bromlar	AlBr4	96			4			900	70-100	100
	AlBr9	91			9			920	70-100	100
	SnBr4	96		4				850	70-100	30
	SnBr6	92						750	70-100	30
	SiBr2	96					Si2	700	70-100	30
	PbBr4	96				4		650	70-100	30
	SoBr	90					Mn1-4	800	70-100	30
	AgBr	98					Ag2	900	60-80	50
Cu - Ni alaşımları	CuNi30	70					30	900	70-100	30
	CuNiZn	72	10				18	850	70-100	30
	Ni98					Mn1.5	98	1100	70-100	80
Zn ve Zn alaşımları	Saf Çinko		99.5					200	40-80	200
	ZnAl4		96		4			300	70-100	60
	ZnCu4	4	96					350	70-100	90
	ZnAlCu	1	96		4			350	70-100	50
Alüminyum ve Al alaşımları	Saf Alüminyum	99.8						500	40-80	1000
	AlMn	98		1.2				500	40-80	500
	AlMgSi	96	1.2	0.8				480	40-80	250
	AlMgMn	97	2.5	1				450	40-80	100
	AlMg3	96	3	0.2				450	60-100	80
	AlMg5	94	5	0.5				420	60-100	70
	AlMg7	92	7	0.5				420	60-100	60
	AlMg9	90	9	0.5				400	60-100	60
	AlZnMgCu	90	2.7	0.5	1		6	400	60-100	80
Mg ve Mg alaşımları	Saf Mg		99.8	1.2				300	40-80	200
	MgMn		98	2				420	40-80	100
	MgAl3	3	97					400	40-80	80
	MgAl6	6	94					380	60-100	60
Çelik	C		Mn	Si	Cr	Ni	Mg			
	Karbon Çeliği	0.1	0.3	0.1				1300	40-60	120
		1.0	1.5							
	Düşük Alaşımlı	0.4	0.6		0.8	2	0.2	1270	40-60	120
	Paslanmaz	0.15	1.0	0.5	12			1200	40-60	80
		0.5	2.0		19	10		1210	60-100	90
Hız Çeliği	2.0	0.3		12			1160	100-120	70	
Siro Döküm		3.5	0.4	2.7		1.5		1075		

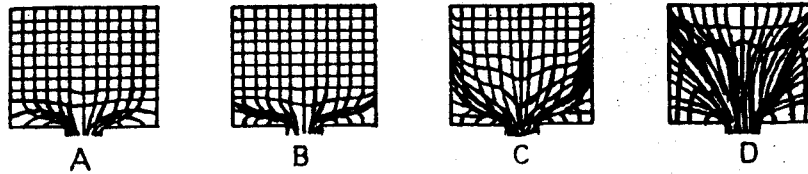
1.3. EKSTRÜZYONDA MALZEME AKIŞI

Ekstrüzyon işleminde , genellikle aralıklı bir çalışma yapılmakta , yani ilk bloğun 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 kuvvetlerinin değişmesine , malzeme kesiti ve boyunda farklı malzeme özelliklerine ve diğer ekstrüzyon hatalarına sebep olmaktadır . Malzeme akışını, birinci derecede ekstrüzyon edilen malzemenin özellikleri olmak üzere çok sayıda işlem faktörü etkilemektedir. Tablo 1.2’de malzeme akışını etkileyen tüm faktörler verilmiştir .

Tablo 1.2 Malzeme akışını etkileyen faktörler /11/.

FAKTÖRLER	OLASIKLAR
1 Yöntem	Direkt, indirekt , hidrostatik
2 Yağlama	Yağlamalı , yağlamasız
3 Sıcaklık	Soğuk , sıcak
4 Matris biçimi	Düz , konik , tek delikli , çok delikli
5 İş parçası	Plastiklik özelliği
6 Mamül biçimi	Çubuk , profil , boru , tel
7 Ekstrüzyon oranı	Küçük , büyük

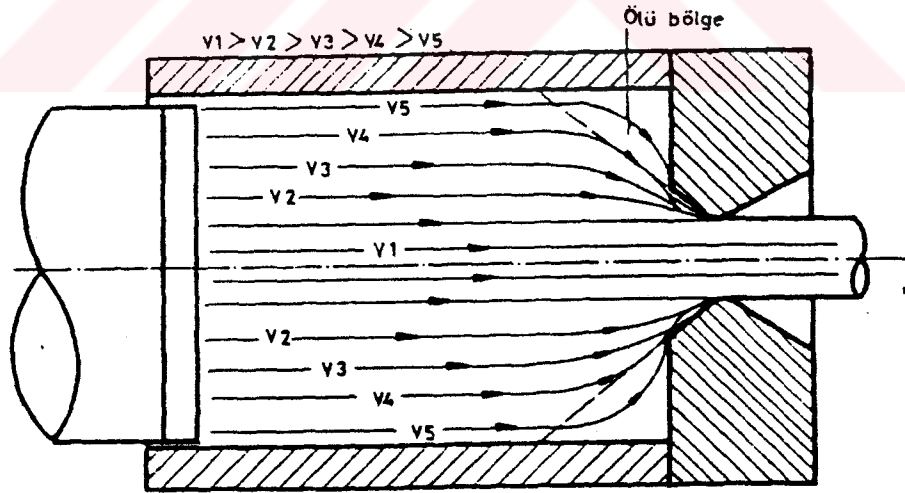
Şekil 1.7’de gösterilen A , B , C , D akış tiplerinden A tipi ideal akış tipini ve D tipi ise istenmeyen akış tipini karakterize etmektedir /11/.



Şekil 1.7 Ekstrüzyonda malzeme akış tipleri (şematik) /11/.

1.3.1. A TİPİ MALZEME AKIŞI

A tipi akışta , bloğun alıcıdan ayrılışı mümkün olabilecek en düzenli bir şekilde olmaktadır . Bloğun plastik akışı , matrise çok yakın bir şekil değiştirme bölgesinde olmakta ve bloğun ekstrüzyon edilmeyen kısmı biçim değiştirmeden matris yönünde hareket etmektedir .Bloğun 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 bloğun çevresi frenlenmeden kolayca hareket edecektir . Bunun neticesinde bloğun bütün kütlesi aynı hızla hareket ederek malzeme akışı düzenli olacaktır . Ancak sürtünmesiz ekstrüzyon pratik olarak mümkün değildir . Aynı zamanda bloğun bütün kütlesi aynı hızla hareket etmemektedir . Sürtünme , etkili bir yağlama yöntemi ile yok edilebilir .Ancak bu yüksek yağlama etkisine rağmen blok merkezi blok çevresinden daha hızlı akmaktadır . Şekil 1.8’de görüldüğü gibi küçük de olsa ölü bölge oluşmasından malzemede sapmalar meydana gelir /11/ .



Şekil 1.8 Direkt ekstrüzyonda bloktaki hız dağılımı (şematik) /11/.

Blok merkezinin kat ettiği yol daha kısa ve merkezden uzaklaştıkça daha uzun olmaktadır. Akış hızı merkezden çevreye doğru küçülmektedir . Bunun neticesinde malzeme akışı şekil 1.7'deki A tipi ile tam uyum sağlamamaktadır . İdeal bir yağlama ile merkez ile çevre arasındaki hız farkı minimuma indirebilir /11/ .

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 edilmeyecek kadar küçük olmadığı durumlarda homojen malzemelerde B tipi akış meydana gelir . Bu durumda , kenar bölgelerin matris deliği doğrultusundaki radyal akışı engellenir ve bunun sonucu olarak daha büyük kayma gerilmesi ortaya çıkabilir . Böylece A tipine göre daha büyük bir ölü bölge ve genişlemiş bir biçim değiştirme bölgesi oluşur . Bloğun merkezinde biçim değiştirme düzgün olarak meydana gelir /11/ .

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 . Bloğun çevresi daha alıcı cidarında frenlenmekte ve bloğun merkezi az direnç görmesi nedeniyle matris deliği yönünde hareket etmektedir . Şekil değiştirme , B tipine göre matrisin çok uzaklarında başlar . Kayma bölgesi kesin hatalarla ortaya çıktıkça , şekil değiştirmenin homojenliği gittikçe kaybolur . Matristen dışarıya çıkan her bir kesit sürtünme etkisiyle bloğun iç kısmı ile irtibatla kaldığından müteakip kesitler için çıkış açıklığı sürekli olarak daralır . Bundan dolayı şekil değiştirme miktarları çubuğun ucundan sonuna doğru gittikçe artar . B tipinde görülen , çubuğun ortasında yaklaşık sabit şekil değiştirme bu tipte oluşmaz . Sürtünme nedeniyle frenlenen çevre mazemesi ile hareket eden merkez malzemesi arasındaki kayma bölgesi , ekstrüzyon malzemesine ve ekstrüzyon şartlarına göre az veya çok şekilde bloğa çekilir . Bu durumda ölü bölge büyür . Ekstrüzyon ilerledikçe merkeze doğru büyüyen kayma bölgesinden kirler ve yağlama malzemeleri kayma bölgesi boyunca

blok içine akarlar ve ekstrüzyon edilmiş çubuk yüzeyine çıkma tehlikesi doğururlar (çanak hataları) /11/.

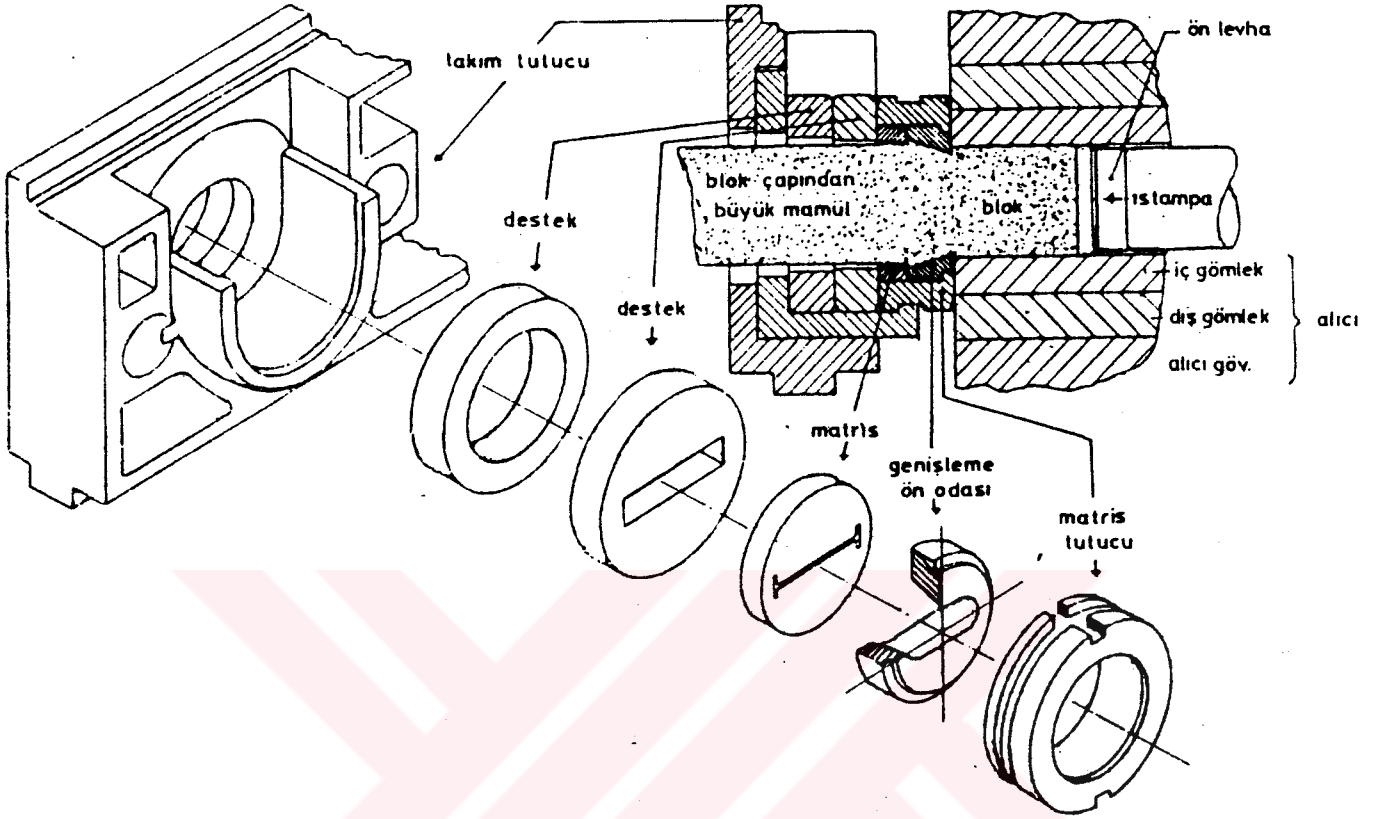
1.3.4. D TİPİ MALZEME AKIŞI

D tipi malzeme akışı , C tipinde olduğu gibi , sadece sürtünmenin çok olduğu durumlarda değil ayrıca ekstrüzyon malzemesinin şekil değiştirme direncinin blok kenar bölgesinde , blok içine göre fazla olduğu durumlarda meydana gelir . Şekil değiştirme matristen çok uzakta başlar . Ekstrüzyon işleminin başlangıcında malzeme akışının yönü , ön levhanın dış kenarından matris profiline doğrudur . Bu nedenle D tipinde oluşan ölü bölge C tipinden daha büyüktür . Buna bağlı olarak kayma gerilmelerinin meydana geldiği koni bölgesi daha büyük ve belirgindir .Bu akış tipinin olduğu durumlarda hiç istenmeyen ekstrüzyon hataları meydana gelir . Özellikle pirinç ekstrüzyonunda ikilenme denen ekstrüzyon hatası işlem esnasında çok erken başlar . Ekstrüzyonda malzeme akışı için yapılan araştırmaların çoğu D tipi akış için yapılmıştır . D tipi akış ekstrüzyon yönteminde asla istenmeyen bir akış tipidir /11/.

2. MATRİS

Matrisler , ekstrüzyon donatılarının en önemli takımlarından biridir . Matris belirli kalınlıkta bir disk şeklinde olup üzerinde profilin keiti kanal şeklinde açılmıştır .Matris ham bloğa basınç altında profil şeklini veren ekstrüzyon takımıdır . Bu nedenle matris , imal edilecek profilin tüm detaylarını ve toleranslarını içerir . Matrisin dizayn hataları profile direkt olarak yansır . Yani profilede oluşabilecek şekil , yüzey ve boyut hataları genellikle matristen kaynaklanır .

Matrisler , ekstrüzyon esnasında yüksek mekanik ve ısısal gerilmelere maruz kalırlar . Bu gerilmelerin karşılanması matrisin dizaynı ve malzemesine bağlıdır . Matris yapımı bilgi , ustalık ve teknoloji isteyen iştir . Matrisin malzemesi ve uygulanan ısıl işlemlerde dayanımı etkileyen faktörlerdir . Matrisin malzemesi ve şekli , ekstrüzyon edilecek metal ve alaşımlarına göre farklılık gösterir . Mekanik gerilmeleri karşılamak amacıyla matris desteklenir . Matrisin dizaynı ve şekli , ekstrüzyon basıncını , hızını , çıkış sıcaklığını , malzeme akışını ve sürtünmeyi etkiler . İnce kesitli profillerin ekstrüzyonunda basınç yüksektir . Bu yüksek basınçtan dolayı matriste meydana gelen mekanik gerilmelerin azaltılması ve matrisin korunması için matris desteklenir . Destek matrisin arkasına konan bir ekstrüzyon takımıdır . Matris ekstrüzyon presinde tek başına çalışmaz . Destek , ön oda gibi diğer takımlarla bir grup oluşturarak görev yapar (şekil 2.1) . Malzeme akışı ve profil yüzeylerinin düzgünleştirilmesi için sürtünmeyi azaltan işlemler uygulanır . Bunlar yağlama , matris yüzeylerinin taşlanması , matris kanalının leplermesi , matris kanalına nitrasyon uygulanması ve matris kanal uzunluğunun düzenlenmesidir . Bu ekstrüzyon parametrelerini ve mamül kalitesini iyileştirmek amacıyla çeşitli matrisler geliştirilmiştir ve geliştirilen bu matrisler ekstrüzyon işleminde üretilmesi zor profillerin imalatında kolaylıklar sağlamaktadır /5/11/.



Şekil 2.1 Matris grubu /5/.

2.1. MATRİS MALZEMELERİ

Matrisler genellikle çelikten imal edilirler . Bazı istisnalar hariç olmak üzere iş parçası ile temasta olan bütün takımlar tamamen sertleştirilmiş çelikten yapılırlar . Buna karşılık bazı küçük matrisler tavlama yapılmış ve su verilmiş takım çeliklerinden yapılır. Sıkıştırma sonucu basma gerilmesinin etkisindeki iç kısım matrisin soğuması ve büzülmesi sonucu sertleşmiş olarak kalır . İş parçası şekli , ekstrüzyon edilen metalin sertlik ve bileşimi , imalat şartları matrisler için gerekli olan mukavemet değerine etki eder . Matris malzemeleri olarak kullanılan çeliklere uygulanan ısı işlem 1130'dan 1180°C kadar yağda sertleştirme ve şartlara göre 580'den 650°C'a kadar olan sıcaklıklarda gerçekleştirilen menevişlemeden meydana gelir . Matris yapımında kullanılan malzemelerin tavlama ve sertleştirme sıcaklıkları ve bileşimleri tablo 2.1'de verilmiştir .

Çeliğin ekstrüzyonunda %5 Cr ihtiva eden W'sız sıcak iş çelikleri kullanılması uygundur . Bu tip çelikler normal yolla sertleşmez fakat soğuk işlemle matris malzemesi olarak kullanılır . Tablo 2.2'de ekstrüzyon malzemesine göre matris malzemeleri verilmiştir /5/.

Tablo 2.1 Ekstrüzyon matrislerinde kullanılan malzemeler ve özellikleri /5/.

ÇELİK GRUBU	KİMYASAL ANALİZ %								YUMUŞATMA TAVLAMASI ° C	SERTLEŞTİRME ° C
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W		
Cr-W-V	0.30	0.3	-	2.7	-	-	0.4	9.0	730-750	1070-1150 Y+H+B
Cr-Mo-Ni	0.60	0.8	0.3	2.0	0.45	2.0	-	-	740-780	1130-1180 Y
Cr-Mo-V	0.35	0.3	0.5	5.0	1.3	-	0.9	-	800-830	1130-1180 Y
Cr-Mo-W-V	0.35	1.3	0.4	3.5	0.5	-	0.4	9.5	730-750	1130-1180 Y
Cr-Ni-W	0.40	-	-	12	-	12	-	2.0	Dövülmez	kullanılır

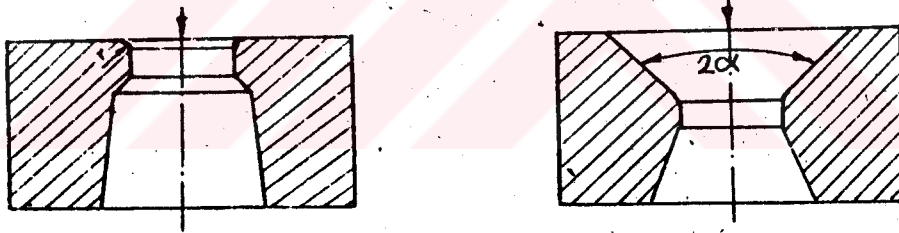
(Y:Yağ ; H:Hava ; B:Sıcak Banyo)

Tablo 2.2 Matris malzemeleri /11/.

TAKIM	Fe-Ni ve Ti esaslı alaşımları	Bakır alaşımları	Alüminyum alaşımları	Zn-Pb-Sn esaslı alaşımları
Sıcak iş malzemeleri				
Ekstrüzyon matrisleri	2343/2344 2705/2731	2356/2567 2581/2705 2706/2731 2885/2888/2889	2343/2344 2367/2885	2343/2344
Özel matrisler				
Köprülü matrisler	Kullanılmaz	2.4668 2.4979	2343/2344 2367	2343/2344
Parçalı matrisler	Kullanılmaz	Kullanılmaz	2343/2344	2343/2344
Spider matrisler	Kullanılmaz	Kullanılmaz	2343/2344/2367	Kullanılmaz

2.2. MATRİS ŞEKİLLERİ

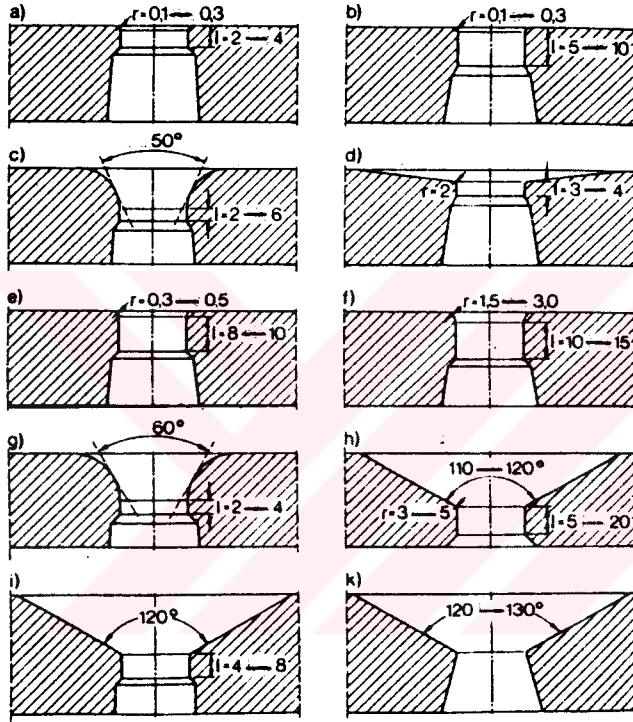
Ekstrüzyon yönteminde dolu profiller için basit matrisler kullanıldığı gibi içi boş ve yarı açık profillerde odalı , köprülü , spider matrisler kullanılmaktadır . Dolu ve ekstrüzyon edilebilen tüm malzemeler için kullanılabilir . Ekstrüzyon yönteminde malzeme akışı ekstrüzyon edilen malzemeye göre çok farklı olduğundan matris deliğinin giriş tarafının şekli ve kesit boyutları karakteristik büyüklük olarak ortaya çıkmaktadır . Bu nedenle çeşitli malzemeler ve çok çeşitli profiller üzerinde denemeler yapılarak uygun malzeme akışını sağlayacak delik giriş şekilleri elde edilmeye çalışılmıştır . Deneylerde dik açılı ve konik matrisler kullanılmıştır (şekil 2.2) . Bazı malzemelerde örneğin alüminyum alaşımlarında dik açılı matrislerin daha uygun olduğu görülmüştür .Ancak deliğin dik kenarlarının çabuk aşınması ve çubuk yüzey kalitesini bozması nedeniyle bu kenarlar yuvarlatılmıştır . Ekstrüzyon basıncını bir miktar arttırmasına rağmen bu yuvarlatmalar , özellikle plastiklik özelliği düşük alaşımların ekstrüzyonunda yüzey çatlaklarının önlenmesine yardım etmektedir .



Şekil 2.2 Düz ve konik matris /11/.

Yuvarlatma yarıçapları matris çapına ve malzeme cinsine göre değişmektedir . (örneğin : Alüminyum alaşımlarında küçük , bakır alaşımlarında büyük olmaktadır . Dik açılı matrislerin bazı malzemeler için malzeme akışı ve ekstrüzyon yönünden uygun olmadığı görülünce matris deliği girişine belirli bir açı verilmiştir . Araştırmacılar , kalayı değişik açılı matrisler ile ekstrüzyon ederek malzeme akışını incelemişler ve matrise belirli bir açı verilince malzeme akışının daha homojen olduğunu görmüşlerdir . Şekil 2.3'de ekstrüzyon matrisleri için matris tipleri verilmiştir . Matris açısı büyüdükçe ölü bölge küçülmekte , akış daha düzgün olmakta ve ekstrüzyon artığı azalmaktadır.

Profillerin ekstrüzyonunda kullanılan matrislerden mümkün olan en yüksek matris ömrü, maksimum ekstrüzyon çubuk boyu , çok sayıda ekstrüzyon işlemi sonunda dahi düzgün çubuk yüzeyi , yüksek ekstrüzyon hızı ve düşük imalat giderleri gibi özellikler beklenir . Silindirik çubuklarda ve basit profillerde bu şartlara genellikle ulaşılır .



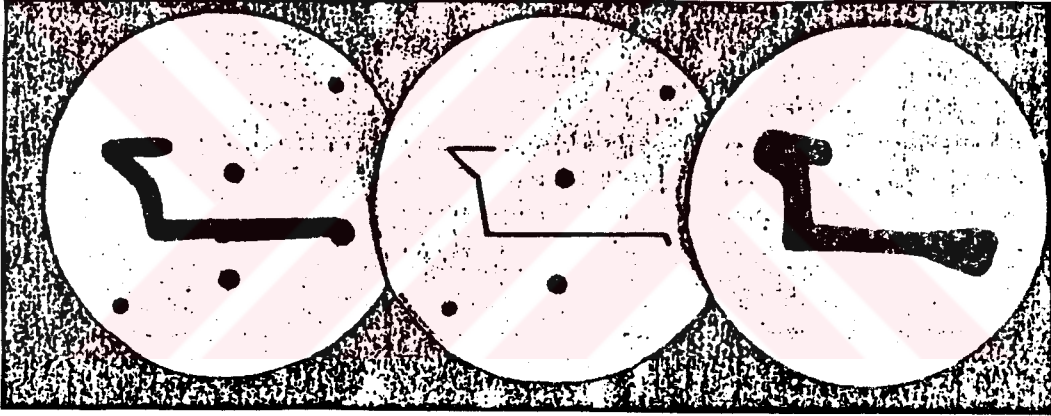
- a) Saf Alüminyum
AlMn, AlMgSi0.5
- b) Alüminyum alaşımları
AlCuMg , AlMg2-5
AlZnMg1, AlZnMgCu1.5
- c) Magnezyum alaşımları
MgAl2, MgZn6Zr
- d) Kurşun alaşımları
Pb-Cu , Pb-Sb
- e) Pirinç , CuZn39Pb2
CuZn38Pb1
- f) Bakır, CuCd, CuSb
- g) Çinko alaşımları
- h) Çelik (C çelikleri)
- i) Titanyum alaşımları
- k)Yük. sıcaklık alaşımları
l=Kanal uzunluğu
r=Yuvarlatma yarıçapı

Şekil 2.3 Matris tipleri /8/.

Ancak profilin karmaşıklığı arttıkça bu şartların yerine getirilmesi zorlaşır. Bir matrisin düzenlenmesi ve imalinde şekli , cidar kalınlıkları gibi birçok faktör dikkate alınmalıdır /11/.

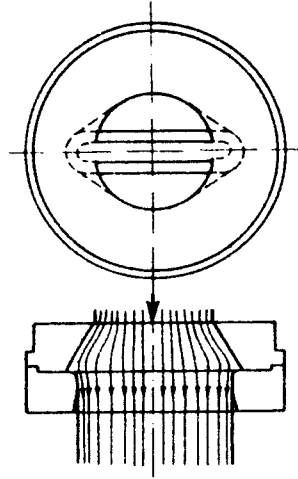
2.2.1. DOLU PROFİLLER İÇİN EKSTRÜZYON MATRİSLERİ

Dolu profil matrislerinin düzenlenmesinde matris deliğinin yerini belirleyecek bazı temel kurallar dikkate alınmalıdır . Malzeme birikiminin fazla olduğu kısımlar matris kenarına yakın bölgelerde olacak şekilde yerleştirilmelidir . Böylece matris kanal uzunluğunda bir düzenleme yapılmadan belli bir dengeleme elde edilebilir . Simetrik bir profilde simetri eksenleri ön levhanın orta noktasında olacak şekilde bir düzenleme yapılmalıdır . Çok delikli matrislerde delikler mümkün olduğu kadar simetrik şekilde yerleştirilmelidir . Dolu profillerde düz matrislerden başka ön odalı matrisler ,birleştirme ön odalı matrisler, expansion ön odalı matrisler ve destekli matrisler kullanılmaktadır . Şekil 2.4'de üç parçadan oluşan ön odalı matris görülmektedir .



Şekil 2.4 Üç parçadan oluşan ön odalı matris /11/.

Ön oda malzeme akışının eşit ve kararlı olmasını sağlar . İçi dolu , karışık geometrili ve ince et kalınlığına sahip profillerde ölçü ve şekil tamlığı sağlar . AlMgSi0.5 gibi hafif alaşımların ekstrüzyonunda birleştirme ön odalı matris kullanılarak ardarda bloklar basılabilir , yeni blok ile birleştirme ön odasında bir önceki bloktan arta kalan malzeme bu odada birbirine kaynar bu sayede sonsuz boyda profil elde edilir . Alıcı çapından daha büyük boyuta sahip fakat fazla geniş olmayan profillerin üretimi expansion ön odalı matris ile gerçekleştirilebilir . Şekil 2.5'de görüldüğü gibi dairesel blok kesiti belirlenen büyütme açısı ile profil kesitine bağlı olarak oval bir kesite dönüştürülür . İşlem bir anlamda elde bulunan alıcı boyutlarını üretimi istenen profile göre yönlendirmektedir .



Şekil 2.5 Expansion ön odalı matris /16/.

Büyütme açısı alaşıma bağlı olarak $10 - 15^\circ$ arasında değişmektedir .Expansion levhasının kalınlığı maksimum profil genişliğini belirler /11/16/ .

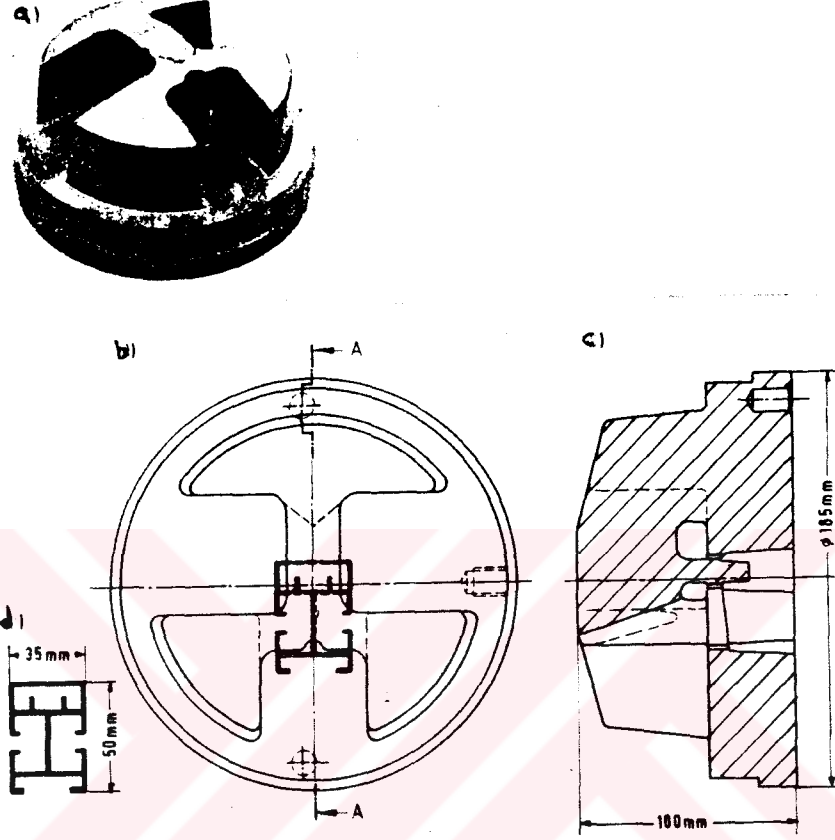
2.2.2. İÇİ BOŞ PROFİLLER İÇİN EKSTRÜZYON MATRİSLERİ

Ekstrüzyon tekniğinin bugün ulaştığı noktaya , yüksek sıcaklıkta çalışan çeliklerin gelişmesine ve ısıl işlemlere , işleme makinelerindeki ve ekstrüzyon preslerindeki gelişmelere bağlı olarak yıllar önce ekstrüzyonu hayal bile edilemeyen karmaşıklığındaki profillerin üretimi gerçekleştirilmektedir . Geçen zaman içerisinde tam kapalı içi boş profillerin üretimi için köprülü , spider ve odalı matris tipleri geliştirilmiştir /11/ .

2.2.2.1. KÖPRÜLÜ MATRİSLER

Köprülü matrisler genel olarak profil yüzeyinde iyi bir kalite beklendiğinde kullanılmaktadır (şekil 2.6) . Her ekstrüzyon işleminden sonra kalıntı uzaklaştırıldığından köprülü matris düşük sıcaklıklarda kullanılır . Bu konstrüksiyonun diğer bir avantajıda matrisin arka taraftan monte edilmesi olup , yeni matris durumunda matris giderlerinin düşük olmasıdır.Ekstrüzyon kalıntısının her işlemde sonra alınması , ıskarta miktarının artması sistemin dezavantajıdır . Ayrıca çekme ve basma neticesinde birbirine ters yönde ortaya

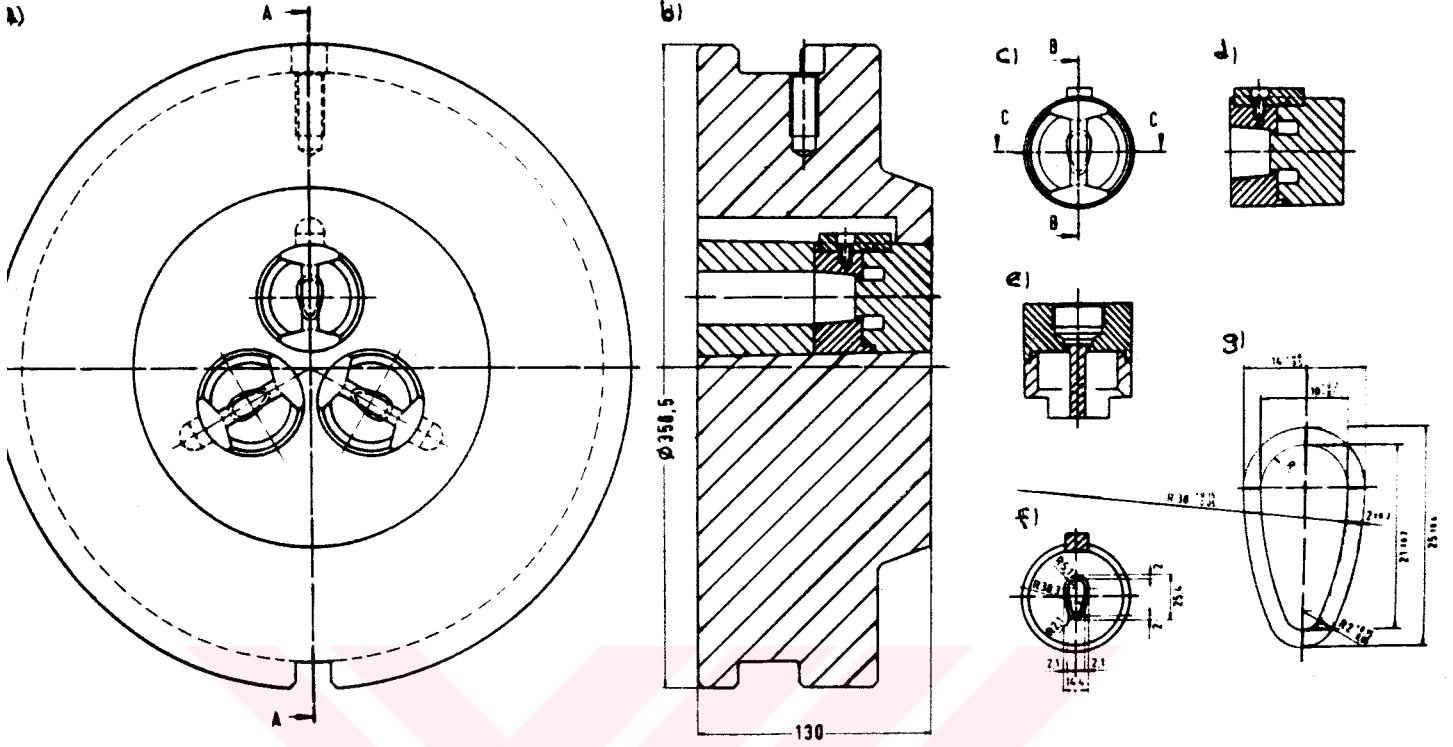
çıkan zorlamalar nedeniyle takımında kısa sürede aşınma veya kırılma olabilir .



Şekil 2.6 Tek parçalı köprülü matris /12/ .

- a) Köprülü matris b) Matris alın yüzeyi
c) A-A kesiti d) Profil

Bilindiği gibi malzeme alıcı eksenine doğru daha hızlı akmaktadır . Bu özellik çok profilli matrislerde radyal kuvvetlerin oluşmasına sebep olur . Bu problem matris gövdesi üzerinde bulunan birbirinden bağımsız ufak , tek profilli odalı veya köprülü matrislerde karşımıza çıkar .Bu matris takımları matris gövdesine veya matris tutucusuna yerleştirilir. Yani her profil için ayrı komple içi boş profil takımı düzenlenir . Şekil 2.7'de üç profilli köprülü matris dizaynı görülmektedir . Bu yapıda matris tutucusu matris gövdesi olarak görev yapmaktadır /11/12/.

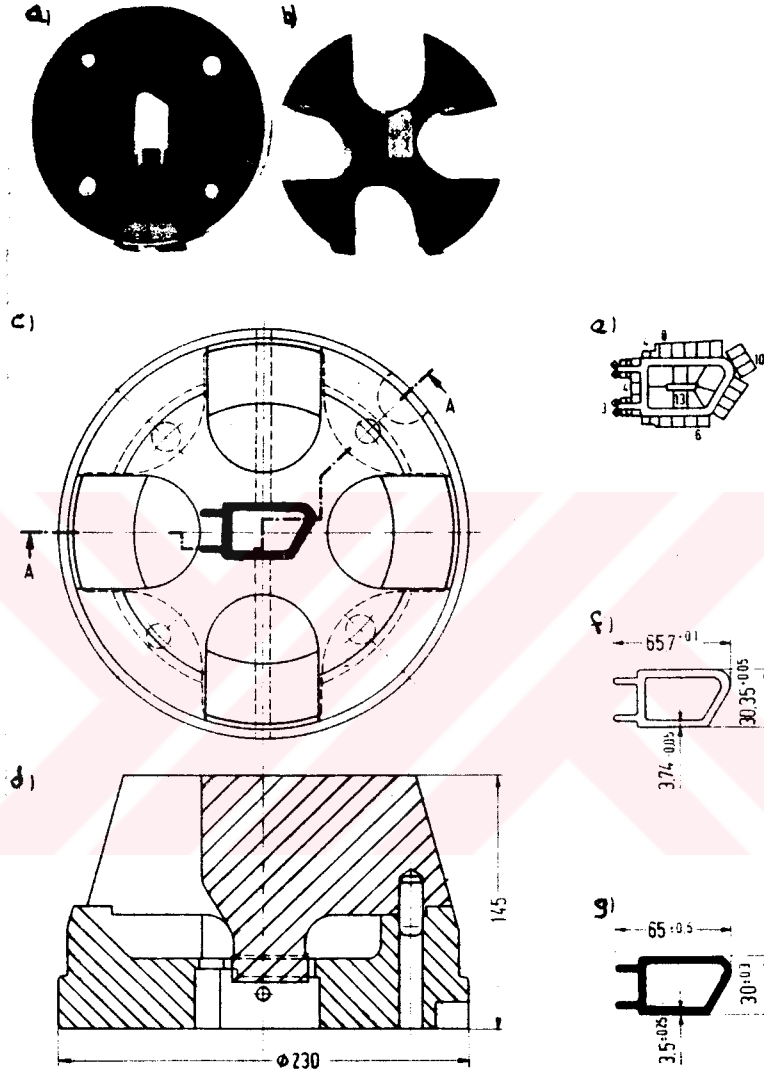


Şekil 2.7 Üç profilili değiştirilebilir parçalı köprülü matris dizaynı /12/.

- a) Matris alın yüzeyi b) A-A kesiti
 c) Köprülü matris d) B-B kesiti
 e) C-C kesiti f) Matris boşluğunun ölçüleri
 g) Profil ölçüleri

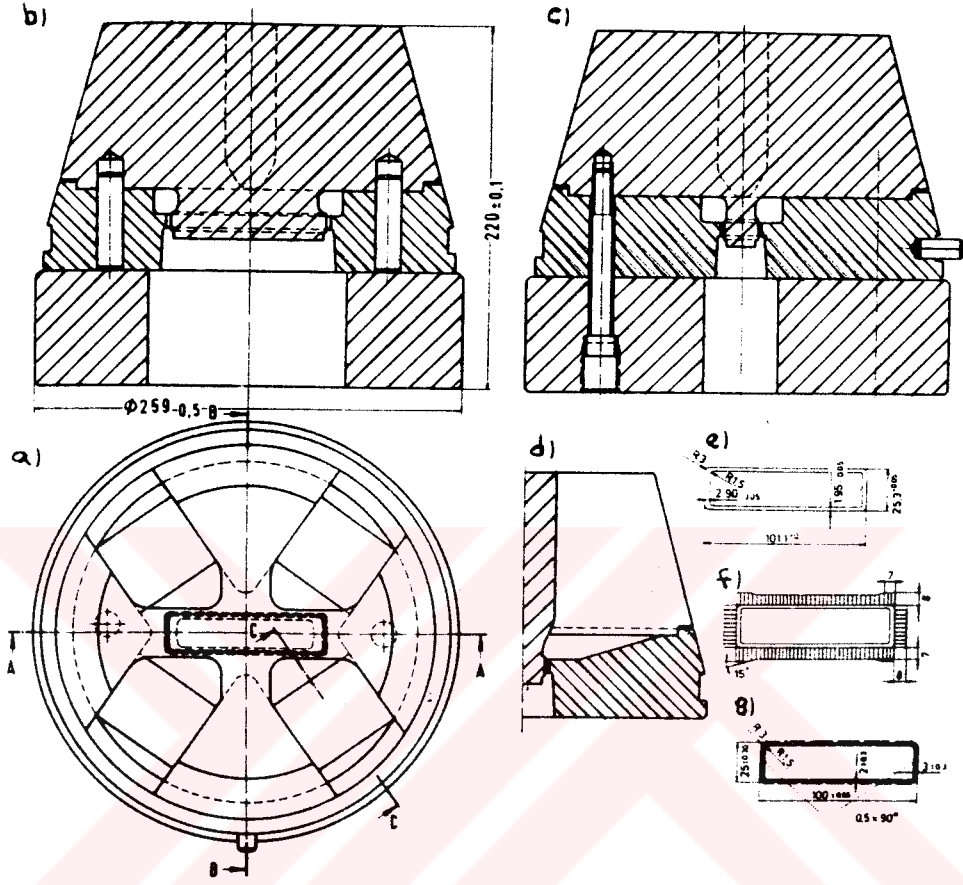
2.2.2.2. SPİDER MATRİSLER

Spider matris genellikle düşük ekstrüzyon oranlarında büyük içi boş profiller için kullanılır (şekil 2.8) . Bu matrisin kontrol ve ayarı için uzun süre temizlik gerektiğinden kullanılması ikinci plana atılmıştır . Ayrıca ekstrüzyon kalıntısı dış koniklik nedeniyle uzaklaştırılmamaktadır . KELLER tarafından geliştirilen yeni konstrüksiyon eski konstrüksiyonların dezavantajlarını kısmen ortadan kaldırmıştır ve pratikte daha çok kullanılmaktadır . Şekil 2.9'da altıgüç spider takıma monte edilmiş konstrüktif bir yapı görülmektedir /11/12/ .



Şekil 2.8 İki parçalı spider matrisi /12/ .

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| a) Matris alt parçası | b) Matris üst parçası |
| c) Matris alın yüzeyi | d) A-A kesiti |
| e) Matris kanal uzunlukları | f) Matris boşluğunun ölçüleri |
| g) Profil ölçüleri | |

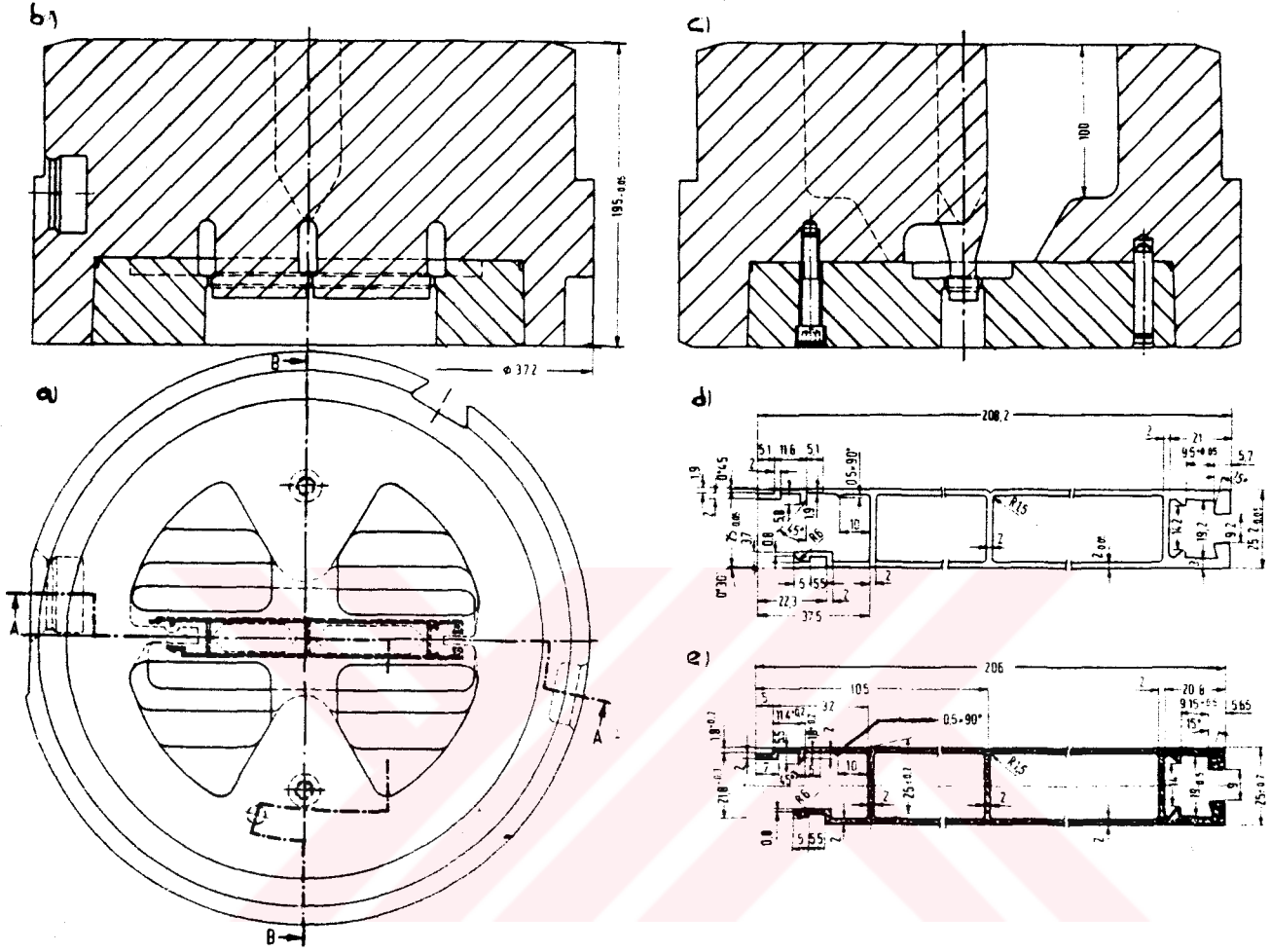


Şekil 2.9 Altığu spider takıma monte edilmiş konstrüktif yapı /12/ .

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| a) Matris alın yüzeyi | b) A-A kesiti |
| c) B-B kesiti | d) C-C kesiti |
| e) Matris boşluğunun ölçüleri | f) Matris kanal uzunlukları |
| g) Profil ölçüleri | |

2.2.2.3. ODALI MATRİS

Bu konstrüksiyonlar her şart altında kullanılabilmekte ve ekstrüzyon tekniğinde beklenen en iyi neticeyi vermektedir . Çok delikli olarak kullanılabilmeleri yanında kapalı konstrüksiyon şekilleri sayesinde maksimum stabiliteye sahiptirler (şekil 2.10) .

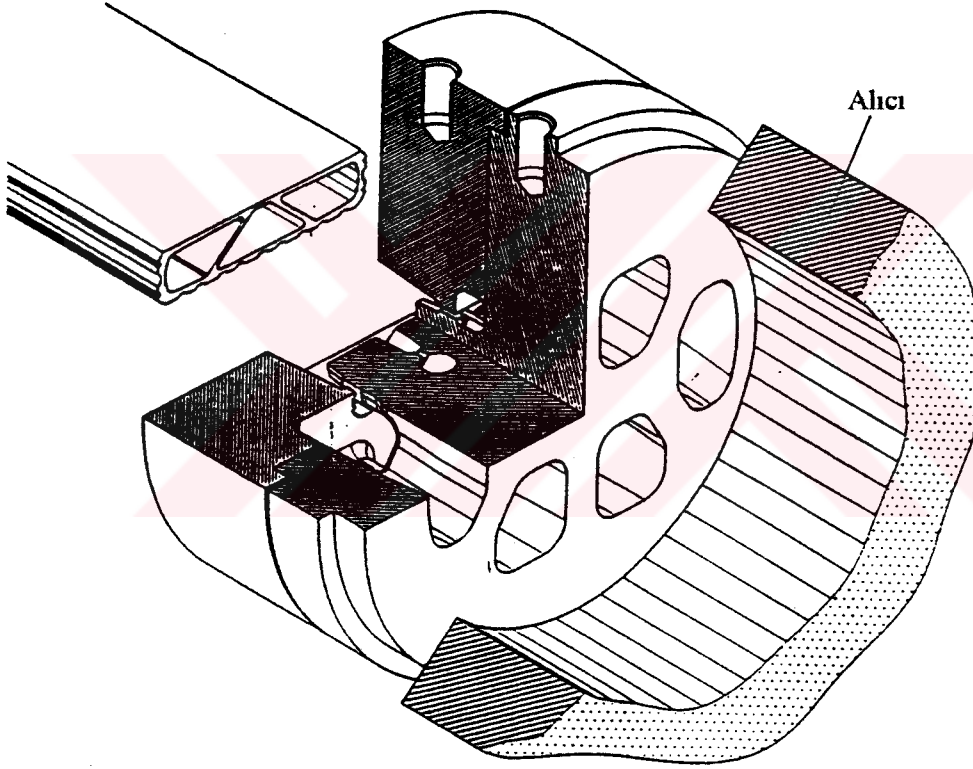


Şekil 2.10 İki parçalı odalı matris /12/ .

- a) Matris alın yüzeyi b) A-A kesiti
 c) B-B kesiti d) Matris boşluğunun ölçüleri
 e) Profil ölçüleri

Alıcı çapına oranla profil çapı çok büyük olduğunda dahi odalı matrisler kullanılabilir . Bu matrisler çok kritik kesitleri olan profillerin ekstrüzyonunda rahatlıkla kullanılabilir . Diğer matris tiplerine göre daha az ekstrüzyon artığı oluşmaktadır . Oluşan artık daha kolay uzaklaştırılmaktadır . Ancak bu matrisler genelde tek parçadan oluştuğu için düzeltme yapmak zordur . Malzeme akışına olan etkisi yönünden odalı matrisler diğer tiplere göre daha üstündür (şekil 2.11) . Kaynak dikişlerinde daha estetik görüntüm

sağlamak için giriş ve kaynak odalarının dizaynında dikkat edilmesi gereken noktalar vardır . Kaynak odalarındaki şekil değiştirme basıncının yeterli olması için uygun giriş büyüklüğü sağlanmalıdır . Arkadan gelen bloğun boşluğu hızlı doldurması için giriş fazla büyük olmamalıdır . Uygun giriş alıcı çapının maksimum %90'ı kadardır . Ekstrüzyon oranı 14/1'e eşit veya daha büyük olmalıdır. Bu oranın altına inilirse özel takım kullanılmalı ve uygun şartlar sağlanmalıdır /4/11/12/ .



Şekil 2.11 Odalı matrisin şematik görünümü /4/ .

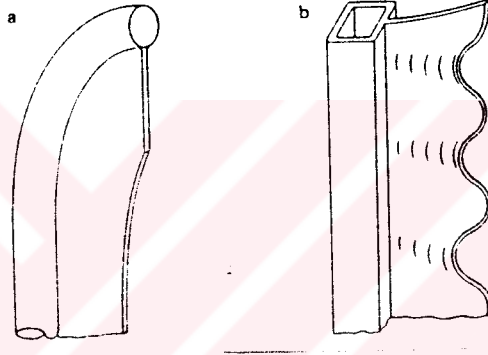
3. MATRİS KANALI

Matris kanalı ekstrüzyon edilen profilin esas şeklini veren kanaldır . Matris kanalındaki sürtünme ve aşınma safhaları pratikte büyük bir önem taşır . Profilden istenen ölçü tamlığı matrise yapılacak son rütuşlarla mümkün olur . Matris kanalının leplenmesi ile profilde daha iyi yüzey kalitesi sağlanır matris kanalındaki çok ufak bir değişim akışı tamamiyle etkilemektedir . Profil yüzey kalitesini matris kanal yüzeyinde oluşan adhezyon safhaları etkiler . Matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakası matris malzemesi ve blok malzemesi arasındaki yüksek adhezyon eğilimine bağlıdır . Ekstrüzyon sıcaklığı ve ekstrüzyon hızında matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının oluşumunu etkileyebilir. Matris yüzeyine nitrasyon uygulanarak adhezyon eğilimi geciktirilebilir ancak engellenemez . Bu adhezyon oluşumu matristeki aşınma ile direkt ilgilidir . Matris kanalındaki sürtünme profilin sıcaklığını artırır ve ekstrüzyon hızını düşürür . Matris kanalındaki sürtünmenin ekstrüzyon kuvvetine etkisi az olmasına rağmen profil kalitesine etkisi büyüktür . Sürtünme kuvveti ile matris kanal uzunluğu doğru orantılıdır . Farklı kesitlere sahip profillerde eşit malzeme akışını sağlamak için matris kanal uzunlukları düzenlenir . Kısa kanal uzunlukları hızlı malzeme akışına ve düşük sürtünme kuvvetlerine sebep olurlar . Buna karşın uzun kanal uzunlukları daha yavaş malzeme akışına ancak daha büyük sürtünme kuvvetlerine sebep olurlar /2/4/12/14/.

3.1. MATRİS KANAL UZUNLUĞU

Matris deliğinin , malzemenin temas ederek üzerinden aktığı yüzeylerin uzunluğu matris kanal uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Matris kanal uzunluğunun , malzeme akışına , profilin yüzey kalitesine ve geometrik şekline , ekstrüzyon kuvvetine ve takım ömrüne etkisi çok önemlidir . Matris kanal uzunluğu ekstrüzyon edilen profil kesitinin her bölgesinde malzeme akışının homojen ve ekstrüzyon kuvvetinin de minimum olmasını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir . Profilin farklı kesitlerinde malzeme akışını düzenlemek için malzeme ile matris kanalının etki yüzeyi arasında yeterli ve gerekli kanal uzunluklarını oluşturmak gerekir . Kanal uzunluğu matristeki sürtünme kuvvetleri ile direkt ilgilidir . Kısa kanal uzunluğu düşük sürtünmeye sebep olur , malzeme daha hızlı

akar . Buna karşın uzun kanal uzunluğu yüksek sürtünmeye sebep olur , malzeme daha yavaş akar . Bu kural kanal yüzeyinin belirlenmesinde kullanılır . Profil kesitindeki malzeme birikimleri kesitin bazı bölgelerinde malzemenin daha hızlı akmasına sebep olur. Profil kesitinde büyük deformasyonlar oluşur ve bazı sınır şartlarda profil hatalı çıkar . İnce kesitlerde malzeme akmaz ve yırtılmalar meydana gelir . Eğer hızlı akan bölge bükülmelere karşı sert ise başlangıçta geri tutulur ve sonra eğilir (şekil 3.1a) . Aynı zamanda hızlı akan bu bölge yavaş olan komşu bölgeyi birlikte götürmeye çalışır . ve yavaş olan bölgedeki et kalınlığı düşer Şekil 3.1b'de tersine daha az sert olan bölge bükülerek dalgalı şekilde çıkar .

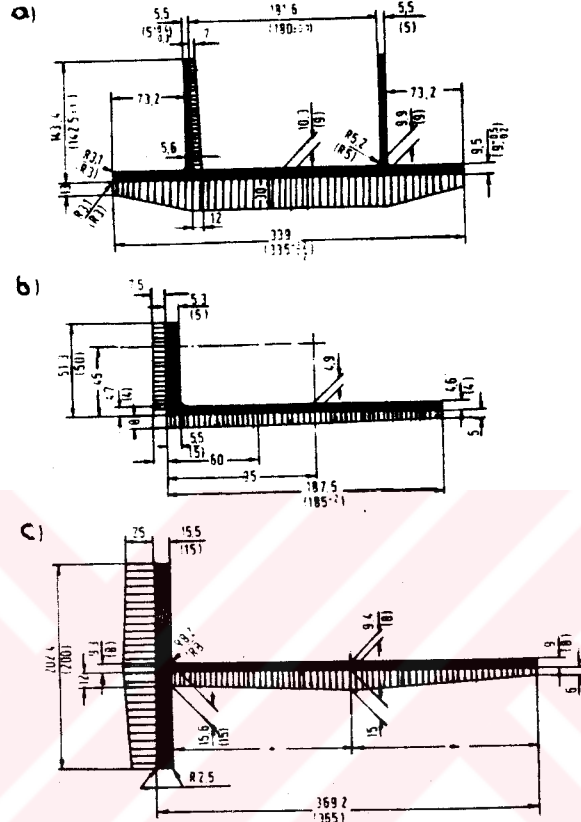


Şekil 3.1 Dengesiz malzeme akışı sonucu oluşan profiller /2/.

- a) Sert kısım daha hızlı akmakta
- b) Sert kısım daha yavaş akmakta

Genelde profil kesitinde bulunan uzun dikmelerin orta kısmı daha hızlı akmaya çalışır bunun sebebi dikme sonundaki sürtünmenin daha fazla olmasıdır . Şekil 3.2'de de görüldüğü gibi böyle yerde matris kanal uzunluğu daha uzun tutulmaktadır . Profilde büyük kesit farklılıkları olan geçiş bölgelerinde keskin kanal uzunluğuyla geçişlerden kaçınılması gerekir . Bu bölgelerde geçişler daha çok çizgisel veya adım adım olmalıdır . Keskin geçişler profil kesitinde geometrik bozukluklara sebep olurlar . Bunun dışında matris boşluğunda içten dışa radyal yönde matris kanal uzunluğu düşüştü vardır . Bunun sebebi malzemelerin akış yönünün alıcının dışından orta eksenine doğru olmasıdır . Ekstrüzyon firmaları her tür bilgiyi toplayıp çoğu profili günümüzde deneme yapmadan üretebilmektedir . Ancak karmaşık bir profil imalatında kanal uzunluğunda keskin

geçişler olduğu zaman , farklı kesit kalınlıklarına sahipse ilk denemede pek iyi sonuç alınamıyabilir .

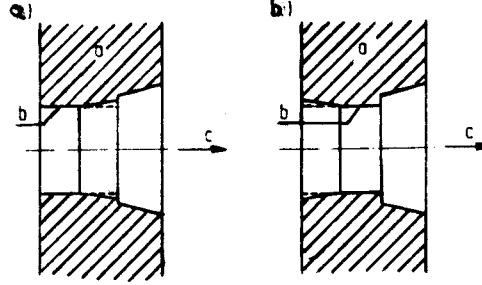


Şekil 3.2 Profillerde malzeme birikimlerinin olduğu yerlerde matris kanal uzunluğunun artırılması ile malzeme akışının frenlenmesi .

- | | |
|----------------------------|--|
| a) AlZn4.5Mg1 U-Profilinin | Parantez içindeki değerler olması gereken |
| b) AlZn4.5Mg1 L-Profilinin | değerlerdir , parantez üstündeki değerler |
| c) AlMg5 T-Profilinin | çekme payı verilmiş değerlerdir . Taralı |
| | alanlar ise matris kanal uzunluklarıdır /12/ . |

Bunun için takım üzerinde düzeltmeler yapılmalıdır . Eğer matris kanal uzunluğu yeterince fazla verilmiş ise kanal uzunluğu kısaltılarak düzeltmeler yapılabilir (şekil 3.3a) . Ancak kanal uzunluğu yeterince uzun değil ise şekil veren deliğin girişinde şekil 3.3b'de görüldüğü gibi bir frenleme sistemi işlenmesi gerekir . Bunu usta elle yapar . Günümüzde malzeme akışını kontrol etmek için matris kanalının sonunda makina ile kısaltma ve

girişte ise akış frenlemesi yapılır . Farklı kanal uzunluğu ile malzeme akışının kontrolü ekstrüzyon için şarttır .Ancak bu Al-Cu (Cu-Zn tabanında) malzemelerinin $\alpha+\beta$ bölgelerinde geçerlidir . Sadece bu tür malzemelerin sürtünme çiftlerinde yeterli sürtünme ile frenleme elde edilebilir /2/11/12/ .



Şekil 3.3 Malzeme akışının dengelenmesi için şekil veren matris boşluğunda kanal yüzeyinin düzeltilmesi /12/.

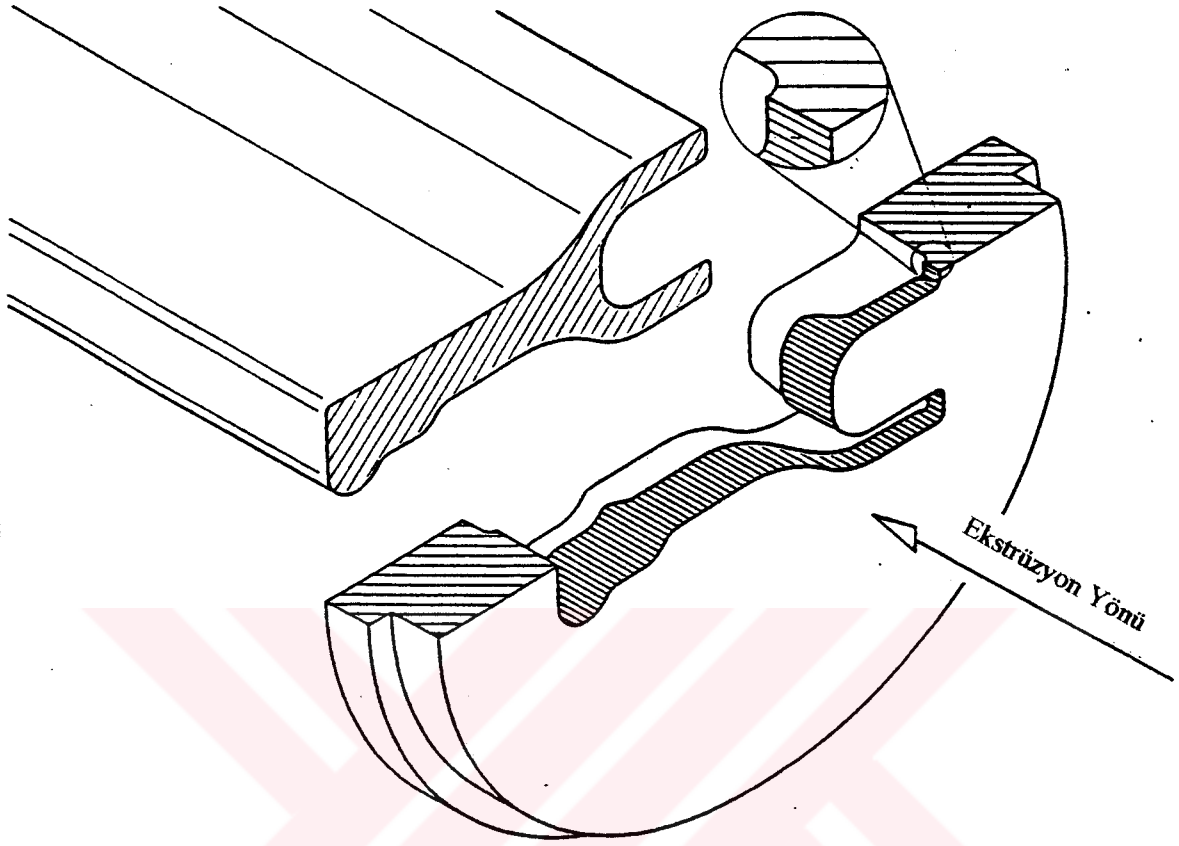
a) Frenlemenin azaltılması

b) Frenlemenin artırılması

(a) Matris , (b) Şekil veren delik , (c) ekstrüzyon yönü

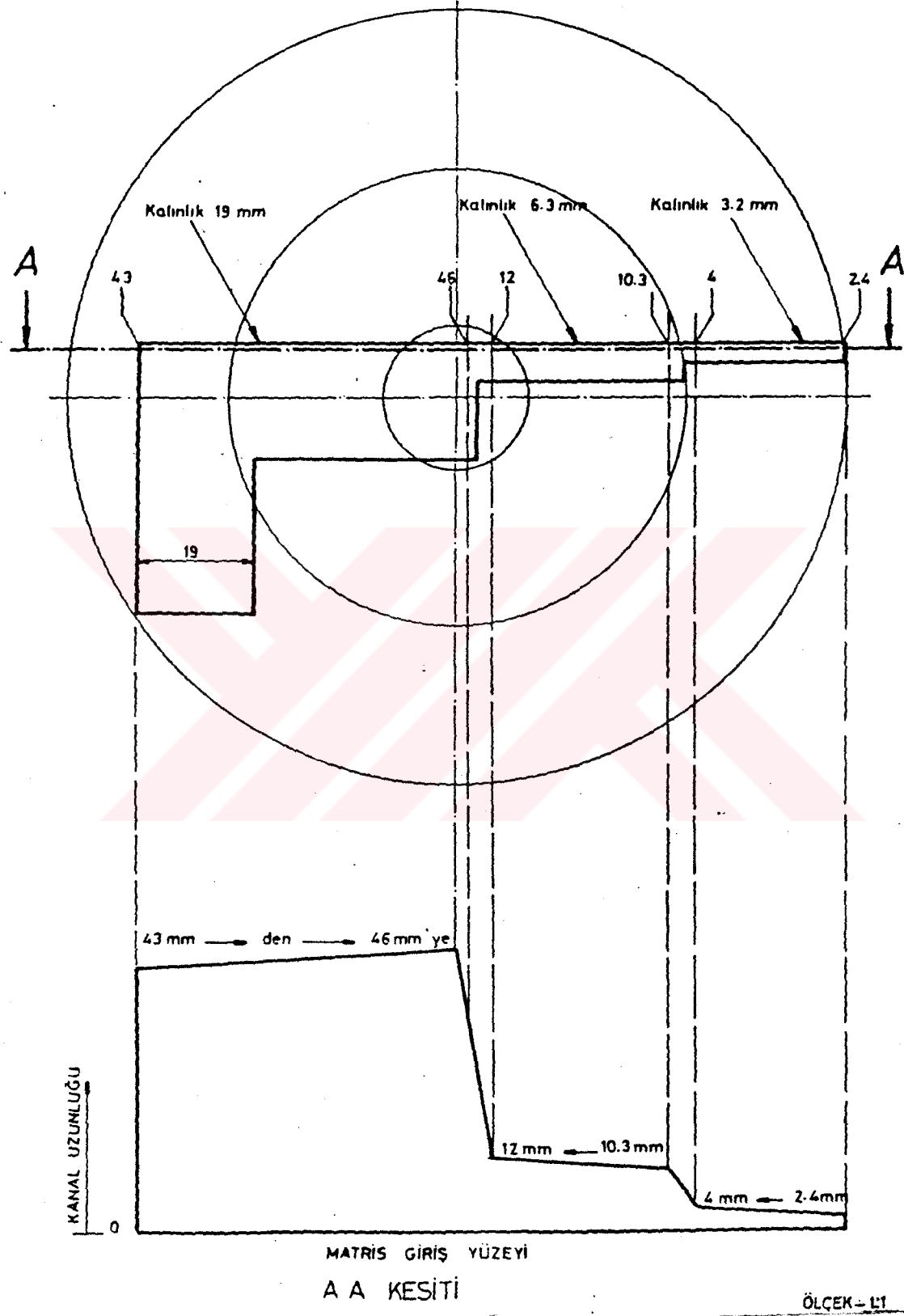
3.1.1. MATRİS KANAL UZUNLUĞUNUN DÜZENLENMESİ

Matris kanal uzunluğunun tesbitinde çeşitli çalışmalar yapıp bir çok yöntem geliştirilmiştir . Çoğunlukla yöntemler birbirine benzemektedir ve sonuçlar aynıdır . Şekil 3.4'de bir profilin matris kanal yüzeyi şematik olarak gösterilmiştir . Avrupa'daki çalışmalarda küçük kesitlerde kanal uzunluğu profil kesit kalınlığının 4 katı olarak alınmıştır . Bir çok tasarımcı en kısa kanal uzunluğunu yaklaşık olarak 2.4 mm olarak almışlar ve bitişik kanalların akışı kontrol ettiğini doğrulamışlardır . Minimum kanal uzunlukları kalıbın hangi tarafının önemli olduğuna bakılmaksızın istenen kalıp deliklerinin boyutlarına göre düzenlenir . Genellikle seçilen yön alıcı cidarına en yakın yer olarak gösterilir . Kesitlerin sonunda yada başında 4/5 oranında taşıma yeterlidir .



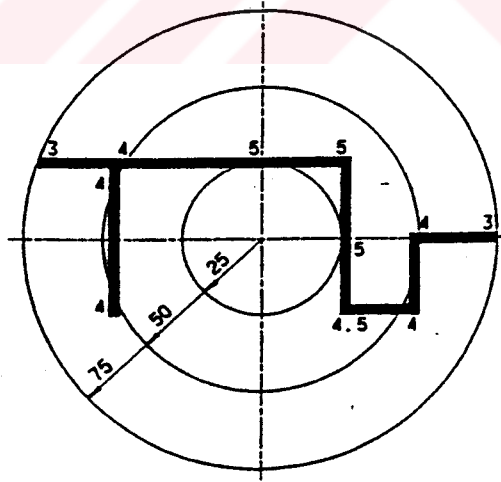
Şekil 3.4 Matris kanal yüzeyi (şematik) /4/.

Şekil 3.5'de görüldüğü gibi başlangıç için minimum uzunluk olarak 2.4 mm alındıktan sonra plakadaki kesit konfigrasyonuna göre kanal uzunluğu kalıp içine doğru 12.7 mm başına 0.8 mm kadar uzatılır . Bu kural yaklaşık 4.8 mm kalınlığındaki her kesite uygulanabilir . Aynı kural et kalınlığının çok fazla değişmediği yerlerde de uygulanır . Bir profil çok değişik büyüklükteki kesitlere sahip ise başlangıç noktası ve tüm kanal uzunlukları boşluklarla orantılı olarak düzenlenir . Bundan sonra yapılacak olan işlem belli bir bölgedeki en küçük boşluğun kanal uzunluğunun ne olacağını hesaplanması , sonrada kanal uygulamasının gereği olarak kalıp boşluğu oranı ile çarpılmasıdır . Kalıp tasarımcısı merkezden en uzak noktada kanal uzunluğunu 2.4 mm , kesit kalınlığı 3.2 mm olan bir kalıp dizaynı yapmıştır . Merkeze doğru her 12.7 mm yaklaşma için kanal uzunluğu 0.8 mm arttırılmıştır .



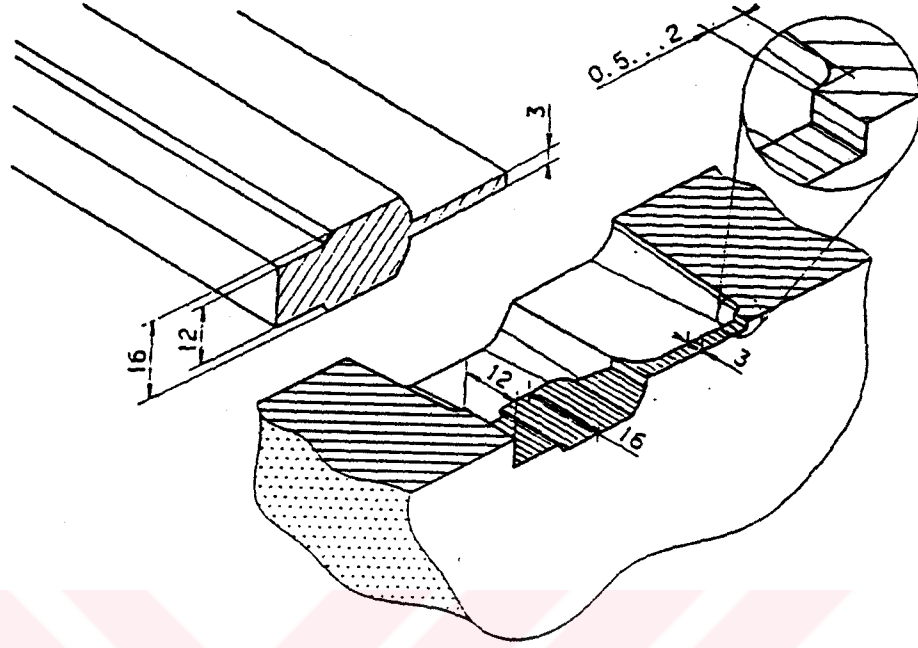
Şekil 3.5 Değişken kesit kalınlıkları ile matris kanal uzunluklarının değişimi /5/.

Kanalda buna orantılı olarak ilk 25.4 mm için 4 mm artmıştır . Bu noktada kesit kalınlığı birden bire 6.3 mm olur . Tasarımcı kanal uzunluğunu orantılı olarak arttırmış ve yönlendirmeyi kontrol etmek için %30 eklemiştir . 6.3 mm'lik kanal uzunluğuyla uygun hale getirildiğinden bir dahaki kesit değişimi için 12mm yükseltilmiştir . Şimdi 19 mm kalınlığındaki kesitte , matris kanal uzunluğu 46 mm'ye yükselmiştir . Bu geçiş 6.3 mm ve 19 mm kesit kalınlıkları için orantılı kanalları temsil ediyor . Bu yüzden bu noktada her 12.7 mm için 0.8 mm azalarak 43 mm'ye kadar düşer . L'nin kısa bacağı aynı yayda olduğu için başka kesit değişikliğine gerek duyulmamaktadır . Burada da kanal uzunluğu 43 mm olmalıdır. Komşu iki kesitin kanal uzunluklarının birbiriyle birleşmesi 45° açı ile elde edilir . Bunun amacı komşu iki kesit arasında yumuşak bir geçiş sağlamaktır . Bir başka çalışmaya göre kanal uzunluğu profilin takımında alıcı eksenine olan mesafesine ve profildeki kesit değişimine göre düzenlenir . Daha önce belirttiğimiz gibi malzeme alıcı ekseninde daha hızlı akar . Buna karşın alıcı kenarında daha yavaş akar . Profilin takımdan düzgün ve şekle uygun çıkması için kanal uzunluğunu alıcı kenarına doğru kısa , alıcı ortasına doğru daha uzun tutulmalıdır . Şekil 3.6'da görüldüğü gibi alıcı ekseninden başlayarak kanal uzunluğu 25 mm'de bir 1mm kısaltılmalıdır .



Şekil 3.6 Profilin takımında alıcı eksenine göre yeri /4/ .

Profildeki kesit değişimine göre kanal uzunluğu şekil 3.7'de görüldüğü gibi düzenlenir . Kanal uzunluğu profilin cidar kalınlığına bağlı olarak orantılı artar .



Şekil 3.7 Profildeki kesit değişimine göre kanal uzunluğu /4/ .

Pratikte kanal uzunluğunun dizaynı bu iki yöntemin kombinasyonu ile sağlanır . Genellikle en kısa kanal uzunluğu ile başlanır. En uygun kanal uzunluğu bunun için 2.5 mm'dir Kanal yüzeyinin çıkışında profil esas şeklini almıştır . Bir yere değmeden takımından dışarı çıkması için çıkışta kanal yüzeyi kanal uzunluğuna bağlı olarak 0.5-2.5 mm arasında büyütülmektedir /4/5/11/ .

3.1.2. EĞİM AÇISI

Ekstrüzyon tekniğinde matris dizaynı önemli bir faktördür . Alüminyum ekstrüzyon firmalarının görevi , yeni profillerin imalatını gerçekleştirmek , prodüktiviteyi arttırmak , fiyatları önceden belirlemek , profillerin tolerans ve yüzey kalitesini sağlamaktır . Takımların imalatı ve konstrüksiyonu büyük önem taşımaktadır ve bu CAD/CAM imalat ve konstrüksiyon yöntemi ile günümüzde desteklenmektedir . Buna karşın bu sistem , hesaplamalar için sabit dizayn kurallarına ihtiyaç duyar , ancak var olan bilgiler bunun için yetersizdir . Bu nedenle bir kaç yıldır matrislerde sürtünmenin ve matris şeklinin etkisi

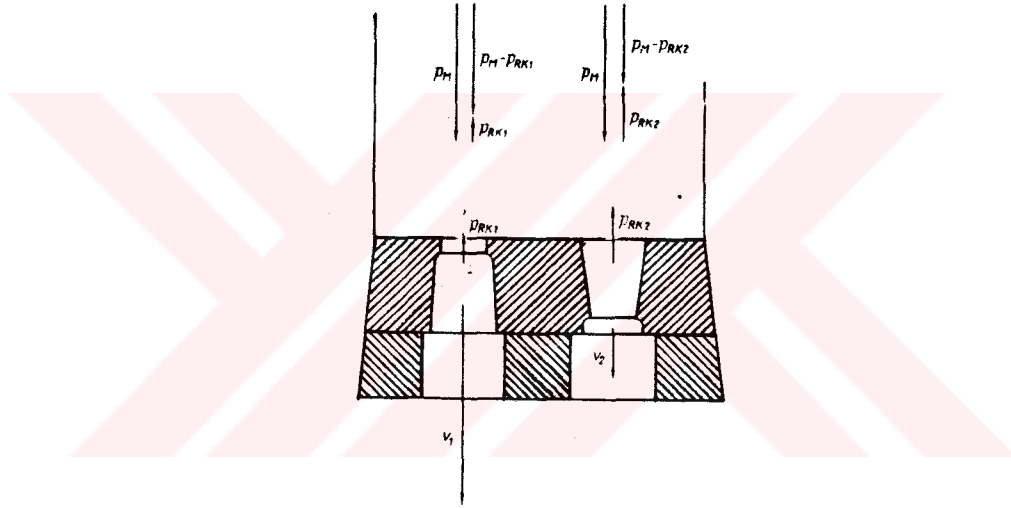
araştırılmaktadır . Bu araştırmalar sonucunda profil şeklinin etkisi ile matris kanalındaki sřrtőnmenin ayrılabilirdiği gőrőlmőřtőr . Geliştirilen deneyler kőçők kesitlerdeki matris kanal sřrtőnmesinin bazı durumlarda toplam ekstrőzyon kuvvetinin %1'inden daha az olduğunu göstermiştir . Matris kanal geometrisindeki farklılıklar ekstrőzyon kuvvetine dalgalanmalar şeklinde etki yapar . Örneğin sıcaklıkta bir kaç derece veya ıstampa hızında %10'luk bir değişim olabilmektedir . Ekstrőzyon kuvveti ölçőmlerinden matris kanalındaki sřrtőnmeyi elde etmek için sabit ekstrőzyon şartlarını sağlamak gerekir ki bu da çok zordur . Sabit ekstrőzyon basıncında çalışılırsa çıkış hızında 5-10 kat artış olur . Çeşitli alaşımların ekstrőzyon edilebilirliği arasındaki kőçők değişimler sabit basınç şartlarında çalışan deney presinde tesbit edilmiştir . Bu yőnremde de minimum dalgalanmalara , blok ve alıcı sıcaklığında minimum değişime izin verilmiştir . Blok sıcaklığından ve hareket mekanizmasından gelen etkiler iki delikli matris kullanılarak dengelenmiştir . Gereкли şartlar nedeniyle bu matris boşlukları değiştirilebilir plakaların içine işlenmiştir . Böylece farklı çiftlerde kıyaslamalar daha kolay yapılmıştır . Bu matrislerin kanal sřrtőnme değerleri arasındaki farklar profillerin boyu ve çıkış hızındaki değişmeyi kesin olarak ortaya koymaktadır . şekil 3.8'de deneyde kullanılan takım ve çeşitli profillerin değiştirilebilir plakaları gösterilmiştir .



şekil 3.8 Takım tutucusu ve değiştirilebilir plakaları /3/ .

Aynı kesit için farklı eğim açısı ve kanal uzunluğuna sahip levhalar kullanılmıştır . Deney sonuçlarına bakıldığında her farklı çift matris boşluğunda belirgin bir değişim

olmayabilir . Matris kanalındaki sürtünme farkı büyük ise , fazla frenlenen kesitte hiç akış olmayabilir . Bu gibi durumlarda matris kanalındaki sürtünmeyi belirlemek için matris boşlukları üçüncü bir kesitle kıyaslanır . Bu üçüncü kesit boşluğunun sürtünme direnci diğer ikisinin ortasında olmalıdır . Sonuçların irdelenmesi için bir hesaplama yöntemine gerek duyulur ve bununla iki kesit boşluğu arasındaki ilişki kurulmuş olur . Şekil 3.9'da görüldüğü gibi iki sürtünme direnci arasındaki fark ΔP_R 'dir ve bu ΔP_R sürtünmeden meydana gelen P_{RK1} ve P_{RK2} karşı basınçlardan hesaplanır . Matris alın yüzeyinde P_M boyutunda bir basınç olmakta ve bu basınç her iki boşluktaki karşı basınç P_R kadar azalmaktadır .



Şekil 3.9 Farklı akış direncine sahip kanallar /3/ .

Akma gerilmesi k_f ile şekil değiştirme hızı ϕ arasındaki bağıntıdan kuvvet fonksiyonu belirtirsek :

$$k_f \sim \phi^m \quad (0.1 \leq m \leq 0.2)$$

o zaman çıkış hızı V ,

$$V \sim \phi \sim (P_M - P_R)^{1/m}$$

veya her iki delik için ,

$$(V_1 V_2)^m = (P_M - P_{RK1}) / (P_M - P_{RK2}) \approx 1 - \Delta P_{RK1-2} / P_M \quad (3.1)$$

V_1-V_2 ve V_2-V_3 hızların arasındaki farkın sonuçlarını (3.1) no'lu eşitliğe göre toparlarsak .

$$\begin{aligned} (V_1 V_2 / V_2 V_3)^m &= (P_M - P_{RK1}) / (P_M - P_{RK2}) * (P_M - P_{RK2}) / (P_M - P_{RK3}) \\ &\approx (P_M - P_{RK1}) / (P_M - P_{RK3}) \approx (V_1 / V_3)^m \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$V_1 / V_3 \approx (V_1 V_2 / V_2 V_3)$$

Çıkış hızlarını karşılaştırmak ve çarpımlar halinde ifade etmek anlamlıdır . V_1 ile V_3 hızları arasındaki ilişki deneysel olarak direkt ifade edilebilseydi teorik olarak :

$$(V_1 V_2 V_3 / V_2 V_3 V_1) = 1$$

olurdu . Gerçektende V_1 'de bir sapma olmaktadır ve bu sapma üçü arasındaki farkı oluşturmaktadır . Çok sayıda üçlü deney yapılarak sapmalar daha iyi belirlenmiştir . Bu deneylerde hızdaki sapmalar \pm %18 civarında olmuştur . Çıkış hızı , profil şekli ve matris kanal sürtünmesinin etki ettiği akış direncinin büyüklüğünü belirlemek için (3.1) no'lu eşitliğin kullanılmasıyla :

$$\Delta P_{RK1-2} \cong P_M (1 - (V_1 / V_2)^m) \quad (3.3)$$

Parametrelerin tipik değerleri ise $m = 0.15$ ve $P_M = 7$ k'dir . Karşı basınç P_R 'nin ana sebebi matris kanalındaki sürtünmedir . Ancak bunun dışında kesit şeklindeki etki ettiği P_f lik bir miktar vardır . İlk yaklaşım olarak şunu söyleyebiliriz :

$$P_R = (U * L_{FK} / A) * \mathfrak{Z}_R + P_f \quad (3.4)$$

U: Profil çevresi , A: Profil kesiti

L_{FK} : Matris kanal uzunluğu , \mathfrak{Z}_R : Matris kanalındaki sürtünme gerilmesi

Çıkış hızında (3.3) ve (3.4) no'lu eşitliklerden aşağıdaki büyüklükler tesbit edilebilir .

- \mathfrak{F}_R/k_f (aynı kesit şekli ve farklı kanal uzunluğu deneyleri ile)
- P_F/k_f (aynı sürtünme yüzeyi U^*L_{FK} ve eşit kesitli ancak farklı profil şekli deneyleri ile)

Yukarıda belirtilen deneyler 10 MN'luk dikey ekstrüzyon presinde yapılmıştır . Alıcı çapı 125 mm ve AlMgSi0.5 malzemesi kullanılmıştır . Matrislerin düzeltilmesinde tecrübelerden faydalanılmıştır . Ekstrüzyon yönüne doğru daralan bir kanalda paralel bir matris kanalına oranla akış direnci artmaktadır . Tersine geçerli olduğunda akış direnci azalmaktadır . Buradan şu sonuç çıkarılmıştır : Genişleyen bir kanal boyunca cidar kayma gerilmesi \mathfrak{F}_F sıfır civarındadır , daralan bir kanal boyunca \mathfrak{F}_F , şekillendirilen malzemenin kayma gerilmesi $k_f/2$ civarındadır . Bu hipotez 14 mm çapında ve bilerek büyük seçilen 8.5 ve 10 mm kanal uzunluğunda $-3 < \alpha < +3^\circ$ arasında eğim açılı matrislerde kontrol edilmiştir . Ölçülen çıkış hızları $\alpha = -3^\circ$ lik matrise göredir (V_{bez}) . $\alpha = -3^\circ$ ve aynı çıkış hızı için bağıl ekstrüzyon basıncı P_{rel} 'nin ne kadar arttırılacağı tesbit edilmiştir .

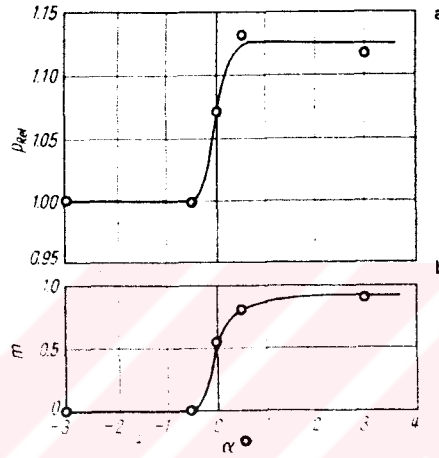
$$P_{rel} = P/P_{bez} = (V/V_{bez})^{-0.15} \quad (3.5)$$

P_{rel} 'in değerleri beklendiği gibi bir S eğrisi yapmaktadır (şekil 3.10a) . Şekil 3.10b'de sonuçlar aynıdır ancak matris kanalındaki dalgalanmalar m kayma faktörüne göre düzeltilmiştir .

$$m = 2\mathfrak{F}_R/k_f \quad (3.6)$$

Daralan kanallarda cidar kayma gerilmesi malzemenin kayma gerilmesine yaklaşmaktadır . Bağıl ekstrüzyon basıncı ve kayma faktörü'nün yükselmesi -0.5 ile 0.5° eğim açıları arasındadır . Sürtünme açısından bunun anlamı paralel bir matris kanalında dengeli şartların olmasıdır . Küçük bir düzensizlik yada ekstrüzyon basıncı altında takımın eğilmesi akış direncini büyük ölçüde değiştirmektedir . Tersine ($\alpha > 0$) daralan bir matris kanalında $+0.5^\circ \leq \alpha \leq +3^\circ$ arasında kanal uzunluğu akış direncine etki etmektedir,

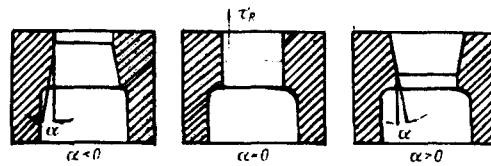
ancak kanal yüzeyinin eğimine artık bağlı değildir . Şekil 3.11’de negatif , sıfır ve pozitif eğim açlarına sahip matris kanalları gösterilmiştir . Farklı kesit boşluğunun kullanımı ile matris kanalının dizaynı basit yöntemlerle araştırılmış , hız ve sıcaklık değişimleri gibi olumsuz etkiler ortadan kaldırılmıştır . Deney sonuçlarına göre akış yönünde matris kanalı daralıyorsa sürtünme gerilmesi ekstrüzyon malzemesinin kayma gerilmesi civarındadır . Paralel veya büyüyen matris kanallarında sürtünme gerilmesinin değeri düşmektedir/2/3/.



Şekil 3.10 Kanal yüzeyinin eğim açısı α 'nın etkisi /3/ .

a) Bağıl ekstrüzyon basıncı P_{rel}

b) Kayma faktörü m



Şekil 3.11 Farklı eğim açlarına sahip matris kanalları /2/ .

3.2. SÜRTÜNME

Alüminyum ekstrüzyonunda malzeme matrise gelmeden 1 ile 30 mm arasında değişen bir mesafe kateder . Bu durumda alüminyum ile matris çeliği arasında kuru sürtünme oluşur . Matris kanalındaki sürtünme ve aşınma safhaları pratikte büyük önem taşır . Profilden istenen ölçü tamlığı matrise yapılacak son rütuşlarla mümkün olur .Matris kanalındaki çok az bir değişim akışı tamamıyla etkiler . Plastik şekil verme işlemlerinde daima takımlarla şekil verilen malzeme arasında bir sürtünme mevcuttur . Bu sürtünme şekil değiştirme kuvvetini yükseltmekte ve verimi düşürmektedir . Ekstrüzyon yönteminde malzeme takımlara göre bağıl bir hareket yaptığı için sürtünme daha etkili olmakta ve önem kazanmaktadır . Sürtünme , gerekli ekstrüzyon kuvvetini yükseltmekte , daha güçlü preslerin kullanılmasını gerekli kılmakta ve takım boyutlarının büyümesine neden olmaktadır. Sürtünme , temasta olan ve bağıl hareket yapan iki cismin temas yüzeylerinin hareket ihtimaline karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır . Birbiriyle temasta olan hareketli parçalar arasında , kayma , yuvarlanma ve her ikisinin bileşimi şeklinde bir hareket olabilir . sürtünme kuvvetleri ve katsayıları , uygulanan sürtünme rejiminde (kayma , yapışma ve yuvarlanma sürtünmesi) bağıl olarak ve diğer faktörlerle ilgili olarak değişir . Plastik şekil vermede malzeme ile takım arasında meydana gelen sürtünme direnci ζ ile gösterilmekte ve birim temas alanına karşılık gelen kayma gerilmesiyle tanımlanmaktadır .Malzeme ile takımın temas yüzeyinin alanı , şekil değiştiren malzemenin sınırını belirlediği için sürtünme direncini , malzeme sınırındaki kayma gerilmesi ile değerlendirebiliriz.Matris kanalındaki sürtünmeyi daha iyi anlayabilmek için silindirik çubuğun ekstrüzyonundaki akış aşamaları , şekillendirme , şekillendirmedeki sürtünme , gerilmeler ve oluşan kayıplarla ekstrüzyon kuvveti hesaplanmıştır . Tablo 3.1 şekil 3.12'ye göre güç bölümleri ifade edilmiştir :

1-Salt şekillendirme gücü :

$$H_{U,II} = A_0 \cdot V_{st} \cdot k \cdot \varphi$$

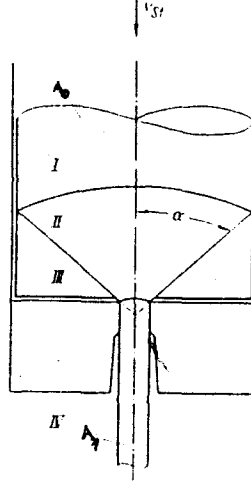
(3.7)

Tablo 3.1 (3.7)'den (3.12)'ye kadar olan eşitlikler için formül parametreleri /1/.

GÖSTERİLİŞ	ANLAMI
A_0	Blok kesiti
A_1	Çubuk kesiti
φ	$\ln A_0/A_1$
U_1	Çubuk çevresi
L_{PK}	Matris kanal uzunluğu
r	Radius
α	Matris yarı açısı
$f_1(\alpha)$	Geometrik faktörler
k_f	Akma gerilmesi
τ	Kayma gerilmesi
τ_R	Sürtünme gerilmesi
m	(τ_R/τ) Kayma faktörü
V_{st}	İstampa hızı
V_a	Çıkış hızı
H	Güç
F	Kuvvet
P	Eksenel basınç
İNDİSLER	
K	Matris kanalında
M	Matrisi etkileyen
U	Şekillendirme
S	Şekillendirilen malzemede kayma
R	Takım yüzeyindeki sürtünme
$I-IV$	Şekil 3.12'deki bölgeler

2-Şekillendirme sınırının giriş ve çıkışında yönlendirmeler : I-II sınır yüzeyinde,

$$H_{S,I-II} = A_0 \cdot V_{st} \cdot \tau \cdot f_1(\alpha) \quad (3.8)$$



Şekil 3.12 Bloğun ve çubuğun bölümlendirilmesi /1/ .

$f_1(\alpha)$, I-II sınır yüzeyindeki geometrik bilgi ve burada oluşan yönlendirme ile akış hızına bağlı bir kavramdır . Buna bağlı olarak $f_1(\alpha)$ tarif edilmiştir . Silindirik çubuğun ekstrüzyonu için AVITZUR ekstrüzyon oranına bağlı giriş açısı α 'yı ve $f_1(\alpha)$ fonksiyonunun değerlerini belirtiyor . α güç kayıplarını minimuma indirir . Buna göre sınır yüzeyleri II ve IV için ,

$$H_{s,II-IV} = A_1 \cdot V_1 \cdot \mathfrak{Z} \cdot f_2(\alpha)$$

$$A_1 V_1 = A_0 V_0$$

$$H_{s,II-IV} = A_0 \cdot V_0 \cdot \mathfrak{Z} \cdot f_2(\alpha) \quad (3.9)$$

Sadece akış doğrultusunun yönlendirilmesinden kaynaklanan güç kayıpları toplama eşitlikleridir ve bu eşitliklerde ekstrüzyon oranı yoktur .

3- r yarıçaplı ve dr radyal genişliğindeki bir yüzük için şekillendirme sınırı ile ölü bölge arasındaki kayma:

$$dA \sim r dr$$

$$V(r) \sim V_{st} * A_0 / (\pi r^2)$$

$$dH_{s,II-III} = dA V(r) * \mathfrak{I} = A_0 * V_{st} * \mathfrak{I} * 2 dr / r * f_s(\alpha)$$

$$2 \ln(r_0/r) = \ln(A_0/A) = \varphi$$

$$H_{s,II-III} = A_0 * V_{st} * \mathfrak{I} * \varphi * f_s(\alpha) \quad (3.10)$$

Böylece şekillendirme sınırı ile ölü bölge arasındaki kayma kayıpları ekstrüzyon oranının logaritması ile orantılı olmaktadır .

4-Matris kanalındaki sürtünme:

Matris kanal yüzündeki normal gerilme ve COULOMB sürtünme kanununun uygulamaya sokulması ile sürtünme gerilmesi kayma faktörü m ile belirtilir .

$$\mathfrak{I}_R = m * k \ell / 2 \quad (m \leq 1)$$

$$H_{RK} = U_1 * L_{RK} * \mathfrak{I}_R * V_a$$

$$H_{RK} = U_1 * L_{RK} * \mathfrak{I}_R * V_{st} * (A_0/A_1) \quad (3.11)$$

Matris kanalındaki sürtünme kuvveti ekstrüzyon oranının katı olarak daha fazla ısıtma kuvvetine etkir .

5-Matris civarındaki güç ihtiyacı:

Güç ihtiyacı alıcı içindeki bloğun yapışma sürtünmesini yenmesi içindir . Direkt ekstrüzyonda kesit şeklinden etkilenmez . Bu yüzden sadece matrise etkiyen ekstrüzyon kuvveti F_M dikkate alınır. Bu ise şekillendirme gücü , yönlendirme için şekillendirme sınırındaki güç kayıpları , kaymalar ve matris kanalındaki sürtünmelerden oluşur .

$$H_M = F_M \cdot V_{st} = H_{U,II} + H_{B,I-II} + H_{B,II-IV} + H_{B,II-III} + H_{BK}$$

$$H_M = A_0 \cdot V_{st} \cdot k_f (0.5(f_1(\alpha) + f_2(\alpha)) + (1 + 0.5f_3(\alpha)) \varphi + m \cdot L_{RK} \cdot U_1 / 2A_1) \quad (3.12)$$

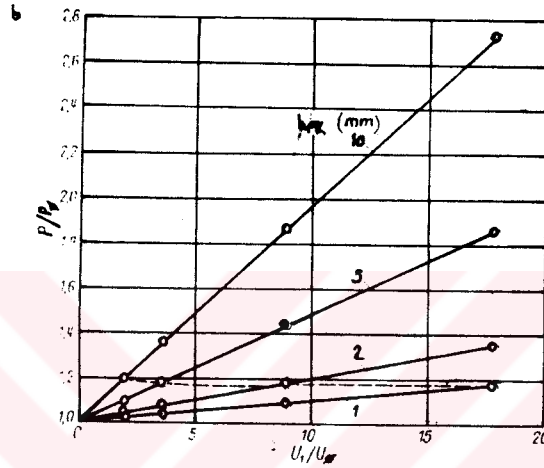
Bütün güç kayıpları bir şekilde ekstrüzyon oranı ile bağlantılı olduğundan ekstrüzyon oranına bağlı olmayan bu şekil değiştirme gradyanından bahsedilemez . Sınır yüzeylerindeki hız , bağlı hareketin kayma yolu , çelik ve alüminyumun sertliği ve matris kanal yüzeyinin pürüzlülük derecesi bilinmektedir . Ara tabaka olarak takım çeliğın yüzey tabakası (oksit ve nitrür tabakası) ve yağlamalar düşünülür . Matris kanal yüzeyindeki sıcaklık zor ölçülebilir ve matrisin belirli uzaklıktaki sıcaklık ölçümünden daha yüksek olabilir . Şekillendirme esnasında matrisin eğilmesi veya çubuğun plastik uzaması sonucu kanal yüzeyi ile çubuk arasındaki temas kaybolabilir . Bu durumda normal gerilme ile sürtünme gerilmesi 0'a düşer . Tam tersi durumda daralan bir kanalda çubuğun kalınlığı azalır ve akma gerilmesi k_f kadar bir baskı gerilmesine ihtiyaç duyulur . Alüminyum ile kanal yüzeyi arasındaki adhezyonun büyüklüğüne bağlı olarak sürtünme bir üst sınıra kadar yükselir ve bu değer malzemenin kayma gerilmesi $\tau = k_f/2$ tarafından ifade edilir . Matris kanalındaki sürtünmeyi direkt ölçmek için de deneyler yapılmıştır . Sürtünme kuvveti matris kanal uzunluğu ile doğru orantılıdır . Bu tür deneylerde profil çevresi ve matris kanal uzunluğu değiştirilir . Ekstrüzyon kuvvetindeki değişimlerden kanaldaki sürtünme gerilmesine ve sürtünme kuvvetine bağıntı kurulur . Matris kanalındaki yüksek sürtünme gerilmesinin ekstrüzyon kuvvetine olan etkisi şekil 3.13a ve b'deki örnekte hesaplanmaktadır . Bir grup aynı kesite sahip profiller dikkate alınır . (Dikdörtgen 100×10 mm²'den artan çevre ve 1mm kalınlığa kadar azalan kalınlık) Her profil için 1,2,5 ve 10mm'lik kanal uzunlukları kullanılmıştır.Eşit kesitteki silindirik çubuğun çapı 35.7mm ve çevresi (U_0) 112 mm'dir . Bütün profiller 150 mm çapındaki bir alıcıdan 17.7 ekstrüzyon oranında ekstrüzyon edilmiştir . Sınır şartlardaki silindirik çubuğun matris kanal uzunluğu =0'dır . Ekstrüzyon basıncı ,

$$P_0/k_f = 2 \ln 17.7 = 5.78$$

alınır ve şekil değiştirme sınırındaki güç kayıpları dikkate alınır .

a

Kalınlık (mm)	10	5	2	1
Çevre (mm)	270	410	1004	2004
U_1/U_0 (35.7 mm çapta)	1,96	3,65	6,96	17,86



Şekil 3.13 Matris kanalındaki sürtünmenin ekstrüzyon kuvvetine etkisi /2/ .

a) Kesit şekilleri

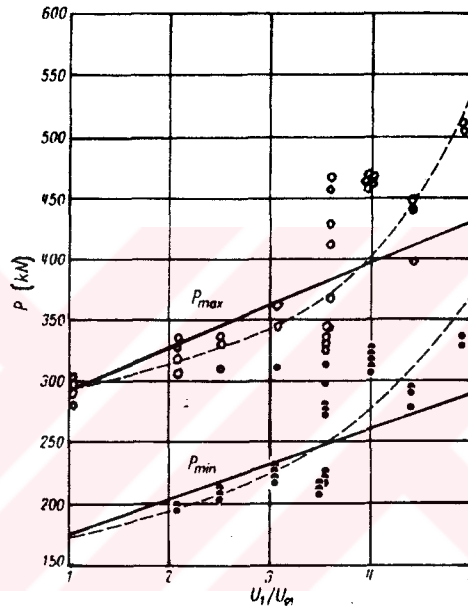
b) Ekstrüzyon kuvvetlerinin değişimi

Matris kanalındaki sürtünme için ayrıca bir güç kaybı vardır . Bu kayıp (3.11) no'lu eşitlikten P_{RK} olarak hesaplanır ,

$$P_{RK} = 1/A_1 * U_1 * L_{PK} * k_f / 2 \quad (3.13)$$

Şekil 3.13b'de ekstrüzyon basıncının matris kanalındaki sürtünme ile artışı U_1/U_0 oranına bağlı olarak gösterilmiştir . İkinci parametre ise matris kanal uzunluğudur (L_{PK}) . İnce et kalınlığı ve uzun kanal uzunluğu sürtünme kayıplarına sebep olur ve bu kayıplar ekstrüzyon kuvvetini iki katından fazlasına yükseltebilir . Buna karşın kanal uzunluğu pratikte olduğu gibi yaklaşık olarak et kalınlığı kadar olursa , her et kalınlığında ekstrüzyon kuvveti matris kanalındaki sürtünme için %15-20 kadar artış gösterir .

Onun için silindirik çubuğun ekstrüzyonunda kuvvet ölçümü pek uygun değildir . Çünkü matris kanalındaki sürtünmeyi belirtmek açısından bizi hatalara sürükleyebilir . Yapılan deneyler matris kanalındaki sürtünme gerilmesini $ks/2$ büyüklüğüne yakın bir değerde gösterir . Başka deneyler , özellikle şeklin etkisi başlığı altında yapılmış olsa dahi, bunlardan matris kanalındaki sürtünmeye geçmek mümkün olmaktadır .Şekil 3.14’de VATER ve HEİL tarafından yapılan araştırmada ekstrüzyon kuvvetinin değişimi incelenmiştir .



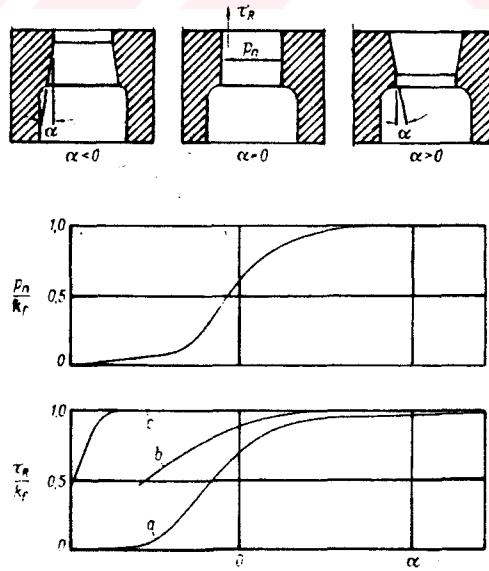
Şekil 3.14 Profil çevresinin ekstrüzyon kuvvetine (P) etkisi /2/ .

----- Kurşunla yapılan deney sonuçları

_____ Matris kanalındaki sürtünme için $\mathfrak{R} = ks/2$ ile hesaplanmıştır .

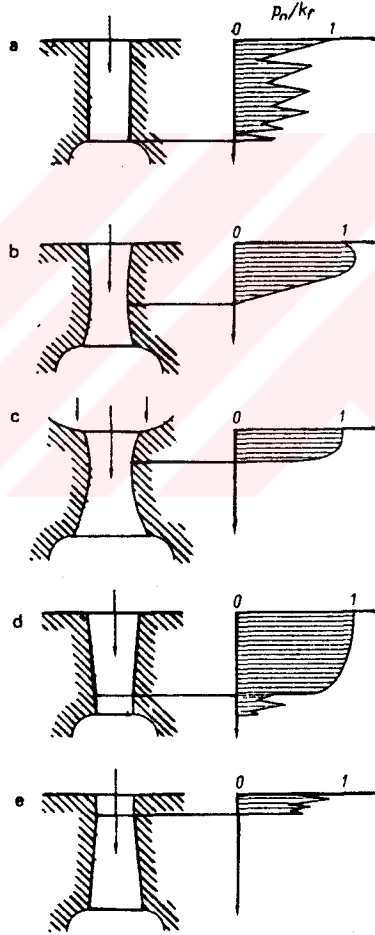
Bu değişim için yüksek bir sürtünme gerilmesi kabul edilerek hesap yapılmıştır . İncelenen profiller şekil 3.13’deki kesitli profillere benzemektedir . Matris kanal uzunluğu 10mm’dir , et kalınlıkları 1.6-4 mm arasında değişim göstermiştir . Kullanılan kurşunun akma gerilmesi 17 N/mm^2 ’dir . Ölçülen değerler $U_1/U_0 = 3.5$ değerine kadar hesaplanan doğrular civarındadır . İnce et kalınlıklarına sahip profillerde ekstrüzyon kuvveti artmaktadır . Eğer matris kanalındaki sürtünmenin ekstrüzyon kuvvetine büyük etkisi olduğunu düşünürsek sabit profil çevresinde ve artan matris kanal uzunluğunda ekstrüzyon kuvvetinin’de artacağını kabul etmemiz gerekir . Bu $2*20\text{mm}^2$ ’lik yassı profil üzerinde yapılan

deneyle ispatlanmıştır . Kanal uzunluğunun 0 dan 1,3 ve 5 mm'ye yükseltilmesi ile ekstrüzyon basıncı nerdeyse lineer 240'dan 350 N/mm²'ye yükselmiştir . Burada ekstrüzyon kuvvetinin artışıyla matris kanalındaki sürtünme , sürtünme kuvveti ve ekstrüzyon oranı arasındaki bağıntıyı hatırlayabiliriz ((3.11) no'lu eşitlik) .Matris dizaynında ve düzeltilmesinde sürtünme , matris kanalında malzeme artışını kontrol açısından iki yönlü kullanılmaktadır . Malzeme akışının yavaşlatılması veya hızlandırılmasına bağlı olarak , kanal uzunluğu , et kalınlığına ve alıcı eksenine olan mesafeye göre kısa veya uzun düzeltilir . Bu belirtilenleri , eski bilgiler düşünülürse , rahatça açıklanabilir . Matrisin düzeltilmesinde , matris kanalının çıkış kenarına doğru genişletilmesiyle matristeki malzeme akışı kolaylaştırılmış olur . Bu , matris kanal uzunluğunun kısaltılması anlamına gelir . Matris kanalının giriş kenarına doğru genişletilmesi (matris alın yüzeyi) malzeme akışının frenlenmesine sebep olur . Matris alın yüzeyinde kanal uzunluğunun genişletilmesiyle oluşturulan frenleme etkisi , aşağıdaki gibi açıklanabilir : Matris kanalında , malzemenin akış yönüne doğru daralan bir bölgede kanal yüzeyine $P_n = k_r$ 'lik bir normal gerilme etki eder ve sürtünme gerilmesi değeri de en üst sınırdadır . Matris kanalının paralel ve hafif genişleyen bölümlerinde , normal gerilme ve sürtünme gerilmesi düşüktür (şekil 3.15) .



Şekil 3.15 Normal gerilme P_n ve sürtünme gerilmesi τ_s 'nin eğim açısı α 'ya bağlı değişimi /2/ .

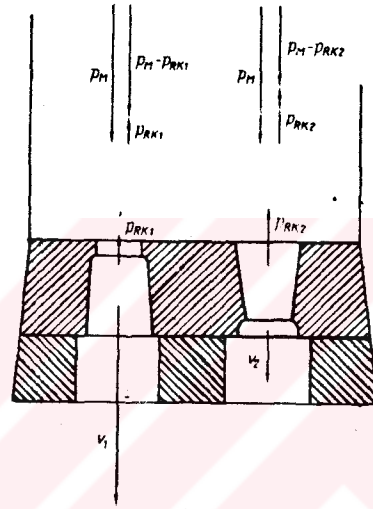
Genişleyen bir matris kanalında normal gerilme 0 civarındadır . ($\alpha < 0$) ve normal gerilme eğim açısından , sınır değerine doğru dar bir bölgede artmaktadır. Alüminyum ve çeliğin sınır tabakasında oluşan hız a,b,c gibi sürtünme gerilmesine bağlı eğriler oluşturur. Bu değerleri çeşitli matris kanallarında (şekil 3.16) inceleyecek olursak ; elde edilen sonuçların pratik tecrübelerle uyduğu görülür .Mükemmel bir matris kanalı (şekil 3.16a) normal ve sürtünme gerilmesi hakkında kesin bir bilgi vermez . Matrisin eğilmesi ve matris kanalındaki sürtünme , matris kanalındaki paralellığı bozar . Elle eğlenen konik kanallarda (şekil 3.16b) kanal uzunluğunun sadece yarısında yüksek normal ve sürtünme gerilmeleri oluşur .



Şekil 3.16 Normal gerilmenin matris kanalı boyunca değişimi /2/ .

- a) Paralel matris kanalı, b) Yuvarlatılmış matris kanalı
c) Yuvarlatılmış matris kanalı, d) Daralan matris kanalı
e) Genişleyen matris kanalı

Elle eğelenen bir matriste ekstrüzyon basıncı altında bir eğilme olur (şekil 3.16c) ve sürtünme mesafesi azalır . Şekil 3.16d'deki kanalda sürtünme gerilmesi tüm kanal boyunca yüksek bir değerdedir . Şekil 3.16e'deki kanalda profil sadece paralel olan kısa bir yüzeyde kanal ile temastadır ve sürtünme çok düşüktür . Şekil 3.17'de şematik olarak farklı akış direncine sahip 1 ve 2 no'lu bölgeler gösterilmiştir . Bu tür farklar kanalda değişik kanal uzunluğundan , eğim açısından veya yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanır .



Şekil 3.17 Farklı akış direncine sahip kanallarda farklı çıkış hızları /2/ .

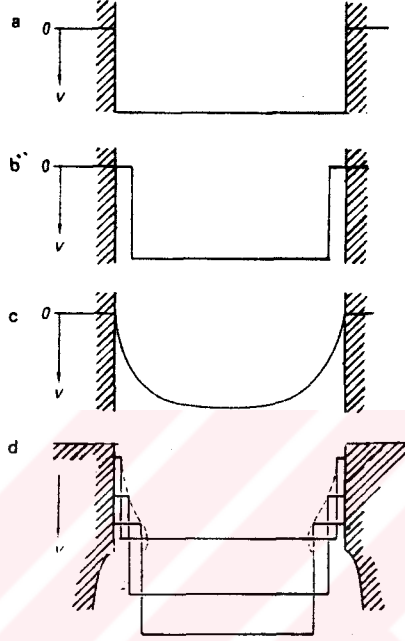
Alın yüzeyinde basit bir P_M basıncı vardır . 1 ve 2 no'lu bölgedeki sürtünmenin aşılması için gerekli basınç P_{RK} (3.13) no'lu eşitlikte belirtilmiştir . İkinci bölgedeki direnç, birinci bölgedeki dirençten daha büyükse malzeme birinci bölgede daha hızlı akar . Sınır şartlarında , çıkan profilden matris kanalındaki malzemeye uzunlamasına gerilmeler etki etmez . Ve V_1 'in V_2 'ye olan hız bağıntısı belirtilebilir . Bunun için akma gerilmesinin hızla olan bağıntısındaki yaklaşımdan faydalanılır .

$$k_f \sim \varphi^m$$

$$V_1/V_2 = ((P_M - P_{RK1}) / (P_M - P_{RK2}))^{(1/m)} \cong 1 + (P_{RK2} - P_{RK1}) / m P_M \quad (3.14)$$

Örneğin $m = 0.15$ ve $P_{RK2}-P_{RK1} = 0.01P_M$ ise o zaman $V_1/V_2 = 1.067$ yani V_1 V_2 'den %6.7 yüksek çıkar . Gerçek şartlarda böyle bir hız farkı profilde uzunlamasına gerilmeleri ortaya çıkarır . Ve bunlar az yada çok birbirini dengeler . Hangi hız değişimlerinin mekanik yapışma tarafından dengeleneceği ve hangi şekil sapmalarının dengelenemeyen değişimler yüzünden çıktığı kesit şekline, simetrik özelliklerine ve profilin sertliğine bağlıdır . (3.14) no'lu eşitlikte ele alınan örnekte görüldüğü gibi matris geometrisinde yapılan ufak değişikliklerle akış hızında ve profil şeklinde büyük değişiklikler görülmektedir . Böylece matris kanalında yapılan düzeltmeler daha iyi anlaşılmaktadır . Pratik tecrübelerden bilindiği gibi profil yüzeyi matris kanalındaki yüzeyden daha pürüzlü olabilir . Bunun dışında bir de kaba , oluk şeklinde , uzunlamasına çizgiler oluşur . Ve bunlar malzeme toparlanmasıyla topak şeklinde biterler . Bu hataların oluşması matris kanalındaki sürtünme olayları ile ilgilidir . Profil ile matris kanalı arasındaki sınır tabakasında oluşan eğilime bağlıdır . Demir ile alüminyum arasındaki adhezyon , demir ile bakır arasındakinden 2 kat , demir ile altın arasındakinden 5 kat daha kuvvetlidir . Aşağıdaki modellemede çıkış noktası , profil ve sınır tabakası (şekil 3.18) kalınlığına bağlı hız dağılımıdır . Sınır yüzey doğrultusunda alüminyum ile takım arasında bir kayma (şekil 3.18) bu düzgün durumda pratikte hiç olmamaktadır . Ancak çoğunda pratikte kaynama olmakta , bu özellikle , azotlanmış takımlarda görülmektedir . Çünkü burda alüminyumun takım yüzeyine olan afinitesi ve kaynamaya olan eğilimi oldukça düşüktür . Sürtünme gerilmesinin matris kanal uzunluğuna bağlı olarak şekil 3.15'deki gibi bir "a" eğrisi oluşturması beklenir . Maksimum sürtünme gerilmesi alüminyumun kayma gerilmesinin çok aşağısında olması gerekmektedir . Profilin yüzey pürüzlülüğü matris kanalındaki kadar olur . Ancak lokal kaynama tabakaları oluk şeklinde , uzunlamasına çizgiler oluşturur . Başka bir anlayışa göre normal durumda matris kanal yüzeyi her zaman az veya çok kalın bir alüminyum tabakası ile kaplı olur (şekil 3.18b) . Bu durumda hız sıçrayışına bağlı olarak alüminyumun alüminyum üzerinde kayması oluşmaktadır . Çubuk ile kaynama tabakası arasındaki kayma yüzeyi matris kanalından daha pürüzlü olabilir . Çubuktan kaynama tabakasına ve buradan da tekrar çubuğa yapılan malzeme iletimi , oluk şeklinde uzunlamasına çizgiler oluşmasına neden olur . Aynı zamanda ekstrüzyon edilmiş çubuktan arkasından gelen çubuğa malzeme iletimi olmaktadır . Sürtünme

gerilmesi alüminyumun kayma gerilmesi değerinin yakınında olabilir . Ama negatif kanal yüzey eğiliminde dik düşüş göstermesi gerekmez , yani şekil 3.15b'deki eğri gibi olabilir . Kendi içine açılan matris kanallarında yapı daha kalın ve düzensiz kaynama tabakası ile kaplı olurki bu ,daha az olan yüzey baskısı ile açıklanabilir .



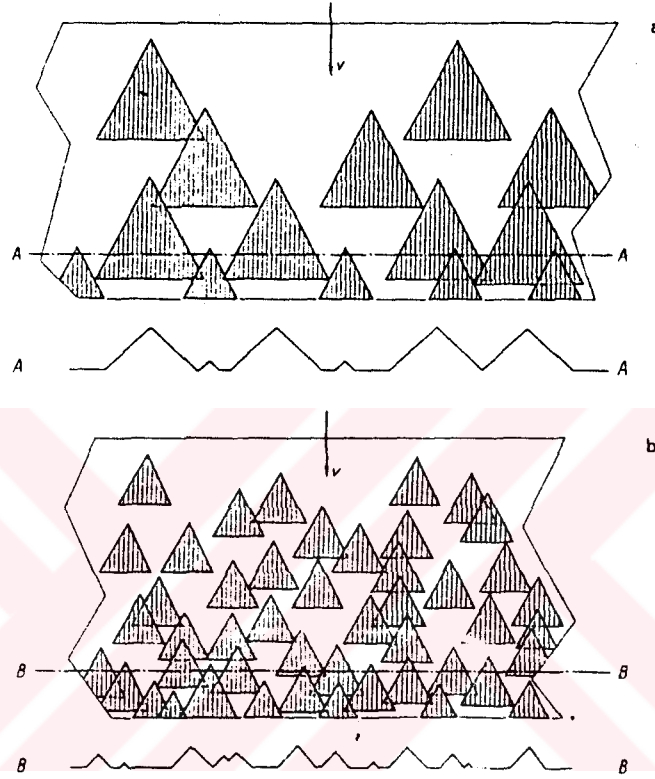
Şekil 3.18 Matris kanalının enine hız dağılımı /2/ .

- a) Matris yüzeyindeki hız sıçrayışı
- b) Profil ile kaynama yüzeyi arasındaki hız sıçrayışı
- c) Hız sıçrayışı olmadan kaynama tabakası
- d) Artan kaynama tabakası kalınlığı ile hız sıçrayışı

Üçüncü bir olasılık şekil 3.18c'de gösterilmiştir . Blok yüzeyinin alıcı yüzeyine yapıştığı gibi , profil yüzeyi de kanal yüzeyine yapışmaktadır ve profilin yüzey tabakasında hızı artmaktadır . Ayrıca çubuğun kenar tabakası kayma ile çarpılmaktadır . Bu modele göre sürtünme gerilmesi , kanal yüzeyine olan eğiliminden farklı ve alüminyumun kayma gerilmesi ile aynı olmak zorundadır (şekil 3.15c eğrisi) . Profil kesitinin üzerinde sabit bir hıza ulaşmak için matris kanal çıkışında ikincil bir şekil değiştirme sınırını kabul etmemiz gerekir . Malzeme toparlanması ve oluk şeklinde uzunlamasına çizgilerin oluşmu , çubuğun kenar tabakasının yerel olarak kanal yüzeyi tarafından yırtılmasına bağlanabilir . Bu üç modelden şekil 3.18c'yi bunların dışında tutabiliriz .Çünkü bu modelin bize

önceden belirttiği değerler ampirik tecrübe ve deneysel sonuçlarla pek eşdeğer olmamaktadır (örneğin kuvvet ölçümleri , matrislerin düzeltilmesi ve takım yüzeylerinin kaplanması) .Şekil 3.18a ve b'deki modellerde tam doğruluk elde edilememektedir . Ama iki modelin kombinasyonu ile tam doğruluk oluşturulabilir . Eğer şekil 3.18a ve b'deki durumlar yanyana oluşursa , karşımıza matris kanalının uzunlamasına kaynama sınır dağılımının nasıl olacağı sorusu çıkmaktadır . Matris kanalı baştan sona kadar genişliyorsa giriş kenarında kalın , düzgün olmayan bir kaynama tabakası oluşur . Düşük normal ve sürtünme gerilmesinde çubuk yüzeyinde bölgesel oluk (yiv) oluşumu ve kaynama yerlerinde yırtılma oluşur . Bu da , kaynama tabakasıyla yüksek sürtünmenin aynı anlama gelmediğini gösterir . Daha çok düşük sürtünmede ufak kaynama bölgelerinde uzun , serbest yapışan çapaklar bağlanabilir . Matris girişinden itibaren genişleyen kanalda min. ekstrüzyon kuvvetine ihtiyaç duyulur , ancak en kötü profil yüzeyi oluşmaktadır .Paralel veya hafif yuvarlak işlenmiş matris kanalında kaynama yüzeyi özellikle çıkış kenarının yakınında olmaktadır . Sınır tabakasındaki hız profili matris kanalının başlangıcından sonuna kadar değişmektedir (şematik olarak şekil 3.15b'de gösterilmiştir) . Kaynama tabakası olmayan giriş sınırından , kalın kaynama tabakasına sahip akış sınırına geçiş bir çok faktöre bağlıdır . Akla gelenler takım dizaynı , kanal yüzeyin pürüzlülüğü ve azot kaplamadır . Ama aynı zamanda da metalin kalitesine ve ekstrüzyon oranına bağlıdır . Düzgün matris kanal yüzeyinden , kaynama tabakasına geçişin keskin bir sınır üzerinden olması gerekmemektedir . Çubuğun kayma yolunda, kaynama yerlerinin artması ve aynı zamanda metal parçacıkların artması daha olasıdır . Sonuçta kaynama yerleri üstüste gelerek , kanal yüzeyini tamamen kapatırlar (şekil 3.19a ve b) . Profilin yüzey kalitesini dikkate alacak olursak , tek tek büyük parçacıkların yüzeye yapışması iyi değildir (şekil 3.19a).Bu yüzden bölgesel olarak metal parçasının kaynaması büyükse ve onun üzerine kuvvet uygulayan profilin kuvveti az ise verimsiz olur . Tersine metal parçasının büyümesi esnasında kanal yüzeyinden profil tarafından yerinden koparılıp dışarı atılır . Şekil 3.18b'deki hız dağılımına göre , metal parçacıklarının büyümesi belirli , kabul edilebilir bir boyuta kadar sınırlandırılmıştır . İççe daralan bir matris kanalında oluşan yüksek sürtünme ve normal gerilmeler'de metal parçacıkların erken kopmasına sebep olurlar . Ufak ince metal parçacıkları erken kopmasına sebep olurlar . Ufak ince metal parçacıkları birbirine bağlı kanalyüzeyinde bir tabaka oluşturuyorlarsa , bu yapışma tabakası ince ve eşit

kalınlıkta olur (şekil 3.19b) . Bu durumda bu tür oluşumları gidermekle birlikte böyle ince bir tabakada profilin yüzey kalitesine olumlu etkisi de olur . Yüzey hataları adına matris kanalındaki oksitlenmeyi de sayabiliriz .



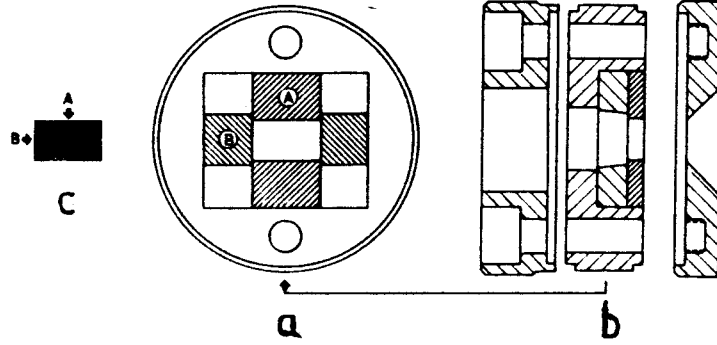
Şekil 3.19 Matris kanalında kaynama sınırlarının dağılımı /2/ .

- a) Kaba kaynama yerleri
- b) Çok sayıda ufak kaynama yerleri

Bu durum için CO₂'li bir atmosfer kullanmak aynı zamanda soğumayı da sağlamaktadır . Alüminyum ekstrüzyonunda matris kanalındaki sürtünmenin profilin yüzey kalitesine ve şekil tamlığına büyük etkisi vardır . Matris kanal yüzeyinde sürtünme , normal gerilmeler ve oluşan profilin sınır tabakasındaki hız dağılımı incelenmiştir . Matris kanalının kendi içinde daralan bölgelerde sürtünme gerilmesi malzemenin kayma akış gerilmesine yaklaşmaktadır.Bu durumda eşit,ince bir kaynama tabakası oluşabilir.Matris kanalının uzadığı bölgelerde sürtünme gerilmesi minimumdur.Ancak orada düzensiz,kalın kaynama tabakaları oluşabilir .Ve bunlar oluk oluşturan sürtünmeye ve yüzey hatalarına sebep olur .

3.3. KAYNAMA TABAKASI

Matris kanalında meydana gelen olaylar pratik açısından büyük önem taşır . İstenilen ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülüğü için optimum takım dizaynı ve matris kanalındaki kaynama, sürtünme ve aşınma konularında deneyim gerekir . Ekstrüzyon edilen blok malzemesinin matris malzemesine karşı adhezyon eğilimi vardır . Ekstrüzyon işlemi esnasında blok malzemesinin kanal yüzeyine kaynatarak oluşturduğu tabakaya kaynama tabakası tanımlamasını yaparız .Matris kanalındaki kaynama , sürtünme ve aşınma olayları çok çeşitli faktörlere bağlı olduğundan , bu değerlerin direkt ölçülmesi çok zordur ve geniş kapsamlı deneyleri gerektirir . Normal ve kayma gerilmeleri bilinmemektedir .Buna karşın ekstrüzyon sıcaklığı ve hızı , matris geometrisi , matris kanal uzunluğu , sürtünme çifti , çelik ve alüminyumun sertliği , takımın ve bloğun alaşımlama oranları bilinmektedir . LANG kayda değer çalışmasında şekil faktörü ile matris kanal sürtünmesini birbirinden ayırmıştır ve AKERET bir hesaplama yöntemine göre çıkış hızını dikkate alarak kanal yüzeyin eğim açısını ve matris kanal uzunluğunu kayma faktörüne bağlı olarak ifade etmiştir . Bu bilgilere dayanarak matris kanal yüzeyine kaynayan alüminyum tabakası , matris kanalındaki sürtünme ve matris aşınması incelenmelidir . Profil yüzey pürüzlülüğü ve matris kanal yüzeyinin şekil değiştirme bilgisi ile paralel bir matris kanalındaki olaylar incelenmiştir . Deneyler Berlin Teknik Üniversitesin de 8 MN'luk yatay ekstrüzyon presinde yapılmıştır . Önce matriste ön deneyler yapılmıştır . Nitrasyon uygulamanın leplemenin , paralel ve çapraz zımparalamanın ve matris kanal uzunluğunun (2,3 ve 5 mm) profil kalitesine olan etkisi bulunmuştur . Esas deneylerde seri ekstrüzyon yapılmıştır . Parçalı , dikdörtgen boşluklu (12*20 mm²) ekstrüzyon matrisi (şekil 3.20) kullanılmıştır . Belirli bir kullanım süresi sonrasında bu parçalar değiştirilerek matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakası ve matris aşınması ekstrüzyon sayısına bağlı olarak ifade edilmiştir . Eğik matris desteğin kullanımıyla matris plakalarının eğilmeleri önlenmiştir ve ekstrüzyon işlemi esnasında paralel bir iletim yüzeyi sağlanmıştır.Matris kanal yüzeyi ekstrüzyon yönüne dik olarak bilenip plazma nitrasyon uygulanmıştır.Kanal uzunluğu 5 mm alınmıştır . Matris plakaları 1.2344 sıcak işçeliğindedir.Deneme malzemesi olarak AlMgSi0.5 kullanılmıştır . Ekstrüzyon şartları tablo 3.2'de verilmiştir .



Şekil 3.20 Değiştirilebilir parçalı matris /13/.

- a) Değiştirilebilir matris parçaları
- b) Çok parçalı ekstrüzyon matrisi
- c) Ekstrüzyon profili

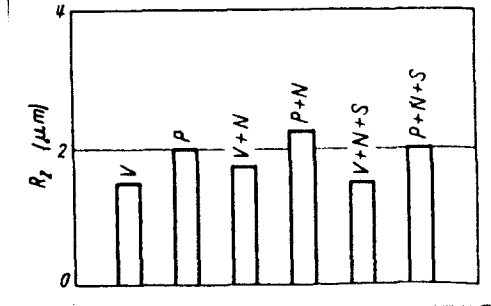
Tablo 3.2 Ekstrüzyon şartları /13/.

ŞARTLAR	DEĞERLER
<i>Ekstrüzyon yöntemi:</i>	direkt, blok üstü blok, yağlamasız
<i>Ekstrüzyon bloğu</i>	
çap:	105 mm
uzunluk:	400 mm
sıcaklık:	450 °C
<i>Alıca</i>	
çap:	110 mm
sıcaklık:	400 °C
<i>Matris</i>	
dikdörtgen:	20*12 mm
matris kanal uzunluğu:	5 mm
sıcaklık:	400 °C
<i>Ekstrüzyon şartları :</i>	40/1
<i>Profil çıkış hızı</i>	
0-55 ekstrüzyon işleminde:	25 cm/s
55-180 ekstrüzyon işleminde:	50 cm/s

Yüzey pürüzlülüğü dışında matris kanal yüzeyinin ve profil yüzeyinin dalgallığı da ölçülmüştür . Profil yüzey ölçümleri 10. ekstrüzyon işlemine kadar 7 m'de bir yapılmıştır , daha sonrakilerde her 14m'de bir , yani profilin tam ortasında ölçümler yapılmıştır . Ekstrüzyon yönünün enine yapılan pürüzlülük ölçümleri profil yüzeyinin ortasında , matris çıkışının kenarından 1.5 m ilerde ve kaynama tabakasında yapılmıştır . Yüzey ölçümlerindeki temas yüzey uzunluğu , profil üzerinde 2 mm ve matris yüzeyinde 10 mm'dir. Tesbit edilen pürüzlülük derinliği Rz DIN 4762'ye göre belirtilmiştir . Maksimum dalga derinliği Wt , en derin ve en yüksek nokta arasındaki dik uzunluktur . Matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakası , Matris/Kaynama tabakası sınır bölgesindeki eleman dağılımı ve matris aşınması aşağıdaki analiz yöntemleriyle yapılmıştır :

Elektrik mikroskobu , Elektron-Işın-Mikroanalizi (EMPA) , Röntgen-Fotoelektron spektroskopisi (XPS) ve Raster-Elektron Mikroskopisi (REM) . Profilin 30 m sonraki yüzey pürüzlülüğü ile işleme çizgileri ve matris kanalındaki yüzey tabakası arasındaki bağlantı şekil 3.21'de gösterilmiştir . Sonuçlar aşağıdaki gibidir :

- 1-Ekstrüzyon yönüne dik bilenen matris kanal yüzeyi paralel bilene göre daha kaliteli profil çıkartmaktadır .
- 2-Nitrasyon uygulanan matris yüzeyleri daha kaliteli profil üretimi sağlamaktadır .
- 3-Matris yüzeyinin leplenmesi kaliteyi arttırmaktadır .



Şekil 3.21 Matris yüzeyinin işlenmesinin, profilin (30m) yüzey pürüzlülüğüne etkisi /13/.

Matris kanalı :

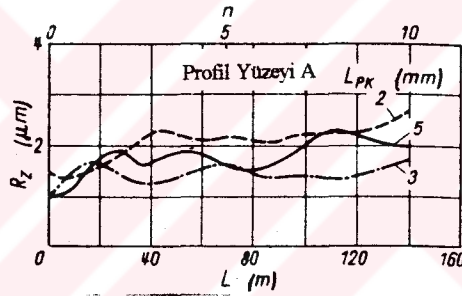
V=Ekstrüzyon yönüne dik bilenenmiş

P=Ekstrüzyon yönüne paralel bilenenmiş

N=Nitrasyon uygulanmış

S=Paladium kaplanmış

Alüminyum tabakası , nitrasyon uygulanmış matris kanal yüzeylerinde daha yavaş , nitrasyon uygulanmamış kanal yüzeylerinde ise daha hızlı oluşmaktadır . Deneyde bir matrise hem nitrasyon uygulanmış hem de matris paladium ile kaplanmıştır . Bir kaç metre profilden sonra matris kanal yüzeyinde kaynama tabakası oluşmaya başlamıştır . Bu, profilin yüzey pürüzlülüğünü belirleyen kaynama tabakası oluşumunun matris yüzey kaplanması ile etkileneceğini doğrular . Profilin yüzey pürüzlülüğü sadece matris yüzeyinin görmüş olduğu işleme bağlı olmayıp , kaynama tabakasının oluşmasına da bağlıdır. İnce, eşit kalınlıktaki bir kaynama tabakası profil kalitesi için iyidir . Şekil 3.22'de matris kanal uzunluğunun profil uzunluğuna bağlı olarak profilin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi gösterilmektedir . Çok az bir sürtünmeye rağmen , 2 mm'lik matris kanal uzunluğundan 3 ile 5 mm'lik matris kanal uzunluğuna göre daha kötü profil kalitesi elde edilmektedir .

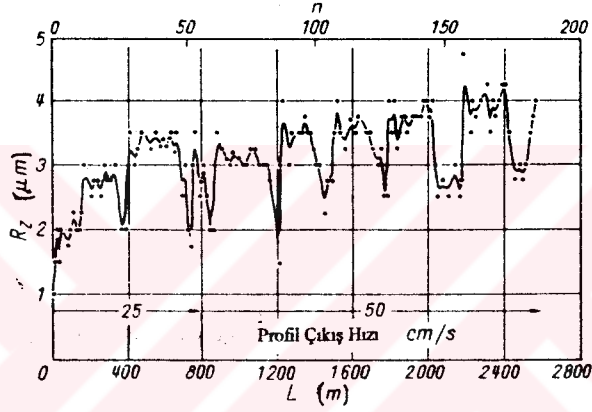


Şekil 3.22 Matris kanal uzunluğu LPK 'nin profil uzunluğu L 'ye bağlı olarak profil yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Rz) ; $n = \text{ekstrüzyon sayısı} / 13 /$.

3 ile 5 mm'lik matris kanal uzunluklarının pürüzlülük değerleri arasında çok az fark olmaktadır . 3 ile 5 mm'lik matris kanal uzunluğu kullanıldığında 10 ekstrüzyon işlemi sonrasında kanal yüzeyinin bir kısmı alüminyum tabakası ile kaplanmıştır . Buna karşın 2 mm'lik kanal uzunluğu kullanıldığında 10 ekstrüzyon işlemi sonrası tüm yüzeyin kaplandığı görülmektedir . Kaynama tabakasının oluşması aynı zamanda matris kanal uzunluğuna , sabit matris kanal uzunluğunda profil boyunca ekstrüzyon sayısına bağlıdır . Şekil 3.23'de seri ekstrüzyonda profil yüzeyi A'nın (şekil 3.20a) profil uzunluğuna yani ekstrüzyon sayısına bağlı değişimi gösterilmiştir . Yüzey pürüzlülüğünün tüm profil boyu üstünde olan etkisi aşağıdaki karakteristikleri ortaya koymaktadır :

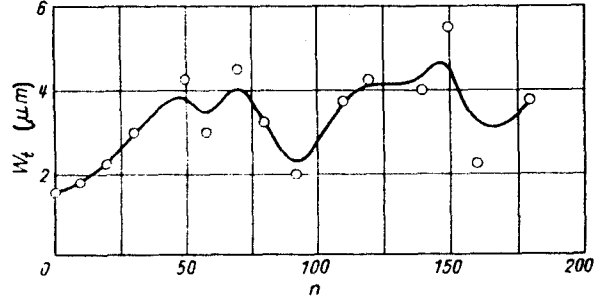
1-Artan ekstrüzyon sayısı ile profil üzerinde , önce yüzey pürüzlülüğü yüksek bir artış gösterir . Yaklaşık 60 ekstrüzyon işlemi sonrası yüzey pürüzlülüğü profil boyunca azalmaktadır . Bazı noktalardaki iniş çıkışlar dışında yüzey pürüzlülüğü sabit bir değerde kalmaktadır .

2-Tüm yüzey pürüzlülüğü eğrisi boyunca noktalar süreksiz olarak işaretlenmiştir . Özellikle 60 ekstrüzyon işleminden sonra ani duruş ve çıkışlar görülmektedir . Deney şartları sabit tutulduğundan profil yüzeyindeki pürüzlülük düşüşü matris kanalındaki bir proses ile ilgili olmalıdır .



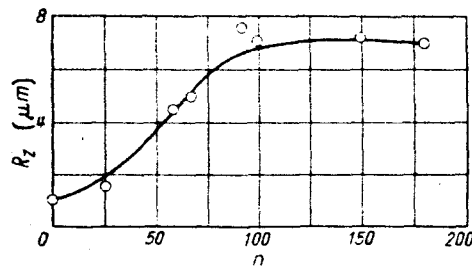
Şekil 3.23 Profil yüzey pürüzlülüğü R_z 'in profil uzunluğu L veya ekstrüzyon sayısı n 'e bağlı değişimi /13/.

Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen bir başka faktör de ekstrüzyon hızıdır . Bazı şartlar altında ekstrüzyon hızının artırılması mamül kalitesini yükseltebilir. Tablo 3.2'de görüldüğü gibi 56. ekstrüzyon sonra hız 25 cm/s (1)'den 50 cm/s (2)'ye yükseltilmiştir . Bu hız değişiminden sonra başta yüzey pürüzlülüğünde kısa bir düşüş görülmektedir . Ekstrüzyon hızının artmasından sonra (eğri 2) pürüzlülükte bir artış görülmektedir . Ancak bu artış bir önceki hızdaki yüzey pürüzlülük değerinden daha düşüktür . Dalga değerlerin incelenmesinden maksimum dalga derinliğinin ekstrüzyon sayısına bağlı olduğu tesbit edilmiştir . Şekil 3.24 genel olarak ekstrüzyon sayısı arttıkça dalga derinliği de artmaktadır . Dalga derinliğinde belirgin değişimler görülmemektedir . Değişim olduğu takdirde de yüzey pürüzlülüğün düştüğü noktalarda dalga derinliği de düşmektedir .



Şekil 3.24 Profil yüzeyinin maksimum dalga derinliği W_t 'nin ekstrüzyon sayısı n 'e göre değişimi /13/ .

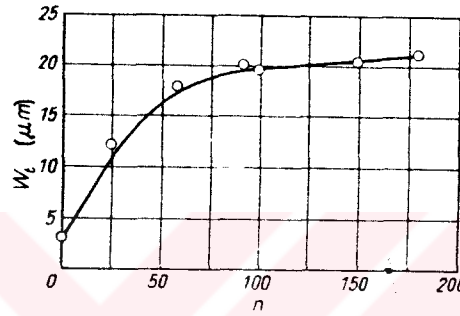
Belirlenen başka bir olay da profil yüzeyi B'deki yüzey pürüzlülüğü gelişmesinin ekstrüzyon sayısına bağlı olarak A'daki profil yüzeyine benzer bir karakteristik ortaya koymasındır . Ancak pürüzlülük değeri daha düşük olmaktadır . Bu , matris kanalındaki malzeme akışı ve akış hızı gibi faktörlere bağlı olabilir . B yüzeyinde elde edilen değerler A'dakine benzediğinden sadece A yüzeyinin sonuçları verilmiştir . Bir kaç ekstrüzyon işleminden sonra matris kanal yüzeyinde bir alüminyum tabakası oluştuğundan yapılan ölçümler , alüminyum tabakasının sonuçlarını vermektedir . Şekil 3.25'de kaynama tabakasının yüzey pürüzlülük değeri R_z 'in ekstrüzyon sayısına bağlı değişimi verilmektedir .



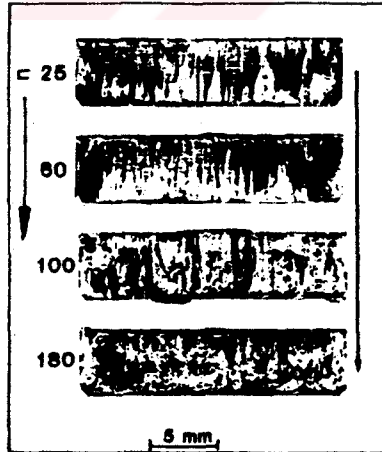
Şekil 3.25 Ekstrüzyon sayısı n 'e bağlı , kaynama tabakasının yüzey pürüzlülüğü R_z 'in değişimi /13/ .

Kaynama tabakasının yüzey pürüzlülük değeri profil yüzeyindelinden daha yüksektir. Prensip olarak profil yüzeyindeki benzer bir gelişme göstermektedir. 75.ekstrüzyon işlemine kadar matris kanal yüzeyinin pürüzlülüğü yüksek bir artış gösterip,daha sonra sabite

yakın bir değişim gösterir . Şekil 3.26'da kaynama tabakasının dalgalılığı görölmektedir . Burada da kaynama tabakasının dalga derinliği artan ekstrüzyon işlemiyle önce bir yükselme gösterir ve daha sonra sabite yakın bir değerde kalır .100 ekstrüzyon işleminden sonra dalga derinliğindeki yüksek değerler , matris aşınmasından dolayı , matris çıkışı kenarında eşit olmayan ve kalın bir kaynama tabakasının oluştuğunu gösterir . Şekil 3.27'de , farklı ekstrüzyon sayısına göre matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının görüntüleri yer almaktadır .



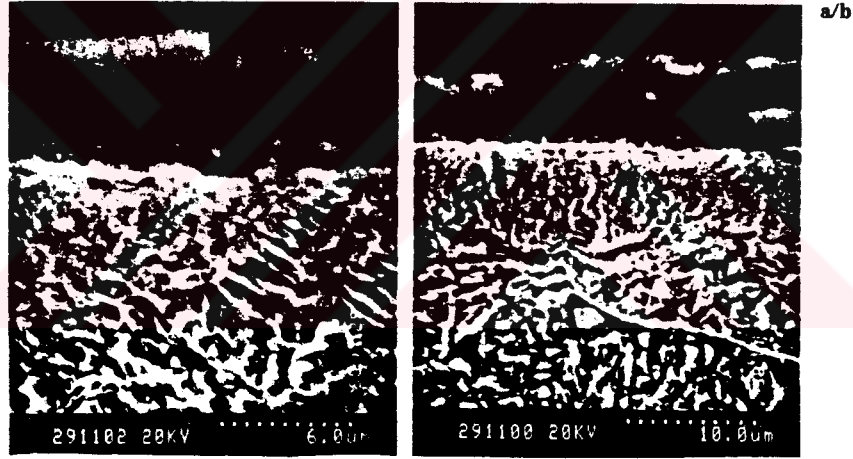
Şekil 3.26 Ekstrüzyon sayısı n'e bağlı kaynama tabakasının dalga derinliği W_t'nin değişimi /13/ .



Şekil 3.27 Çeşitli ekstrüzyon sayısından sonra matris kanal yüzeyinde oluşan kaynama kaynama tabakası (ok yönü ekstrüzyon yönüdür) /13/ .

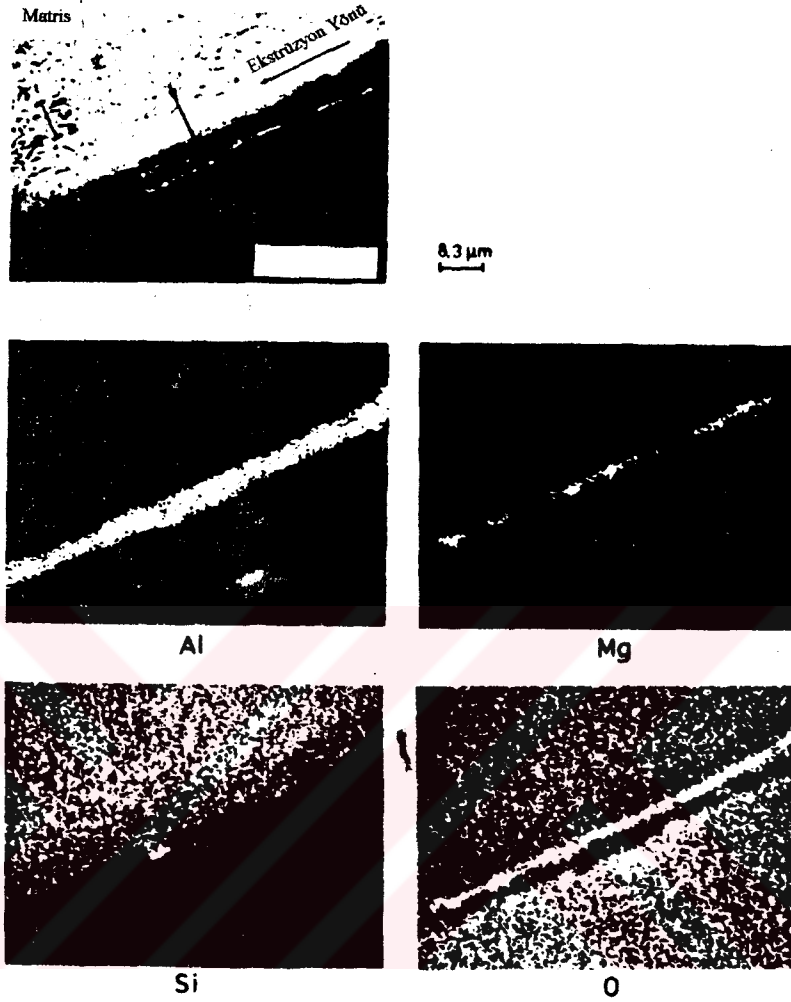
Paralel bir matris kanalında ve burda ele alınan ekstrüzyon şartlarında kaynama tabakası ,

ekstrüzyon yönüne dik olarak ve lamel şeklinde oluşmaktadır . Matris çıkış kenarında matris giriş kenarına nazaran kaynama tabakası daha belirgin oluşmaktadır . Belirlenen başka bir olay da üçgensel oluşumun lamel oluşumu tarafından kapatıldığıdır . Başta küçük parçacıklar halinde yapışan alüminyum yaklaşık 60 ekstrüzyon işleminden sonra tüm yüzeyi kaplamaktadır . Kaynama tabakasının ekstrüzyon sayısına bağlı oluşumu yüzey pürüzlülüğün oluşumuna paralellikler göstermektedir . Yaklaşık 60 ekstrüzyon işlemi sonrasında neredeyse sabit pürüzlülük değerleri elde edilmektedir . Matris kanal yüzeyinin tam olarak kaynama tabakası tarafından kaplanması sonrası pürüzlülük ve dalgalılığının artması dışında kaynama tabakasının da kalınlaştığı görülmektedir . Ekstrüzyon sayısına ve matris kanal yüzeyinin konumuna göre alüminyum tabakası farklı kalınlıklardadır (şekil 3.28) ve 6 mm değerine kadar çıkabilmektedir . Alüminyum tabakası özellikle matris aşınmasının olduğu bölgede oluşur .



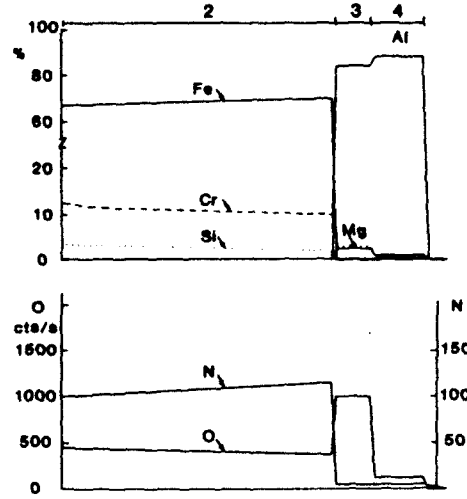
Şekil 3.28 100 (a) ve 180 (b) ekstrüzyon işleminden sonra matris kanal boyunca kaynama tabakası /13/ .

Genel olarak kaynama tabakası kanal yüzeyi girişinde çıkıştakine göre daha ince olmaktadır . Röntgen dağıtım resminde (şekil 3.29) tabakalar tek tek belirlenebilmektedir. Alaşım elemanlarının yanında ekstrüzyon malzemesinin matris/kaynama tabakasının sınırında magnezyum ve oksijen toplanması tesbit edilebilmektedir . Şekil 3.30'da matris ve kaynama tabakasındaki bazı elemanların dağılımı şematik olarak gösterilmiştir . Magnezyum ve oksijen tabakası , üzerinde oluşan alüminyum tabakası ile lokal olarak sınırlandırılmış ve belirli bir kalınlığa sahiptir .

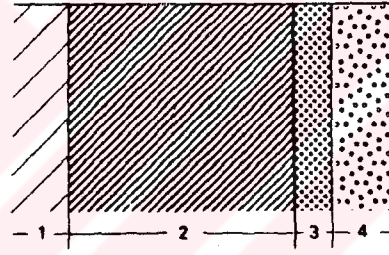


Şekil 3.29 180 ekstrüzyon işleminden sonra kaynama tabakasının röntgen dağıtım resimleri /13/.

Mg-O tabakası , üzerinde oluşan alüminyum tabakasından daha incedir , ancak ona göre daha serttir . Bu incelikteki tabakalar için yüzde ve kalınlık değerleri verilememektedir . Ekstrüzyon sonrası matris yüzeyinin yapısı şekil 3.31'de şematik olarak gösterilmiştir . Matris kanal yüzeyindeki Mg tabakasının oluşumu , bu deneyde matris bölgesindeki sıcaklık artışı sonucu deney malzemesinden püskürtülmesi olarak açıklanabilir . Bu olay bir kaç ekstrüzyon işlemi sonrasında belirlenmiştir . Ancak bu tabakanın profil kalitesi ve matris kanalındaki olaylar üzerindeki etkisi açıklanamamaktadır . Alüminyum tabakasının kaynaması ile ilgili olabilir .



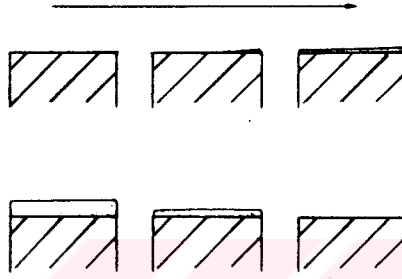
Şekil 3.30 180 ekstrüzyon işleminden sonra matris/kaynama tabakası sınırındaki şematik malzeme dağılımı /13/.



Şekil 3.31 Matris kanal yüzeyinin şematik yapısı ; 1 Ana malzeme (çelik) ; 2 Nitrasyon tabakası ; 3 Oksit tabakası (MgO) ; 4 Alüminyum tabakası /13/ .

Karbondioksitin soğutma ve temizleme etkisi ile bu tabakanın oluşumu yavaşlatılabilir . Matris kanal yüzeyinde kaynama tabakasının oluşması , çelik ve alüminyum arasında adhezyon eğilimine bağlıdır . Ekstrüzyon sıcaklığı ve ekstrüzyon hızı da matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının oluşumunu etkiler . Matris kanal yüzeyine nitrasyon uygulanarak kaynama tabakasının oluşumu geciktirilebilir ama engellenemez . Deney sonuçlarının da gösterdiği gibi stabil bir kaynama tabakasının oluşumu ve tüm kanal yüzeyini kaplaması belirli bir süre almaktadır , yani ekstrüzyon sayısına bağlıdır . Matris çıkış kenarındaki kaynama tabakasının oluşumu profil yüzeyinden sıyrılan malzeme tabakası ile oluşur . Ve bu matris çıkış kenarının daralmasına sebep olan , bu bölgede malzeme toplanması oluşur . Ekstrüzyon sayısının artması ile çıkış yönüne doğru

kaynama tabakasının oluşumu hızlandırılır . Matris kanal yüzeyinin tamamen kaplanması sonrası ekstrüzyon sayısının artması ile kaynama tabakası kalınlığı da artabilir . Ancak kalın alüminyum tabakası stabil değildir ve sürtünme gerilmesinin etkisi ile çıkan profil tarafından yerinden sökülerek dışarı atılır . Prensipde kaynama tabakasının iki türlü çözülmesi vardır : Kısmi ve tam çözülme (şekil 3.32) . Kanal yüzeyinden ince bir tabakanın mı yoksa tüm tabakanın mı kalkacağı , kaynama tabakasının dinamik dengesine bağlıdır .



Şekil 3.32 Stabil kaynama tabakasının oluşumu (üstte) kısmi veya tamamen çözülen kalın kaynama tabakası (altta) /14/ .

→ ekstrüzyon yönü

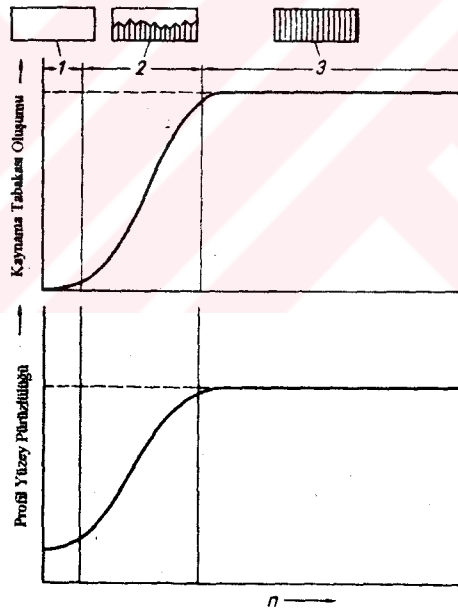
Bu durumda alüminyum tabakasının kaynama eğilimi ve tabakanın kalınlığıda önemli bir rol oynamaktadır. Eğer kaynama tabakası ile ekstrüzyon profili arasındaki sürtünme gerilmesi değeri kanal yüzeyindeki alüminyum tabakasının kaynama kuvvetinden daha küçük ise kaynama tabakasından sadece ince bir tabaka çözülebilir . Ekstrüzyon profili ile kaynama tabakası arasında yeterli temas yüzeyi mevcut ise ve sürtünme gerilmesi alüminyum tabakasının kaynama kuvvetine eşit ve daha büyük ise , o zaman tüm tabakanın çözülmesi mümkün olur . Kaynama tabakasının oluşum ve çözülme prosesi bir kaç ekstrüzyon işlemi sonrası sürekli tekrarlanabilmektedir . Bunun yanında çözülme sonrası halen sert ince (MgO) bir tabakanın kalması sözkonusudur . Bu tabakanın var oluşu alüminyum tabakasının oluşmasını ve gelişmesini sağlayabilir . Sadece kısa bir süre için kanal yüzeyi alüminyum tabakasından kurtulmuş olur . Profil yüzeyin pürüzlülüğünü kaynama tabakasına bağlı düşünecek olursak , tüm profil boyunca profil kalitesinin aynı olmasını bekleyemeyiz . Kaynama tabakasının çözülmesi , ekstrüzyon hatalarına bile sebep olur . Deney sonuçlarına bakılarak profil kalitesinin büyük ölçüde matris

kanalındaki kaynama tabakasına bağılı olduğu söylenebilir . Şekil 3.33'de şematik olarak gösterildiği gibi profilin yüzey pürüzlülüğü ile kanal yüzeyindeki kaynama tabakası arasında bir ilişki vardır . Aşağıda bu ilişki açıklanmıştır :

-1 no'lu bölgede kanal yüzeyine kaynayan alüminyum olmadığı düşünülebilir . Profil yüzey pürüzlülüğü sadece kanal yüzeyinin çıkış pürüzlülüğü ile belirlenir .

-Artan ekstrüzyon sayısı ile matris kanalı yüzeyinde az veya çok kalın bir alüminyum tabakası oluşur. Kaynama tabakası , yapılaştığı süre içinde tüm yüzey tamamen kaplanana kadar ekstrüzyon sayısının artması ile profilin yüzey pürüzlülük değeri yüksek bir artış gösterir (2 no'lu bölge) .

-Belili ekstrüzyon sayısından sonra tüm yüzey kaplanır (3 no'lu bölge) ve pürüzlülük değeri bu noktadan sonra sabite yakın bir değer alır .



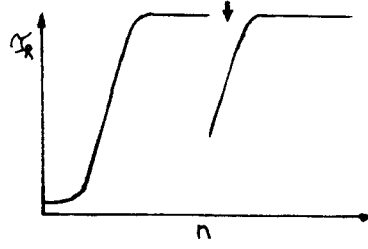
Şekil 3.33 Ekstrüzyon sayısı n 'e bağılı olarak kaynama tabakası oluşumu (üstte) ile yüzey pürüzlülüğü (altta) arasındaki ilişki /14/ .

Alüminyum kaynama tabakasının oluşumu ve tüm yüzeyi kaplaması esnasında kaynama tabakasından belirli kopmalar olabilir . Bunun dışında matris yüzeyinin kaplanması , matris dizaynı , kısa ve uzun matris kanal uzunlukları bu geçiş bölgelerini etkiler . Tüm kanal yüzeyinin kaplanması sonrası tüm profil boyunca sabite yakın bir yüzey

pürüzlülüğü vardır ve kaynama tabakasının kalınlığı pürüzlülük değerinin boyutuna etki eder . Kaynama tabakasının kısmi çözülmesi ve tekrar kalınlaşmasıyla alüminyum tabakası farklı kalınlıklarda olabilir . Az da olsa profil boyunca farklı yüzey pürüzlülük değerleri oluşabilir . Buna karşın kaynama tabakası tamamen çözüldüğü zaman yüzey pürüzlülük değeri ani bir düşüş gösterir ve yeni tabaka oluşup tüm yüzeyi kapladığında aynı seviyeye geri çıkar . Kaynama tabakasının mukavemetine bağlı olarak , kaynama tabakasının çözülmesi ve yeniden oluşması belirli bir ekstrüzyon periyodunda olur . Bunun sonucu profilin yüzey pürüzlülüğünde tüm profil boyunca periyodik değişimler görülür (şekil 3.23) . Matris kanalındaki sürtünmenin toplam ekstrüzyon kuvvetine olan etkisi düşük olduğundan , bu deneylerdeki ekstrüzyon kuvveti diyagramlarında da , ekstrüzyon sayısının artmasına rağmen , ekstrüzyon kuvvetinde artış görülmemiştir . Ekstrüzyon kuvvetinde olan bu ufak artışlar daha çok sıcaklık artışını sağlamıştır ve seri ekstrüzyon işleminde bu sıcaklıklar sabit tutulamamıştır . Burada matris kanalındaki sürtünmeden oluşan kuvvet artışı , tespit edilememesine karşın , paralel bir matris kanalında kaynama tabakası ve yüzey pürüzlülüğü bilgisiyle kanaldaki sürtünme olayları tarif edilebilir . Şekil 3.34'de görüldüğü gibi profilin yüzey pürüzlülüğünün matris kanalındaki sürtünmeye bağlı olduğunu düşünürsek , matris kanalındaki sürtünme gerilmesinin değişimi kaynama tabakasının oluşumuna ve ekstrüzyon sayısına bağlı olarak tarif edilebilir . Matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının oluşması ile matris kanalındaki sürtünme arasındaki ilişki aşağıda açıklanmıştır :

-1. bölgede matris kanal yüzeyine kaynayan alüminyum tabakası yoktur . Bu durumda ekstrüzyon başlangıcında matris kanalında alüminyum tabakası yokken , alüminyum ile matris arasında kanal yüzeyi boyunca bir kayma hareketinin olduğunu düşünebiliriz . Bu durum ilk kaynama tabakasının oluşmasına kadar devam eder . Sürtünme gerilmesi çok küçük değerde olabilir . Profilin termik değişimi ve plastik uzaması sonucu matris kanal yüzeyi ile profil arasındaki temas yüzeyi kısmen kaybolabilir .

-2. bölgede kanal yüzeyi kısmen alüminyum tabakası ile kaplıdır ve burada kayma sürtünmesi olabileceği gibi kaynama sürtünmesi de olabilir . Artan ekstrüzyon sayısı ile oluşan kaynama tabakasının kalınlığı ve sürtünmesi artar , bu da matris kanalında sürtünme gerilmesinin yükselmesine sebep olur . Bu geçiş bölgesi matris kanalın tüm yüzeyi alüminyum tabakası ile kaplanana kadar sürer .



Şekil 3.35 Kaynama tabakası çözülmesinin sürtünme gerilmesi Z_r 'ye etkisi ;
n ekstrüzyon sayısı ; ↓ kaynama tabakasının çözülmesi /14/ .

Kaynama tabakasının tekrar oluşması ile sürtünme gerilmesi tekrar artar ve çözülmeden önceki değere kadar yükselir. Deney yüzeyindeki aşınma partiküllerin veya oksit tabakasının uzaklaştırılması ile sürtünme gerilmesinde bir düşüş sağlanır . Alüminyum kaynama tabakası ile profilin yüzey kalitesi arasında bir ilişki vardır . Ekstrüzyon sayısına bağlı olan matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının büyüklüğü hem profil hem de matris kanalındaki sürtünme olayına etki eder . Profilin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen kaynama tabakası paralel bir matris kanalında hem kayna hem de kaynama sürtünmesi yapabilir . Tüm matris kanal yüzeyi , alüminyum tabakası ile kaplı olduğu zaman profil boyunca yüzey pürüzlülük değerleri sabite yakın bir değerde kalmaktadır . Buna karşın kaynama tabakasının oluşması ve çözülmesi olaylarından dolayı sürtünme gerilmesi değeri sabit kalmamaktadır . Bunun yanında profilin yüzey pürüzlülüğü de etkilenmektedir . Kaynama tabakasının oluşması gibi matris aşınması da matris çıkış yüzeyinde başlamaktadır ve ekstrüzyon yönünün tersi doğrultusunda gelişir . Matris kanal yüzeyinde morfolojik araştırmalar ve matris kanalındaki sürtünme gerilmesi sonucu , matris kanalındaki adhezif matris aşınması tesbit edilmiştir . Matris kanalındaki aşınmada olduğu gibi matris kanalındaki sürtünme de matrisin dizaynına ve kaplanmasına bağlıdır /13/14/.

3.4. MATRİS KANAL UZUNLUĞUNUN SÜRTÜNMEYE ETKİSİ

Ekstrüzyon yöntemi ile şekillendirmede bütün takımlardaki sürtünme oldukça önemlidir . Bu takımlardan matrisin kanal uzunluğunun sürtünmeye ve ekstrüzyon kuvvetine etkisinin bilinmesi gerekmektedir . Bu amaçla bir çok araştırmalar yapılmıştır . Etkileri belirlemek

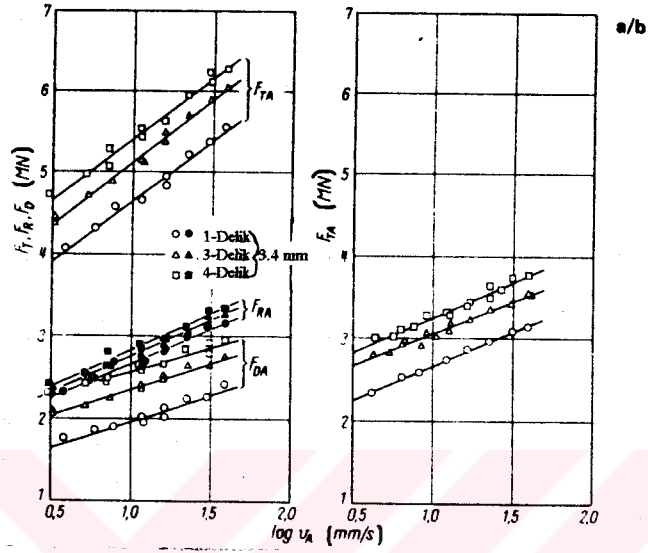
için LANG direkt ve endirekt ekstrüzyon yöntemlerini belirli parametrelerle karşılaştırmış . Bir imalat hanede saf Al99.6 dan 123 mm çapında ve 1550 mm boyunda bloklar dökülmüştür . Kimyasal bileşimi (% miktarı olarak) : Fe 0.18-0.21 arası ; Si 0.05-0.09 arası ; Cu < 0.01-0.03 ; Mn < 0.01 ; Mg < 0.01 ; Zn 0.02-0.03 arası alınmıştır . Dökülmüş bloklar 500 mm'lik boylarda kesilip 9 MN'luk ekstrüzyon presinde direkt ve endirekt ekstrüzyon yöntemine göre basılmışlardır . Bloklar endüksiyon fırınlarında tavllanmışlardır . Blok sıcaklığı sabit 460°C alınmıştır . Alıcı sıcaklığı 440°C'da sabit tutulmuştur . İstampa hızı 1-40 mm/s arasında alınmıştır . 3.4 mm'lik (artan kanal yüzeyleri ile) sabit matris kanal uzunluğu , aynı takımlar ile her iki yöntem için kullanılmıştır . İlk denemelerden sonra bu çok delikli matrislerin kanal uzunlukları 2mm'ye (3 delikli) ve 1.4 mm'ye (6 delikli) erezyon yöntemi ile indirilmiştir . Böylece bütün takımlardaki kanal yüzeyi aynı olmuştur . Kullanılan çubuk profillerin çapları 22.05 mm (tek deliklide) , 12.73 mm (üç deliklide) ve 9.00 mm (altı deliklide) alınmıştır . Bütün takımların çubuk profil çapları öyle seçilmiştir ki 130 mm'lik alıcı çapında ekstrüzyon oranı sabit 34.8 kalmıştır . Her iki yöntemde göre yapılan deneyler sonucu maksimum ekstrüzyon kuvvetleri ile otomatik olarak okunan ıstampa hızları arasında şöyle bir bağıntı oluşmuştur :

$$F_i = a + b \cdot \log V_A \quad (3.15)$$

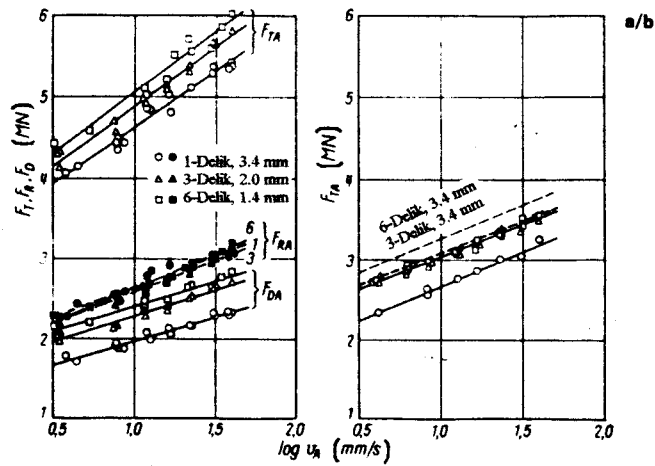
Bu doğrular şekil 3.36 ve 3.37'de gösterilmiştir . Direkt ekstrüzyon için $F_T = F_R + F_D$ (F_T toplam kuvvet , F_R alıcıdaki sürtünme kuvveti ve F_D şekil değiştirme kuvveti) alınmıştır . Deneylerde ölçülen kuvvetler şekil 3.36 ve 3.37'de gösterilmiştir . Tablo 3.3 ve 3.4'de (3.15) no'lu eşitlikte kullanılan a ve b değerleri verilmiştir . Kullanılan takım başına 11-16 ekstrüzyon işlemi yapılmıştır . Bütün ekstrüzyon parametreleri sabit tutulduğunda kuvvet artışının sebebi kanaldaki sürtünme ve şekil faktörü olarak kabul edilmiştir . Delik sayısının ve deliklerin matris üzerine yerleştirilmesinin kuvvet artışı üzerinde bu durumda pek etkisi olmaz . Direkt ve endirekt ekstrüzyonda aynı alıcı , aynı takımlar ve aynı deney şartlarında bloklar basıldığında aşağıdaki değerler sabit olarak alınabilir .

- Alıcı gömleği ile blok yüzeyi arasındaki sürtünme
- Ölü bölgelerdeki (direkt) ve takım yüzeyindeki sürtünme (endirekt)

-Ölçümler aynı olduğundan ön levhadaki (direkt) ve takım tutucusundaki sürtünme (endirekt)



Şekil 3.36 Ekstrüzyon kuvvetlerinin ıstampa hızının logaritmasına bağlı değişimleri ; kanal yüzeyi artmakta (sabit kanal uzunluğu) /6/.
a) Direkt ekstrüzyon , b) Endirekt ekstrüzyon



Şekil 3.37 Ekstrüzyon kuvvetlerinin ıstampa hızının logaritmasına bağlı değişimleri ; kanal yüzeyi sabit (kanal uzunluğu artmakta) /6/.
a) Direkt ekstrüzyon , b) Endirekt ekstrüzyon

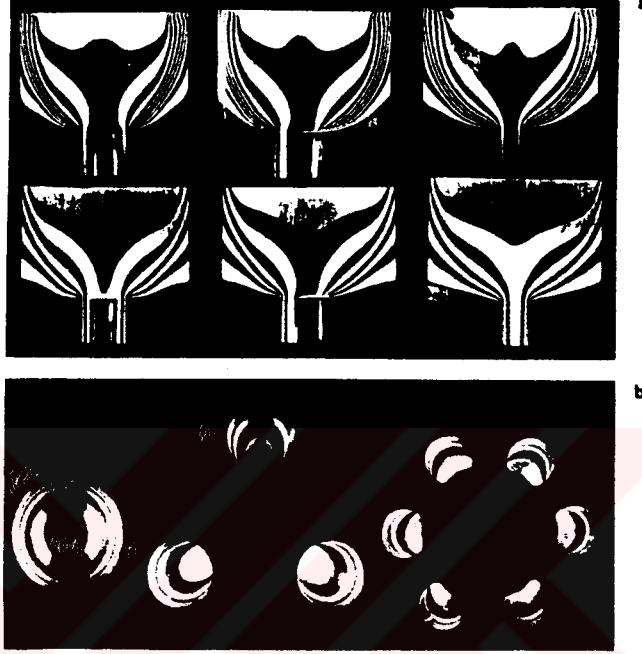
Tablo 3.3 Sabit kanal uzunluğu $L_{PK} = 3.4$ mm'de direkt ve endirekt ekstrüzyonda ölçüm sonuçları /6/.

	<i>Tek delik</i>		<i>Üç delik</i>		<i>Altı delik</i>	
	ø 22.05 mm		3*ø 12.73 mm		6*ø 9.00 mm	
	a	b	a	b	a	b
<i>Direkt ekstrüzyon</i>						
F_T (MN)	3.17	1.46	3.59	1.52	3.94	1.47
F_R (MN)	1.83	0.83	1.86	0.89	1.95	0.88
F_D (MN)	1.34	0.63	1.73	0.63	1.99	0.59
<i>Endirekt ekstrüzyon</i>						
F_T (MN)	1.83	0.83	2.28	0.77	2.41	0.84

Tablo 3.4 Azalan kanal uzunluğu ile direkt ve endirekt ekstrüzyonda ölçüm sonuçları (tek delik: 3.4 mm , üç delik: 2.0 mm , altı delik: 1.4 mm) /6/ .

	<i>Tek delik</i>		<i>Üç delik</i>		<i>Altı delik</i>	
	ø 22.05 mm		3*ø 12.73 mm		6*ø 9.00 mm	
	a	b	a	b	a	b
<i>Direkt ekstrüzyon</i>						
F_T (MN)	3.17	1.46	3.43	1.44	3.58	1.47
F_R (MN)	1.83	0.83	1.80	0.79	1.78	0.84
F_D (MN)	1.34	0.63	1.63	0.65	1.79	0.62
<i>Endirekt ekstrüzyon</i>						
F_T (MN)	1.83	0.83	2.21	0.79	2.23	0.79

Şekil 3.38 ve 3.39'da direkt ve endirekt ekstrüzyonda akış çizgilerinin oluşumu gösterilmiştir . Buna karşın ilk deneme sırasında matris kanallarındaki sürtünme her iki yöntem içinde farklı çıkmaktadır .



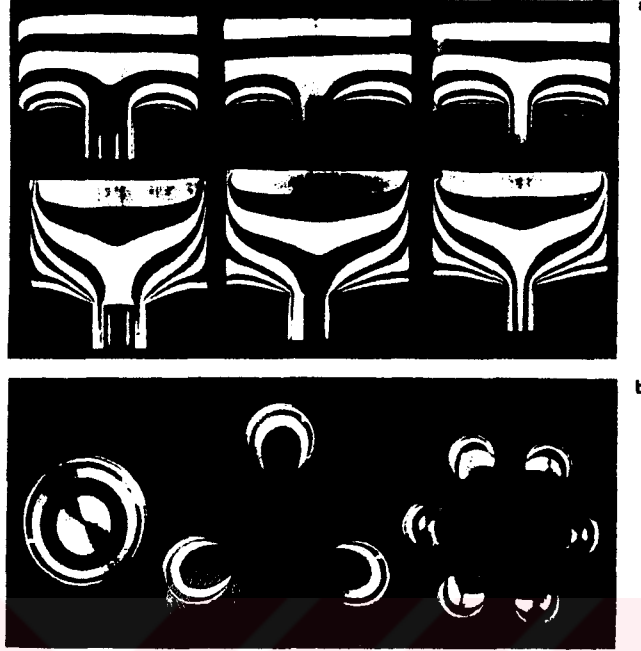
Şekil 3.38 3.4 mm kanal uzunluğuna sahip profillerin direkt ekstrüzyonunda akış çizgileri oluşumu /6/ .

a) Üstte: Bloğun %30'u basılmıştır

Altta : Arta kalan blok (arta kalan blok ekstrüzyon yönünde dışarı atılmıştır)

b) Profil kesitleri (ay oluşumu)

Çünkü sabit kanal uzunluğu ve sabit ekstrüzyon şartları karşısında delik sayısı arttığından kanal yüzeyide artmıştır . Akış sınırının oluşumu sonucu güç kaybı sabit kabul edilebilir (şekil 3.40a-d) . Ölçülen sürtünme kuvveti matris kanalındaki sürtünmenin fonksiyonu olmak zorundadır . Bu demektirki F_{FK} , F_R sürtünme kuvvetlerinin farkına eşittir . Sabit ve azalan matris kanal uzunluklarındaki kuvvet farkı artan kanal yüzeyinden kaynaklanmaktadır . Bunun için , azalan kanal uzunluklarda kuvvet daha küçük olmaktadır (şekil 3.37a) .



Şekil 3.39 3.4 mm kanal uzunluğuna sahip profillerin indirekt ekstrüzyonunda akış çizgileri oluşumu /6/ .

a) Üstte: Bloğun %30'u basılmıştır (arta kalan blok ekstrüzyon yönünde dışarı atılmıştır)

Altta: Arta kalan blok ekstrüzyon yönünün tersi doğrultusunda dışarı atılmıştır

b) Profil kesitleri (ay oluşumu)

Kayma gerilmesi yardımı ile sürtünme kuvvetini hesaplamak için SIEBEL-FANGMEIER formülü kullanılır .

$$F_T = A_0 \cdot \ln R \cdot k_f / \eta_f + \pi \cdot D \cdot L \cdot \mu \cdot k_f \quad (3.16)$$

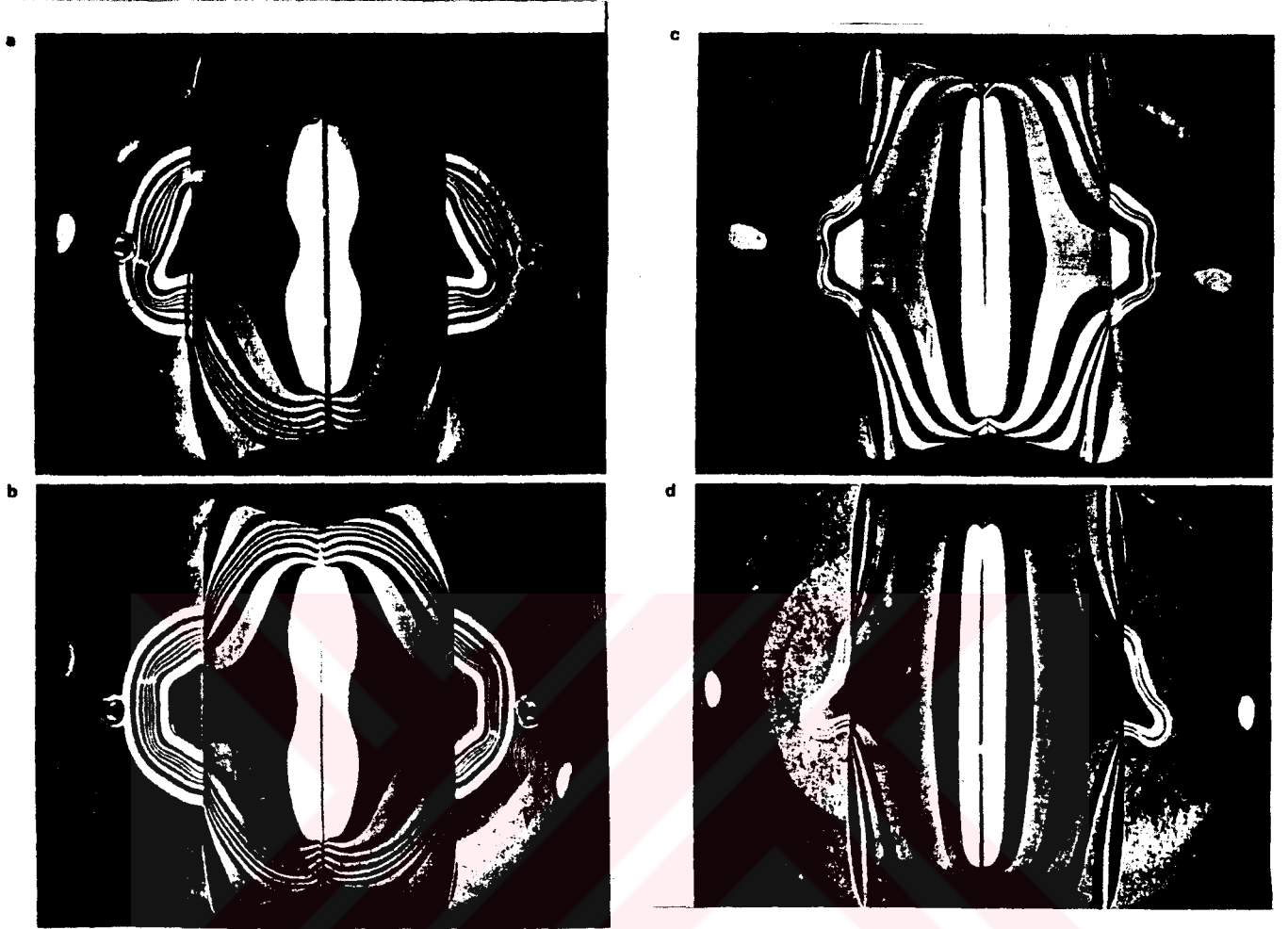
$R = A_0 / A_1$, $D =$ Alıcı çapı

$\mu =$ sürtünme katsayısı

$k_f =$ akma gerilmesi

$\eta_f =$ şekil değiştirme verimi

$L =$ blok uzunluğu



Şekil 3.40 Ortadan kesilmiş arta kalan bloklarda malzeme akışı /6/ .

- a) Direkt ekstrüzyonda üç delikli takımda malzeme akışı
- b) Direkt ekstrüzyonda altı delikli takımda malzeme akışı
- c) Endirekt ekstrüzyonda üç delikli takımda malzeme akışı
- d) Endirekt ekstrüzyonda altı delikli takımda malzeme akışı

$\mu \cdot k_f = \mathfrak{Z}$ 'dur ve böylece $\mathfrak{Z} = F_R / (\pi \cdot D \cdot L)$ olur . Bu değer \mathfrak{Z}_{max} 'ı ifade ettiğinden

$\mathfrak{Z}_{max} = k_f / \sqrt{3}$ den k_f 'de hesaplanabilir . $V_A = 10$ mm/s için alıcıdaki kayma gerilmesi \mathfrak{Z} 'yı hesaplırsak aşağıdaki yaklaşım formülünü buluruz :

$$F_{PK} \equiv A_{PK} \cdot \mathfrak{Z} \cdot R$$

(3.17)

Bu değerler sürtünme kuvvet farklarıyla da çok yakın değerler vermektedir .Tablo 3.5'de ölçülen ve hesaplanan sürtünme kuvvetleri karılatırılmıtır. Şekil değiştirme direnci k_w ($k_w = k_f/\eta_f$) (3.18) no'lu eşitlikten hesaplanmıştır .

$$k_w = F_{D,T}/(A_0 \cdot \varphi) \quad (3.18)$$

$$\varphi = \ln A_0/A_1$$

A_0 = alıcı kesiti

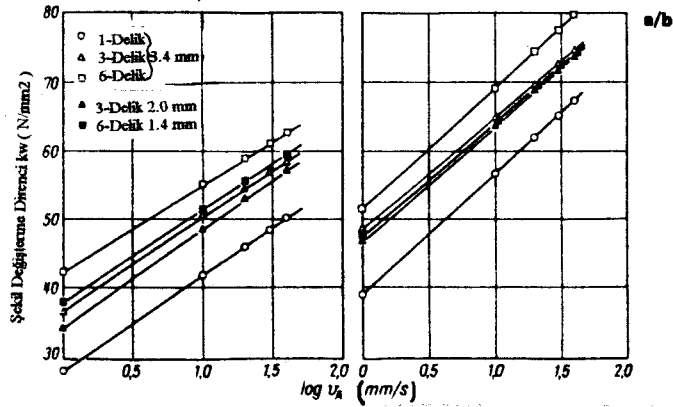
A_1 = profil kesiti

V_A = ıtmapa hızı

ıtmapa hızına bağlı değişimini her iki yöntem içinde Şekil 3.41'de verilmiştir .

Tablo 3.5 llen ve hesaplanan sürtünme kuvvetleri ($V_A = 10 \text{ mm/s}, L_{PK} = 3.4 \text{ mm}$) /6/.

FPK	llen değerler (kN)	(3.17) no'lu eşitlikten hesaplanan değerler (kN)
$\Delta 1/3$	90	94
$\Delta 1/6$	170	192
$\Delta 3/6$	80	98

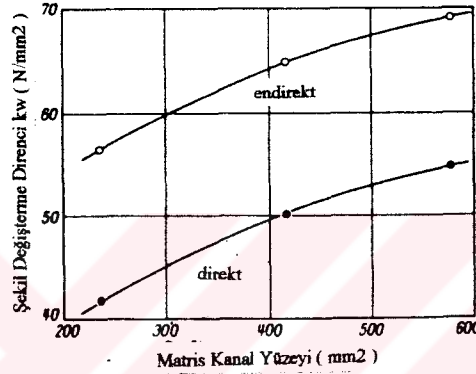


Şekil 3.41 Sabit ve artan kanal yüzeyinde Şekil değiştirme direnci k_w 'nin ıtmapa hızının logaritmasına bağlı değişimini /6/ .

a) Direkt ekstrüzyon b) Endirekt ekstrüzyon

Matris kanal uzunluğu arttıkça Şekil değiştirme direnci de artmaktadır (Şekil 3.42) .

10-40 mm/s ıstampa hızlarında , sabit kanal uzunluklarında veya sabit kanal yüzeylerinde metalin akışını sağlamak için endirekt ekstrüzyonda direkt ekstrüzyondakinin 1.3 katı kuvvete ihtiyaç duyulur . Bundan dolayı endirekt ekstrüzyonda Şekil değiştirme kuvveti direkt ekstrüzyondakinin 1.3 katı olmaktadır . Ancak sürtünmeyi de hesaba katacak olursak direkt ekstrüzyondaki toplam kuvvet endirekt ekstrüzyondakinin 1.69 katı olmaktadır .



Şekil 3.42 Direkt ve endirekt ekstrüzyonda matris kanal yüzeyinin büyüklüğüne bağlı olarak Şekil değiştirme direncinin deęiŐimini ($V_A = 10 \text{ mm/s}$) /6/ .

Sürtünme kuvveti yerine takıma etki eden kuvvetleri kıyaslayacak olursak (F_D direkt , F_T endirekt) , o zaman $V_A = 10 \text{ mm/s}$ 'de sürtünme kuvvetinde benzer Şartlar görölür (tablo 3.6) . Şekil değiştirme kuvvetlerin farkından sabit kanal uzunluğunda $f_{1/3}$, $f_{1/6}$ ve $f_{3/6}$ faktörlerinden $f_F \cdot f_{PK}$ hesaplanırsa (Şekil ve kanal uzunluğu deęiŐiminde her iki faktörde içinde bulunmaktadır ve f_F Şekil faktörüdür) ve kısalan kanal değerlerinden f_F hesaplanırsa ($f_{PK} = 1$ çünkü her üç takımda da aynı) o zaman tablo 3.7'deki faktörler ortaya çıkar .

$$F_{PK} \cong f_{PK} \cdot F_D$$

geçerli olduğundan (yani $f_{PK} \cdot F_T$) $V_A = 10 \text{ mm/s}$ ve $L_{PK} = 3.4 \text{ mm}$ için tablo 3.8'deki değerler hesaplanmıştır .

Tablo 3.6 Direkt ve endirekt ekstrüzyondaki kuvvet farklarının karşılaştırılması /6/ .

	kuvvet farkı LPK sabit (MN)	kuvvet farkı LPK azalan (MN)
Direkt ekstrüzyonda		
$\Delta 1/3$	0.39	0.31
$\Delta 1/6$	0.61	0.44
$\Delta 3/6$	0.22	0.13
Endirekt ekstrüzyonda		
$\Delta 1/3$	0.39	0.34
$\Delta 1/6$	0.59	0.36
$\Delta 3/6$	0.20	0.02

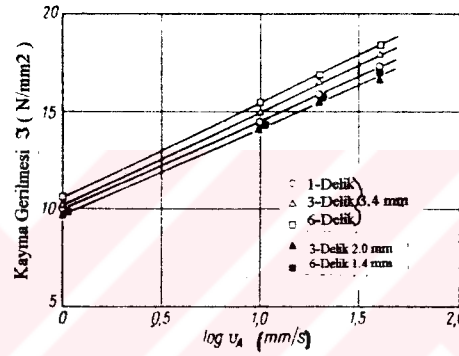
Tablo3.7 Matriste şekil faktörü f_r (tek delikliden çok delikli matrise hesaplama) ve sürtünme faktörü f_{PK} /6/ .

	f_r	f_{PK}
$V_A = 10 \text{ mm/s}$		
Direkt (F_D)	1.16	1.03
Endirekt (F_T)	1.13-1.14	1.05
$V_A = 40 \text{ mm/s}$		
Direkt (F_D)	1.15-1.19	1.03
Endirekt (F_T)	1.10	1.05

Tablo 3.8 Üç ve altı delikli matrisler için ekstrüzyon kuvvetleri /6/ .

	Direkt ekstrüzyonda toplam kuvvet (kN)	Şekil değiştirme kuvveti (kN)	Endirekt ekstrüzyonda şekil değiştirme kuvveti (kN)
Üç delik	153	71	153
Altı delik	162	71	163

Değerler kayma gerilmesi ile belirtilen değerlerden daha büyük ancak çeşitli kanal uzunluğundaki sürtünme kuvvetinin büyüklüklerine uygundur. Matris kanalındaki kayma gerilmesi alıcıdaki kayma gerilmesinden daha büyük olmaktadır. Her iki çözüm yöntemi bize toplam kuvvet değerlerinde benzer neticeler vermektedir. Salt şekil değiştirme kuvveti direkt ekstrüzyonda daha düşük değerler vermektedir. Bu bize alıcıdaki sürtünmeyi de hesaba katmamız gerektiğini göstermektedir. Kayma gerilmesi τ ile $\log V_A$ arasındaki ilişki şekil 3.43'de gösterilmiştir ve burada matris kanal yüzeyinin etkisi net olarak görülmektedir.



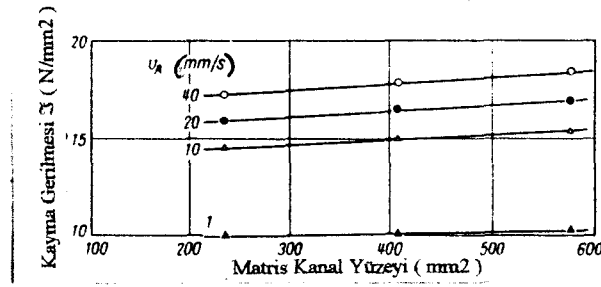
Şekil 3.43 Artan ve sabit kanal yüzeyde alıcıdaki kayma gerilmesinin ıstampa hızının logaritması ile değişimi (direkt ekstrüzyonda) /6/.

$V_A = 10$ mm/s ve $L_{PK} = 3.4$ mm için τ 14.5 N/mm² (tek delik), 15 N/mm² (üç delik) 15.5 N/mm² (altı delik) hesaplanır. Çeşitli ekstrüzyon hızlarında τ ile kanal yüzeyi arasındaki ilişki azalmıştır (şekil 3.44). Her hız için $L_{PK} = 3.4$ mm ve direkt ekstrüzyonda şekil 3.45'deki kayma gerilmesi ile şekil değiştirme direnci arasındaki ilişki gösterilmiştir:

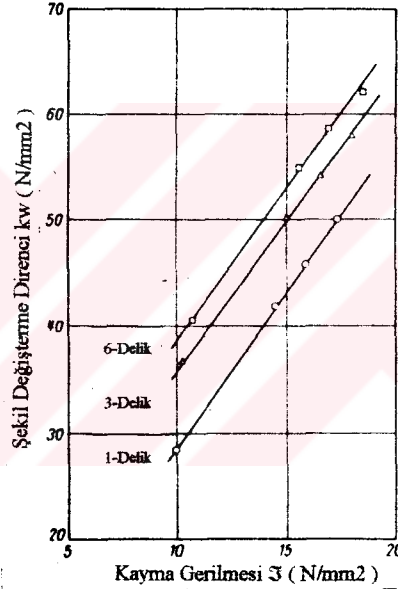
$$k_w (\text{tek delik}) = 3.0 \cdot \tau - 1.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$k_w (\text{üç delik}) = 2.8 \cdot \tau + 8.6 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.19)$$

$$k_w (\text{altı delik}) = 2.6 \cdot \tau + 14.3 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

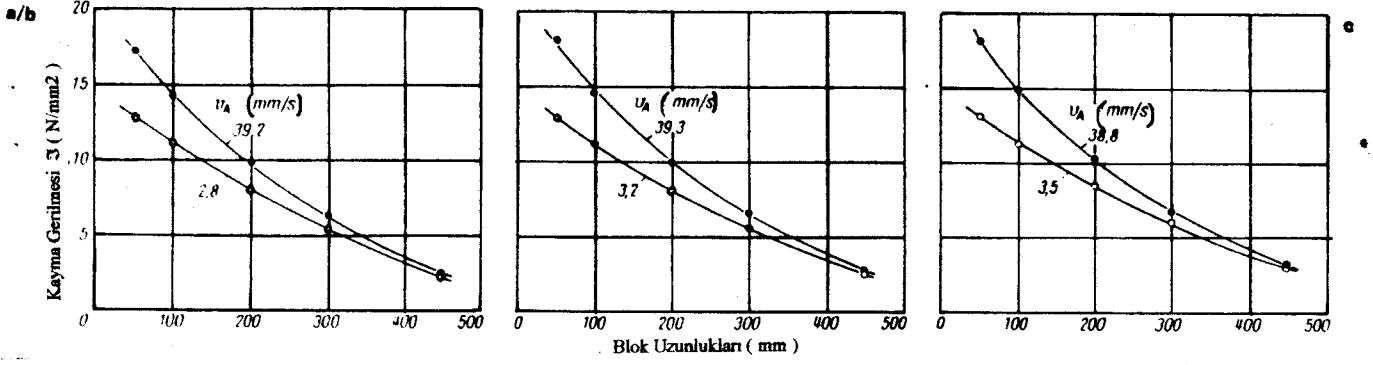


Şekil 3.44 Çeşitli ıstampa hızlarında alıcındaki kayma gerilmesi ile matris kanal yüzeyi arasındaki ilişki ($L_{PK} = 3.4 \text{ mm}$) /6/ .



Şekil 3.45 Çeşitli takımlarda şekil değiştirme direnci k_w ile alıcındaki kayma gerilmesi arasındaki ilişki ($V_A = 1-40 \text{ mm/s}$; direkt ekstrüzyonda ; L_{PK} değişken) /6/ .

Kayma gerilmesi blok boyunca sabit kaldığını söylediğimiz için , bu her üç takımında da kontrol edilmiştir (şekil 3.46a-c) . Bu sonuçlar bize FİSTER'in sabit kayma gerilmesi $\bar{\gamma}$ 'nin kullanımı ile , formüllerin ancak kaba bir ortalama değeri verdiğini gösterir . Kayma gerilmesi $\bar{\gamma}_{max}$ örneğin $V_A = 10 \text{ mm/s}$ 'de bütün takımlarda yaklaşık olarak aynı büyüklüktedir ($14.5 \text{ N/mm}^2 - 15.5 \text{ N/mm}^2$) . Böylece fazla hata yapmadan $\bar{\gamma} = 15 \text{ N/mm}^2$ değeri ve (3.19) no'lu denklemle şekil değiştirme direnci hesaplanabilir .



Şekil 3.46 Alıcıdaki kayma gerilmesinin blok boyunca değişimi ($L_{FK} = 3.4$ mm) /6/ .

- a) Tek delikli takımda
- b) Üç delikli takımda
- c) Altı delikli takımda

Bütün takımalar için yaklaşım olarak $k_w/\ln A_{FK}$ kullanılırsa o zaman bu yaklaşımın sabit kaldığı görülür , örneğin buradaki direkt ekstrüzyon için 8.2 ± 0.3 civarındadır . Böylelikle ,

$$k_w = F_D / (A_0 \cdot \ln R) = 8.2 \ln A_{FK}$$

ve F_D tek delikli takım için ,

$$F_D \cong 0.39 \ln A_{FK} \quad (3.20)$$

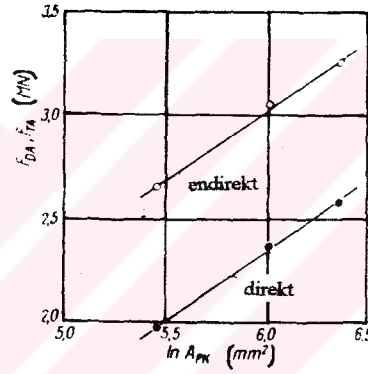
Bu aynı zamanda endirekt ekstrüzyon içinde geçerlidir , orada yaklaşım 10.7 ± 0.3 civarındadır . Böylelikle ,

$$F_T \cong 0.50 \ln A_{FK} \quad (3.21)$$

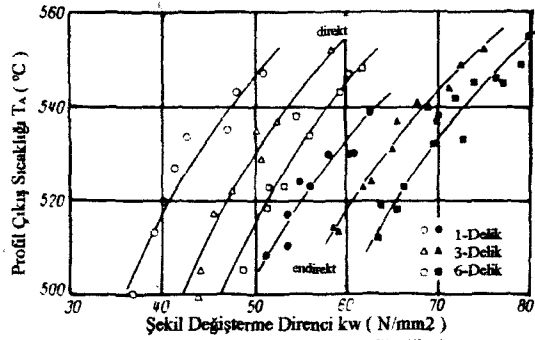
Şekil 3.47'de şekil değiştirme kuvveti ile bu ilişki gösterilmiştir . Kuvvetlerin yükselmesi matris kanal yüzeyi F_{PK} 'nın birimi olduğundan her iki yöntem için şu ilişki geçerlidir :

$$F_{PK} \equiv a \cdot \ln \Delta A_{PK} - b \quad (3.22)$$

Burada a ve b sabittir. Profil çıkış sıcaklığı çift renkli enfraruj pyrometresi ile ölçülmüştür. Şekil değiştirme direnci k_w ile profil çıkış sıcaklığı arasında şekil 3.48'de görüldüğü gibi bir ilişki vardır .



Şekil 3.47 Şekil değiştirme kuvveti F_D (direkt ekstrüzyon) ve F_T 'nin (endirekt ekstrüzyon) matris kanal yüzeyinin logaritması ile değişimi ($L_{PK} = 3.4 \text{ mm}$) /6/ .

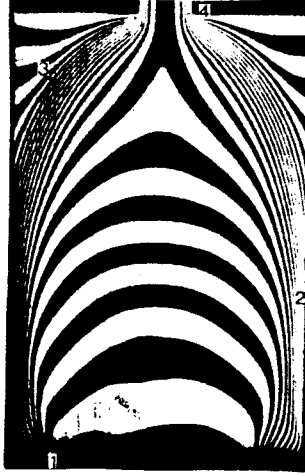


Şekil 3.48 Direkt ve endirekt ekstrüzyonda k_w ile T_A arasındaki ilişki ($L_{PK} = 3.4 \text{ mm}$) /6/ .

Direkt ve endirekt ekstrüzyonda her üç profil içinde çıkış sıcaklığı aynıdır . 10-15 mm/s'lik ekstrüzyon hızından sonra direkt ekstrüzyondaki çıkış sıcaklığı biraz daha yüksektir . Direkt ve endirekt ekstrüzyondaki ekstrüzyon kuvvetleri karşılaştırılarak matris kanal uzunluğunun sürtünmeye ve kuvvet artışına olan etkisi incelenmiştir . Endirekt ekstrüzyonda şekil değiştirme kuvveti direkt ekstrüzyondakinin 1.3 katıdır . Ancak toplam kuvvet sürtünme kuvvetinde hesaba katılması ile direkt ekstrüzyonda endirektteki- nin yaklaşık 1.7 katı olmaktadır . Matris kanalındaki sürtünme kuvveti alıcıdaki sürtünme kuvvetlerinin yardımı ile olduğu gibi şekil değiştirme kuvvetleri ile de tarif edilmiştir . Bu kuvvet toplam kuvvet karşısında çok küçük değerlerde kalmaktadır .Ancak belirli şartlar altında bu sürtünme kuvveti çok yüksek değerler de alabilmektedir /6/ .

3.5. MATRİS KANAL UZUNLUĞUNUN TOPLAM EKSTRÜZYON KUVVETİNE ETKİSİ

Matris kanalında oluşan sürtünme kuvveti büyük bir değere sahip olmadığı halde dikkate alınması gereken bir kuvvettir . Pratikte de kullanıldığı gibi matris kanal uzunluğu değiştirilerek malzeme akışı düzenlenmektedir . Matris kanalındaki sürtünmenin büyüklüğü hakkında fazla bilgi bulunmamaktadır . Ekstrüzyon esnasında blok ile alıcı , alıcı ile ön levha , ölü bölge ile şekil değiştiren malzeme arasında oluşan sürtünmeler ve matris kanalında oluşan sürtünmeler güç kaybına neden olmaktadır . Son saydığımız matris kanalındaki sürtünme profilin şekillendirilmesini etkileyen en önemli sürtünmedir. Şekil 3.49 ve 3.50'de direkt ekstrüzyonda gösterilen sürtünmeler şekil 3.51'de endirekt ekstrüzyon için gösterilmiştir . Kanaldaki sürtünmeler rakamsal değerlerle gösterilememektedir .



Şekil 3.49 Direkt ekstrüzyonda sürtünme //

alıcı çapı 170 mm ; plaka metodu: beyaz- $AlMgSi0.5$, siyah- $AlSi5$

1:Ön levhadaki sürtünme

2:Alıcı yüzeyi ile blok arasındaki sürtünme

3:Ölü bölgedeki sürtünme

4:Matris kanalındaki sürtünme



Şekil 3.50 Direkt ekstrüzyonda sürtünme // .

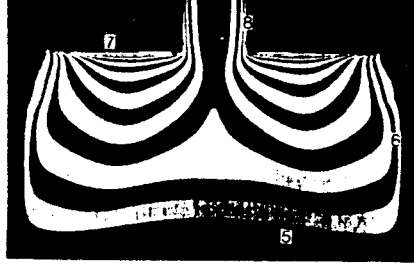
alıcı çapı 130 mm ; plaka metodu: beyaz- $AlMgSi0.5$, siyah- $AlSi5$

1:Ön levhadaki sürtünme

2:Alıcı yüzeyi ile blok arasındaki sürtünme

3:Ölü bölgedeki sürtünme

4:Matris kanalındaki sürtünme



Şekil 3.51 Endirekt ekstrüzyonda sürtünme // .

alıcı çapı 130 mm ; plaka metodu: beyaz- $AlMgSi0.5$, siyah- $AlSi5$

5:Sürtünme yoktur

6:Alıcı yüzeyi ile blok arasında sürtünme yoktur

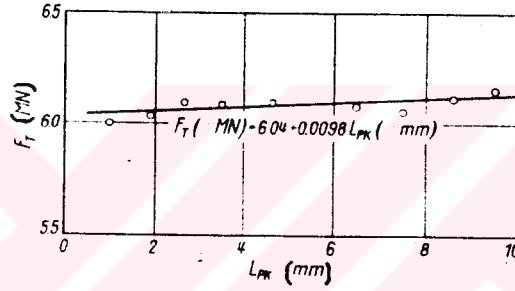
7:Takım yüzeyindeki sürtünme

8:Matris kanalındaki sürtünme

Ölçülebilmesi için çok sayıda deney yapmak gerekmektedir . Bu konuda deneysel çalışmalar ZIEGLER , SIEGERT ve HARTMANN tarafından yapılmıştır . Aşağıda deneysel olarak $Al99.6$, $AlMgSi0.5$ ve $AlZn4.5Mg1$ malzemelerin direkt ve endirekt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğunun toplam ekstrüzyon kuvvetine olan etkisi incelenmiştir . Bu deney 9 MN'luk ekstrüzyon presinde 123 mm çapında ve 500 mm uzunluğundaki döküm mamül bloklarının direkt ve endirekt ekstrüzyonuyla yapılmıştır. 23.7 mm çapında sabit hızda ve artan ıstampa hızında (5-41mm/s) 9 farklı kanal uzunluğu (0.98 - 9.50 mm arası) kullanılarak çubuk profiller imal edilmiştir . Alınan sonuçlara göre $AlMgSi0.5$ malzemesinin direkt ekstrüzyonunda deneysel olarak saptanan ekstrüzyon kuvveti F_T (MN) ile matris kanal uzunluğu L_{FK} (mm) arasındaki bağıntı şekil 3.52'de gösterilmiştir .

$$F_T = 6.04 + 0.0098 * L_{PK} \text{ (MN)}$$

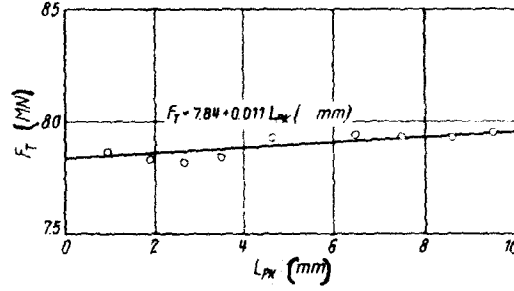
AlMgSi0.5 için matris kanalındaki sürtünme kuvveti $88200 \text{ N/9mm} * L_{PK}$ veya $9.8 \text{ kN/mm} * L_{PK}$ dir. Bu şartlar altında ve $V_A = 9.1 \pm 0.15 \text{ mm/s}$ ortalama bir çıkış hızı için matris kanalındaki sürtünme kuvveti toplam ekstrüzyon kuvvetinin %0.16'sını teşkil eder. $\mathfrak{S} = F_{PK}/\pi DL$) formülünün kullanılmasıyla matris kanalındaki kayma gerilmesi 4.4 N/mm^2 olarak bulunur .



Şekil 3.52 AlMgSi0.5'in direkt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK} 'ya bağlı toplam ekstrüzyon kuvveti (F_T) ; $V_A = 9.1 \pm 0.5 \text{ m/s}$ (13ölçüm ortalaması) //.

Alıcıdaki kayma gerilmesinde hesaba katılmasıyla 18.9 N/mm^2 bulunur . Matris kanalındaki sürtünme alıcıdakine göre çok küçüktür . \mathfrak{S} 'ya göre hesaplanan F_{PK} $42.2 \text{ kN/mm} * L_{PK}$ çıkar ve alıcıdaki kayma gerilmesinin matris kanalındaki kayma gerilmesine olan oranı 4.3 civarındadır . AlZn4.5Mg1 malzemesinin direkt ekstrüzyonunda yapılan ölçümler aşağıdaki bağıntıyı bulmamızı sağlamıştır ($V_A = 3 \pm 0.11 \text{ mm/s}$, şekil 3.53) .

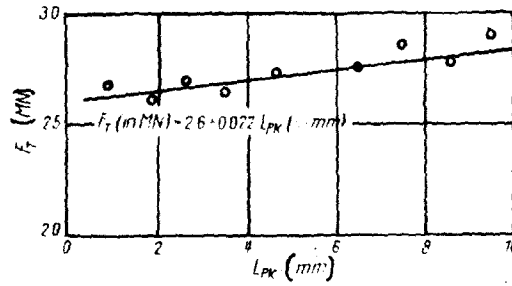
$$F_T = 7.84 + 0.011 * L_{PK} \text{ (MN)}$$



Şekil 3.53 AlZn4.5Mg1'in direkt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK} 'ya bağlı toplam ekstrüzyon kuvveti (F_T); $V_A = 5.3 \pm 0.1$ m/s (6ölçüm ortalaması) /7/.

AlZn4.5Mg1 için matris kanalındaki sürtünme kuvveti (F_{PK}) $99000 \text{ N/9mm} \cdot L_{PK}$ veya $11 \text{ kN/mm} \cdot L_{PK}$ 'dir . Bu kuvvet 1mm'lik matris kanal uzunluğunda toplam ekstrüzyon kuvvetinin %0.14'ünü teşkil eder . Matris kanalındaki kayma gerilmesi (τ) 4.9 N/mm^2 'dir . Alıcısındaki kayma gerilmesinde katılmasıyla matristeki sürtünme gerilmesi 25.3 N/mm^2 olur . İki gerilmenin birbirine oranı yaklaşık 5.1'dir .

$V_A = 10.6 \pm 0.15$ mm/s'lik ortalama çıkış hızındaki Al99.6 alaşımının endirekt ekstrüzyonundan çıkarılan sonuçlar şekil 3.54'de gösterilmiştir .



Şekil 3.54 Al99.6'nun endirekt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK} 'ya bağlı

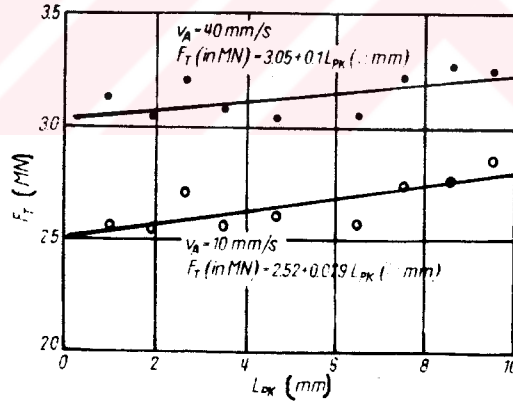
toplam ekstrüzyon kuvveti (F_T); $V_A = 10.6 \pm 0.1$ m/s (5ölçüm ortalaması) /7/.

$$F_T = 2.60 \pm 0.022 * L_{PK} \text{ (MN)}$$

Bu deneyler yukarıda belirtilen çıkış hızında matris kanalındaki sürtünme kuvveti (F_{PK}) 9 mm matris kanal uzunluğuna karşılık 198 kN'dur veya $22 \text{ kN/mm} * L_{PK}$ 'dir . 1 mm matris kanal uzunluğu için toplam ekstrüzyon kuvvetinin %0.84'ini oluşturur . Matris kanalındaki kayma gerilmesi hesaplanacak olursa 9.8 N/mm^2 çıkarki bu kayma gerilmesi direkt ekstrüzyona göre çok düşüktür . $F_T = f(\log V_A)$ eşitliği ile 8 ölçüm yapılarak $V_A=10$ ve 40 mm/s için aşağıdaki bağıntılar bulunmuştur (şekil 3.55) .

$$F_T = 2.52 + 0.029 * L_{PK} \text{ (MN) , } V_A = 10 \text{ mm/s}$$

$$F_T = 3.05 + 0.10 * L_{PK} \text{ (MN) , } V_A = 40 \text{ mm/s}$$

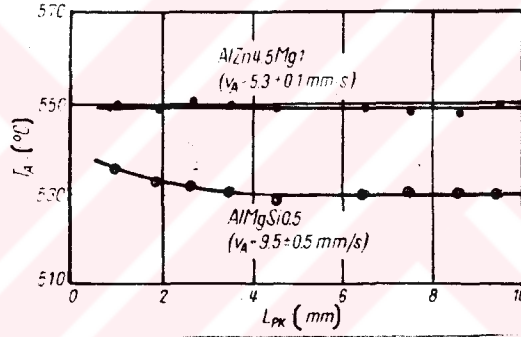


Şekil 3.55 A199.6'nın endirekt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK} 'ya bağlı

toplam ekstrüzyon kuvveti (F_T) ; $V_A = 10 \text{ mm/s}$ ve $V_A = 40 \text{ mm/s}$ alınmıştır [7].

$V_A = 10 \text{ mm/s}$ 'lik hız için matris kanalındaki sürtünme kuvveti her 9 mm'lik kanal uzunluğu için 261 kN veya $29 \text{ kN/mm} * L_{PK}$ olarak bulunur . $V_A = 40 \text{ mm/s}$ 'lik hız için

matris kanalındaki sürtünme kuvveti 9 mm'lik kanal uzunluğu için 900 kN veya 100 kN/mm*L_{PK} olarak bulunur . Buna göre matris kanalındaki sürtünme kuvveti (F_{PK}) toplam ekstrüzyon kuvvetinin %1.14'ünü (V_A = 10 mm/s) , %3.17'sini (V_A = 40mm/s) teşkil eder . Böylelikle matris kanalındaki kayma gerilmeleri V_A = 10 mm/s için 13 N/mm², V_A = 40 mm/s için 44.8 N/mm² olur . Aşağıda AlMgSi0.5'in direkt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğunun profil çıkış sıcaklığına olan etkisi incelenmiştir . Matris kanal uzunluğu çıkış sıcaklığını etkilemektedir . Ve burada 530°C civarındadır . L_{PK} = 1 mm ve L_{PK} = 9.5 mm arasında 6°C fark tesbit edilmiştir (6-10 ölçüm) . AlZn4.5Mg1 alaşımının direkt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğunun değişmesiyle çıkış sıcaklığı değişmemektedir (şekil 3.56) .

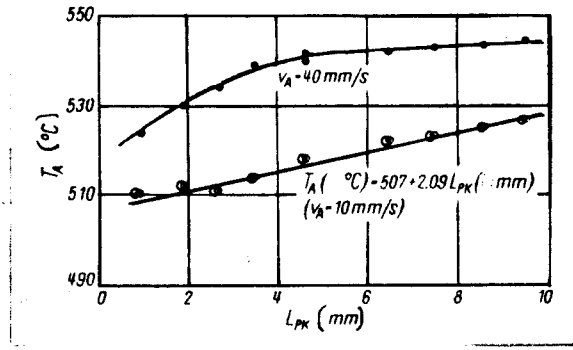


Şekil 3.56 AlMgSi0.5 (13 ölçüm ortalaması) ve AlZn4.5Mg1'in (6 ölçüm ortalaması) direkt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK}'ya bağlı çıkış sıcaklığı T_A /°/.

Diğer Al alaşımlarına göre Al99.6'da matris kanal uzunluğu arttıkça çıkış sıcaklığında belirgin bir artış gösterir (şekil 3.57) .

$$T_A = 507 + 2.09 \cdot L_{PK} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Endüstriyel alanda matris kanal uzunluğunun 1 ile 9.5 mm arasında değiştirilmesiyle bazı ekstrüzyon parametrelerindeki değişimler ölçülmüştür . Ve bunlardan matris kanalındaki sürtünmenin sebep olduğu güç kaybı hesaplanmıştır .



Şekil 3.57 Al99.6'nın endirekt ekstrüzyonunda matris kanal uzunluğu L_{PK} 'ya bağlı çıkış sıcaklığı T_A ; $V_A = 10$ mm/s ve 40 mm/s alınmıştır [7].

Deneyleer için dökülmüş Al99.6,homojenleştirilmiş AlMgSi0.5 ve AlZn4.5Mg1 ekstrüzyon edilmiştir . 1 mm'lik matris kanal uzunluğu için matris kanalında meydana gelen sürtünme kuvvetleri tablo 3.9'da gösterilmiştir .

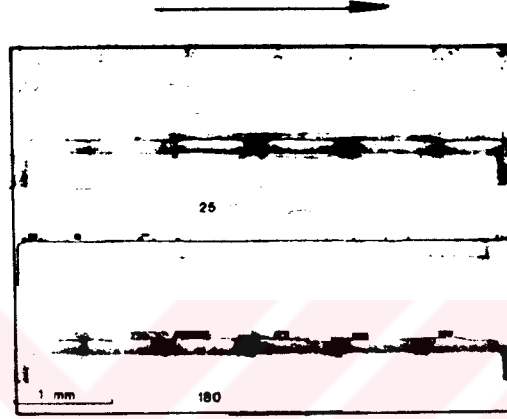
Tablo 3.9 Direkt ve endirekt ekstrüzyon yönteminde malzemeye bağlı ekstrüzyon kuvvetleri [7].

Yöntem	Malzeme	F_{PK} (kN)	V_A (mm/s)	$F_{PK} \%F_T$
Direkt	AlMgSi0.5	9.8	9.1	0.16
Direkt	AlZn4.5Mg1	11.0	5.3	0.14
Endirekt	Al99.6	22.0	10.6	0.84
Endirekt	Al99.6	29.0	10.0	1.14
Endirekt	Al99.6	100.0	40.0	3.17

Elde ettiğimizde bu değerler , Al99.6 için $V_A = 10$ mm/s ve $L_{PK} = 1$ mm şartlarında tek ve çok delikli takımlarda 24 ile 50 kN arasında oluşan sürtünme kuvvetiyle karşılaştırıldığında değerlerin birbirine yakın olduğu görülür [7].

3.6. AŞINMA

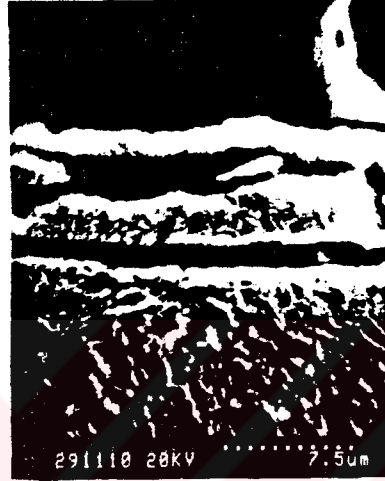
Matris kanalındaki aşınma ekstrüzyon sayısı , kaynama tabakası ve sürtünme gibi bir çok faktöre bağlıdır . Matris kanalındaki aşınmanın profilin yüzey kalitesine ve ölçü tamlığına büyük etkisi vardır . Şekil 3.58’de ekstrüzyon sayısına bağlı olarak matris kanal yüzeyinin geometrisi (enine taşlanmış yüzey) görülmektedir .



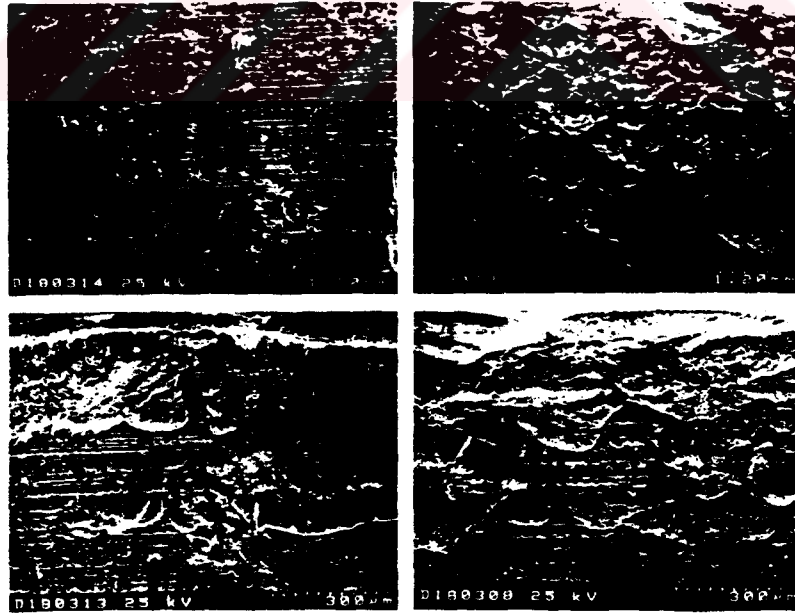
Şekil 3.58 Enine taşlanmış matris yüzeyinin ekstrüzyon sayısına bağlı değişimi ;
→ ekstrüzyon yönü /14/ .

Kaynama tabakasının oluşumuna benzer şekilde matris aşınması da matris çıkış kenarında başlar . 25 ekstrüzyon işlemine kadar matris yüzeyindeki aşınma düşüktür . Ancak 180 ekstrüzyon işlemi sonrası matris yüzeyi özellikle de çıkış kenar bölgesinde bozular . Belirgin bir özellikte başta nitrasyon tabakasının kalınlığı 130 mm’iken , 180 ekstrüzyon işlemi sonrası 100 mm’ye düşmesidir . Şekil 3.59’da matris yüzeyinde bir yırtık görülmektedir ve halen alüminyum tabakası ile kaplı ince bir matris tabakasının dökülmeye başladığı görülmektedir . Bu aşınan parçacıklar kaynama tabakasını etkilemektedir . Devam eden ekstrüzyon işlemi ile matris yüzeyinden koparlar . Bunun sonucu matris yüzeyindeki bir "aşınma adası" oluşur . Kaynama tabakasının çözülmesinde matris yüzeyinden de her defasında parçacıklar koptuğu kabul edilir . Şekil 3.60’da 100 ve 180 ekstrüzyon işlemi sonrası matris yüzeyi görülmektedir . Matris yüzeyindeki kaynama tabakası kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılmıştır . Şekil 3.60’da işleme çizgileri görülmektedir:

- Matris kanal yüzeyinde oda şeklinde derinlikler
- Matris yüzeyinde ekstrüzyon yönüne dik taşlama çizgileri değişmeden kalmıştır .
- Matris çıkış yüzey bölgesinde yüksek aşınma



Şekil 3.59 Matris yüzeyinde aşınma partikülleri /14/ .

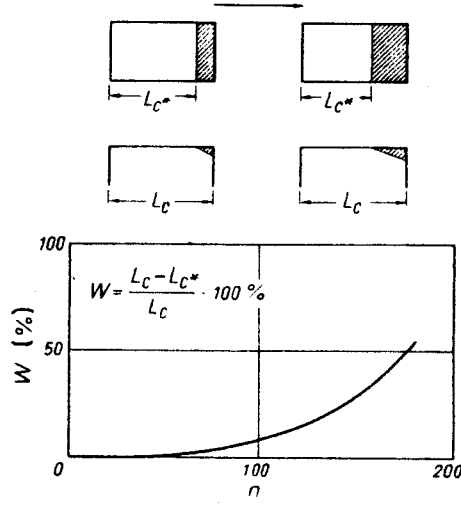


Şekil 3.60 100 (sol) ve 180 (sağ) ekstrüzyon işleminden sonra matris kanal yüzeyindeki aşınma derinlikleri /14/ .

Matris aşınmasına rağmen , matris kanal yüzeyindeki işleme çizgileri kalmıştır ve abrezif aşınmadakinin tersine ekstrüzyon yönünde sürtünme izlerine (bileme çizgilerine dik) rastlanmamaktadır . Kritik aşınma mekanizması olarak adhezif aşınma ele alınabilir . Matris çıkış yüzeyine doğru oluşan aşınma adalarının sayısı artan ekstrüzyon sayısı ile ekstrüzyon yönüne ters doğrultuda artmaktadır . Bu küçük aşınma adaları büyüyüp birleşerek büyük aşınma adalarını oluştururlar . Eğer matris yüzeyinden kopan parçacıklar kaynama tabakasının çözülmesiyle ilgiliyse , o zaman alüminyum tabakasının adhezyon kuvveti aşınmaya etki eden önemli bir kriterdir . Bunun yanında oksidasyonun da aşınmaya etkisi vardır . Aşınmanın matris çıkış yüzeyinde daha fazla olması , bu kısmın daha çok kullanıldığını gösterir . Efektif matris kanal uzunluğu bundan dolayı kısalmaktadır , ancak kanal uzunluğunun kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının boyuna etkisi yoktur . Matris aşınma miktarının belirlenmesi zor olduğundan dolayı kanal yüzeyinin yüzey aşınması matrisin tüm kanal yüzeyine göre belirlenmektedir .

$$W = (A_c - A_c^*) / A_c * 100 \%$$

Burda A_c matris levhasının başlangıçtaki kanal yüzeyidir ve A_c^* aşınma derinliklerinin çıkıktan sonraki efektif kanal yüzeyidir . Şekil 3.61'de ekstrüzyon sayısına bağlı matris aşınması gösterilmiştir . Ancak 100 ekstrüzyon işleminden sonra aşınma bir anlam kazanır , çünkü belirgin bir aşınma ancak bu değerden sonra meydana gelmektedir . 100 ekstrüzyon işleminden sonraki yüksek sürtünme buna bağlanabilir , çünkü küçük aşınma adaları büyüyüp birleşerek büyük ve derin aşınma adalarını oluştururlar /14/ .



Şekil 3.61 Ekstrüzyon sayısı n 'e bağlı geometri ve matris aşınma miktarı W ;

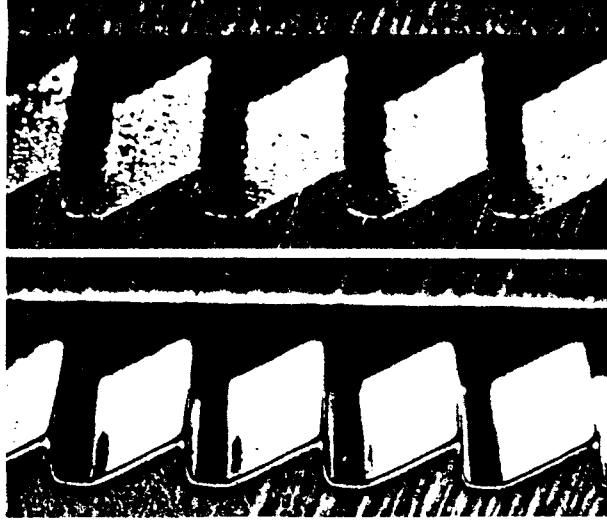
→ ekstrüzyon yönü /14/ .

L_c = Başlangıçtaki kanal uzunluğu

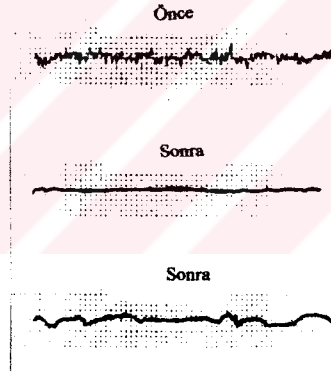
L_{c^*} = Efektif kanal uzunluğu

3.7. LEPLEME

Lepleme yöntemi hamur halindeki polyamid (son zamanlarda silisyum karbid , borkarbid veya elmas gibi malzemelerle değiştirilmiştir) lepleme malzemesinin matris boşluğuna otomatik olarak basılmasıdır . Uygulama süresi işlemeden gelen ekstrüzyon takımının durumuna ve istenilen kaliteye bağlıdır . Ekstrüzyon matrislerinin leplenmesi tel erezyon yönteminin vazgeçilmez tamamlayıcısı . Bu yöntem yeni ekstrüzyon matrislerinde erezyondan sonra uygulanacağı gibi matrisin denenmesinden sonra yapılan rütüşlerden sonra veyahut nitrasyon uygulandıktan sonra tatbik edilebilir (şekil 3.62) . Ancak çizik oluk ve benzeri büyük mertebeli hatalar bu yöntemle düzeltilemezler . Tel erezyonun uygulanmasından sonra yapılan lepleme ile çok iyi yüzeyler elde edilebilir . Lepleme ve erezyon yöntemlerinin kombinasyonu ile çok daha uzun ömürlü ve daha ekonomik takımlar elde edilebilir . Başlangıçta yüzey pürüzlülük değeri (R_z) 30 μm olan takıma erezyondan sonra lepleme uygulanırsa R_z 2-3 μm 'ye inebilir . Çok iyi çıkış kalitesine sahip bir takımda R_z 0.7-0.8 μm 'ye indirilebilir (şekil 3.63)



Şekil 3.62 Leplemeden önceki ve sonraki profil /9/ .



Şekil 3.63 Matris kanalın leplemeden önceki ve sonraki yüzeyi /9/ .

Matrisin işlenmesi esnasında tel erezyonda "die lines" adı verilen çizgiler oluşur . Bunun nedeni kötü tel kullanımı veya yüksek ilerleme verilmesidir . Bunların dışında en büyük neden tuz banyosunda hatalı sertleştirilen erezyon telinin kopmasıdır . Dikey erezyonda pres yönünde yapılan işlemlerde oluk oluşmaz . Ancak elektrod da oluk varsa matrisi bozabilir . Eğer böyle bir durum varsa çizgilerin yok edilmesi için takım enine doğrultuda temizlenmelidir . Yöntemin avantajları aşağıda belirtmiştir:

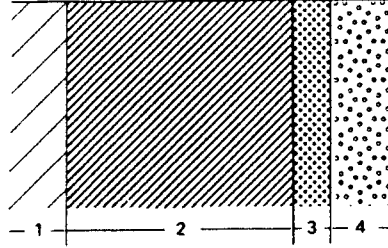
- Leplenen yüzeyler düz ve paralel olmaktadır
- Leplene malzemesi 0.2 mm'lik detaylara kadar ulaşabilmektedir .
- Matrisler kullanılan leplene malzemesinin yağlayıcı özelliği sayesinde hiç bir işleme gerek kalmadan saklanabilir
- Matris kesintisiz olarak daha uzun süre devrede kalabilir
- Yüzeyler düzgün olduğu için aşınmalar her yüzeyde eşit gelişir .

Takımda işlem esnasında meydana gelebilecek aşınma , erezyondan sonraki yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır :Rz değeri 10-15 μm arasında ise tüm yüzeyden 0.02 μm değerinde malzeme aşındırılmış olur . Rz değeri erezyondan sonra 6 μm civarında ise 0.01 μm 'nin altında malzeme aşındırılmış olur . Eğer yüzey iyi leplenmiş ise aşındırmadan söz edilemez (yaklaşık 0.001 μm) . İşlem 1 ile 3 devre arasında uygulanır . Bir devre malzemenin 2 kere boşluktan geçmesi demektir . Malzemenin vizkozitesi işlem esnasında değişebilir. Bunun için malzemenin vizkozitesi belirli süreler içerisinde kontrol edilmelidir (RP yağının eklenmesi ile) . İşlemde , nitrasyon uygulanmış takımlar için 150 büyüklüğündeki ince taneler , imalat takımları için kaba taneler (örneğin 70) kullanılır /9/ .

3.8. NİTRASYON TABAKASI

Nitrasyon , intermetalik bağlantı tabakasıdır .Karbondioksitin takım yüzeyine difüze edilerek çeliğin alaşım elemanlarıyla nitrit oluşturmasıdır . Bu nitrasyon tabakası sert ve aşınmaya dayanıklıdır . Alüminyum ve alüminyum alaşımlarına nazaran daha düşük kaynama eğilimindedir . Nitrasyon uygulanarak kanal yüzeylerinde blok malzemesinin matris malzemesine olan kaynama eğilimi düşürülür . Nitrasyon uygulanan matris yüzeyleri daha kaliteli profil üretimi sağlamaktadır . Nitrasyon tabakası oluşturularak profilin yüzey pürüzlülüğüne etki edilir . Çünkü profilin yüzey pürüzlülüğünü belirleyen kaynama tabakasıdır . AlMgSi0.5 alaşımlarının ekstrüzyonunda oluşan oksit tabakası (MgO) nitrasyon tabakasının üzerinde oluşur . Şekil 3.64'de şematik olarak ekstrüzyon sonrası matris kanal yüzeyinin yapısı gösterilmiştir . Nitrasyonun etkilediği en önemli olaylardan biriside aşınmadır . Nitrasyon tabakası ile kaplanan kanal yüzeyleri aşınmaya

karşı daha dayanıklı ve daha uzun ömürlü olurlar . Çünkü aşınmayı hızlandıran en büyük faktör yine kaynama tabakasıdır .



Şekil 3.64 Matris kanal yüzeyinin şematik yapısı ; 1 Ana malzeme (çelik) ; 2 Nitrasyon tabakası ; 3 Oksit tabakası (MgO) ; 4 Alüminyum tabakası /13/ .

Günümüzde birkaç nitrasyon yöntemi uygulanmaktadır:

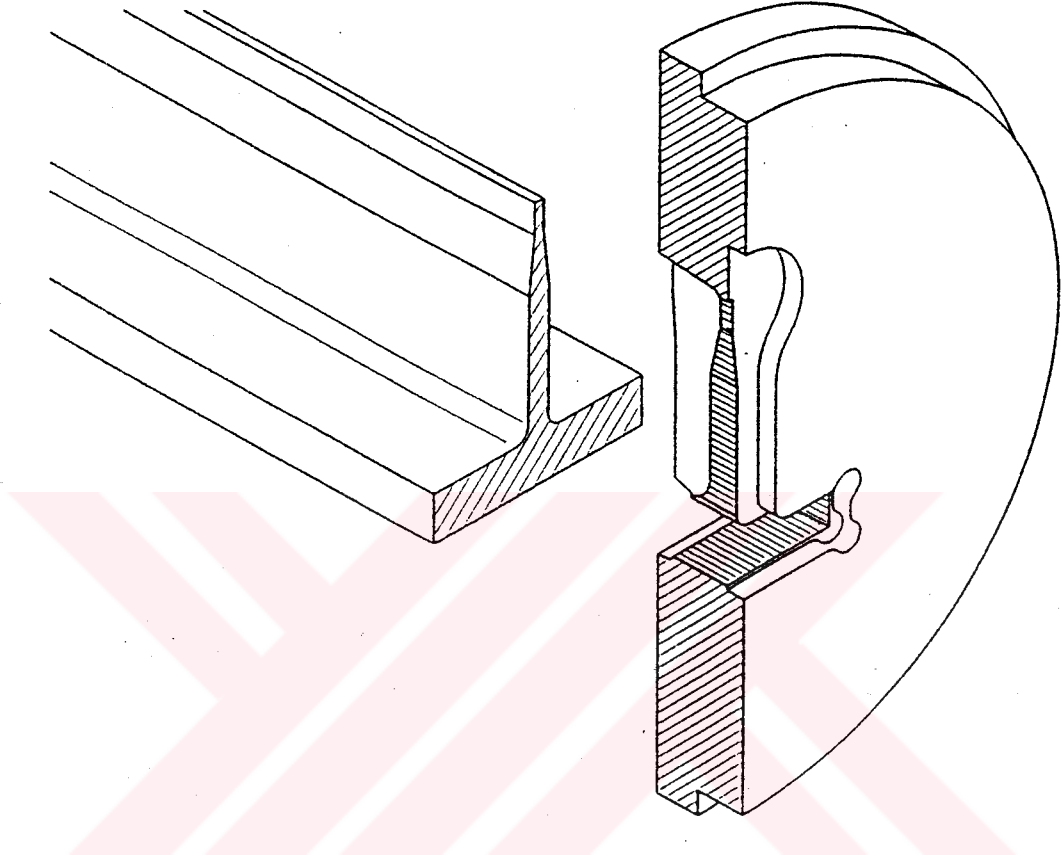
- Tuz banyosu
- Gaz nitrasyonu
- iyon nitrasyonu

Bu yöntemler uygundur , çünkü uygulanan sıcaklıklar 570°C 'nin altındadır ve tavlama sıcaklığına erişmemektedir . Ayrıca istendiğinde tekrar nitrasyon uygulanabilir /4/13/ .

3.9. ÖN ODA

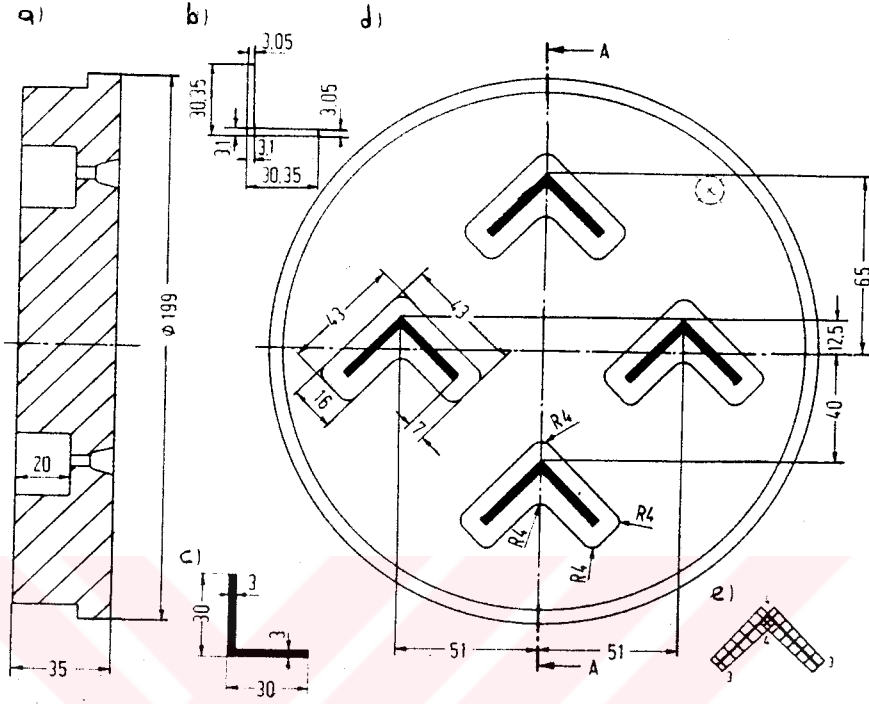
Matrislerde kullanılan ön odanın amacı malzeme akışını düzenleyip kesitin her bölgesinde eşit ve kararlı akışı sağlamaktır . Bunun dışında ön odalar sınırsız boyda profil üretimini sağlamak , ince dil kısımlarını desteklemek ve alıcı çapından daha geniş profillerin imalatını sağlamak amacıyla düzenlenir . Malzeme akışını yönlendirmek için kullanılan ön odalar frezelenerek matrise işlenir (şekil 3.65) . Şekil 3.66'da görülen yassı matris üzerine işlenmiş ön oda malzeme akışının eşit ve kararlı olmasını sağlar . Ön odanın matris boşluğuna olan mesafesi öyle seçilmelidirki malzeme akışı önceden yönlendirilebilsin . Bu yöntemle farklı kesitlere sahip profili istenilen ölçüde oluşturmak

mümkündür . Sınırsız boyda profil üretmek için basit geometrili standart ön odalar kullanılır (şekil 3.67) .



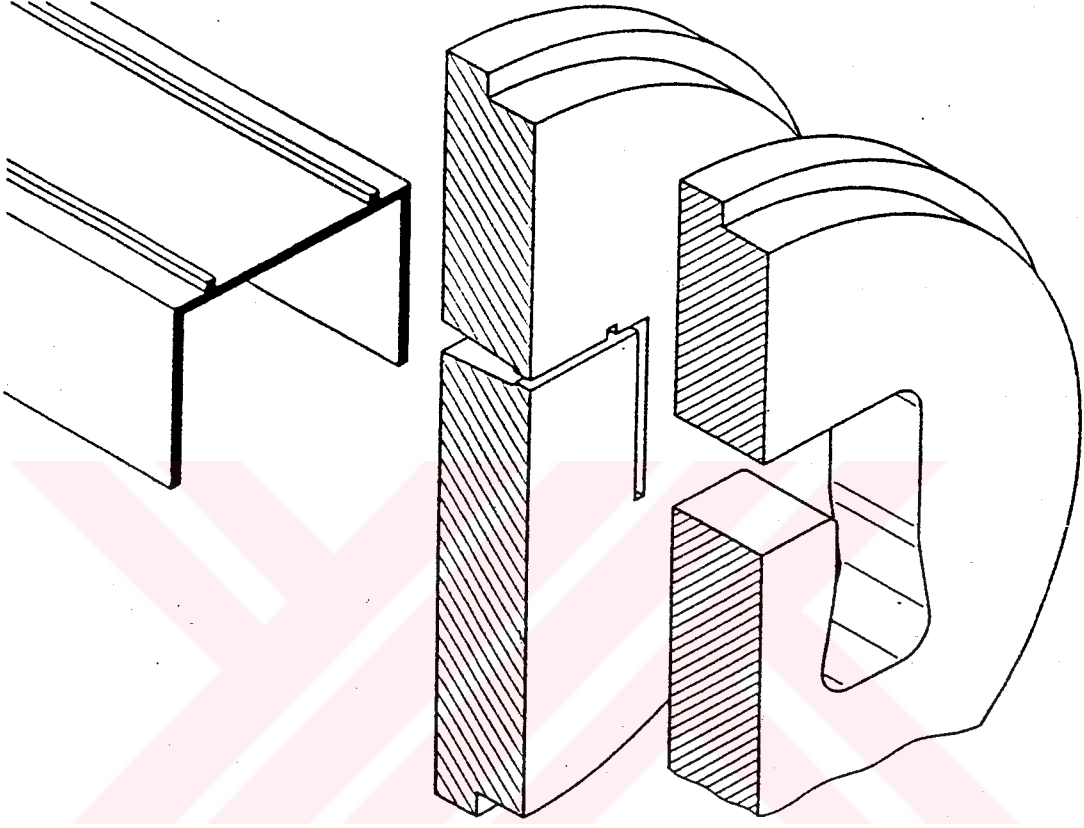
Şekil 3.65 Ön odalı matris kesiti /4/ .

Önemli olan ön odada kalan blok sonu ile yeni blok arasında kaynamanın oluşmasıdır . Bu kaynama $AlMgSi0.5$ gibi kolay şekillendirilen malzemelerde daha iyi olmaktadır . Şekil 3.68'de görüldüğü gibi alıcı çapından daha büyük boyuta sahip fakat fazla geniş olmayan profillerin üretimi expansion ön odalı matris ile gerçekleştirilebilir . Şekil 3.69'da olduğu gibi dairesel blok kesiti belirlenen büyütme açısı ile profil kesitine bağlı olarak oval bir kesite dönüştürülür . İşlem bir anlamda elde bulunan alıcı boyutlarını üretimi istenen profile göre yönlendirmektedir . Büyütme açısı alaşıma bağlı olarak 10° - 15° arasında değişmektedir . Expansion levhasının kalınlığı maksimum profil genişliğini belirler .

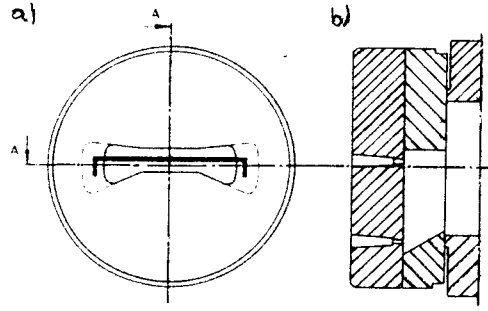


Şekil 3.66 Dört delikli ön odalı yassı matris /12/ .

- a) Matris ; A-A kesiti
- b) Matris boşluğunun ölçüsü
- c) Profil ölçüsü
- d) Matris alın yüzeyi
- e) Matris kanal uzunlukları

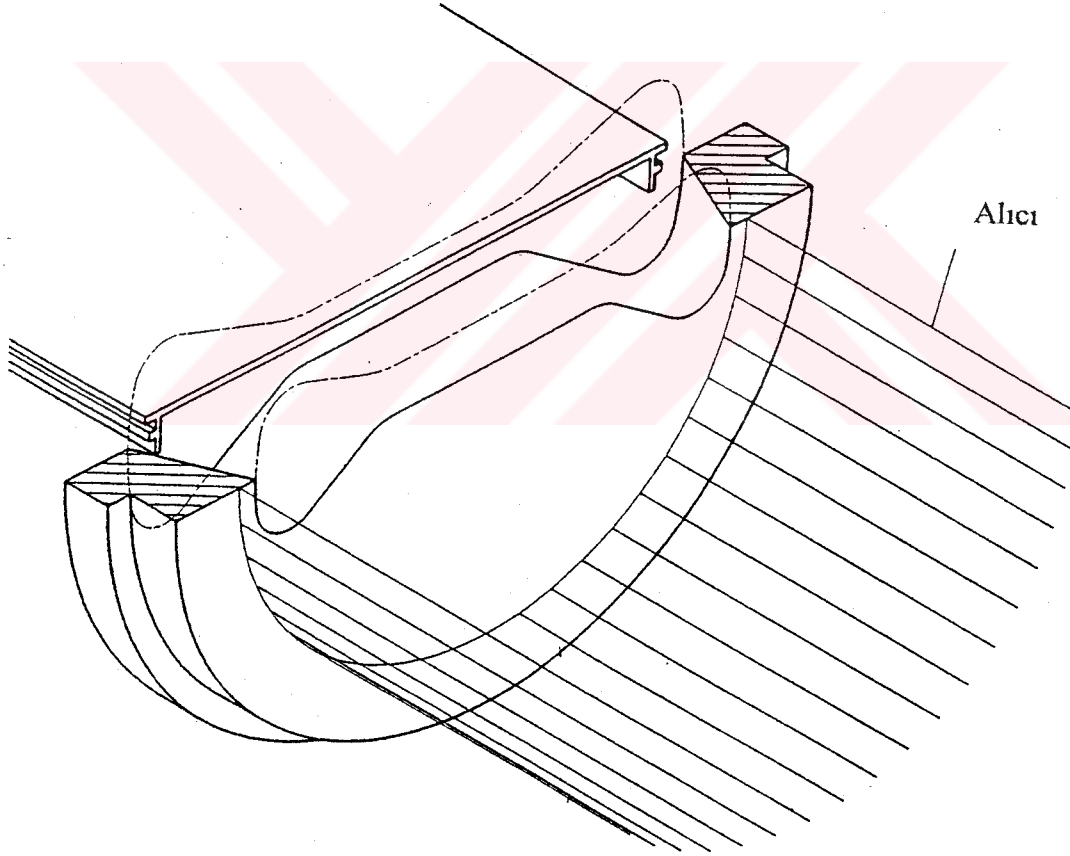


Şekil 3.67 Sonsuz boyda profil üretimi için standart ön odalı matris /4/ .



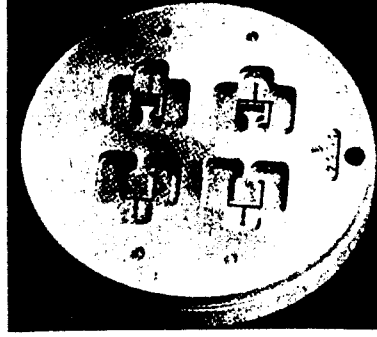
Şekil 3.68 Çok parçalı expansion ön odalı matris /12/.

a) Matris alın yüzeyi , b) A-A kesiti

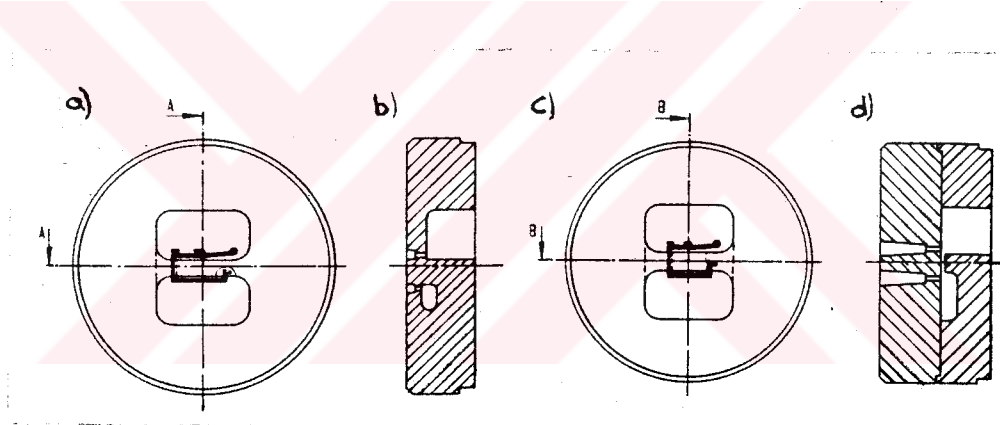


Şekil 3.69 Expansion ön odalı matris /4/.

Geçen yıllar içinde ön odalı matrisler başka anlamda da kullanıldı . Bunlar yarı açık profil imalatında konstrüktif destekleyici olarakta kullanıldı . Şekil 3.70 ve şekil 3.71’de buna bağlı karekteristik örnekler verilmiştir . Şekil 3.71’de gösterilen profil normal yassı bir matrisle imal edilebilir .



Şekil 3.70 Dört delikli ön odalı yassı matris /12/ .

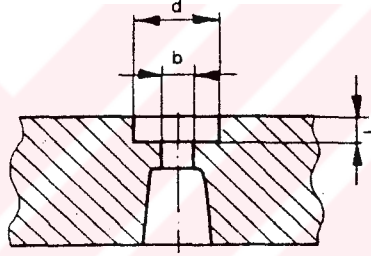


Şekil 3.71 Kritik dillerin desteklenmesi için ön odalı matrisler /12/ .

- a) Tek parçalı ön odalı matris (matris alın yüzeyi)
- b) A-A kesiti
- c) İki parçalı ön odalı matris (matris alın yüzeyi)
- d) B-B kesiti

Ancak buradaki dil kısmının ne derece mukavim olacağı tartışılır . Önlemlere rağmen bir kaç ekstrüzyon işleminden sonra dil kısmının kırılması pratikte çok karşımıza çıkan bir olaydır . Dil kısımları frezeleme ile matris üzerinde ön oda işlenerek desteklenebilir (şekil 3.71a ve b) . Ancak bu tür takımlar çok pahalıdır ve düzeltilmesi çok zordur . Onun için malzeme akışını kontrol etmek kendinden ön odalı matrislere göre daha zordur .

Şekil 3.71c ve d'de matrisin kritik dilini korumaktadır . Ekstrüzyon basıncı geçici olarak malafanın eğilmesini sağlasada malafa bunu matrise iletmez. Bu yüzden matris ile ön oda arasında 0.-0.3 mm arasında bir boşluğun olması gerekir . Her iki konstrüksiyonda odalı matrise biraz benzemektedirler . Çünkü blok ön odada iki kısma ayrılarak akmakta ve yine ön odada birleştirilmekte ve bu sebepten kaynak dikişi oluşmaktadır . Bu tür konstrüksiyonlar sadece tek delikli matrisler için geçerli değildir . Bunlar aynı avantajlarla çok delikli matrislere de uygulanabilir . Günümüzdeki ekstrüzyon takım üretimi o kadar hassastırki sonradan bir düzeltmeye gerek kalmaz . Ön odanın dizaynında ön odanın genişliği (d) ve derinliği (T) profil et kalınlığına bağlı olarak değişir (şekil 3.72) . Tablo 3.10'da profil et kalınlığına (b) bağlı ön odanın ölçüleri verilmiştir /4/12/16/ .



Şekil 3.72 Ön odanın boyutlandırılması /16/ .

Tablo 3.10 Ön oda buyutları /16/ .

<i>b (mm)</i>	<i>d (mm)</i>	<i>T (mm)</i>
< 2	8 ~ 10	1 ~ 1.2d
2 ~ 4	12 ~ 15	1 ~ 1.3d

İspanyadaki INADEXA firması matristeki malzeme akışını düzenlemek için 1992 yılında yapmış olduğu ön oda araştırması ve elde ettiği sonuçların kullanımı ile hatasız profil imalatını gerçekleştirmiştir . İlk hesaplamalar 300 mm boyunda 200 mm çapında alıcı kapasitesine sahip balmumu presinde yapıldı . Bunun amacı 2000ton'luk presin benzer bir kopyasını balmumu presi ile sağlamaktı . Karşılaşılan ilk problem ekstrüzyon esnasında kullanılacak malzemeye yakın balmumu bileşimini oluşturmaktı . Deneyin

amacı gerçekleşecek akışın verilerini elde etmektir . Bu deneysel yolla matris hesaplamalarında kullanılacak parametreler saptanmıştır . Deney şekil 3.73’de gösterilen 12 delikli bir matrisin dört ayrı analizi şeklindeydi . Bütün matris deliklerinde çap 6 mm ve kanal uzunluğu 3 mm alınmıştır .

Test 1 Bölüm A:

Üç delik odasız olarak matris üzerine yerleştirilmiştir .

Test 2 Bölüm B:

Bir sonraki üç delik matris üzerine 10 mm derinlikte ve 20 mm çaplı ön odalarla yerleştirilmiştir .

Test 3 Bölüm C:

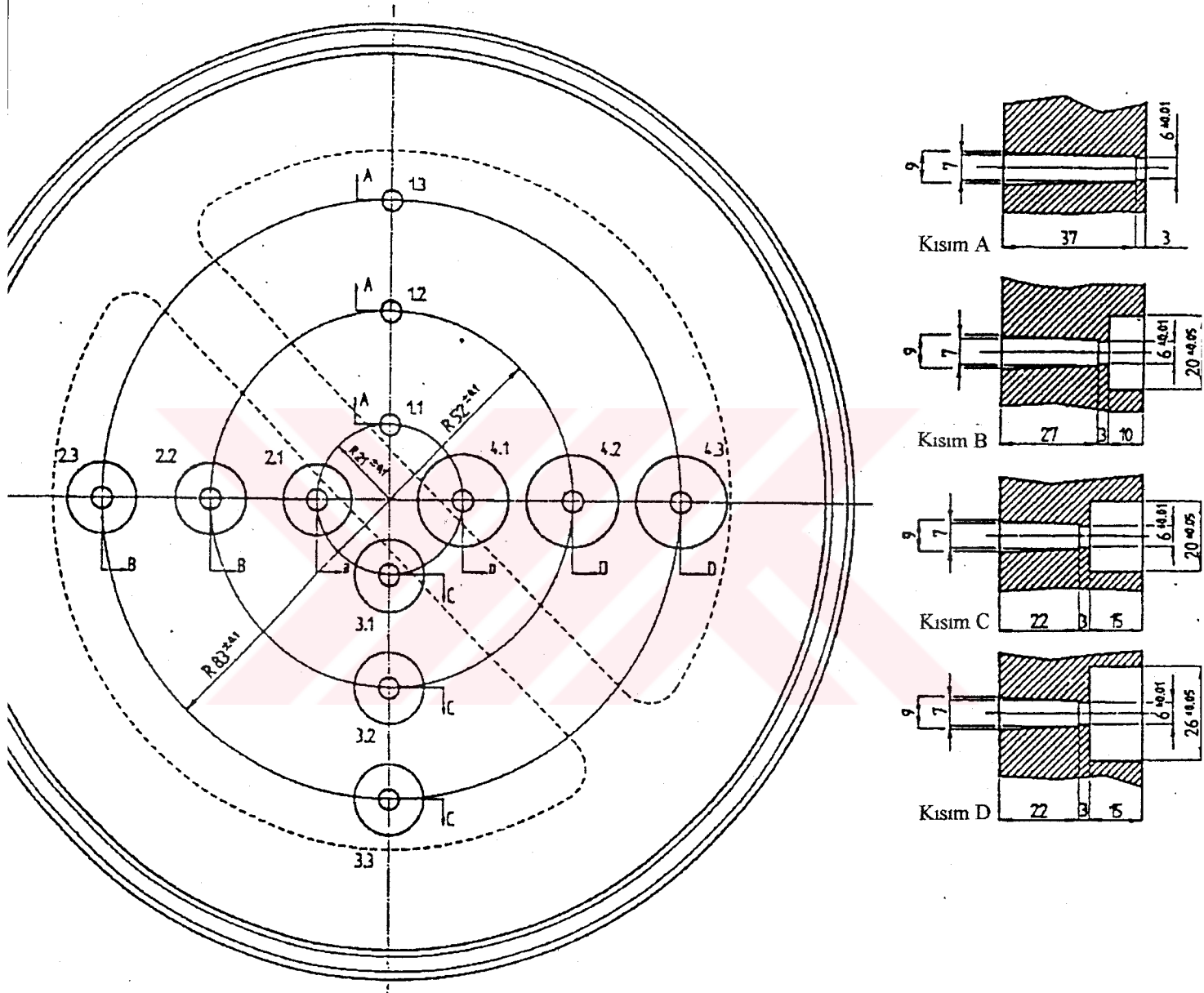
Bu üç delikte 15 mm derinlikteki ve 20 mm çapındaki ön odalarla matris üzerine yerleştirilmiştir .

Test 4 Bölüm D:

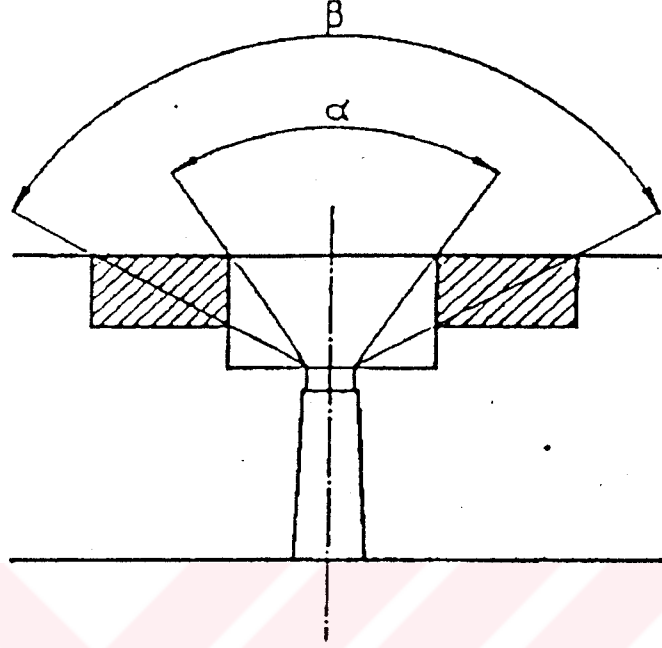
Bu son üç delikte 15 mm derinlikte ve 26 mm çapındaki ön odalarla matris üzerine yerleştirilmiştir .

Bu deneylerin sonucu şekil 3.74’de gösterilmiştir . Eş merkezli çemberlerde bulunan matrislerde besleme akışı ve ekstrüzyon uzunluğu giriş açısı α ve β açısı ile değişir . Bir sonraki safha deneyleri gerçek üretim koşulları altında tekrar etmektir . Her bir delik boyunca çıkan çubukların boyu ölçülerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir .

- Aynı giriş açısından merkezden uzaklaştıkça ekstrüzyon uzunluğu azalmaktadır .
- Birbirine yakın giriş açılara sahip merkezden eşit uzaklıktaki deliklerde ekstrüzyon uzunluğu aynı kalmaktadır .
- Aynı oda çapı için oda derinliği arttıkça metal akışı azalmaktadır .
- Teoride oda olmadan büyük bir besleme istendiğinde 180° lik giriş açısı gerekir .

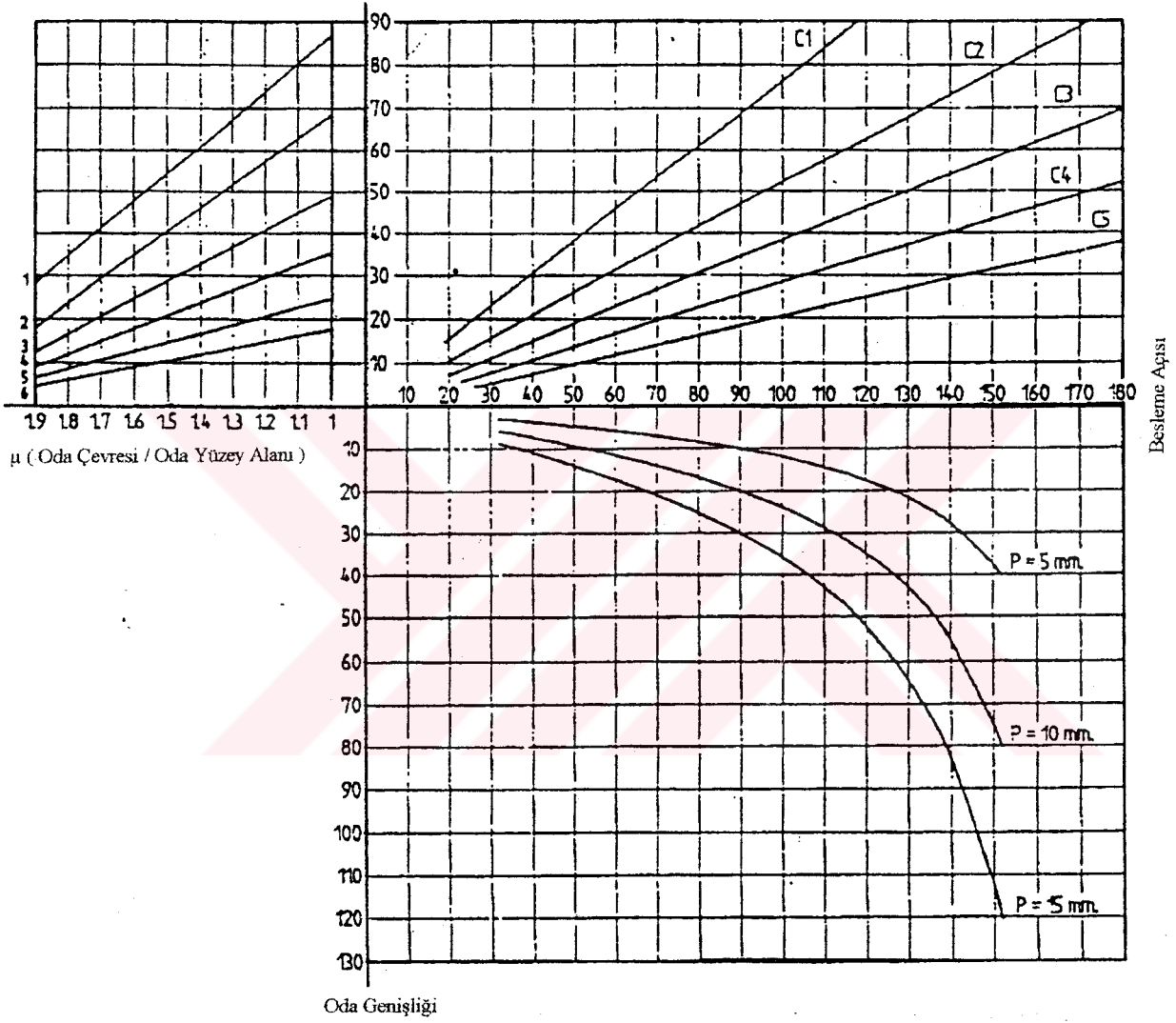


Şekil 3.73 12 delikli ön odalı matris /10/.

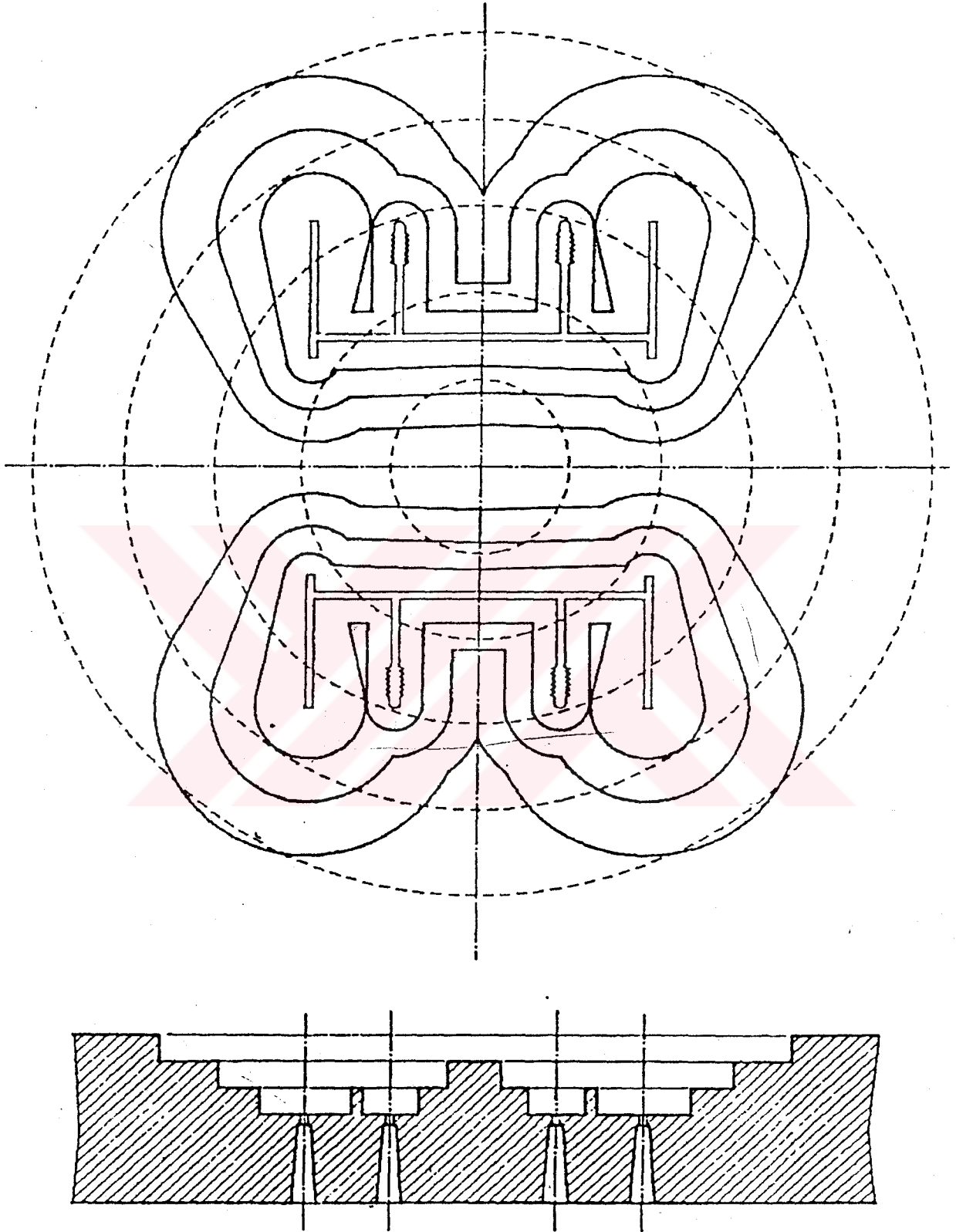


Şekil 3.74 Ön odanın α ve β giriş açıları /10/ .

Bütün bu hesaplamalardan ve parametrelerin düzenlenmesinden sonra matris boyutlarının hesabı için şekil 3.75'de gösterilen grafik sunulmuştur . Gerçek hesaplamalar aşağıdaki gibidir: Şekil 3.76'da görüldüğü gibi her 16 mm'de bir çizilen daireler ile odaların ağırlık merkezi çakıştırılmıştır . Bu daireler profil şeklini farklı noktalarda kesecektir . Bu merkezden uzaklaşan kesişim noktaları numaralandırılarak nokta numarası , daire , μ değeri , oda derinliği ve oda genişliği değerlerini gösteren şekil 3.75 hazırlanmıştır . Her nokta için μ değeri hesaplanır . Grafik üzerinde bu değerler ile nokta numarası çakıştırılır. Bu noktadan X ekseninde sağa giderek Y ekseninde besleme değeri bulunur .



Şekil 3.75 Kesişme noktalarına , μ (oda çevresi / oda yüzey alanı) , oda genişliği , oda derinliği ve besleme açısına bağlı birleşik grafik /10/ .



Şekil 3.76 Ön oda derinlikleri şematik olarak gösterilmiş matris /10/ .

SONUÇ :

Teorik ve literatür araştırması şeklinde yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

a) Matris kanal uzunluğu profil yüzey kalitesini ve geometrik şeklini , takım ömrünü ve ekstrüzyon kuvvetini etkilemektedir .

b) Akış yönünde matris kanalı daralıyorsa sürtünme gerilmesi ekstrüzyon malzemesinin kayma gerilmesi civarındadır . Paralel veya bütüyen matris kanallarında sürtünme gerilmesinin değeri düşmektedir .

c) Profilin yüzey kalitesi büyük ölçüde matris kanalında ekstrüzyon malzemesi ile matris malzemesi arasında yüksek adhezyon sonucu oluşan kaynama tabakasına bağlıdır .Ekstrüzyon sayısına bağlı olarak gelişen matris kanal yüzeyindeki kaynama tabakasının yoğunluğu hem profilin yüzey pürüzlülüğüne hemde matris kanalındaki sürtünmeye büyük etkisi vardır .

d) Matris kanal yüzeyindeki aşınma matris çıkış yüzeyinde başlar ve ekstrüzyon yönünün tersi doğrultusunda gelişir . Matris kanalındaki aşınma matris dizaynına , kaplanmasına , yağlamaya ve kaynama tabakasına bağlıdır .

e) Salt şekil değiştirme kuvveti endirekt ekstrüzyonda direkt ekstrüzyondakinin 1.3 katıdır . Ancak toplam ekstrüzyon kuvveti sürtünme kuvvetinin de hesaba katılmasıyla direkt ekstrüzyonda endirekt ekstrüzyondakinin 1.69 katı olmaktadır .

f) Matris kanal uzunluğunun artması toplam ekstrüzyon kuvvetinin lineer olarak artmasına sebep olur . Bu artış oranları ise kullanılan ekstrüzyon malzemesi ve hızına bağlı olarak değişim göstermektedir .

g) Matris kanal uzunluđu ile sűrtűnme kuvveti dođru orantılıdır . Kanal uzunluđunun dođru olarak tayin edilmemesi geometrik Őekil hatalarına ve enerji sarfiyatının artmasına neden olmaktadır .

h) Leplenen ve nitrasyon ile kaplanan matris kanal yűzeylerinde aŐınma ve kaynama tabakası geç olur . Profilin yűzeyleri daha pűrtűzsűz ve kaliteli çıkmaktadır .

i) Ekstrűzyon matrislerinde űn oda malzeme akışının dűzenlenmesinde , ince dil kısımlarının desteklenmesinde ve alıcı çapından daha geniŐ profillerin ekstrűzyonunda kullanılır . Őn odanın geniŐliđi ve derinliđi profilin et kalınlıđına bađlı olarak deđiŐir .



KAYNAKÇA :

- 1- Akeret R. , 1983 . Einfluß der Querschnittform und der Werkzeuggestaltung beim Strangpressen von Aluminium Teil 1: Vorgänge in der Umformzone , ALUMINIUM 59 , Aluminium-Verlag GMBH , 9: 665-669 .
- 2- Akeret R. , 1983 . Einfluß der Querschnittform und der Werkzeuggestaltung beim Strangpressen von Aluminium Teil 2: Die Reibung im Preßkanal, ALUMINIUM 59, Aluminium-Verlag GMBH , 10: 745-750 .
- 3- Akeret R. , 1985 . Einfluß des Neigungswinkels und der Länge der Lauffläche auf die Reibung im Preßkanal , ALUMINIUM 61 , Aluminium-Verlag GMBH , 3: 69-172 .
- 4- Ames A. , 1992 . Werkzeuge zum Strangpressen von Al-Werkstoffen , Alusingen-Werkzeugbau , Singen .
- 5- Göymen V.H. , 1988 . Ekstrüzyonda matris dizaynı ve şeklinin malzeme akışı , ekstrüzyon kuvveti ve hızına etkisinin incelenmesi , Yüksek Lisans Tezi , Yıldız Teknik Üniversitesi , İstanbul .
- 6- Lang G. , 1981. Abschätzung der Reibung im Preßkanal beim direkten und indirekten Strangpressen von Al99.6 , ALUMINIUM 57 , Aluminium-Verlag GMBH , 12: 791-796.
- 7- Lang G. , 1984 . Reibung im Preßkanal beim direkten und indirekten Strangpressen von Al99.6 , AlMgSi0.5 , und AlZn4.5Mg1 , ALUMINIUM 57, Aluminium-Verlag GMBH , 4: 266-268 .
- 8- Lange K. , 1988 . Umformtechnik Handbuch für Industrie und Wissenschaft Band 2: Massivumformung , Springer-Verlag , Berlin .
- 9- Ploeg D.M. , 1983 Kostensparendes Preßbläppen von Strangpreßmatrizen , ALUMINIUM 59 , Aluminium-Verlag GMBH , 3: 187-188 .
- 10- Rodriguez P. , and Rodriguez A. , 1992 . System to calculate chambers and feeds to obtain a minimum single bearing , Inalsa-Mass Global Inc. , Miami .
- 11- Sönmez H. , 1989 . Metal ekstrüzyonu , Eğitim yayınları A.Ş. , İstanbul .

- 12- Spur G. , und Stöferle T., 1984 . Handbuch der Fertigungstechnik Band 2:Umformen, Carl Hanser Verlag , München .
- 13- Thedja W.W. , Müller K. , und Ruppin D. , 1993 . Die Vorgänge im Preßkanal beim Warmstrangpressen von Aluminium Teil 1:Strangoberflächenrauheit und Haftschrift auf der Matrizenlauffläche,ALUMINIUM 69,Aluminium-Verlag GMBH, 6:543-547.
- 14- Thedja W.W. , Müller K. , und Ruppin D. , 1993 . Die Vorgänge im Preßkanal beim Warmstrangpressen von Aluminium Teil 2:Reibung im Preßkanal und Matrizen Verschleiß , ALUMINIUM 69 , Aluminium-Verlag GMBH, 7: 649-653 .
- 15- Weitzel F. , 1991 . Aus der Geschichte des Strangpressens , ALUMINIUM 67 , Aluminium-Verlag GMBH , 4: 337-340 .
- 16- Weitzel F. , 1992 . Gestaltung und Konstruktion von Strangpreßwerkzeugen Teil 2 ALUMINIUM 68 , Aluminium-Verlag GMBH , 10: 867-870 .

ÖZGEÇMİŞ :

Adı.....: Alibey
Soyadı.....: Arabacı
Doğum Tarihi...: 10.01.1970
Doğum Yeri.....: Malatya
Uyruğu.....: T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHÜR

Bitirdiği Eğitim Kurumları:

İlkokul.....: Eichrodtshule Almanya 1976-1980

Ortaokul.....: Otto-Hahn Realschule Almanya 1980-1984

Lise.....: Davutpaşa Lisesi İstanbul 1984-1985

Fatih Vatan Lisesi İstanbul 1985-1987

Lisans.....: Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi

Makina Mühendisliği Bölümü İstanbul 1988-1993