

47008.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİĞİN DÜŞEY EKSTRÜZYONUNUN  
İNCELENMESİ

T-47008

Mak. Müh. A. Aytuğ MURTEZAOĞLU

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında  
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Hüseyin SÖNMEZ

İSTANBUL, 1995

YÜKSEKÖĞRETİM KURU  
ANTASYON MERKEZİ

## ÖZET

Hazırlamış olduğum bu tezde dikışsiz ince kesitli elik boruların ekstrüzyon yöntemi ile imalini inceledim. Bu araştırmam sırasında öncelikle ekstrüzyon yöntemlerinden ve ekstrüzyon preslerinden bahsettim. Daha sonra eliğın yapısından ve özelliklerinden kısaca bahsettikten sonra özellikle boru çelikleri üzerinde durdum ve boru çeliklerinin yapılarını işledim. Diğer bir kısımda ise malzemelerin ekstrüzyon edilebilirlikleri ve özellikle eliğın ekstrüzyon edilebilirliğı üzerinde durdum. Daha sonra ise bütün bu konulardan üzerinde kısaca bahsettikten sonra asıl konum olan eliğın düşey ekstrüzyonu konusunu inceledim. Bu kısımda ise elik ekstrüzyonunda kullanılan presler, elik blok imal yöntemleri, elik boru ve profillerin ekstrüzyon yöntemlerini ve elik ekstrüzyonunda kullanılan yağlama yöntemlerini inceledikten sonra eliğın ekstrüzyonunu anlattım. Bütün bunların sonrasında ince kesitli bir elik boru imali için gerekli ekstrüzyon kuvvetini hesaplayarak gerekli düşey pres seçimini yaptım.

Mak. Müh.

A. Aytuğ MURTEZAOĞLU

## SUMMARY

I tried to examine how to manufacture thin wall thickness and seamless steel tubes in extrusion process in my thesis. Especially my works and research are concerned with vertical extrusion of steel tubes. On the one hand I explain tube steels and their extrudability, on the other hand I described extrusion process of this material after that I collected these two sections together and I explained how can we manufacture steel tubes in vertical extrusion.

Mach. Eng.

A. Aytuğ MURTEZAOĞLU

1.	GİRİŞ .....	1
2.0.	EKSTRÜZYON YÖNTEMLERİ .....	2
2.1.0.	Ekstrüzyon yöntemleri.....	2
2.1.1.	Vasıtasız ekstrüzyon.....	2
2.1.2.	Vasıtalı ekstrüzyon .....	3
2.1.3.	Püskürtme ekstrüzyonu.....	4
2.1.4.	Hidrostatik ekstrüzyon.....	5
2.2.0.	Ekstrüzyon presleri.....	6
2.2.1.	Yatay ekstrüzyon presleri.....	6
2.2.2.	Düşey ekstrüzyon presleri.....	10
2.3.	Bilgisayar destekli ekstrüzyon pres kontrolü.....	11
3.0.	ÇELİK .....	27
3.1.	Çeliğin yapısı ve özellikleri.....	27
3.2.	Boru çelikleri.....	27
4.0.	MALZEMELERİN EKSTRÜZYON EDİLEBİLİRLİKLERİ ....	33
4.1.	Metal ve alaşımlarının şekil değiştirme kabiliyetleri.....	33
4.2.	Çeliğin ekstrüzyon edilebilme kabiliyeti.....	35
5.0.	ÇELİĞİN DÜŞEY EKSTRÜZYONU .....	40
5.1.0.	Çeliğin ekstrüzyonunda kullanılan presler.....	40
5.1.1.	Mekanik presler.....	40
5.1.2.	Hidrolik presler.....	41
5.2.0.	Çelik blok imal yöntemleri.....	42
5.2.1.	Metal kalıba döküm.....	42
5.2.2.	Sürekli döküm.....	43
5.2.3.	Sıcak haddelenmiş silindirik bloklar.....	43
5.2.4.	Dövülmüş silindirik bloklar.....	43
5.3.0.	Çelik boru ve içi boş profillerin ekstrüzyon yöntemleri... 44	
5.3.1.0.	Çelik boruların ekstrüzyon ile imal yöntemleri.....	46
5.3.1.1.	Istampa ile hareket eden mandrel ile boru ekstrüzyonu... 47	
5.3.1.2.	Yüzer mandrel ile boru ekstrüzyonu .....	48
5.3.1.3.	Hareketi sınırlandırılmış mandrel ile boru ekstrüzyonu... 48	
5.3.1.4.	Istampa hareketinden bağımsız hareketli mandrel ile boru ekstrüzyonu.....	49
5.3.2.	Çelik profillerin ekstrüzyon yöntemi.....	50
5.4.	Çelik ekstrüzyonunda yağlama.....	51
5.5.0.	Çelik ekstrüzyonu.....	55
5.5.1.0.	Yağlama.....	55
5.5.1.1.	Matrisin yağlanması.....	56
5.5.1.2.	Alıcının yağlanması.....	57
5.5.2.	Takımlar.....	57
5.5.3.	Alıcı.....	58
5.5.4.	Istampa.....	58
5.5.5.	Ön levha.....	58
5.5.6.	Matris.....	58
5.5.7.	Mandrel.....	59
6.0.	İNCE KESİTLİ ÇELİK BORU İMALAT HESAPLARI .....	61
6.1.	Ekstrüzyon oranının bulunması.....	62
6.2.	Ekstrüzyon kuvvetinin bulunması.....	62

SONUÇLAR VE ÖNERİLER  
KAYNAKLAR  
ÖZGEÇMİŞ

## 1.GİRİŞ :

Yüksek ergime sıcaklığına sahip metaller uzay teknolojisi, teçhizatlar, nükleer mühendisilik ve kimya endüstrisinde kullanıldıklarından önem arz ederler. Bu metallerin ekstrüzyonunda yüksek sıcaklıklarda çalışabilecek ve akma gerilmesine dayanabilecek takımlarda önemli yer tutar. Aynı zamanda bu takımlar mukavim oldukları kadar temiz bir akışta sağlamalıdır.1928 yılında İngiltere'de çelik boru imalatında ekstrüzyon yönteminin uygulanması ve 1937'de sürekli ticari çelik ekstrüzyonunun uygulamaya konulması ile çelik ekstrüzyonu gelişmeye başlamıştır. Ancak yüksek takım aşınması, çok yüksek şekil değiştirme sıcaklıkları ve oksitlenme nedeni ile çelik ekstrüzyonu ekonomik olarak yapılamıyordu.

Sovyet bilim adamı Ugine Sejournet' in geliştirdiği cam yağlama yöntemi ile bu engelleri aşmak mümkün olmuş ve yarı mamüller ekonomik olarak imal edilebilmiştir. Çeliğin ekstrüzyonu ile elde edilebilecek mamul ve yarı mamuller aşağıdaki gibidir.

- 1.Az miktarda, haddeleme yöntemi ile de imal edilebilecek çelik profiller, özellikle mevcut yufkaçların değiştirilmesinin veya yeni yufkaç ve ayaklarının temininin zor olduğu durumlar,
- 2.İmali haddeleme yöntemiyle zor veya imkansız olan çelik profillerin imalinde,
- 3.İçi boş çelik profillerin imalinde,
- 4.Haddelenebilir, yani sonradan haddelenecek prototiplerin imalatında,
- 5.Küçük boyutlarda boru imalinde,
- 6.Diğer yöntemlere göre imatları zor, hatta imkansız olan özel malzemedен mamullerin imalatında,

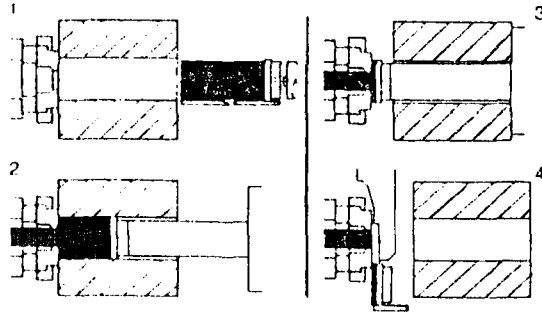
Çelik profiller ve borular genel olarak St 37, St 42 ve St 52 karbon çeliklerinden imal edilmektedir. Ayrıca, az miktarlarda gerekli olduğu durumlarda kaliteli çeliklerde ekstrüzyon yöntemi ile şekillendirilebilmektedir.

## 2.0.EKSTRÜZYON YÖNTEMLERİ :

### 2.1.0.Ekstrüzyon yöntemleri :

#### 2.1.1.Vasıtasız ekstrüzyon :

Vasıtasız ekstrüzyon yönteminde alıcı içindeki blok ıstampa tarafından itilerek diğer uçtaki matris profil deliğinden geçirilir. Malzeme akışı ve zorlama yönü aynıdır. Matris sabittir, ıstampa ve blok arasında sürtünme meydana gelir. Sürtünme kuvveti blokun matrise doğru ilerlemesini engeller ve gerekli ekstrüzyon kuvvetini ve ekstrüzyon artışı attırmaktadır. Ekstrüzyon kuvveti önce yükselip bir maksimumdan geçtikten sonra düşmeye başlar ve ıstampa strok sonuna yaklaştığında tekrara yükselmektedir. Kuvvetin tekrar yükselmesi, strok sonunda disk şeklinde küçük bir blok parçasının radyal olarak akıp matris deliğine girmesi esnasında önlevha ve matris alın yüzeylerinde büyük sürtünme kuvvetlerinin oluşmasındandır. 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, blokun tamamı ekstrüzyon edilse dahi yarı mamulün sonu hatalı olmaktadır. Bu nedenle vasıtasız ekstrüzyon yönteminde belli bir miktar ekstrüzyon artışı bırakılmaktadır. Sürtünme ekstrüzyon kuvvetini arttırdığı gibi düzensiz bir malzeme akışında neden olmaktadır. Sürtünme az olduğu C tipi akışı, yüksek olduğunda D tipi akışı oluşturmaktadır. Sürtünmenin son etkisi ekstrüzyon profilinin uzunluğu boyunca özelliklerin değişmesi ve bazı hatalara neden olmaktadır. Vasıtasız ekstrüzyon yöntemi, dezavantajlarına rağmen, takım düzenlemesi basit ve işletme yönünden kolay olduğundan çok tercih edilen bir yöntemdir.

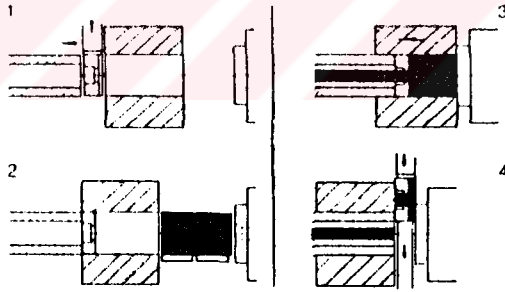


- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. Yükeme     | 3. Basma |
| 2. Ekstrüzyon | 4. Kesme |

Şekil 2.1.Vasitasız ekstrüzyon.(3)

#### 2.1.2. Vasitalı Ekstrüzyon :

Bu yöntemde matris, içi boş bir ıstampanın ucuna monte edilir ve ıstampa ile birlikte hareket eder. Matris hareketli, blok sabit olduğundan ıstampa alıcıya göre bağıl hareket yaparken, blok ile alıcı arasında bağıl hareket yoktur.



1. Matris ve tutucu montajı
2. Blokun yüklenmesi
3. Ekstrüzyon işlemi
4. Kesme

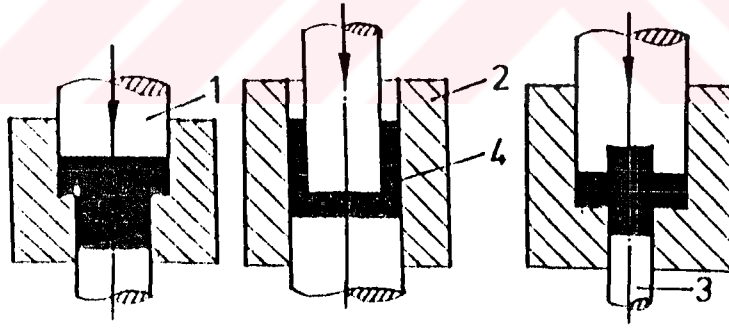
Şekil.2.2.Vasitalı eksstrüzyon.(3)

Malzeme akışı ile zorlama yönü tam zıttır. Bu yöntem ile ekstrüzyonda, blok yüzeyi ile alıcı cidarı arasında sürtünme

oluşmadığından gerekli ekstrüzyon kuvveti azalmaktadır. Kuvvet önce yükselip bir maksimum yaptıktan sonra değişmeden yatay olarak devam eder ve ıstampa strok sonuna yaklaştığında tekrar yükselir. Çünkü matris yüzeyi ve alıcının dip kısmında büyük sürtünme kuvvetleri meydana gelir. İşleme bu anda son verilir. Vasıtalı ekstrüzyonda malzeme akışı daha düzenli olmakta B tipi akış görülmekte ve ekstrüzyon hatalarının oluşum oranı azalmaktadır.

### 2.1.3. Püskürtme Ekstrüzyonu :

Bu yöntem ile genellikle dönel simetriye sahip içi boş veya dolu parçalar imal edilir. Çapı imal edilecek tüpün dış çapına eşit olan alıcı içine yerleştirilen ekstrüzyon malzemesine, ıstampa ile basarak biçim verilir. İstampa içindeki ön levhanın çapı, imal edilecek tüpün iç çapına eşittir. Alıcı içindeki malzeme ıstampanın basıncı ile ön levhanın çevresinden akarak yükselir ve silindirik kap biçimini alır. Püskürtme ekstrüzyonu ile ilaç sanayinin çeşitli tipleri, metal sanayinde basınçlı tüpler, supaplar ve çeşitli küçük makina parçaları imal edilir.



1. İstampa

2. Alıcı

3. Karşı ıstampa

4. Silindirik parça

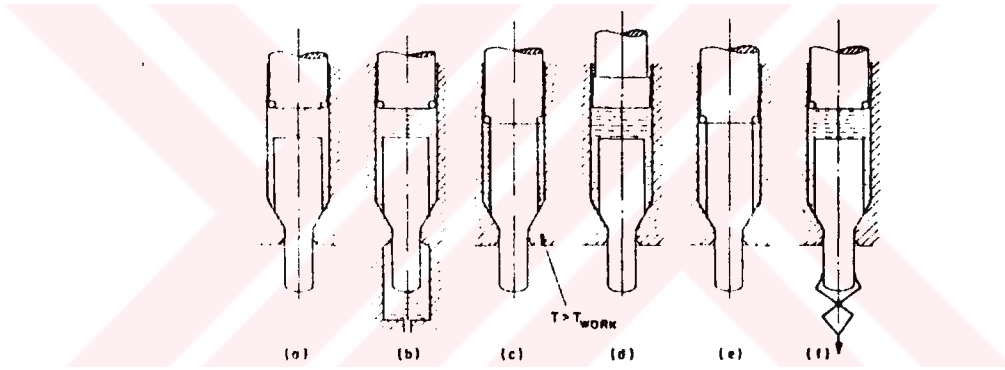
Şekil.2.3. Püskürtme ekstrüzyonu şekilleri.(6)

İşlem sıcak veya soğuk yapılabilir. Malzeme sıcaklığı yeniden billurlaşma sıcaklığının altında ise soğuk püskürtme, üstünde ise sıcak püskürtme yapılmaktadır. Püskürtme ekstrüzyon malzemesi olarak

demir olmayan metaller ve çeşitli çelikler kullanılır. Püskürtmede kullanılan malzemelerin akma sınırının ve sertliğinin düşük, uzama ve büzülme özelliklerinin yüksek olması istenir.

#### 2.1.4. Hidrostatik Ekstrüzyon :

Hidrostatik ekstrüzyon, bloğun alıcıda ıstampa kuvvetinin etkisiyle değil basınç ortamı ile matrilden geçirildiği bir yöntemdir. Bu yöntemde blok, yüksek basınç akışkanı ile çevrilmiştir ve akışkanın basıncı ile ekstrüzyon edilmektedir. Hidrostatik ekstrüzyon sadece plastiklik özelliği az olan metallerin ve alaşımların biçimlendirilmesinde kullanılmayıp, alüminyum ve bakır alaşımların biçimlendirilmesinde de birçok avantajlar sağlamaktadır.



Şekil.2.4.Hidrostatik ekstrüzyon.(5)

Bu yöntemde sıcak veya soğuk blok ile çalışılabildiğinden soğuk veya sıcak ekstrüzyon mümkün olabilmektedir. Hidrostatik ekstrüzyon ile klasik ekstrüzyon yöntemleri arasındaki temel farklardan biri, klasik ekstrüzyonda alıcı cidarını etkileyen radyal basıncın ıstampa basıncından %20-80 düşük olmasıdır.Hidrostatik ekstrüzyonda ise radyal basınç aksenal basınca eşittir. Bu nedenle daha yüksek basınç zorlamalarının etkisinde kalacağından, takım konstrüksiyon ve malzemelerinin seçiminde ve alıcı yapımında gerekli özen gösterilmelidir.

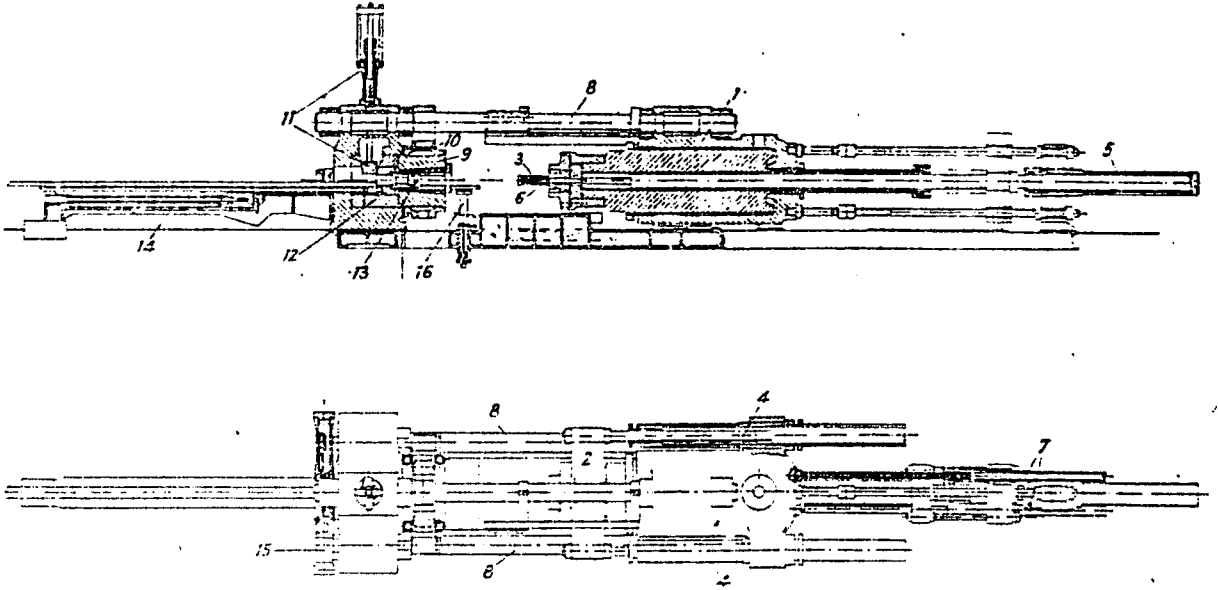
### 2.2.0. Ekstrüzyon presleri :

Hidrolik ekstrüzyon preslerinin yatay ve düşey olmak üzere iki ana tipi vardır. Yatay ekstrüzyon preslerinde ağır ve hafif metaller ile, çelik ve özel alaşımlardan çubuklar, profiller, bant ve teller imal edilir. Bir malafa veya birleştirme odası ilavesiyle boru ve içi boş profillerin imali mümkün olmaktadır. Normal yatay ekstrüzyon preslerinden farklı olarak bağımsız hareketli malafa ile donatılmış preslerde özellikle içi boş profiller ve borular imal edilmektedir. Demir esaslı olmayan metaller için, yükseklikleri ve ekstrüzyon kuvveti nedeniyle düşey çubuk ve boru ekstrüzyon presleri daha az kullanılmaktadır. Hidrolik preslerin sınıflandırılmasında ayrıca vasıtalı ve vasıtasız olarak çalışan ekstrüzyon presleri de söz konusudur. Vasıtasız ekstrüzyonda kullanılan yatay ekstrüzyon preslerinde matris grubu bir tarafta ve alıcı karşısında olmak üzere dizayn edilmiştir. Sürtünme kayıplarının düşük olması ve bloktan daha fazla yararlanma nedeni ile belirli büyüklükteki mamul ve yarı mamuller için vasıtalı ekstrüzyon presleri yapılmıştır. Matrisin ıstampa ile birlikte hareket eden bu tipte sınırlı imalat yapılabilmektedir.

#### 2.2.1. Yatay ekstrüzyon presleri :

Çubuk ve boru ekstrüzyonunda kullanılan yatay ekstrüzyon presleri üç grupta toplanabilir. Birinci tip çubuk, tel ve profil ekstrüzyonunda kullanılan ve boru ekstrüzyonu için ilave donatım bulundurmeyen yatay ekstrüzyon presleridir. Bunlar yağ hidroliği ile çalışan, ucuz ve büyük temel gerektirmeyen, her yere monte edilebilen preslerdir. İkinci tip yatay ekstrüzyon presleri ise, normal preslere malafa ve malafayı hareket ettiren donatımlar ilave edilmiş preslerdir. Bu preslerde çeşitli malzemelerden boru imali yapılmaktadır. Bloku delme donatımı, ana pistonun hareketinden bağımsız olarak hareket eden boru ve çubuk ekstrüzyonu preside üçüncü tip yatay ekstrüzyon presi olarak tanımlanmaktadır. Bu preslerde malafayı ileri hareket ettiren ve geri

dönüşü sağlayan silindir-piston sistemleri ana silindir-piston sistemlerinden tamamen ayrıdır.



- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. Ana silindir ve piston           | 9. Alıcı gövdesi                         |
| 2. Ana silindir kafası              | 10. Alıcı tutucusu                       |
| 3. İstampacı                        | 11. Kilitleme kaması ve hidrolik sistemi |
| 4. Ana pistonu geri çekme silindiri | 12. Matris kafası                        |
| 5. Delme malafası için piston       | 13. Matris                               |
| 6. Delme malafası                   | 14. Matris kafası için hidrolik kafa     |
| 7. Malafa geri dönüş                | 15. Hidrolik kesici                      |
| 8. Malafa geri dönüş silindiri      | 16. Blok yükleyici                       |

Şekil.2.5.Yatay ekstrüzyon presi.(6)

Modern ekstrüzyon preslerinde gövde konstrüksiyonundan başka alıcı hareketi, delme donatımı ve malafa hareketinin konstrüksiyonları da oldukça önemlidir. Presin delme donatımı presin içinde veya dışında olabilmektedir. Alıcı, ıstampanın radyal kuvvet bileşenini karşılamaktadır. Alıcı tutucusunun konstrüksiyonunda alıcı değiştirme, ekstrüzyon artığının uzaklaştırılması ve ön levhanın durumu dikkate alınmalıdır. Alıcının değiştirilmesinde zaman kaybı minimum olacak şekilde dizayn edilmelidir. Hareketli alıcı, takımların daha iyi

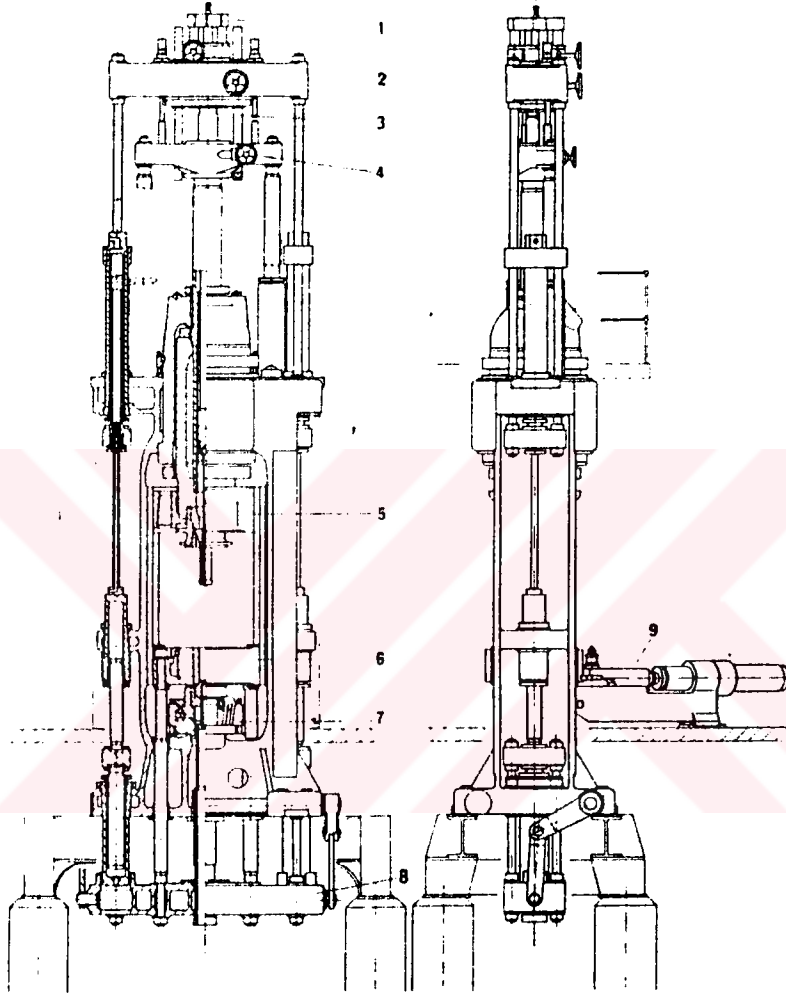
merkezlenmesini, matrisin ön ve arkasındaki ekstrüzyon artığının ayrılmasını ve özellikle köprülü matrislerde artığın yırtılmasını kolaylaştırmaktadır. Boru veya içi boş profillerin imalinde kullanılan delme donatımlarının içte veya dışta olması koşullarından hangisinin avantajlı olduğu henüz kesin hatlarla ayrılamamıştır. İçte bulunan dizaynlarda merkezlemenin daha iyi olduğu ve dışta olması durumunda ise daha müsait bir çalışma ortamının doğduğu ileri sürülmektedir. Sürekli matris değiştirmenin gerekli olduğu durumlarda veya her ekstrüzyon işleminden sonra takımın bir işleme tabi tutulduğu hallerde iki matris pozisyonu için döner takım kafaları kullanılır. Diğer bir tertip şekli de, döner takım kafasının birbiri ardına yerleştirilmiş iki döner kola ayrılmasıdır. Böylece ilk döner kol matris ve matris tutucusunu ve diğeride baskı plakasını taşır. Bu tertibin avantajları matrisin kolay değiştirilmesi, hareketli kısımların azalması ve matrisin hemen ardında ayrılması olduğundan mamulün kısa sürede serbest kalması sağlanır. Aynı anda çok sayıda profil ekstrüzyon edilmesi durumunda karşı tutucudan geçip kayma tablasına ulaşan mamuller bir grafit yuva ile korunurlar ve böylece de yüzeylerinin bozulması önlenir. Tutucunun hemen arkasındaki bir makas veya testere kesme işlemini gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda takımların soğutulmasında da gereken özen gösterilmelidir. Bilhassa, blok sıcaklığının yüksek olması veya ekstrüzyon işleminin çok uzun olması durumunda iç gömleğin, matrisin ve malafanın soğutulması çok önemlidir. Malafanın soğutulmasında, genellikle malafanın içine açılmış kanallara sürekli soğuk su verilerek tüm işlem boyunca soğutulması sağlanır. Böylece malafanın ömrü uzatılmış olur.

Tablo.2.1.Demir olmayan metaller ve çelikler için ekstrüzyon preslerinin sınıflandırılması.(6)

Tip	Tanım	Pres ekseninin pozisyonu	Delme mekanizması veya mekanizması	Ana silindirin sayısı	İsleme basıncı:(kg/cm <sup>2</sup> )	Mak.Pres kapasitesi:(Ton)	Yapı tipi	Kullanma alanı
Yatay ekstrüzyon presleri	Hidrolik	Yatay	Yok	1	-	500 630-4000 800-5000 1000-6300 1250 - - 1600-2000	2, 3 ve 4 sütunlu	Karlı ve ağır metal alaşımlarından çubuk, tel, profil ve kalın bant imalatı(3000 imalat için sabit malzeme)
Yatay çubuk ve boru ekstrüzyon presleri	Hidrolik	Yatay	Var	1	- 200 250	2000-10000 2500-12500 3150-16000 - -20.000	Gövdeli	Demir olmayan metal ve çeliklerden çubuk, profil ve bağımsız malzeme hareketi ile boru imalatı
Düsey çubuk ve boru presleri	Hidrolik	Düsey	Var veya yok	1	- 315 350	500- - 630-1250 300-1630 1000- -	Gövdeli	Özellikle ağır metal-lerden boru ve içi boş profillerin ekstrüzyonunda
Kranklı ekstrüzyon presleri	Mekanik	Yatay veya düsey	Var veya yok	1	-	630- - 800- - 1000- -	Gövdeli	Kısmen çelik boruların seri imalatında
Kablo gomeği presleri	Hidrolik	Yatay veya düsey		1 veya 2	-	- -3150 1600- - - -4000 2000-5000	Tek veya çift istasyonlu	Kablolar Al ve Pb alaşımlarının ekstrüzyonunda kullanılır.
Özel Konstrüksiyon	Hidrostatik ekstrüzyon preslerinin gelişimi							

### 2.2.2.DüŖey ekstrüzyon presi :

Günümüzde düŖey ekstrüyon presi demir dıŖı metallerin ekstrüzyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır.



- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Malafa strok mekanizması | 6. Alıcı tutucusu                      |
| 2. Delici                   | 7. Döner matris tutucul takım tutucusu |
| 3. Malafa strok limiti      | 8. Alıcıyı hareket ettiren mekanizma   |
| 4. Malafa strok ayarı       | 9. Makas                               |
| 5. Hareketli kafa           |  |

Ŗekil.2.6.DüŖey ekstrüzyon presi.(3)

Bu preslerde imal edilen mamullerin boyutları sınırlı olmakta ve kullanılan blokların ağırlıkları küçük olduğundan modern yatay presler daha ekonomik olmaktadır. Çelik boruların, dar toleranslı küçük çaplı boruların ve özel profillerin ekstrüzyonunda kullanılmaktadır.

Pres gövdesinin üst kısmında ana silindir, hareketli kafa ve delme sistemi için silindir ve geri dönüş silindiri bulunmaktadır. Alt kısımda ise takım tutucuları ve alıcı hareket ettirme donatımları bulunmaktadır. Presin alt ve üst kısımlar sütunlarla birbirlerine bağlanmıştır.

### 2.3. Bilgisayar destekli ekstrüzyon presi kontrolü : (14)

Günümüzdeki ekstrüzyon presleri kompleks yapıları ve kullanıcı personel sayısını en aza indiren preslerdir. Geleceğe dönük imal edilecek ekstrüzyon preslerinde elektronik devrelerin kullanım sahası bulacağı aşikardır. Bu noktadan hareketle pres teknolojisine bağlı olarak her ne kadar donanım kontrolü iyi bir şekilde sağlanabilmekteyse de bu kontrolün kendini muhakeme edebilecek bir sistem tarafından denetlenmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür.



Şekil.2.7. Kontrol sisteminin yapısı

Ekstrüzyon preslerindeki alıcının, ıstampanın ve matrisin maruz kaldığı sıcaklık bölgeleri ne kadar iyi bilinirse pres tasarımcılarına o kadar faydalı olunacağı bilinmektedir. Gerek imalat sırasında gerekse blok cinsine göre, alıcı içindeki sıcaklıklar farklılık arz etmektedir. Farklı zamanlarda sıcaklığı ölçmek mümkün olsa bile bu ölçümleri sıcaklık bölgeleri olarak ayırmak mümkün olamamaktadır. Netice olarak çıkış sıcaklık değerlerini baz alarak hesaplama yapan bir simülasyon model sadece vasıtasız değil vasıtalı ekstrüzyon içinde geliştirilmiştir. Bu iki boyutlu bir modeldir. Bu model ile birisi hem radyal, hemde aksenel doğrultudaki ısı akışı ölçülebilmektedir. Girişler şunları kapsamaktadır : malzeme yapıları, boyutları ve ekstrüzyon işlemini etkileyen bütün parçaların başlangıç sıcaklıklarıdır. Bunun yanı sıra blokun en uygun dış sıcaklık değerlerinden bu girişler arasındadır.

Sıcaklık ve termal değerlerin sıcak iş çelikleri ve malzemeler üzerindeki etkileri bilgi bankasına yüklenmektedir. Hesaplamalar sonlu elemanlar metodu ile yapılmaktadır. Burada kullanılan iki boyutlu model yardımı ile termal ve fiziksel ilişkileri, ve matematiksel değerleri kapsamlı olarak oluşturmak mümkündür.

İşte bütün bu işlemlerin bilgisayarlar yardımı ile gerçekleştirilebilmesi için aşağıdaki yöntemler geliştirilmiştir.

\* PICOS (Proses Bilgilendirme ve Kontrol Sistemi) :

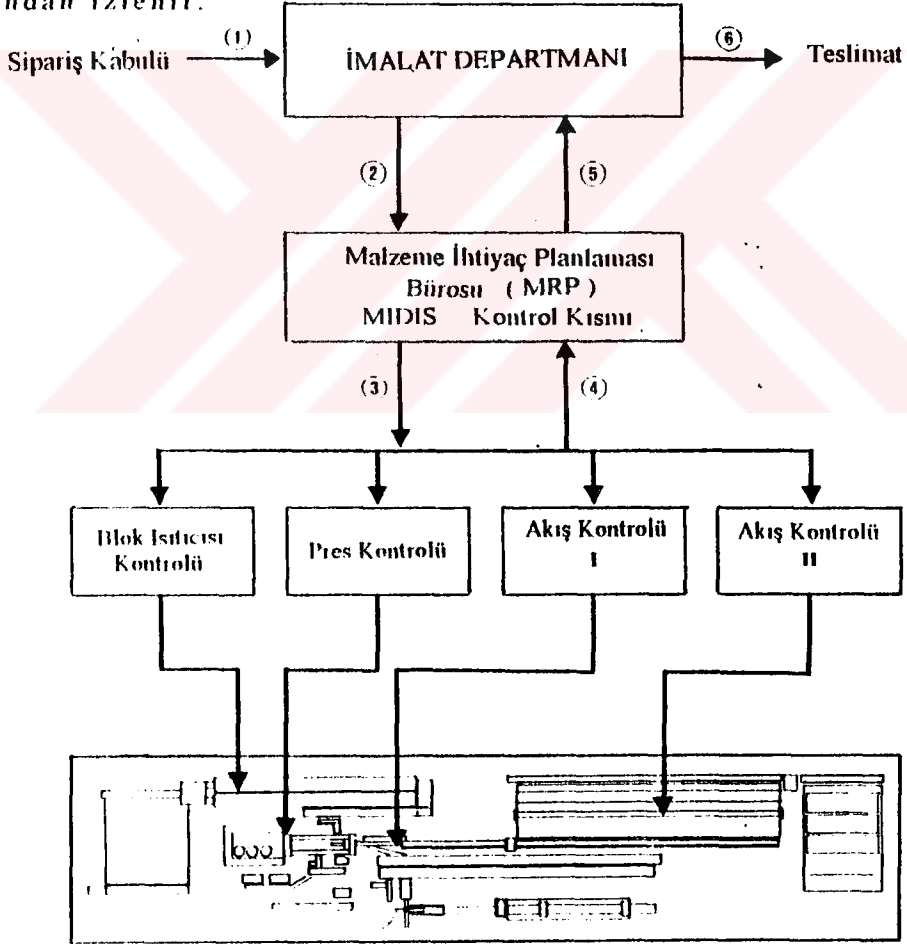
Bu sistem monitörler vasıtasıyla iş çevrimi sırasında olabilecek değişiklikleri ve hataları anında tesbit edebilme kullanıcıya aktarma yeteneğine sahiptir. Bu işlemleri aşağıdaki işlemler vasıtası ile bir arada yapmaktadır.

- Durum değerlendirme : Ekranlar vasıtasıyla ekstrüzyon olayının akışının tesbiti.
- Hata tesbiti : İstenmeyen durumların, kayıp ve hataların tesbiti.
- Program : Ekstrüzyon için gerekli bilgilerin yüklendiği kısım.

- Giriş : Yeni program bilgilerinin veya değişikliklerinin girildiği kısım.
- Hata : Tesbit edilen hataları ayrıntılı olarak belirtildiği kısım.
- Protokol : İleriye dönük olarak mukayese için kullanılmak üzere mevcut hataları kayıt kısmı.
- Değerlendirme : İşlem sırasındaki hataları gün ve zaman bazında sıralayarak değerlendirmeye alır.

\* MIDIS ( Yönetim Bilgilendirme ve Hata Teşhis Sistemi ) :

Bu sistemde ise imalat departmanı tarafından hazırlanan üretim planı doğrultusunda, imalat programı ve buna bağlı hesaplamalar yapılmaktadır. Malzeme akışı tüm proses boyunca bilgisayarlar tarafından izlenir.



Şekil.2.8.Ekstrüzyon hattındaki iş ve proses kontrolü

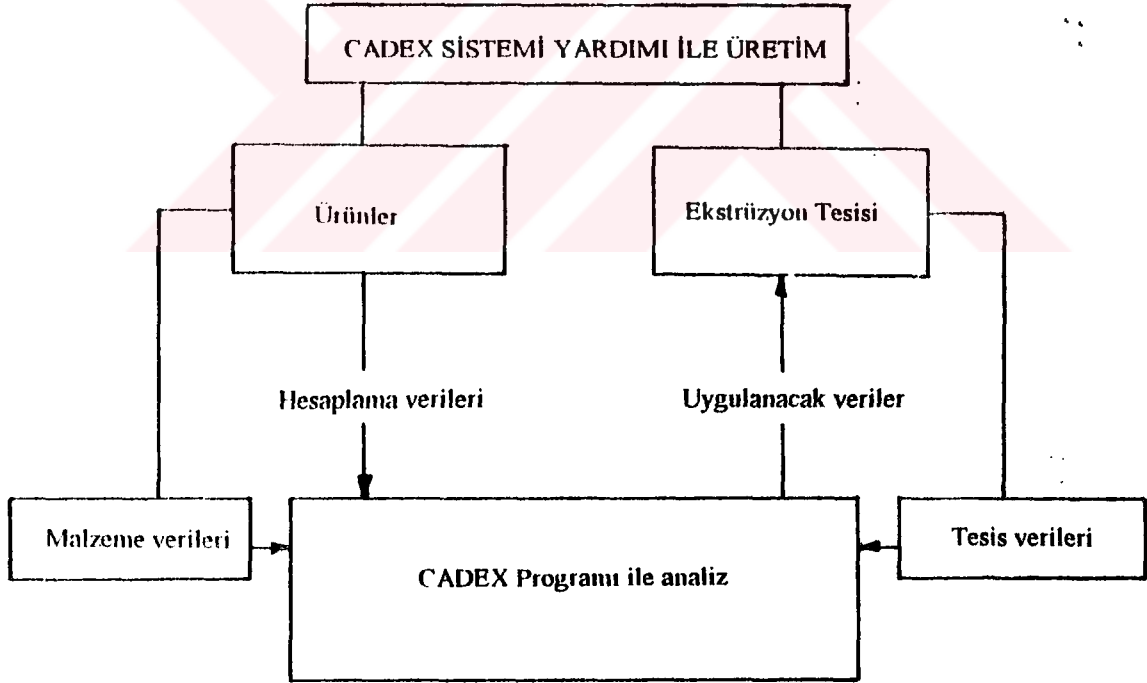
1. Siparişin imalat departmanına verilmesi.
2. Sipariş ile ilgili bilgiler (Kalite, boyut, malzeme vb.) MIDIS yüklenir.
3. Gerekli bilgiler kontrol ünitelerine iletilir. Burada mamulün istenilen kalite şartlarını sağlaması için gerekli veriler ilgili kısımlara iletilir.
4. Proses boyunca elde edilen bilgiler değerlendirilir ve gerekli şartları sağladığı tesbit edilirse malzeme ihtiyaç planlaması bürosuna sevk edilir.
5. İmalat ile ilgili bilgiler toplanarak depo edilir ve imalat departmanına bildirilir.
6. Gerekli fatura ve yükleme detayları hazırlanan mamul işlemler sonrası sevk edilir.

Proses bilgilendirme ve kontrol sistemi, iş çevrimi sırasındaki olaylara anında müdahale ve hataları hızlı bir şekilde tesbit etme olanağı sağlamaktadır. Bu kontroller ekstrüzyon tesisinden ayrı bir yerde yapılmaktadır. Bu sistemin tasarlanmasında kullanıcıya her yönden yardımcı olabilmesi ve olay ile ilgili tam bilgilendirilmesi temel alınmıştır. Yine farklı ürünler için kolaylıkla imalata adaptasyon, ara işlem zamanlarını kısaltma, uygunluk ve üretimi arttırmakta bu yazılımın özellikleri arasındadır. Bu sistem aynı zamanda ileriye dönük eklemelere ve yenilemelere uygundur. Bu yazılım dünyada mevcut ekstrüzyon standartlarına bağlı kalınarak SMS Hasenclever tarafından yapılan bir deney ve araştırma sonucu geliştirilmiştir. Bu sistemin birkaç önemli fonksiyonlarını şöyle sıralayabiliriz :

- Ekranları fonksiyon tuşları ile kontrol.
- Makina modifikasyon ve sistem parametrelerini şifre ile koruma.
- Pull-down menüleri.
- Pencereler ile yardım.
- Özel klavye adaptasyonu.
- Kullanım kolaylığı sağlayacak sistemler.
- İki dilde kullanım.

MIDIS ise PICOS 'un bir üst sistemidir. Burada ürünün herşeyi ile garantisi sağlanmaktadır. Gerek kalite, gerekse sayı açısından MIDIS sayesinde proses boyunca ölçümler yaparaktan kontrol sağlanmaktadır. CADEX sayesinde ise malzemenin işlenisi tesbit edilebilmektedir. Burada simülasyon kullanılarak ekstrüzyon hızında %32'lik bir artış sağlanmaktadır. Bu program üretim ile ilgili bütün bilgileri derleyerek gerekli takım seçimi yapılabilen ve bunu bir simülasyon olarak tatbik edebilmektedir. Bu program aşağıda yazılı hususları tesbit edebilmektedir:

- \* Termal limitleri zorlamadan ekstrüzyon hızını ayarlama.
- \* Blok için en uygun ısı değerlerini ayarlama.
- \* Seçilecek ekstrüzyon hızına uygun gerekli blok boyunun tesbitini yapar



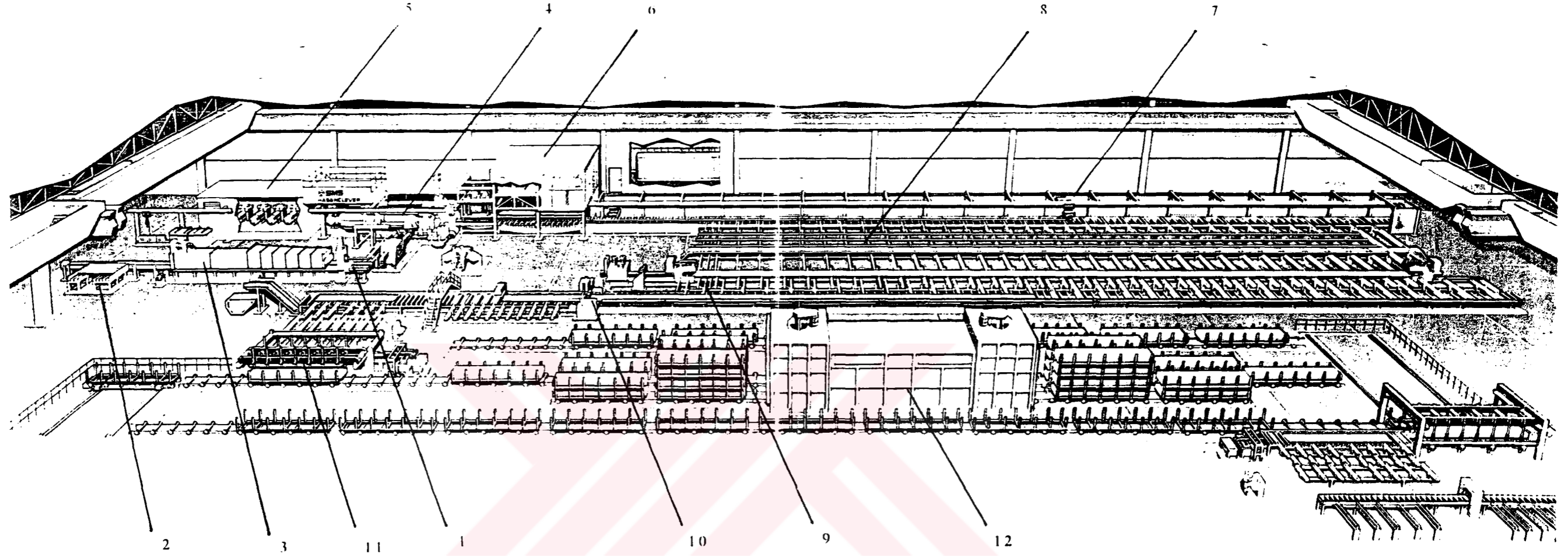
Şekil.2.9.CADEX sisteminin işleyişi

Bu sistemler ışığından bir ekstrüzyon tesisinin teşekkülü ve kontrolü şu şekilde olmaktadır. Şekil.2.10'da ekstrüzyon teknolojisindeki gelişmeler ışığında SMS Hasenclever ve Junker firması tarafından geliştirilen ekstrüzyon tesisi görülmektedir. Bu tesiste işlemler şu akım şemasına bağlı olarak gelişmektedir.

Sürekli döküm mamulü alüminyum bloklar magazin tablasına yerleştirilmektedir. Buradan sonra gerekli ekstrüzyon sıcaklığına ulaşabilmeleri için gaz alevli fırında ısıtılmakta ve sıcak testere ile istenilen boylarda kesilmektedir. Bu bloklar yağlandıktan sonra ekstrüzyon presine yüklenmektedir. Preste basım sırasında sabit kendinden yağlayıcılı ön levha kullanılmaktadır. Pres tam otomatik kontrol sistemi ile idare edilmektedir. Pres çıkışında çekici tarafından alınan mamul istenilen boyuta gelince testere tarafından kesilir ve soğuma tablasına sevk edilir. Bu soğuma tablaları Kevlar kayışlarından oluşmaktadır.

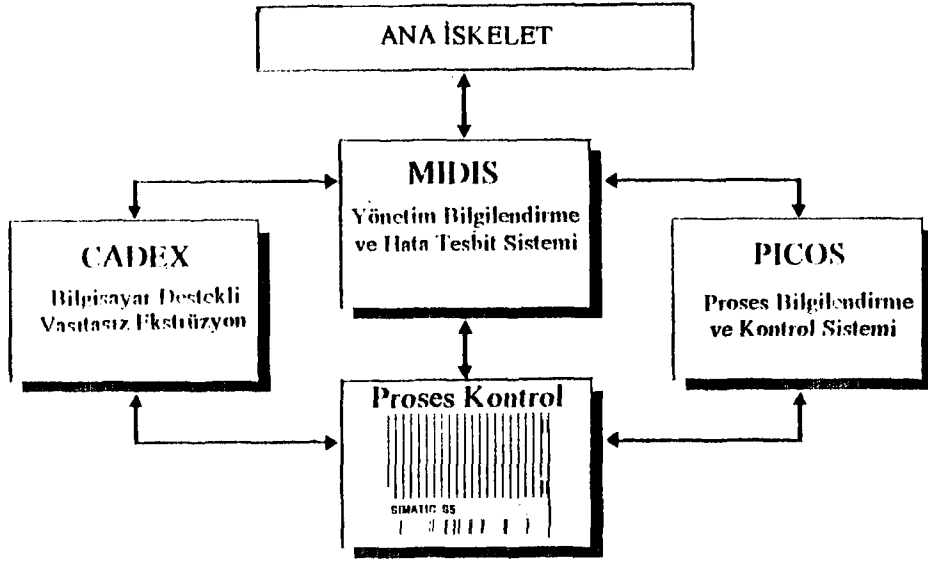
Ekstrüzyon mamullerinin yığılı otomatik olarak çekme sistemlerine sevk edilmektedir. Bu gergi işleminden sonra 1.20 m çapındaki testere ile son boyutlarına getirilmektedir. Bu işlem sonunda ise üretilen mamuller bir vagona yerleştirilerekten çift odalı yaşlandırma fırınına yerleştirilir. Bu fırın çıkışında ürünler paketlemeye hazır hale gelir ve boş vagonlar geriye döner.

Şu bir gerçektir ki modern bir bilgisayar sistemi yardımı olmaksızın böyle bir sistemi yürütmek düşünülemez. Bilgisayarlar günümüzde modern imalat koordinasyonunu makina düzeyine ve serbest programlamaya, manuel olarak girişlere ve otomatik proses düzenlemesini, ürün bilgileri yönetimi ve proses ile ilgili verileri depolayaraktan yapmaktadır. Böyle davranaraktan ürün hattı kapalı bir bilgisayar sistemine bağlanaraktan üretim planlaması ve koordinasyonunu yapılabilmektedir. Bunun sonucunda üretim prosesinin bilgisayar yardımı ile kontrolü sağlanabilmektedir. (Şekil.2.11)

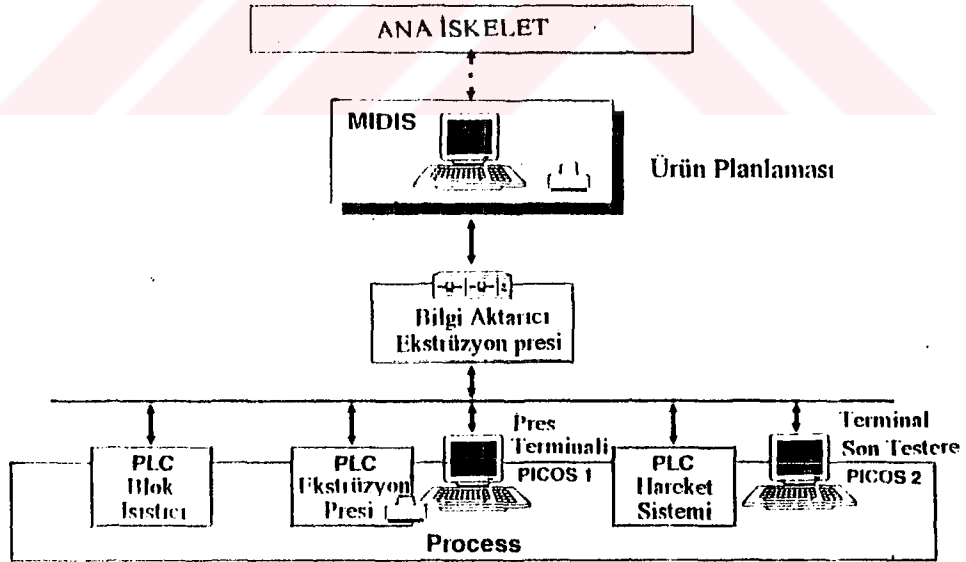


Şekil 2.10. Ekstrüzyon tesisi ve yerleşim planı.

1. Blok testeresi
2. Blok magazini
3. Blok ısıtıcı
4. 2800/3100 Ton vasıtalı ekstrüzyon pres
5. Pompa odası
6. Sıcaklık testere, makaralı iletim hattı
7. Çekici
8. Soğutma hattı
9. Testere ile kesim hattı
10. Son testere
11. Çubuk toplama elemanı
12. Yaşlandırma fırını



Şekil.2.11. Kompüterize sistemin işleyişi

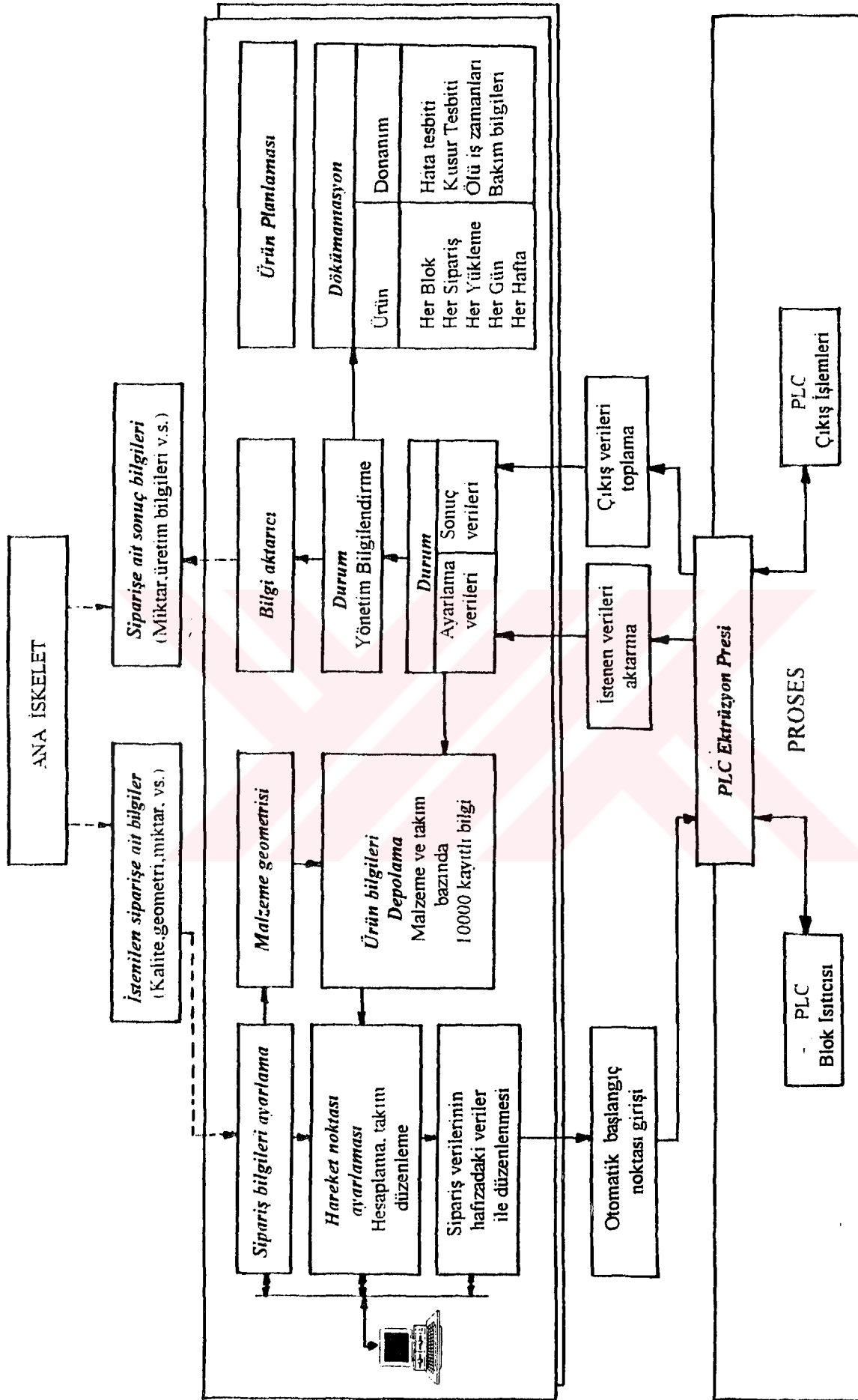


Şekil.2.12. MIDIS sistemi

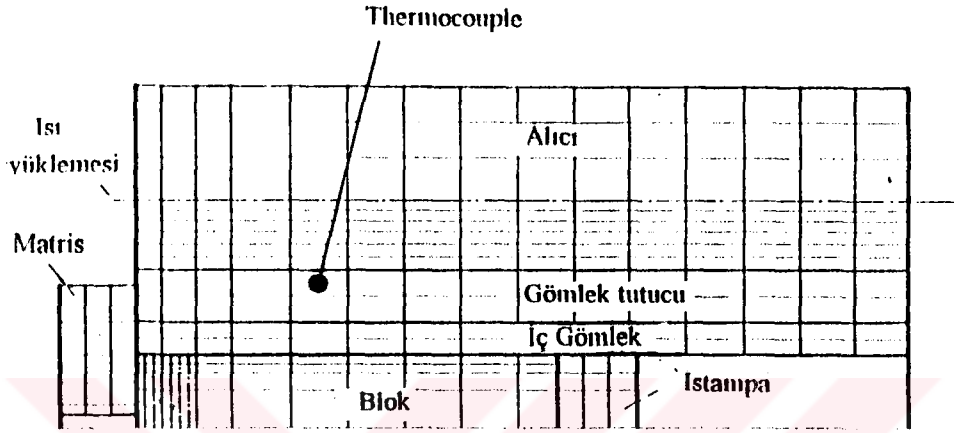
Bütün bunlar MIDIS sisteminin teşekkül etmesi sonucunda ortaya çıkmış olup, bu sistem yardımı ile iş bilgileri, ürün bilgileri, proses bilgileri, hata tesbiti, hata mesajları ve çözüm önerilerini alabiliriz(Şekil.2.12-2.13). Bu yapılanma ışığı altında henüz ürün kalitesini garantileme ve üretim verimini arttırma araştırmaları sürmektedir. CADEX sistemi SMS Hasenclever tarafından geliştirilmiş olup bu konuda isteyen firmalara destek verilmektedir.

Ekstrüzyon preslerindeki alıcının, ıstampanın ve matrisin maruz kaldığı sıcaklık bölgeleri ne kadar iyi olarak bilinirse pres tasarımcılarına o kadar faydalı olunacağı bilinmektedir. Gerek imalat sırasında gerekse blok cinsine göre alıcı içindeki sıcaklıklar farklılık arz etmektedir. Farklı zamanlarda sıcaklığı ölçmek mümkün olsa bile bu ölçümleri sıcaklık bölgeleri olarak ayırmanın mümkün olamadığından daha önce bahsetmiştik. Bu nedenle mevcut kullanılan bilgisayar modeli 1970 yılında Gutehoffnungshütte bilgisayar merkezi ile yapılan ortak çalışma sonucu geliştirilmiştir. Bunu izleyen yıllarda iyi yönde bir çok gelişmeler kaydedilmiş ve bu yöntemin alıcı dizaynı için kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Bu model hem vasitasız hemde vasıtalı ekstrüzyon için geliştirilmiş ve ekstrüzyon çıkış sıcaklıklarını hesap edebilmekte idi. Bu iki boyutlu bir modeldi ve bu model ile birisi hem radyal, hemde aksenal doğrultudaki ısı akışı ölçülebilmekte idi. Girişler şunları kapsamakta idi ; malzeme yapıları, boyutları ve ekstrüzyon işlemini etkileyen bütün parçaların başlangıç sıcaklıklarıydı. Bunun yanı sıra bloğun en uygun dış sıcaklık değerleride bu girişler arasındaydı.

Sıcaklık ve termal değerlerin sıcak iş çelikleri ve malzemeler üzerindeki etkileri bilgi bankasına yüklenmektedir. Hesaplamalar sonlu elemalar metodu ile yapılmaktadır.



Şekil.2.13. MIDIS Bilgi akışı

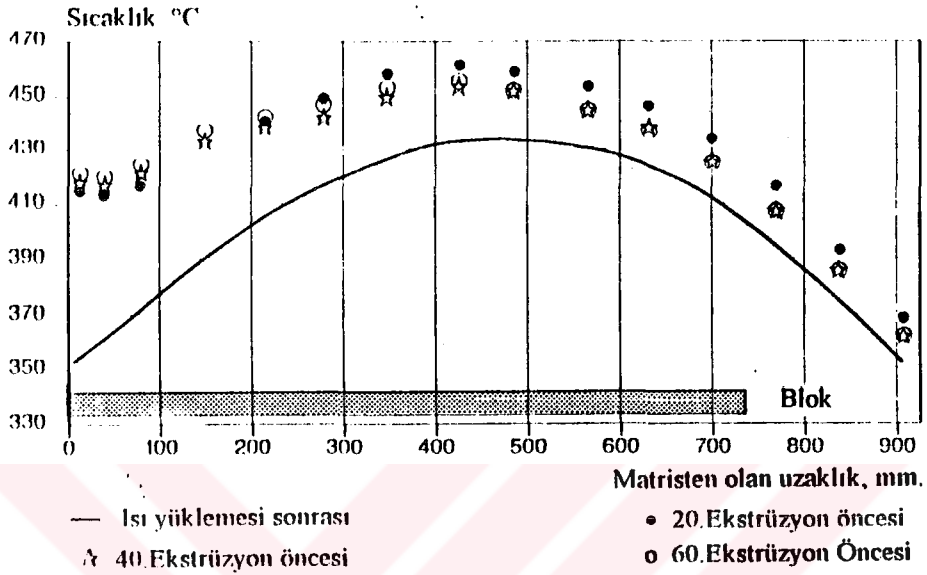


Şekil.2.14. İki boyutlu model üzerinde sonlu elemanlar metodu ile ısı yüklemelerinin gösterimi.

Şekil.2.14.'de ekstrüzyon presindeki blok ve takımları maruz kaldıkları ısı yüklenmelerini tarama şeklinde göstermektedir. Görüldüğü gibi özellikle alıcı çok fazla parçalara ayrılmış olup bunun sonucunda en uygun bilgisayar verileri elde edilebilmektedir.

İşlem akımı üç fazda ele alınmıştır. Birinci fazda alıcı ısıtılması modellenmiştir. Daha önceden belirlenmiş olan normal sıcaklık değerlerine ulaşıncaya ki bu thermocouple'lar tarafından tesbit edilmekte, ekstrüzyon presi işleme hazır hale gelmektedir. Bundan sonra eğer tesbit edilen sıcaklık istenen değerler arasında olup olmamasına göre ısıtıcı açılır veya kapatılır. İkinci fazda ekstrüzyon presindeki ölü zamanları tesbit etmektedir. Üçüncü fazda blok arkasında bir artık bırakarak belirlenen ekstrüzyon hızında ekstrüde edilir. Buradaki kontrol ekstrüzyon hızının tesbiti olup, bunun sonucunda

ürün homojenliği sağlanmaktadır. Bundan sonra ikinci ve üçüncü faz tekrarlanarak uygun bir ekstrüzyon hesabı mümkün olmaktadır. Bu veriler ışığında pres kontrolü otomatik olarak yapılabilmektedir.



Ortalama Alıcı Sıcaklığı : 440 °C Thermo Couple, matristen 300 mm uzakta.

Şekil.2.15: 2200 tonluk basınç altında doğrusal sıcaklık değişimi.

Şekil.2.15 'de alıcının içi gömleğinin AlMgSi bileşiminin 2200 tonluk basınç altında direkt ekstrüzyon sırasındaki doğrusal sıcaklık değişimini göstermektedir. Şekilde görülen eğri alıcının hemen ısıtılması sonrasındaki sıcaklık dağılımını göstermektedir. Ayrıca 20. 40. ve 60. ekstrüzyonlardan sonraki sıcaklık dağılımında göstermektedir. Görülüyor ki 20. ekstrüzyon sonrasındaki ekstrüzyonlarda sabit bir değişim eğrisi tesbit edilmektedir.

İç gömlekte yapılan kapsamlı ölçümler hesaplanan sıcaklık değişimlerinin gerçek olduğu kanıtlanmıştır. İki boyutlu model üzerinde yapılan hesaplamalarda, hesap programının zaman kaybına yol açtığı gözlenmektedir. Buda akıllara şu soruyu getiriyor, aşağıda belirtilen istekler durumunda zaman ve harcama önemli midir.

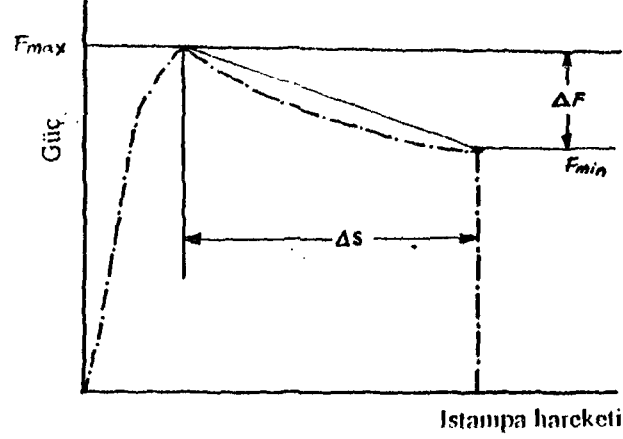
Maximum çıkış hız ve sıcaklığını ve bunlara uygun ekstrüzyon hızına ulaşabilmemiz için blok sıcaklıklarının tesbiti ve kontrol altında bulundurulması önem arz etmektedir. Bununla ilgili araştırmalar göstermektedir ki gerek alıcı gerekse blok sıcaklıklarının kontrol altında tutulması sonucu maliyet ve sürelerden tasarruf sağlanmakta ve ön hesaplamalar için bu programa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu hesaplamalar aşağıdaki yöntemler ile mümkün olabilmektedir :

- 1.Elementer bölümlenmiş model ile,
- 2.Tek boyutlu bir model kullanımı ve hesaplamalarında sonlu elemanlar metoduna göre hesaplanmasıyla, blokun içindeki radyal yöndeki sıcaklık dağılımının tesbiti ile,,
- 3.İki boyutlu model yardımı ile tıpkı tek boyutlu modelde olduğu gibi blokun başlangıç ve bitişi arasındaki ısı akımı tesbiti ile,
- 4.Basitleştirilmiş iki boyutlu sonlu elemanlar metodunun kullanılmasıyla.

Bütün bu metodlar ile sadece blok dışındaki sıcaklıklar tesbit edilebilmektedir.

Burada kullanılan iki boyutlu model yardımı ile termal ve fiziksel ilişkileri ve matematiksel değerleri kapsamlı olarak oluşturmak mümkündür. Hangi modelin kullanılması göz önüne alınmasında gidişat şöyledir.:

En uygun maliyette ürünü imal etmek için matris ile ilgili proses değerlerinin tesbitinde önceki işlemlerde kullanılan veriler dikkate alınır. Şekil.2.16'de ekstrüzyon kuvvetine bağlı olarak ıstampa hareketini göstermektedir. Gösterilen bu diyagramdan ekstrüzyon sonunda yükselen adyabatik sıcaklık yükselmesi ortalama kayma gerilmesini, ekstrüzyon sonu için hesaplayabiliriz.



Şekil.2.16. Vasıtasız ekstrüzyondaki güç diyagramı

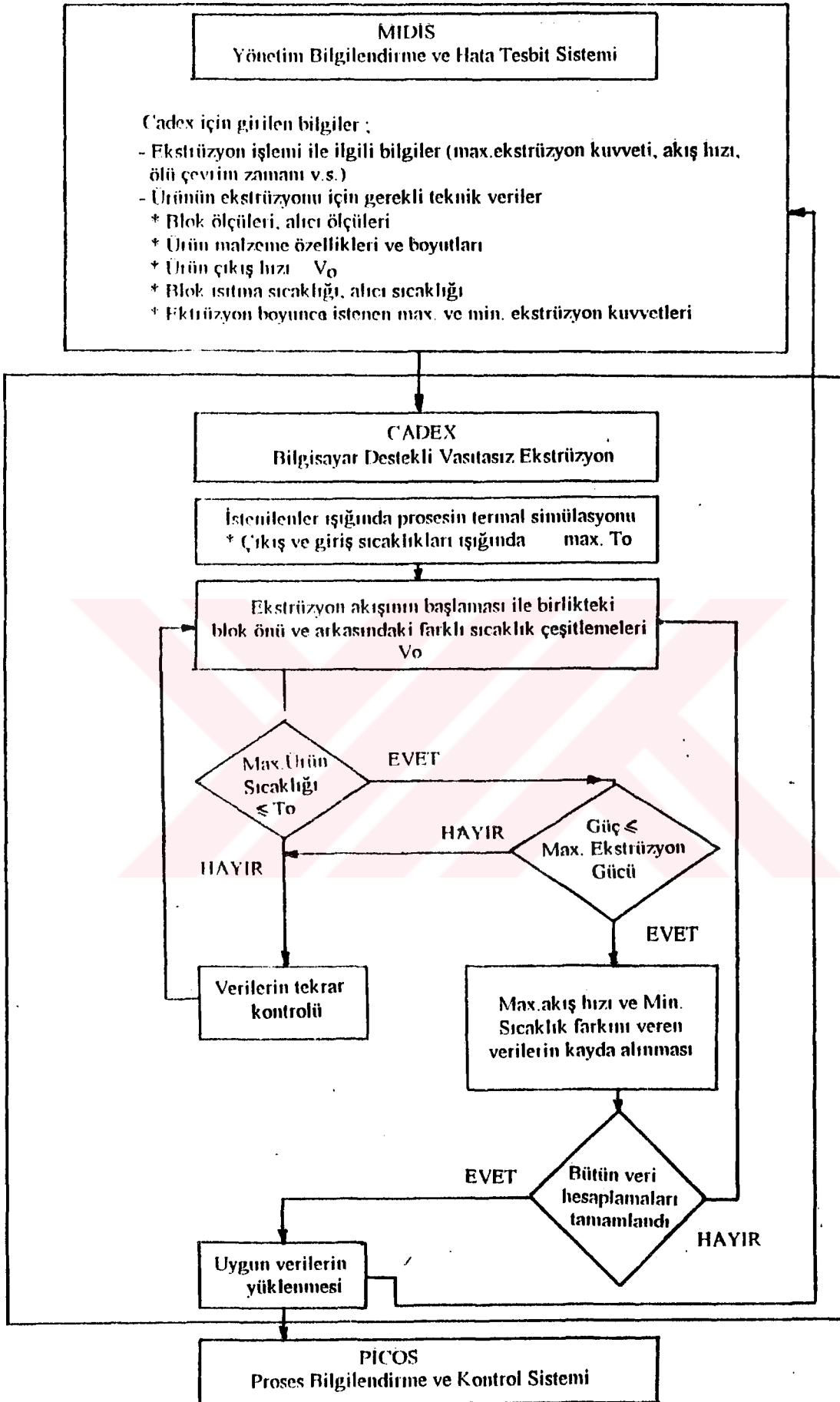
Bu bilgisayar programı ile ayrıca deformasyon bölgesindeki uygun sıcaklıkta tesbit edilebilir. Bu amaçla ortalama kayma gerilmesine, ıstampa hızına ve iç gömleğin maruz kaldığı yüzey sıcaklık değerlerine ihtiyacımız vardır. İlk iki parametrenin bilinmesine karşın üçüncü parametre tam olarak bilinmemektedir. Bunun nedeni ise görüldüğü gibi bu sıcaklığın hiçbir şekilde normal alıcı sıcaklığı ile aynı olmayışı gösterilebilir. Dış yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında ölü zamanlar, ekstrüzyon zamanı ve normal alıcı sıcaklığı parametrelerine bağlı eşitlikler kullanılır. Bu eşitlemelerin oluşması içinse alıcı sıcaklık hesap programları kullanılır.

Sonuç olarak, uygun deformasyon bölgesi sıcaklıkları bulunabilir. Ekstrüzyon sonucu  $\sigma_A$ 'nin bilinmesi ile  $\sigma_{Ao}$ 'ın hesabı mümkündür.  $\sigma_A = f$  ( Akış kuvveti, sıcaklık, deformasyon derecesi).  $\sigma_A$  değerini bütün periyodlar için hesaplamak mümkündür. Uygun adyabatik yükselen sıcaklık ölü bölge için :

$$\Delta\theta_1 = \Delta\theta_0 \cdot (\sigma_{A1} / \sigma_{Ao})$$

eşitliği ile hesaplanır. Basma işleminin başlangıcından sonuna kadar olan sıcaklık değişimi, deformasyon bölgesinde yükselen sıcaklığı, bu bölgedeki uygun kabul edilebilir sıcaklık ve matris çıkış sıcaklığına





Şekil.2.18 Bilgisayar ile kontrol sisteminin işleyişi

### 3.0. ÇELİK :

#### 3.1. Çeliğin yapısı ve özellikleri :

Alman DIN normuna göre çelik, herhangi bir işlemde geçmeden dövülebilen ve genellikle %1,7 'den fazla karbon ihtiva etmeyen bir demir karbon alaşımıdır. Bu tarife göre ince kesitler halinde temper dökümü sayılmaz. İstisna olarak %2 C ihtiva eden yüksek alaşımlı çelikler, yüksek orandaki alaşım maddeleri nedeni ile çelik grubuna dahildir. Ham demir üretimden çıktığında içerisinde büyük miktarda karbon ayrıca kısmende refakat elementleri bulunur. Bunlardan silisyum ve manganez %0,8 den fazla olmamak şartı ile çelikte istenir. Kükürt ve fosfor ise her oranda zararlıdır ve mümkün olduğu miktarlarda uzaklaştırılmalıdır.

Bütün çelik üretim usüllerinde şu neticelere varılmaya çalışılır : Karbon miktarlarını istenilen değerlere düşürmek, demir refakat elementi olan fosfor ve kükürtü teknik ve ekonomik yönden mümkün olduğu kadar uzaklaştırmaktır.

#### 3.2. Boru çelikleri :

Borular esas itibariyle dikişli ve dikişsiz olarak imal edilir. Çeşitli boru malzemeleri hakkında bilgiler aşağıdadır.

##### a. Dikişli borular :

Bunlar alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerden imal edilir. Depolarda, aparatlarda ve sıvı iletim borularında kullanılır. Bunlar :

1. Ticari kalitede genel işlerde,
2. Kalite şartlarını ihtiva eden borular halinde,
3. Kalite şartlarını ihtiva eden ve özel muayeneli borular halinde üç kalitededir.

Ticari kalite için Fe 33-1, Fe 37-1 ve Fe 42-1 çelikleri, diğer kaliteler için Fe 34-2, Fe 37-2, Fe 42-2 ve Fe 52-3 çelikleri kullanılır. Borularda müsaade edilen sıcaklık seviyelerine ve işletme basınçlarına

ait oldukları standartlarına bakarak kullanma esasları tesbit edilmelidir.

**b. Dikişsiz borular :**

Bunlarda dikişli borular gibi aynı maksatlar için kullanılır ve gene Alman normuna göre üç kalitededir.

1. Ticari kalite için St 00

2. Kalite şartlı borular için St 45, St 55 ve St 52

3. Kalite şartlı ve özel muayeneli borular için St 35.4, St 45.4, St 55.4 ve St 52.4 çelikler kullanılır.

Bu borular içinde işletme sıcaklığı ve aşırı basınç değerleri ait oldukları normlardan alınmalıdır.

Her iki ana gruptan özel bir durum gösteren borular hassas borular olarak ifade edilir.

**c. Dikişsiz hassas çelik borular :**

St 35, St 45, St 55, St 55 ve St 35.2, St 45.2, St 55.2, St 52.2 çeliklerinden yapılır. Bunlar Alman normunda:

A. Belirli bir kalite şartını öngörmeyen

B. Özel kalite şartını öngören

C. Extra özel kalite şartını ön gören borular halinde gruplanmıştır. Çelikler soğuk çekilmiş veya soğuk haddelenmiş haldedir. Binaenaleyh yüzeyleri özel durumdadır.

A. grubu için St 35, St 45 ila

B. grubu için St.35.2, St 45.2 gibi çelikler ve C grubu bilhassa çok özel şartları gerektiren ve bilhassa aşağıda belirtilen yerlerde kullanılır.

1. 160 kp/mm<sup>2</sup> den fazla basınçta çalışacak borular

2. Semente veya ıslah edilecek yerlerde

3. Kazanlarda ve aparatlarda özel hallerde

4. Özel ısııl işlem muamelesine tabi tutulması icap eden yerlerde

5. Profil borular, uçak boruları vs.

6. Taşlanmış borular (ön taşlanmış, hassas taşlanmış)

7. Alıştırılmış borular, teleskop boruları

8. Dış çapları 4 mm den aşağı veya 1200 mm den fazla olan ve iç çapı toleranslandırılmış borular.

**d. Özel ölçü tamlığı ile dikişli hassas borular :**

Bu borularda da hususiyetler dikişsiz hassas borularda olduğu gibidir.

Ancak A kalitesinde St 34-2, St 37-2, St 42-2, St 52-3 ve

B kalitesinde St 34-2.2, St 37-2.2, St 42-2.2, St 52-3.2 ve

C kalitesinde özel kullanma maksatlarına göre çelikler kullanılır.

e. Yanıcı gazlar ve sıvılar için borular :

Bu maksatlar için çelikler Siemens-Martin ocaklarında veya oksijen üfleme yolu ile imal edilirler. Dinlendirilmemiş veya dinlendirilmiş veya özel dinlendirilmiş haldedirler. Borular dikişli veya dikişsiz olabilirler. Cetvelde bu maksatla kullanılan çeliklerin Alman normuna göre tasnifi ve bunların API (Amerikan Petrol Enstitüsü) normuna göre karşılığı ve Ereğli Demir ve Çelik fabrikasının bunlara uyan malzeme numaraları verilmiştir.(8)

DIN	$\sigma_B$	API		Ereğli
Alman normu	kp/mm <sup>2</sup>	SL	5LX	Demir - Çelik
USt 34.7	33-45	A		3234
RSt 34.7	33-45	A		3234
RRSt 34.7	33-45			
USt 38.7	38-50	B		3702
RSt 38.7	38-50	B		3702
RRSt 38.7	38-50			
St 43.7	43-55		X42	
St 47.7	47-49		X46	
St 53.7	52-64		X52	

f. Isıya dayanıklı çelik borular :

Bunlar yüksek ısılarda (buhar kazanları, aparat vs. de) çalışacak borular içindir. Malzeme eğmeye, yaymağa, kordonlamaya, kaynağa elverişlidir.

Bu çeliklerde statik sürekli mukavemet ve zaman mukavemet değerleri de önemlidir.

Cetvelde bir malzemenin iki farklı sıcaklık değeri için bu mukavemet değerleri belirtilmiştir.(8)

Malzeme	Sıcaklık °C	Statik sürekli mukavemet		Zaman sürekli mukavemet	
		10000 h.	100000 h.	10000 h.	100000 h.
		St 35.8	450	12.3	9
St 45.8	500	3.5	2.1	5.2	3.3
15 Mo 3	450	18	15	31	22
	530	8.5	4.2	11.2	5.6
13 CrMo 4 4	450	24	20	34	27
	550	7.5	3.7	11	5
10 CrMo 9 1	470	21.8	14.4	26.4	21.2
	590	5.1	3.1	6.7	4.4

Tablo.3.1.Boruların yapımında kullanılan çeliklerin mekanik özellikleri.(9)

Çeliğin Kısa Gösterilişi <sup>1)</sup>	Çekme Dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> min	Akma Sınırı kgf/mm <sup>2</sup> min			Kopma Uzaması (L <sub>0</sub> = 5d <sub>0</sub> ) % min
		Et Kalınlıkları, s (mm)			
		10 (dahil) ya kadar	10-40 (dahil)	40'dan çok	
Fe 33 - 2 <sup>2)</sup>	33	—	—	—	18 (4 mm'den küçük kalınlıklar için)
Fe 35	35	24	23	22	25
Fe 37 - 2	37	24	23	22	23

1) TS 1111  
2) Akma sınırı garantil edilmediğinden dayanım değeri en çok 15 kgf/mm<sup>2</sup> alınmalıdır (TS 3362).  
NOT -- 1 kgf/mm<sup>2</sup> = 9.80665 N/mm<sup>2</sup>



Tablo.3.3.Dikişsiz boruların mekanik özellikleri.(9)

Çelik kalitesi	Piyasaya arz şekli		Soğuk şekillendirilmiş		Soğuk şekillendirilmiş		Tavllanmış		Normalize edilmiş		
	Malzeme No.	Sert Sbs <sup>1</sup> )	Sert Sbs <sup>1</sup> )	Yumuşak Sby <sup>1</sup> )	Yumuşak Sby <sup>1</sup> )	Yumuşak Sby <sup>1</sup> )	Tal)	Nr	Nr	Nr	
Kısa gösteriliş	Malzeme No.	Çekme dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) min	Kopma uzaması % min	Çekme dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) min	Kopma uzaması % min	Çekme dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) min	Kopma uzaması % min	Çekme dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) min	Kopma uzaması % min	Çekme dayanımı kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) min	Kopma uzaması % min
Fe 30 Si	1,0211	40 (400)	8	33 (330)	12	28 (280)	30	29-42 (290-420)	21,5 (215)	30	30
Fe 30 Al	1,0212	40 (400)	8	33 (330)	12	28 (280)	30	29-42 (290-420)	21,5 (215)	30	30
Fe 35	1,0308	44 (440)	6	37 (370)	10	31,5 (315)	25	34-47 (340-470)	23,5 (235)	25	25
Fe 45	1,0408	54 (540)	5	47 (470)	8	39 (390)	21	44-57 (440-570)	25,5 (255)	21	21
Fe 52	1,0580	59 (590)	4	54 (540)	7	49 (490)	22	49-63 (490-630)	35,5 (355)	22	22

(1) Tavllanmış borularda akma sınırı çekme dayanımının %50'sinden az olmamalıdır.  
Çekme işlemi esnasında meydana gelen deformasyonun miktarına bağlı olarak Sbs ve Sby boruların akma sınırı çekme dayanımına kadar yükseltilebilir.

(2) Dış çapı <30 mm, et kalınlığı < 3 mm olan borularda akma sınırının minimum değeri belirtilen değerden 1 kgf/mm<sup>2</sup> (10 N/mm<sup>2</sup>) daha düşük olabilir.

#### 4.0. MALZEMELERİN EKSTRÜZYON EDİLEBİLİRLİKLERİ :

Ekstrüzyon yöntemi ile şekil vermede, genellikle diğer plastik şekil verme yöntemleriyle şekillendirilebilen tüm malzemeler kullanılmaktadır. Ekstrüzyon yönteminin ilk uygulamaya konduğu zaman çok az sayıda malzeme ekstrüzyon edilebiliyordu. Ekstrüzyon presleri ve takımları geliştirildikçe ekstrüzyon edilen malzeme çeşidi de çoğalmıştır. Günümüzde ekstrüzyon mamullerine duyulan ihtiyaca paralel olarak ekstrüzyon edilebilen malzeme çeşidi hızla artmaktadır.

Ekstrüzyon edilebilen metaller büyük farklılıklar gösterir. Bunlardan bazılarının ekstrüzyona karşı eğilimleri fazla olmakla beraber, ekstrüzyon işlemi sırasında bir takım zorluklar doğururlar. Bazı metaller ise, değişik sıcaklık derecelerinde daha fazla güçlükler çıkarırlar ve özel teknik ve donatım gerektirirler. Bu farklılıkları oluşturmaya yardım eden faktörler arasında metallerin sertliği, ekstrüzyon esnasında sıcaklık derecesi, ekstrüzyon hızı vs. gösterilebilir. Bu metallerden plastiklik özelliği yüksek olanlar (Pb,Sn,Bi, vs.) soğuk olarak ve diğer metaller sıcak olarak ekstrüzyon edilirler.

#### 4.1. Metal ve alaşımlarının şekil değiştirme kabiliyetleri :

Genel olarak şekil değiştirme ve ekstrüzyon edilebilme, ekstrüzyon malzemesi ve şekil değiştirme şartlarına bağlı karmaşık parametrelerdir. Şekil değiştirme kavramı, bir malzemin hangi kolaylıkla ve iyilikle şekil değiştirebildiğini belirler. Bir malzemenin kolay şekil değiştirebilmesi verilen şartlarda geçerli olan şekil değiştirme mukavemeti (akma gerilmesi)  $\sigma_A$  'a bağlıdır ve iyi şekil değiştirebilme ise şekil değiştirme kabiliyeti  $\phi_{Fr}$  ile orantılıdır. Buna göre şekil değiştirebilirlik :

$$w \approx \phi_{Fr} / \sigma_A \quad (4.1)$$

Bu iki şekil değiştirme özelliği  $\phi_{Fr}$  ve  $\sigma_A$  ekstrüzyon işleminde çok zor tayin edilebildiğinden, şekil değiştirebilirlik genel olarak laboratuvar denemeleri ile tayin edilebilir.  $\sigma_A$  ve  $\phi_{Fr}$  'nin ölçülmesi için sıcak şekil değiştirmede burulma deneyi en uygundur.

$\sigma_A$  zorlamanın çeşidinden yani şekil değiştirme yönteminden hemen hemen bağımsız olduğundan şekil değiştirme kabiliyeti şekil değiştirme esnesında etkili olan gerilme durumuna bağlıdır. Bu nedenle burulma deneyinde ölçülen kırılma şekil değiştirmesi ekstrüzyon için geçerli olacak şekil değiştirme kabiliyetine uygun değerler verilmediği için ölçülen değerde düzeltme yapılmalıdır. Böylece ekstrüzyon yöntemine uygun  $\phi_{Fr}$  değerleri elde edilir. Şekil değiştirebilirlik ( $\phi_{Fr} / \sigma_A$ ), ekstrüzyon edilebilirlik için bağlı bir değer verir.  $\phi_{Fr} / \sigma_A$  değerleri ve ekstrüzyon edilebilirlik arasındaki bağıntı hala tam güvenilir değildir, ancak bugüne kadar elde edilen tecrübelerle göre aşağıdaki sınıflandırma bir baz olarak alınabilir.(6)

$\phi_{Fr} / \sigma_A$ (kp/mm <sup>2</sup> )	Ekstrüzyon edilebilirlik
< 0.2	Kötü
0.2 - 0.4	Orta
0.4 - 1.5	İyi
> 1.5	Çok iyi

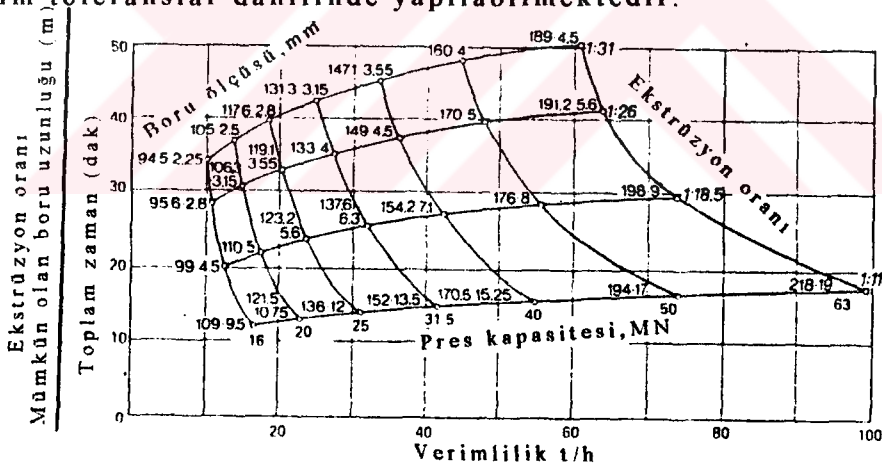
Buradaki karşılaştırma durumu, ekstrüzyon malzemesinin sadece ekstrüzyon edilebilirliği için geçerlidir. Ancak bir malzemenin iyi ekstrüzyon edilebilir olması, o malzemeden belirli bir profil veya borunun imal edilebileceği anlamına gelmez ekstrüzyon şartlarının uygun olmaması nedeniyle pres kapasiteleri yeterli olmayabilir. Bu da özellikle yüksek mukavemetli ve yüksek sıcaklıklarda ergiyen alaşımlarda, ekstrüzyon sıcaklığının yükseltme zorunluluğu doğurur. Ancak optimal sıcaklığın aşılmasıyla ekstrüzyon edilebilirlik yeniden düşer. Çünkü bu durumda birçok malzemede sıcak çatlak oluşturma eğilimi ortaya çıkar bu nedenle birçok malzemede, bazı hafif metallerde, Ni-alaylarında veya yüksek alaşımlı çeliklerde,

ekstrüzyon edilebilme kabiliyeti çok dar sınırlar arasındadır. Ekstrüzyon edilebilirlik, herbir durumda çeşitli özelliklere göre saptanır :

- Şekil değiştirilebilirlik
- Ekstrüzyon sıcaklığının yükselmesi
- Çalışma sıcaklığı aralığı
- Kuvvet ihtiyacı ve özgül basınç
- Sabit ekstrüzyon kuvvetinde çıkış hızı
- Maksimum ekstrüzyon hızı
- Maksimum ekstrüzyon oranı

#### 4.2.Çeliğin ekstrüzyon edilebilme kabiliyeti :

Çelikler, Nikel alaşımlar gibi ekstrüzyonu zor malzemeler kategorisine girerler. Akma gerilimi, izafi olarak yüksek ve ekstrüzyon sıcaklığı 1000 ila 1300 °C arasında olduğundan ekstrüzyon yöntemleri bir takım toleranslar dahilinde yapılabilmektedir.



Şekil.4.1.C-Çelik boruların ekstrüzyon edilebilme sınırları.(3)

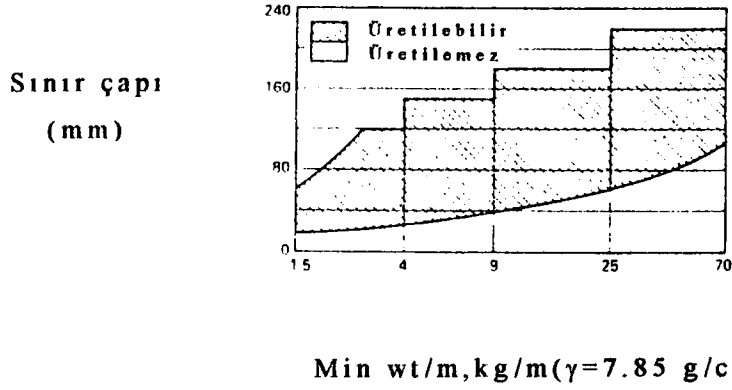
Bu yüksek sıcaklık takım ve sürtünme problemlerinde beraberinde getirmektedir. Çelik ekstrüzyonunda sıcaklığın artması ile deformasyon mukavemetinin düşmesi bir avantaj olarak değerlendirilir ve bunun mukabilinde mümkün olan yüksek sıcaklıklarda yüklemeler rahatlıkla yapılabilmektedir. Bununla beraber ekstrüzyon sıcaklığının

seçiminde çeliğin bünyesinde önemli bir yer tutar. Eğer bünye tek fazlı homojen değil ise (genel olarak kübik yüzey merkezli  $\gamma$  -karışık kristali) ve hatta östenitik CrNi çeliklerinden  $\alpha$ - Ferriti ve  $\delta$  - Ferriti gibi ilave fazlar ve tane sınırlarında ayrışmalar içeriyor ise şekil değiştirme kabiliyeti önemli ölçüdede kötüleşir. Homojen yapıda çeliklerde artan sıcaklıkla şekil değiştirme kabiliyeti yükselirsede CrNi çeliklerinde 1200 °C sıcaklıkta hızla düşer.

Çeliğin ekstrüzyonu sırasında blok ile takımlar arasındaki temas süresi mümkün olduğu kadar az olmalı ve çelik hızlı bir şekilde ekstrüzyon edilmelidir. Genellikle bu hız değeri alaşımsız çelikler için 4-10 m/sn, yüksek alaşımlı çelikler için ise 1 ila 2 m/sn arasındadır. Bu yüksek hızlarda çeliğin ekstrüzyonunu gerçekleştirebilmek için 1000 ila 1200 N/mm<sup>2</sup>'lık basınçlarda çalışan preslere ihtiyaç vardır.

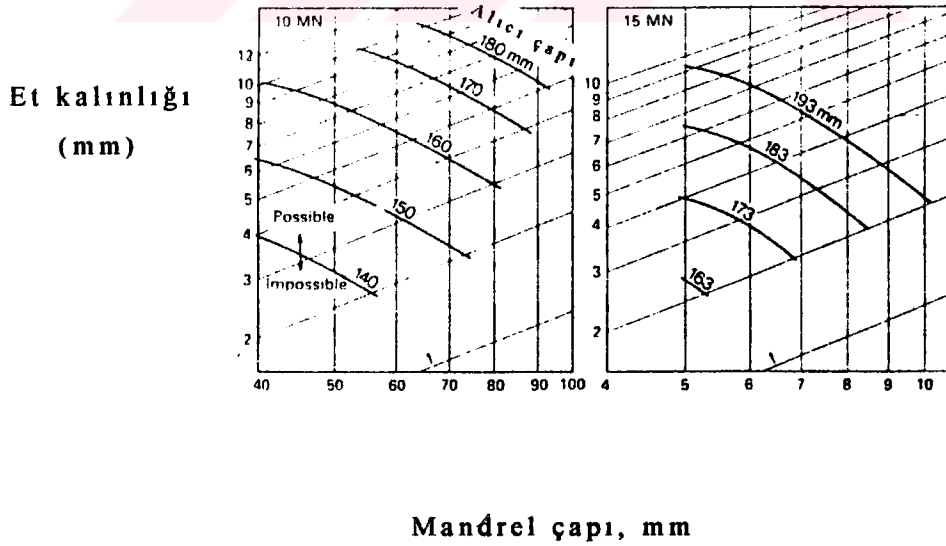
Çeliğin ekstrüzyon edilebilme kabiliyeti ekstrüzyon oranına ve bununla beraber akma gerilimine bağlıdır. Tablo 4.3'de farklı pres kapasiteleri için bir takım sınırlar çerçevesinde çeliğin ekstrüzyona yatkınlığı gösterilmiştir. Bu bilgiler yıllar süren denemeler sonucu çıkarılmış ve baz olarak alınabilecek değerlerdir. Bunlar gibi bazı değerlerde Amerikan Ekstrüzyon Endüstrisi tarafından verilmiştir. Tablo.4.1.'de 1800 ton kapasiteli bir pres için metredeki ağırlık cinsinden üretim kapasitesi verilmiştir. Tablo.4.2.de ise imali mümkün olan çelik boru ölçüleri verilmiştir. Tablo.4.3'de C - Çelik borular için pres kapasiteleri, boru ölçüleri ve üretim kapasiteleri verilmiştir. Genelde boru ve çubuk ekstrüzyonunda kullanılan oranlar 10 ve 100 'dN. Fakat ortalama olarak herhangi bir şekilde yağlayıcı filminde yırtılmalara sebebiyet vermemesi için 20 ila 25 oranları kullanılır. Bu oranlar kullanıldığı boy ise çubuklar için 15 ve 25 m. arasındadır.

Tablo.4.1.18000 tonluk ekstrüzyon presinin çalışma değerleri.(3)



1. Üretim yapılabilir.
2. Üretim yapılamaz.

Tablo.4.2.10000 ve 15000 tonluk mekanik preslerde ekstrüde edilen alaşımsız çelik borulara ait özellikler.(3)



Tablo.4.3.Çeliklerde imalat şartlarına göre ekstrüzyon edilebilirlik.(6)

Mamül Faktörü	Pres Tenzit(ton)											
	1000		1000		1000		1000		3000			
	Kolay	Orta Zor	Zor	Çok Zor	Kolay	Orta Zor	Zor	Çok Zor	Kolay	Orta Zor	Zor	Çok Zor
	135	115	95	75	200	130	155	130	260	220	195	195
	Ekstrüzyon edilebilirlik											
	Mamülün Standart Geçmesi											
	Ekstrüzyon											
Maksimum blok uzunluğu mm	560	460	350	250	800	650	500	370	1000	800	600	450
Maksimum memli uzunluğu s	24	18	12	8	28	24	18	12	30	26	20	14
	Boru Ekstrüzyonu											
Minimum çap mm	35	50	30	25	50	45	40	35	60	55	50	45
Maksimum iç çap mm	125	80	65	50	155	110	90	70	200	135	110	85
Maksimum blok uzunluğu mm	370	310	230	200	520	410	330	270	630	500	410	330
Borunun Standart Ticari												
Uzunluğu m	14	12	8	3	18	16	12	3	22	18	14	10
Standart minimum cidat												
kalınlığı mm	2,5	2,5	3	3	2,5	3	3	3,5	3	3,5	3,5	3,5

Tablo.4.3.devamı.

İnşaat Faktörü	4000 Pres Büyüklüğü(Ton) 3000					
	Kolay	Orta zor	Zor	Çok zor	Kolay	Zor
	305	250	230	200	350	300
			Manülün stancart daire çevresi			
						Çok zor
						230
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250
						350
						300
						250

## 5.0.ÇELİĞİN DÜŞEY EKSTRÜZYONU :

### 5.1.0. Çeliğin ekstrüzyonunda kullanılan presler :

Çeliğin ekstrüzyonunda daha öncede belirttiğimiz gibi takım aşınma sorunları bulunmakta idi. Alüminyum ekstrüzyonunda, yüksek sıcaklıkta ekstrüde edilen çelikde olan problemler yoktur. Bakır ve bakır alaşımlarında ise aşırı ısıtma yapıldığında çeliğin yüksek ısı limitlerine ulaşılır. Çeliğe uygulanan yüksek ısı sonucu oluşacak zararları (ürün ve matris arasındaki) izolasyon görevi gören yağlayıcılar ve kısa temas zamanı önleyebilir. (İstampa hızı 400 mm/s den hızlı olmalıdır.)

Tablo.5.1.Çelik boru ve profillerin ekstrüzyon metodları.(3)

Çelik tipi	Yarı mamul	Çap (mm)	Yağlayıcı	Pres tipi
Alaşımsız çelik	Boru	40 - 120	Yağ-grafit-tuz	Düşey mekanik
Alaşımsız çelik	Boru	50 - 160	Yağ-grafit-tuz	Düşey veya yatay hidrolik
Alaşımlı Çelik	Boru	<60 - 60<	Cam	Yatay hidrolik
Alaşımlı veya alaşımsız çelik	Profil		Cam	Yatay hidrolik

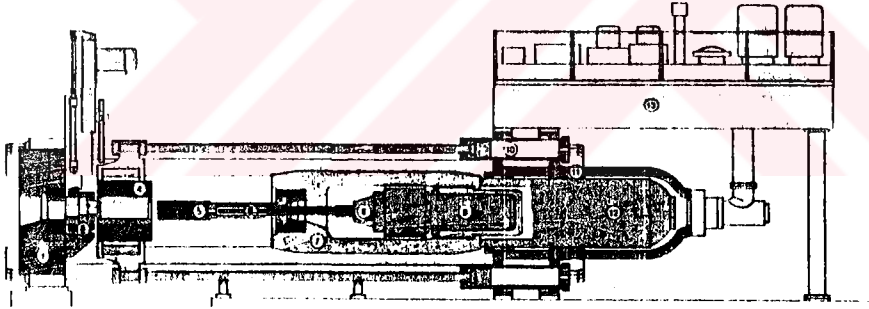
### 5.1.1.Mekanik presler :

1927-28 yıllarında çelik geleneksel yağlayıcılar (gres) ile ekstrüde ediliyordu. İlk girişimler Kronprinz tarafından Almanya'da Singer patenti altında oluşmuştur. Mekanik boru ekstrüzyon presleri krank-biyel mekanizmalı idi. Bu sistem hızlı bir şekilde ekstrüzyonu meydana getiriyordu. Temas süreside oldukça kısa idi. Bu preste alaşımlı veya

alaşimsız çeliğin ekstrüzyonu mümkündür. Fakat ürün boyu sınırlı idi. Çelik boru üretiminde istenilen teknik kriterlerin ucuzluk, pazarlanabilen boyut ve küçük miktar olarak gelişmesi sonucu düşey mekanik presler imal edilmiştir. Bunlar yüksek ekstrüzyon hızına ulaşmış presler idi.

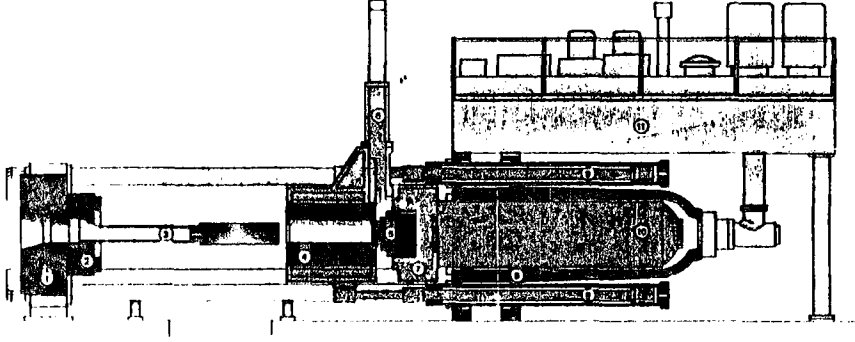
#### 5.1.2.Hidrolik presler :

Hidrolik preslerin imali birçok avantajı beraberinde getirmekle ağır metallerin ekstrüzyonu ve çeliğin düşey ekstrüzyonuna yardımcı olmuşlardır. Farklı imalat programlarında çeliğin ekstrüzyonunda kullanılan makina ve yardımcı ekipmanların gelişmesine yardımcı olmuştur. Netice olarak sadece bir sorun tartışma konusu olmuştur. Buda bloğun ısıtılmasının dikkatli bir şekilde blok hazırlama fırınında yapılmasıdır. Fakat delme ve ekstrüzyon her zaman aynı ısıtıcı içinde yapılamamaktadır. Bunun sebebi yüksek ekstrüzyon sıcaklığıdır. Bütün bunlar dikkate alınarak blok ısıtma fırını, delme ve ekstrüzyon birbirlerine yakın olmalıdır.



- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Matris tutucu | 7. Oynar piston                         |
| 2. Matris        | 8. Mandrel soğutma ve sınırlama sistemi |
| 3. Makas         | 9. Delici piston                        |
| 4. Alıcı         | 10. Silindir                            |
| 5. Blok          | 11. Silindir tutucu                     |
| 6. Mandrel       | 12. Ana piston                          |
|                  | 13. Yağ tankı ve kontrol ünitesi        |

Şekil.5.1.Vasitasız tel ve boru ekstrüzyon presi.(7)



- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| 1. Matris tutucu   | 6. Makas                     |
| 2. Gövde           | 7. Hareketli kafa            |
| 3. Gövde matrisi   | 8. Silindir muhafazası       |
| 4. Alıcı           | 9. Piston sınırlandırıcı     |
| 5. Kapatma plakası | 10. Ana piston               |
|                    | 11. Kontrol ve yağ üniteleri |

Şekil.5.2.Vasıtalı tel ekstrüzyon presi.(7)

#### 5.2.0. Çelik blok imal yöntemleri:

Büyük ekstrüzyon preslerinde çapları 100-300 mm, uzunlukları 250-1000 mm olan bloklar kullanılır. En yaygın kullanılan blok malzemesi ekstrüzyon edilebilirliğin iyi olarak elde edilebildiği ve ekstrüzyon mamuluden beklenen özelliklere kolaylıkla ulaşabilmesine imkan veren sıcak haddelenmiş silindirik çubuklardır. Silindirik bloklar aşağıda gösterilen yöntemler ile üretilirler.

#### 5.2.1.Metal kalıba döküm :

Blokun döküm yapısını ortadan kaldırmak için yüksek ekstrüzyon oranları ve buna bağlı olarak büyük ekstrüzyon kuvvetleri gerekli olduğundan metal kalıba döküm ekstrüzyon için uygun değildir. Döküm malzemesinin şekil değiştirme direncinin haddelenmiş veya dövülmüş malzemeye nazaran daha yüksektir. Ekstrüzyon için gerekli olan döküm kabuğunun uzaklaştırılmak zorunda olması blokların kısa ve konik

olmaları nedeni ile pahalı olmaktadır. Ayrıca kısa blokların alıcıya yerleştirilecek uzunlukta kesilirken fazla talaş kaldırılmaktadır.

#### 5.2.2.Sürekli döküm :

Bu yöntemle imal edilen bloklarında işlenmesi gerekir. Blokun döküm yapısını ortadan kaldırmak gereği, metal kalıba döküm yönteminde olduğu gibi bu yöntemdede vardır.

#### 5.2.3.Sıcak haddelenmiş silindirik bloklar :

Bu bloklar, ön şekillendirilip yeniden kristalize olduğundan istenen bünye ve mukavemet özellikleri ekstrüzyon için gerekli şartları sağlar. Dar toleranslarda haddeme yapılabildiğinden bir çok durumda gerekli olan talaşlı işlemede kaldırılacak talaş miktarı fazla değildir. Alaşımız veya düşük alaşımız çeliklerde silindirik blokların dekapaj edilmesi bile yeterli olmaktadır.

#### 5.2.4.Dövülmüş silindirik bloklar :

Bir kısım alaşımız çelikler haddeme ile silindirik şekle getirilemediklerinden dövülerek imal edilirler. Optimal yapı özelliklerinin sağlanması için dövülmüş blokların kullanılması gerekir. Dövülmüş bloklar ön yüzeylerinde oluşan dalgalanmalar ekstrüzyon için uygun olmadığından tornalama yapılmalıdır. Dövme işleminde tolerans büyük olduğundan kaldırılan talaş miktarıda fazla olabilir. Uzun çubuk şeklinde 8-12 m bloklar daire testere ile uygun boylarda kesilir. Boru veya içi boş profillerin imalatında, eğer delme işlemi ekstrüzyon presinde yapılmayacak ise derin delik delme makinalarında merkezi olarak delinirler. Ekstrüzyondan önce blokların ısıtılmasında en önemli nokta oksitlenmenin önlenmesi ve homojen ısıtmadır. Bu nedenle blok ısıtmada kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir.

1. Redükleyici atmosferde veya koruyucu gaz altında gazı ile,
2. Tuz veya ergimiş cam banyosunda
3. İndüktif ısıtma

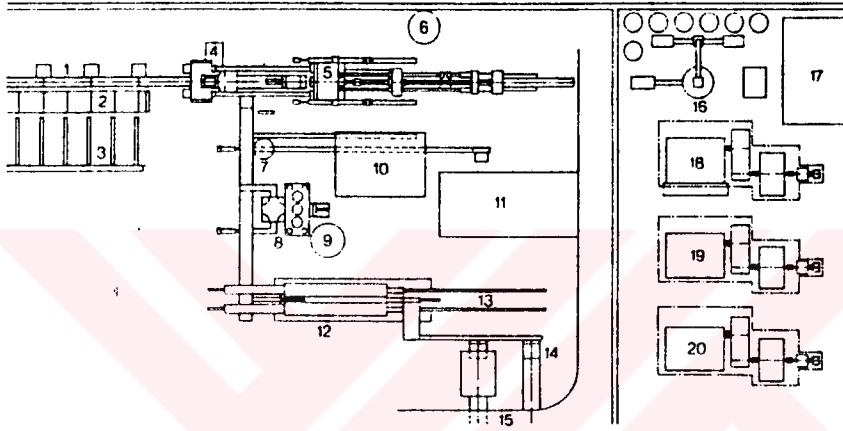
Tuz banyosunda yapılan ısıtma oksitlenmeyi önlemekle birlikte kayıpların ve bakım masraflarının yüksekliği, tuz kayıpları ve çevre kirliliği nedeniyle ideal değildir. Gaz ısıtmalı fırınlarda ise ekonomiklik yanında, blokların yavaş ve düzgün ısıtılması sağlanmakta ve çeliğin cinsine göre ısıtma süresi uzatılarak homojenlik sağlanabilmektedir. Oksit oluşumu, hava sızması önlenmiş fırınlar kullanmak sureti ile önlenmekte ve bu işlem için en uygunları alevli döner fırınlardır. Ekstrüzyon yöntemi ile imalat programının çeşitliliği farklı çelik türleri ile çalışmayı gerekli kıldığından indüksiyon fırınları avantajlı olmaktadır. Bu fırınlar çok kısa sürede çeliğin türüne göre farklı sıcaklıklara ayarlanabilmektedir. İndüktif ısıtma süresi 5-15 dakika gibi kısa olduğundan oksit oluşmaz. Blokların indüktif ısıtma ünitesi ile ekstrüzyon presi arasındaki mesafede, cam yağlamalı ekstrüzyonda oksitlenmeyi önlemek için, bloklar fırından hemen sonra cam tozu üzerinde yuvarlanıp, mümkün olduğu kadar çabuk taşınırlar. Bu hızlı taşıma ısı kaybını önlemesi açısından da önemlidir.

### 5.3.0.Çelik boru ve içi boş profillerin ekstrüzyon yöntemler :

Bunların ekstrüzyonunda çelik cinsine göre çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

1. Düşey yönde boru ekstrüzyonu
2. Yatay yönde boru ve içi boş profillerin ekstrüzyonu
3. Blokların ayrı bir delme presinde delinmesi
4. Dolu blokların kullanılması ve preste delme
5. Cam ile yağlama
6. Grafit-yag-tuz ile yağlama
7. Hareketli malafa ile delme
8. Kalın cidarlı büyük boruların, düşey darbeli preslerle delinmesi.

Genel olarak alaşımsız çelik borular, özellikle mekanik düşey ekstrüzyon presleri kullanılarak grafit-yağ-tuz ile yağlanarak ekstrüzyon edilirler. Ekstrüzyonu yüksek kuvvet gerektiren alaşımlı çeliklerden borular hidrolik presler ile ekstrüzyon edilebilir. Blokların önceden delinmesi boru ekstrüzyonunda cam yağlama işleminin verimi açısından yararlı olmaktadır. İçi boş profillerin ekstrüzyonunda genel olarak malafa çapından biraz büyük bir çapta delinmiş bloklar kullanılır.



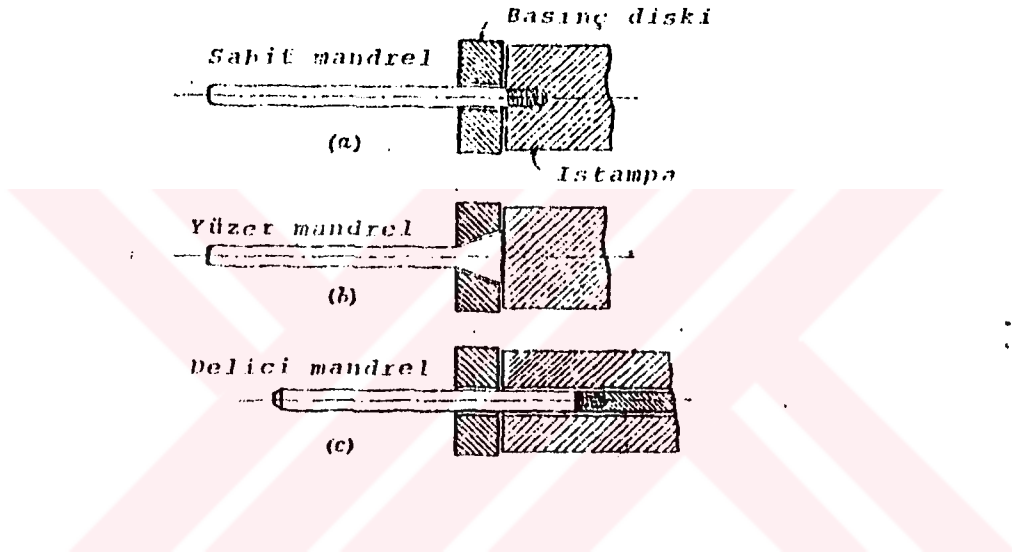
- |                          |                                  |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Çıkış konveyörü       | 11. Blok yükleyici               |
| 2. Soğutma tankı         | 12. Ana ısıtma fırını            |
| 3. Soğuma tablası        | 13. Blok besleme mekanizması     |
| 4. Matris değiştirme     | 14. Blok yükleme                 |
| 5. Ekstrüzyon presi      | 15. Transfer mekanizması         |
| 6. Süzme tankı           | 16. Yüksek basınçlı su istasyonu |
| 7. Döner aktarma tablası | 17. Su deposu                    |
| 8. Delme presi           | 18. Pompa                        |
| 9. Süzme tankı           | 19. Pompa                        |
| 10. Ön ısıtma fırını     | 20. Pompa                        |

Şekil.5.3.Çelik boru ekstrüzyonu donanımları.(3)

### 5.3.1.0. Çelik boruların ekstrüzyon ile imal yöntemleri :

Boru ekstrüzyonunun esası blokun, borunun dış çapını belirleyen bir matristen basılması ve iç çapında, mandrel tarafından belirlenmesidir. Böylece blok boru şeklini almaktadır. Çeşitli boru ekstrüzyon yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır :

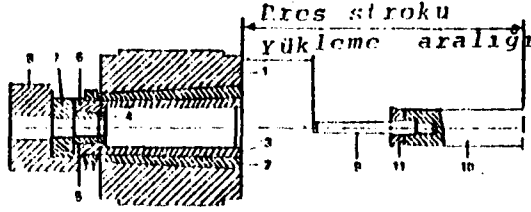
1. Mandrel konumuna göre
2. Mandrelin aksenal hareketine göre
3. Bloku delme şekline göre



Şekil.5.4. Boru ekstrüzyonunda kullanılan mandrel tipleri.(6)

Boru ekstrüzyonunda mandrellerin iki temel fonksiyonu vardır. Birincisi, alıcıya yerleştirilmiş dolu blokun mandrel ile delinmesidir. Burada mandrel delme için gerekli kuvvet ile aksenal olarak bloka bastırır ve tüm blok hacminde bir plastik şekil değiştirme meydana gelerek blok delinir. Mandrel tarafından itilen blok hacmi, aksenal yönde geriye doğru hareket ederek blokun uzamasına neden olur. Delme işleminin sonunda mandrel matriste merkezlenir. Daha sonra delinmiş blok ekstrüzyon edilerek boru haline getirilir. Boru ekstrüzyonunda blokun alıcıda delinmeyip, daha önce delindiği durumlarda vardır. Mandrelin aksenal yönde matrise göre hangi konumda bulunacağı ve bu

konumunu ekstrüzyon işlemi boyunca ne ölçüde şekil değiştireceği çok önemlidir.



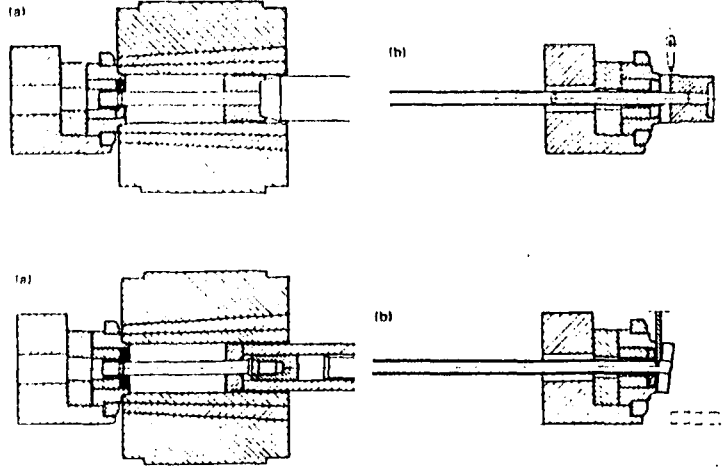
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. Alıcı gövdesi | 7. Baskı plakası |
| 2. Dış gömlek    | 8. Takım yuvası  |
| 3. İç gömlek     | 9. Mandrel       |
| 4. Matris        | 10. İstampa      |
| 5. Destek        | 11. Ön levha     |
| 6. Matris tutucu |                  |

Şekil.5.5.İstampaya vidalanmış ve ıstampa ile birlikte hareket eden mandrelle boru ekstrüzyonu.(6)

5.3.1.1.İstampa ile hareket eden mandrelle boru ekstrüzyonu :

Mandrel ıstampa ucuna merkezlenmiş bir deliğe vidalanmıştır. Böylece delmeden sonra, işlem esnasında mandrel hızı ıstampa hızına eşit olmaktadır. Mandrel ıstampa ile hareket ettiğinden bütün boru boyunca sabit et kalınlığı elde edebilmek için mandrelin silindirik olması gerekir. Mandrel sürtünme kuvvetini azaltmak için hafif konik olarak imal edilirler. Mandrelin ıstampaya sabit olarak bağlanmış olduğundan ana silindirin stroku çok büyük olmalıdır. Eğer normal ekstrüzyon presi ile çalışılıyor ise blokun ancak yarısı ekstrüzyon edilebilir. Bu nedenle bu yöntem ekonomik değildir.

### 5.3.1.2. Yüzer mandrel ile boru ekstrüzyonu :



1. İşlem başlangıcı

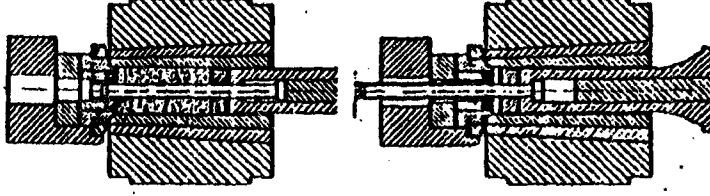
2. İşlem sonu

Şekil.5.6.Yüzer mandrel ile boru ekstrüzyonu.(6)

Mandrel ıstampaya bağlanmış olup, önceden delinmiş blok ile pres yüklendikten sonra mandrel ön levha ile birlikte yerleştirilir. Mandrel, işlem esnasında ya yeterli uzunluktaki ön levhanın silindirik deliği sayesinde yada bir koni yardımı ile tutulur. Bu yöntemle göre dolu blokun delinmesi mandrelin sabit olmaması nedeniyle mümkün olmadığından ancak normal uzunluktaki bloklar kullanılabilir.

### 5.3.1.3. Hareketi sınırlandırılmış mandrel ile boru ekstrüzyonu :

Burada ıstampa aksel yönde delinmiş olup mandrel bu silindirik delik içerisinde aksel yönde belli bir uzunluk boyunca serbest hareket edebilmektedir. Yükleme durumunda mandrel bu uzunluk kadar birlikte hareket eder. Bu yöntemin yüzer mandrelle göre avantajı dolu blokların delinebilmesidir.



Şekil.5.7.Hareketi sınırlandırılmış mandrel ile boru ekstrüzyonu.(6)

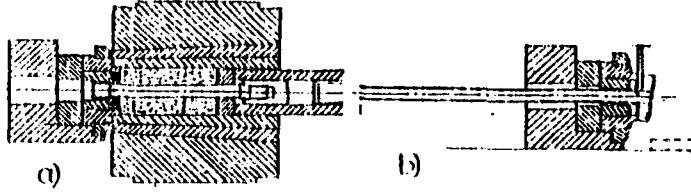
5.3.1.4. İstampa hareketinden bağımsız hareketli mandrel ile ekstrüzyon:

Diğer yöntemler normal bir ekstrüzyon presi ile gerçekleştirilebiliyor ise de maliyet ve kalite yönünden birçok dezavantajları beraberinde getirmektedirler. Bu nedenle boru ekstrüzyonu için yeni dizaynlar geliştirilmiş olup bunlar sayesinde mandrelin konum ve hareketini istampa hareketinden bağımsız olarak ayarlamak mümkün olmaktadır. Bu tip konstrüksiyonlarda hem mandrel hareketinin hemde istampa hareketinin hidrolik sistemle sağlandığını söylemek gerekir. Böylece :

1. Dolu bloklar delinebilir.
2. Delme kuvveti ekstrüzyon kuvvetinin %10-20 kadardır.
3. Hareketli klavuz veya sabit mandrel ile ekstrüzyon yapılabilir.
4. Sabit mandrel ile ekstrüzyonda hem borular hemde dar toleranslı içi boş profiller yapılabilir.
5. Sabit mandrel ile ekstrüzyonun avantajı ucu uygun bir şekilde kademelendirilmiş yeterli çap ve dayanıma sahip mandrellerde kullanılarak içi boş kesitler ve borular imal edilebilir. Böylece mandrel kırılması önlenir.
6. Ekstrüzyon mamulleri toleranslar, aşınma ve benzeri durumlara göre değiştirilebilir kademeli uçlara sahip mandreller dizayn edilebilir. Çok dar toleranslı boruların ekstrüzyonunda çapı mandrel

çapından daha büyük olan ve ekstrüzyon esnasında matriste kendi kendini merkezleyen mandrel başlıkları kullanılır.

7. Mandrel ile ıstampa arasındaki bağıl hareket ayarlanabildiğinden ıstampa hızından daha hızlı bir mandrel hızı ile ekstrüzyon mümkün olmaktadır.



a. Ekstrüzyon başlangıcı

b. Ekstrüzyon sonu

Şekil.5.8. Bağımsız mandrel hareketi ile ekstrüzyon. (6)

Bu yöntemin avantajı mandrel, hareketli mandrel ile ekstrüzyon yöntemindekinden daha az zorlanmakta ve ömrü uzamaktadır.

### 5.3.2. Çelik profillerin ekstrüzyonu :

Çelik profillerin ekstrüzyonu blokun uygun fırında ısıtılması ile başlar. Isıtılmış blok cam tozu üzerinde yuvarlanarak cam ile kaplandıktan sonra ekstrüzyon presi yükleme tablasına yerleştirilir ve alıcıya sürülür. Bu esnada cam malzemedeki yağlayıcı levha matris önüne yerleştirilir. Yağlayıcı cam levhanın kalınlığı ve camın çeşidi yüksek ekstrüzyon hızına göre 25 m'lik uzunluk boyunca yaklaşık 0,02 mm kalınlıkta homojen bir tabaka oluşturacak şekilde seçilir. Blok 10-20 mm kalınlığında bir ekstrüzyon kalıntısı kalıncaya kadar ekstrüde edildikten sonra işleme son verilir. Çıkan sıcak profil çıkış makaraları üzerinde hareket eder ve yana doğru yuvarlanarak soğuk tablanın üzerine gelir. Profillerin şekline göre akış hızları farklı olduğu için matriste bir miktar burulma ve eğilmeler oluşabilir. Malzeme akışındaki bu homojensizlik yüksek sıcaklıklarda bakır ve alüminyumdan çok daha zor kontrol altında tutulabilir. Bu nedenle

uygulamada profiller soğuk durumda çekilerek düzeltilmektedirler. İşlem hidrolik uzatma tezgahlarında uzatılarak yapılır. Bu sırada cam kalıntıları ve soğutma esnasında oluşan oksitler yüzeyden ayrılır.

#### 5.4. Çelik ekstrüzyonunda yağlama :

Yağlama teknolojisindeki gelişmeler ile beraber ekstrüzyonu zor metallerin uygulamalarında pek çok önemli gelişmeler olmuştur. Yağlama sayesinde kompleks yapılı mamullerin üretimi hem ekonomik hemde kaliteli olarak yapılabilmektedir. Alaşımli çelik, paslanmaz çelik ve takım çeliklerinin ekstrüzyonunda grafit ve cam esaslı yağlayıcılar kullanılmaktadır. Ticari yağlayıcı karışımları (örneğin, grafit) katı film yağlama şeklinde yağlama maddeleri içerirler ki bunlar matris, çok az veya hiçbir termal zorlamaya karşı koruyamazlar bundan dolayıdır ki çeliklerin ekstrüzyonunda matrisin aşınması çok önemli bir konudur. Yağlayıcıdan beklenen özellikler aşağıdaki gibidir :

a. Yağlayıcı, oluşturacağı film tabakası sayesinde sürtünme, aşınma ve ekstrüzyon yüklemelerinden dolayı oluşabilecek zorlamaları en aza indirerekten geçişlerin rahat oluşmasını sağlamalıdır.

b. Blok ile takımlar arasında bir izolasyon malzemesi gibi görev yaparaktan takım ömrünü uzatmalıdır.

c. Düşük termal geçirgenlik ortaya koyarak takımını aşırı ısınmasını engellemelidir.

d. Blok ve takımların yüzeyinde bir kaplama tabakası yaparaktan oksidasyonu önlemelidir.

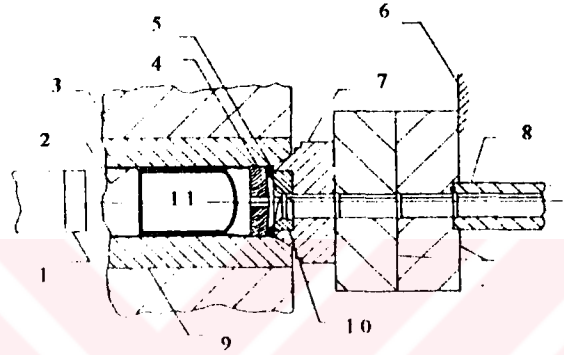
e. Önce oksit tabakasını absorbe edebilmelidir.

f. Cam esaslı yağlayıcılar ise genellikle çelik ekstrüzyonunda daha iyi performans vermektedir.

g. Ekstrüzyon edilen metal ve takımlarla herhangi bir kimyasal reaksiyona girmemelidir.

Fakat bütün bu özellikleri içinde bulunduran yağlayıcı mevcut değildir. 1930 senesinde çelik ekstrüzyonunun gündeme gelmesi ile demir dışı metallerde kullanılan yağlayıcıların kullanılmayacağı

ortaya çıkmıştır. Eritilmiş cam ile yağlamanın 1950 de keşfi ile birlikte çelik ekstrüzyonunda büyük gelişmeler olmuştur. Bu yağlama metoduna " UGINE - SEJOURNET " metodu denmektedir. Bu yöntemde sıcak blokun üzerine erime sıcaklığı düşük cam toz halinde iken yuvarlamak veya püskürtmek sureti ile kaplanır. Böylece blokun etrafında ince bir yağ filmi oluşur. Cam filmi takımları aşırı sıcaklıktan koruduğu gibi blokunda soğumasına yardımcı olur. Aynı zamanda bloku oksidasyondanda korur. Evvelce sıcak alıcıya blok yerleştirilmeden önce yağlayıcılar matris önüne yerleştirilirdi.



- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1. Piston              | 7. Matris tutucu |
| 2. Erimiş cam          | 8. Kılavuz       |
| 3. Alıcı               | 9. Gömlek        |
| 4. Cam yünü plaka      | 10. Matris       |
| 5. Sıkıştırılmış plaka | 11. Blok         |
| 6. Destek              |                  |

Şekil.5.9.Cam yağlama yöntemi.(5)

Bu yağlama sistemi sık taneli cam plaka veya cam yünü veya ikisini birden kapsamakta idi. Ön yağlama blok ıstampaya yardımı ile itilmeye başlanır ve böylece ekstrüzyon başlamış olurdu. Yağlamada kullanılan cam hem sıcak blok hemde takımlar arasında yumuşak geçişi sağlamalı hemde blok sıcaklığının altında bir sıcaklıkta kendini muhafaza etmek zorundadır.Cam yağlama uygulamada toz veya sıvı şekilde kullanılmaktadır. Bu yağlama yöntemi ile blokun etrafında ince bir yağ filmi oluşur. Cam yağlayıcının bileşiminin seçiminde çeliğin

ekstrüzyon sıcaklığı dikkate alınır. Değişik akıcılık kabiliyeti olan camlar değişik çeliklerin ekstrüzyonunda kullanılırlar.

Tablo.5.2.Farklı cam yağlayıcı bileşenleri.(5)

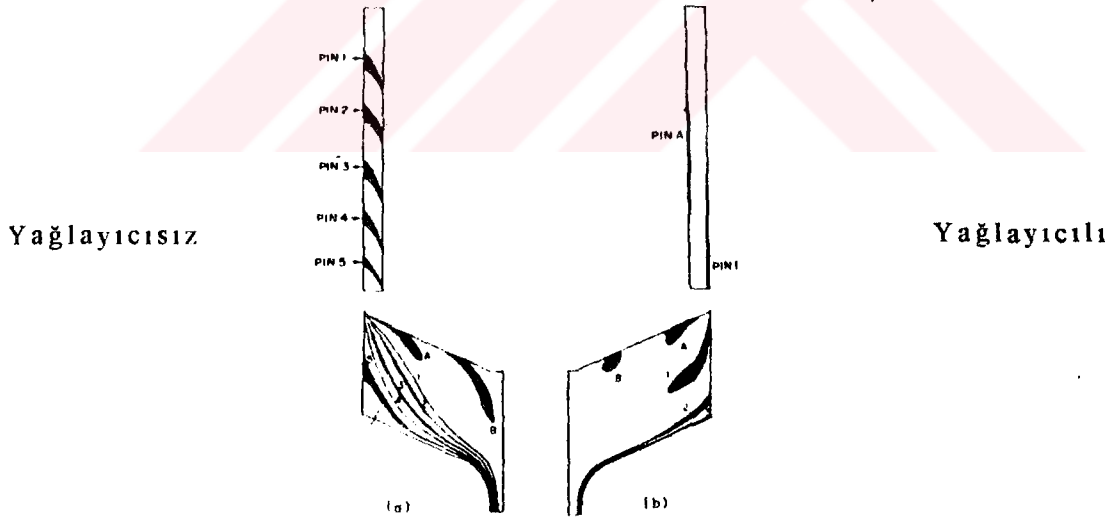
Cam tipi	Yaklaşık bileşimi, %	Çalışma sıcaklığı (°C)
Kurşun-borat	$10B_2O_3.82PbO.5SiO_2.3Al_2O_3$	530
Borat	$35SiO_2.7,2K_2O_3.58PbO$	870
Potasyum-Kurşun	$63SiO_2.7.6Na_2O_3.6K_2O_3.0,3CaO.$ $3,6MgO,21PbO,1Al_2O_3$	870-1090
Potasyum-Soda- Kurşun		1090-1430
Boraks-Silikat	$70SiO_2.0,5K_2O.1,2PbO,28B_2O_3.$ $1,1Al_2O_3$	1260-1730
Boraks-Silikat	$81SiO_2.4Na_2O.0,5K_2O.13B_2O_3.$ $2Al_2O_3$	1540-2100
Silicat	$96+SiO_2$	2210

Cam yağlama kimi zaman bir takım sorunlar yaratmaktadır. Örneğin çelik boru imalinde. Bunun sebebidir boru iç yüzeyini yağlanmasının zor olmasıdır. Çeliklerin yağlanmasında kullanılan diğer bir yağlayıcıda grafitir. Çabuk buharlaşma kabiliyetinden dolayı kullanılmaktadır. Bu buhar termal bir izolasyon malzemesi gibi görev yapar ve grafitte yağlamayı yapar. Grafit hamuru, yağ ve sodyum klorür karışımı çelik boru ekstrüzyonunda başarı ile kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra grafit bazlı yağlayıcıların basma alanına vereceği istenmeyen yan etkiler ve karbonizasyon zararlarına dikkat edilmelidir. Konik matrislerde hem cam yağlama hemde yağ-grafit-tuz bazlı yağlayıcılar kullanılarak ekstrüzyon yapılabilir. Matris açısı  $2\alpha=126^\circ$ dir. Bu ise her cins çelik borunun yağ-grafit-tuz bazlı yağlayıcı ile yağlanması sonucu ekstrüzyona uygundur. Günümüzde cam yağlayıcılar uzun boylu ürünlerin ekstrüzyonunda başarılı sonuçlar vermektedir.

Uygun ıstampa hızı çelik ekstrüzyonu için ekstrüzyon sıcaklığı ve oranına bağlıdır. Yüksek ekstrüzyon hızlarında ise gres veya cam yağlayıcılar kullanılır. Çünkü gres yağlayıcılar yüksek ekstrüzyon hızlarında az koruma sağlarlar. Blok mümkün olduğunda matris ile kısa müddetli irtibat süresi geçirmelidir. Cam yağlamadaki temel ekstrüzyon hızının yüksek olmasıdır. Ekstrüzyon hızı yavaş olursa cam yağlayıcı yedeği ekstrüzyon stroku tamamlanmadan bitecektir. Çünkü camın erime oranı yüksektir. Temel olarak çeliğin ekstrüzyonunda iki tip matris kullanılır :

1. Düz yüzeyli matris veya yuvarlatılmış girişli modifiye edilmiş matris.
2. Konik girişli matris.

Düz yüzeyli veya modifiye edilmiş düz yüzeyli matrisler genellikle cam yağlayıcılar ile kullanılırlar. Konik girişli matrisler ise daha çok gres yağlama ile bununla beraber konik şekilli matrisler cam yağlama ile de kullanılabilir.



Şekil.5.10.Yağlayıcılı ve yağlayıcısız boru ekstrüzyonunda malzeme akışı.(5)

Tablo.5.3.Yağlayıcılı ve yağlayıcısız ekstrüzyonun karşılaştırılması.

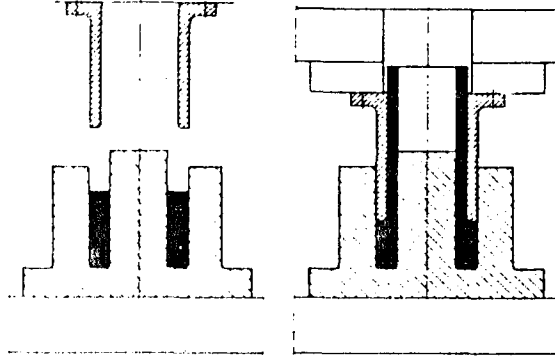
(1)

Karakteristik	Yağlamasız	Yağlamalı
Malzeme	Al,Mg,Cu alaşımları	St,Ti,Ni alaşımları
Matris dizaynı	Basit ve düz	Yumuşak ve karmaşık
Aşınma	Fazla değil	Az
Mamul geometrisi	İnce ve dar tolerans	Kompleks ve karmaşık
Yüzey kalitesi	Parlak ve iyi	Çok yumuşak değil
Ekstrüzyon basıncı	Yüksek	Düşük
Ekstrüzyon hızı	Yüksek	Malzemeye göre değişken

#### 5.5.0. Çelik ekstrüzyonu :

##### 5.5.1.0. Yağlama :

Çelik ekstrüzyonu sektöründe cam yağlayıcı ile çalışanların camın yüksek sıcaklıktaki durumu hakkında bir takım bilgi eksiklikleri vardır. Ekstrüzyon prosesinde bir çok değişken olmakla beraber, camın bunlar ile uygunluk sağlayıp sağlamayacağını düşünmeyiz. Bugün artık gün geçtikçe grafit-yağ-tuz bileşiminden oluşan yağlayıcılar ihmal edilmekte çünkü cam yağlama teknolojisinin gelişmesi ile her türlü soruna ve ihtiyaca cevap verilebilmektedir. Cam mükemmel bir viskozite göstererek katı partikül bırakmadan likit konuma geçebilmektedir. Buda ekstrüzyonda kullanılacak herhangi bir yağlayıcıdan istenen özelliştir. Camın göstermiş olduğu viskozitenin proses içinde önemli bir yer tuttuğunu söyleyebiliriz. İkinci önemli unsur ise camın termal iletkenlik davranışının nasıl olduğudur. Çeliğin sıcak ekstrüzyonunda alıcı - ıstampa - matris üçlüsü mümkün olduğu kadar kısa süreli olarak blok ile temasta bulunmalıdır. Bu da yaklaşık 3-4 sn. arasındadır. Yağlayıcıdan istenen ise bu üçlüyü sıcak bloktan izole edip korumasıdır. Bununla beraber sadece izolatör olarak değil aynı zamanda yeterli ısı transferinide gerçekleştirebilmelidir. Yağlayıcı iki kısımda müteala edilmelidir. Bunlar alıcının yağlanması ve matrisin yağlanmasıdır.



Şekil.5.11.Vasıtalı düşey ekstrüzyon presinde çelik ekstrüzyonu.

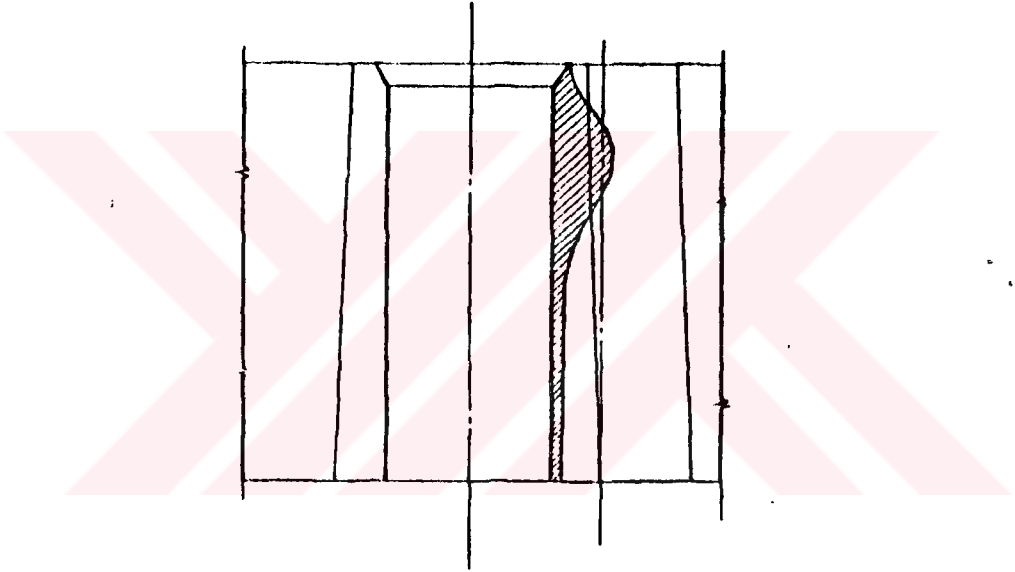
(3)

#### 5.5.1.1.Matris yağlanması :

Cam tabaka matris içinde ekstrüzyon için gerekli yağlayıcı görevini yapmaktadır. Bu cam tabaka kütüğün matristen geçmesi sırasında incelmekte ve ekstrüzyon için yumuşak bir yüzey oluşturmaktadır. Genel olarak ekstrüzyonun 4 sn. sürdüğü düşünülürse istenilen özelliği çabuk olarak sağlayabilecek cam seçilmelidir. Aynı zamanda değişik durumlara ekstrüzyon boyunca kolayca uyum sağlayabilmelidir. Bununla beraber ekstrüzyon boyunca oluşabilecek sıcaklık artışına herhangi bir viskozite değişikliği göstermeksizin mukavim olmalıdır. Cam yağlayıcının viskozitesi istenen ekstrüzyon oranları içinde takım aşınmasını minimuma indirecek düzeyde olmalıdır. Bu teori göstermektedir ki cam yağlayıcı ile ekstrüde edilen çelik aynı hız ve sıcaklık altında aynı tavrı göstermektedir. Buna mukabil bu iki parametre yağlayıcının bozulmasında sebebiyet vermektedir. Bu da istenmeyen bir durumdur. Çünkü cam filminin ekstrüzyon sonunda parçalı bir şekilde çıkması istenmez. Bu yırtılmaların sebebi ise matristedeki aşırı ısınmadır.

#### 5.5.1.2. Alıcının yağlanması :

Burada ise genelde yağlayıcının blokun ekstrüzyon boyunca, olası sürtünmeye karşı ve oksidasyona karşı koruyabilmesi istenir. Aynı zamanda sıcak blok ile soğuk alıcı arasında iyi bir temas sağlanmalıdır. Eğer seçilen cam bir an evvel sıvı şekle geçip kütüğün üzerini kaplanamıyor ise alıcı içine verileceği zarar sonucu çelik ekstrüzyonunu imkansız hale getirir. Bu ise alıcının ömrü açısından önemli bir faktördür.



Şekil.5.12. Alıcı cidarı termal ısı akışı.(4)

#### 5.5.2. Takımlar :

Genelde takımlardan istenen mümkün olabilecek en büyük uzunlukta ekstrüzyon mamulü elde edebilmektir. Ekstrüzyon sıcaklığının artması ve 1275 °C kadar erişmesine mukavim, 18-8 Nb çeliğidir. Bu sıcaklık ve 8 ton/cm<sup>2</sup> 'ye ulaşan basınç altında takımları ayarlamak gereklidir. Malzemeler bu değişikliklere ve aşınmaya mukavim olarak üretilmelidir.

### 5.5.3. Alıcı :

Normal olarak çelik ekstrüzyonunda kullanılan alıcılar üç kısımdan imal edilirler. İç kısımdakine gömlek adı verilir. Bu kısım elbetteki en önemli olan parçadır. En uygun malzemeden üretilmeli ve dayanım mukavemeti yüksek olmalıdır. Bunlar, genelde %9 Tungsten alaşımlı çelikten 475 Brinell sertliğinde imal edilirler. İnce kalınlıklı paslanmaz boruların (1130-1200°C blok sıcaklığına kadar) ekstrüzyonu için %5Cr alaşımlılar ideal olmakla beraber, orta ve yüksek ekstrüzyon oranları için (1200-1275 °C blok sıcaklığına kadar) uygun değildir.

### 5.5.4. İstampa :

Ekstrüzyonda bir önemli husus ise ıstampadır. İstampada alıcı gibi yüksek mukavemet göstermekle beraber yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bunlarda kullanılan çeliğin birleşimi %2 Ni - %2 Cr - %1/2 Mo olup Brinell sertliği minimum 460 dir. Ön levha sayesinde blok ile herhangi bir direkt teması yoktur. Her ihtimalde ön levha ile ıstampa arasındaki bağlantı elemanı için önlem alınmalıdır. Periyodik olarak ön levha ile ıstampanın merkezlemesi kontrol edilmelidir. Bu merkezleme özellikle içi boş malzemelerin ekstrüzyonunda önemlidir.

### 5.5.5. Ön levha :

Bunların imalinde iki tip çelik kullanılır. Bunlar %9W ve %5 Cr-Mo alaşımlı su soğutmalı olarak imal edilirler. Bunlarda periyodik olarak ayarlanırlar ve yüzeyleri kontrol edilirler. Bu işlemin yapılması sonucu, istenmeyen gerilimler minimum indirilir. Bu da içi boş mamullerin ekstrüzyonu için önem arz eder.

### 5.5.6. Matris :

Burada istenilen en önemli unsur matrisin mümkün olduğu kadar fazla sayıda ekstrüzyonda kullanılabilmesidir. Bir çok farklı

malzemenin denenmesine karşın en iyi sonucu %9 W ihtiva eden çelik vermiştir. Evvelce matrislerde 44 Rockwell C sertliği istenirken şimdi ise 45-50 Rockwell C sertliği istenmektedir. Araştırmaların gelişmesi ile en iyi sonucu veren 4 1/4 %W-Cr-Co-V-No bileşimli 56 Rockwell C sertliğindeki çeliktir. Her iki üründe uzun ekstrüzyon süreleri için kullanılmaktadır. Ekstrüzyon matrisleri geniş açılı olarak imal edilirler. Fakat yüzeyleri dar olabileceği gibi isteğe görede değişebilir. Matrislerde ısı sonucu aşınma ve yorulmalara rastlanır bunun olmaması için matrisler iyi bir şekilde soğutulmalıdır. Bu soğutma kimi zaman aralardan havanın geçirilmesi ile yapılır. Esas olarak bütün matris malzemeleri sıcak gerilmelere dayanıklıdır. Bu yüzden ekstrüzyon boyunca herhangi bir çalkalanma olmaz. Matris çelikleri için analiz tablosu : (4)

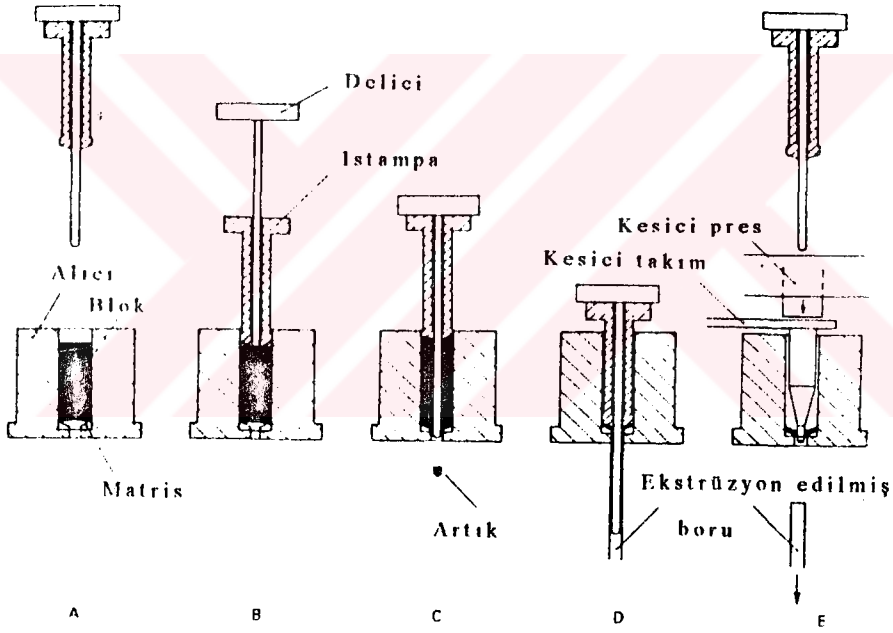
	C	Si	Cr	Mo	W	Va	Co
%9 W	0.30	0.30	3.25		9.0	0.25	
%5 Cr-Mo-W	0.35	1.00	5.0	1.65	1.55	0.25	
%4 1/4 W-Cr-Co-V	0.40		4.25	0.40	4.25	2.25	4.25

Matris aşınması ürün üzerinde toleranslar açısından önemli bir faktördür. Çelik ekstrüzyonu için istenilen matris malzemeleri tungsten malzemeli soğuk çekilmiş olarak imal edilirler.

#### 5.5.7. Mandrel :

Mandreller içi boş profillerin ve boruların ekstrüzyonunda kullanılırlar. Mandrellerin ekipmanları mandrel tutucusu ve delik ıstampadan oluşur. Bu düzenek farklı çaplar için farklı mandreller ve farklı ön levhalar istendiği için pahalı olmaktadır. Bu düzeni daha basite indirmek için mandrel, mandrel tutucusu içine vidalanır. Burada farklı mandreller için vidalı kısım kullanılmaktadır. Normal bir profil ekstrüzyonunda, mandrel malzemesi %5 Cr-Mo-W çeliği ve 2.5 cm çapın altında ise yüksek kaliteli çelikler için (6-5-2 yüksek hız çeliği) veya %9 W çelik ile herhangi bir sorun çıkmayacağından tercih sebebidir. Yüksek çalışma sıcaklığına olan mukavemetinden dolayıdır.

%5 Cr-Mo-W alaşımlı çeliğin tercih sebebi ekstrüzyon arasında su püskürtme ile soğutulabilmesidir. Genelde sıcaklığı 400-500 °C çıkar ve bunun 100-200°C 'ye indirilmesi ihtiyacı doğar. Günümüzde modern preslerde mandreller için otomatik soğutma tertibatı bulunmaktadır. Bunlarda su mandrel merkezine delinmiş kanallarda dolaşmaktadır. Yüksek tungsten kaliteli mandreller su soğutma için elverişli olmadığından bunlar hava ile soğutulurlar. Çelik ekstrüzyonunda birçok farklı mandrel malzemesi denenmiştir. Bunun sonucunda en tatmin edici olan 49-51 Rockwell C sertliğinde olan sıcak sertleştirilmiş çelik kabul edilmiştir. Mandrel ömrünü etkileyen etkenler mandrel çapı, uzunluğu, ekstrüzyon malzemesi ve blok sıcaklığıdır. İleriye dönük yapılacak çalışmalarda galvaniz kaplı kromun kullanılması mandrel ömrünün uzamasına yardımcı olacaktır.



- A. Blokun alıcı içine yerleştirilmesi
- B. Delme işleminin başlaması
- C. Delme işlemi son ve ekstrüzyon başlangıcı
- D. Ekstrüzyon işleminin sonu
- E. Ekstrüzyon artığının kesilmesi

Şekil.5.13.Düşey ekstrüzyon presinde çelik boru imali için izlenen yollar.(3)

## 6.0. İNCE KESİTLİ ÇELİK BORU İMALAT HESABI :

Ekstrüzyon işlemi esnasında ortaya çıkan dış kuvvet ve gerilmelerin hesaplanması, takım ve pres konstrüksiyonu açısından çok önemlidir. Aynı zamanda mamül kalitesinin, sarfedilen şekillendirme enerjisinin ve dolayısıyla maliyetin değerlendirilmesinde işletmecilere büyük yarar sağlamaktadır.

Ekstrüzyon kuvvetinin büyüklüğüne, başlıca aşağıdaki faktörler etki etmektedir :

- Ekstrüzyon malzemesinin ekstrüzyon edilebilirliği
- Ekstrüzyon oranı
- Sıcaklık
- Yağlama
- Matris deliği açısı
- Blok boyut oranı
- Ekstrüzyon hızı

İmal edilmesi düşünülen ince kesitli çelik borunun verileri ve seçilen değerler aşağıdaki gibidir :

Malzeme : Ck 45

Ekstrüzyon sıcaklığı = 1150 °C

Yağlama malzemesi = Cam

Blok çapı = 50 mm

Blok uzunluğu = 150 mm

Malafa çapı = 5.5 mm

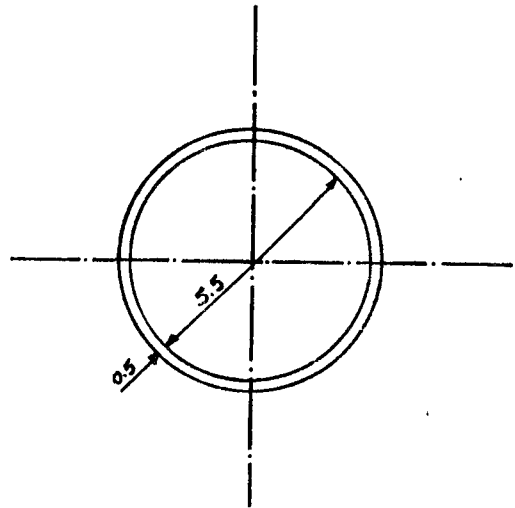
Malafa uzunluğu = 160 mm

Yarı mamulün özellikleri :

Dış çap = 6 mm

İç çap = 5.5 mm

Et kalınlığı = 0.5 mm



### 6.1. Ekstrüzyon oranının bulunması :

Ekstrüzyon kuvvetini etkileyen en önemli faktörlerden biri ekstrüzyon oranıdır. Ekstrüzyon oranı büyüdükçe ekstrüzyon kuvveti büyük bir oranda artmaktadır.

$$\text{Ekstrüzyon oranı} = A_0 / A_1$$

$$A_0 = n \cdot R^2 = 3,14 \cdot 25^2 \cong 1963 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = n \cdot (R^2 - r^2) = 3,14 \cdot (3^2 - 2,75^2) = 3,14 \cdot 1,44 = 4,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ekstrüzyon oranı} = 1963 / 4,53 \cong 433$$

### 6.2. Ekstrüzyon kuvvetinin bulunması :

$A_0$  = Blok kesit alanı

$\varphi$  = Log. şekil değiştirme

$\sigma_D$  = Şekil değiştirme direnci

$D_0$  = Blok çapı

$L_0$  = Blok uzunluğu

$\mu_w$  = Cidar sürtünme katsayısı

$\sigma_A$  = Akma gerilmesi

$D_D$  = Malafa çapı

$L_D$  = Malafa boyu

$\mu_D$  = Malafa sürtünme katsayısı

Toplam ekstrüzyon kuvveti,

$F_{top}$  = Blok şekil değiştirme direnci + Malafa delme kuvveti

$$F_{top} = (A_0 \cdot \varphi \cdot \sigma_D + n \cdot D_0 \cdot L_0 \cdot \mu_w \cdot \sigma_A) + (n \cdot D_D \cdot L_D \cdot \mu_D \cdot \sigma_A)$$

$$\varphi = \ln A_0 / A_1 = \ln 433 = 6,07$$

$$F_{\text{top}} = 1963.6.07.20 + 3,14.50.150.0,585.12 + 3,14.5,5.160.0,4.12$$

$$F_{\text{top}} = 238308,20 + 165321 + 13263,36$$

$$F_{\text{top}} = 416892,56 \cong 417000 \text{ kp.}$$

$$F_{\text{top}} = 417 \text{ ton.}$$

Şeçilen pres tipi = Düşey ekstrüzyon presi

Şeçilen pres basma kuvveti = 500 ton.

Mevcut blok kullanılarak, %10 artık payıda hesaba katılmak suretiyle istenilen mamül ölçüleri dahilinde 58000 mm ince kesitli boru uzunluğu elde edebiliriz.



## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Genellikle yatay ekstrüzyon ile imali zor olan parçaların ekstrüzyonunda kullanılan, düşey ekstrüzyon konusunda yaptığım teorik ve literatür çalışmada elde ettiğim sonuçları şöyle sıralayabilirim :

1. Çeliğin ekstrüzyon sıcaklığı yüksek olduğundan en etkili yağlama cam yağlamadır.
2. Cam yağlamanın yüksek blok sıcaklığının tamamını takımlara iletmediği için takımları aşırı ısı etkisinden korumakta ve takım ömrünü uzatmaktadır.
3. İnce cidarlı ve küçük çaplı çelik borularda cidar kalınlığı homojenliği, boyut hassasiyeti ve ovalik yönünden en etkili yöntem düşey ekstrüzyon olmaktadır.
4. Cam yağlama ile düşey ekstrüzyon mamullerinin yüzey kalitesi yüksek olmaktadır.
5. Yüksek sıcaklıkta cam, etkili bir yağlama ortamı sağladığından dolayısıyla ekstrüzyon kuvveti azaldığından enerji tasarrufunda sağlanmaktadır.
6. İnce cidarlı küçük çaplı boruların kalın cidarlı borulardan çekme yöntemi ile imalinden düşey ekstrüzyonla daha ekonomik olmaktadır.
7. Bütün bunların yanı sıra düşey ekstrüzyon presinde imal edilen mamullerin boylarında bir sınırlama mevcuttur. Şöyle ki üretilen mamulün kesit yapısına göre ekstrüzyon çıkışında belirli bir açıyı sağlamadan kıvrırmak suretiyle belirli bir yere toplamak mamul boyutlarında bozulmaya yol açabilir.

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
MANİFASYON KURULU

## KAYNAKLAR

- 1- Altan T., Gerel H.L., 1983, Metal forming fundamentals and applications, ASM.
- 2- Anık S., 1977, Malzeme bilgisi ve muayenesi., Birsen yayınevi
- 3- Castle A.F., Lang G., (Translator the German version), 1981, Extrusion, ASM.
- 4- Cox R., McHugh T., April 1960, Some Aspect of Steel Extrusion, ASME-Journal of engineering, pp 423-434.
- 5- Schey J.A., 1983, Tribology in Metalworking, ASM.
- 6- Sönmez H., 1989, Metal ekstrüzyonu. Eğitim yayınları.
- 7- SMS Hasenclever, Rod and Tube extrusion liner for heavy metal catalogue.
- 8- Tükel N., 1981, Demir-Karbon alaşımları, Malzeme III., Yıldız Üniversitesi.
- 9- Türk Standartları Enstitüsü, TS 301,302.
- 10- International Cold Forging Group, 1982, Determination of pressures and loads for warm extrusion of steel, p 337-340.
- 11- Jenkins S.F. and Castle A.F., 1982, The modern extrusion press, The extrusion symposium, London.
- 12- Sallis W.A., The extrusion of steel, The extrusion symposium, London.
- 13- Walter H.Collin GmbH., Process machines and technology catalogue.
- 14- Steinmetz A., Biswas A., Computer simulation of extrusion press operation, SMS Hasenclever catalogue.

## ÖZGEÇMİŞ

1970 yılı İstanbul doğumluyum. İlk öğrenimimi 1976-1981 seneleri arasında Özel Kalamış İlkokulunda, orta ve lise tahsilimi 1981-1987 seneleri arasında Özel Moda Lisesinde yaptıktan sonra 1988-1992 seneleri arasında Yıldız Üniversitesinde makina mühendisliği tahsili yaptım.1992 senesinde yine aynı üniversitenin Makina - İmal Usülleri kürsüsünde yüksek lisans öğrenimime başladım.

