



## GİRİŞ

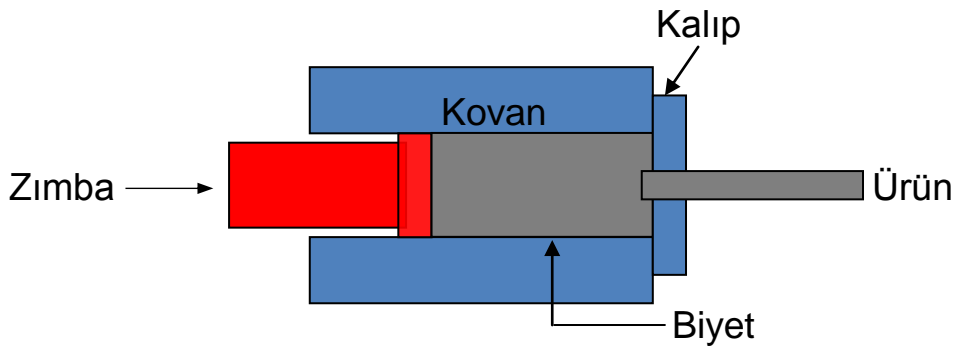
Ekstrüzyon; Isı ve basınç kullanarak malzemenin kalıptan sürekli geçişini sağlayarak uzun parçalar elde etme işlemi olup, plastik ekstrüzyon ve alüminyum ekstrüzyon olmak üzere iki çeşittir. Biz bu yazıda Dünyada ve Türkiye’de ihtiyacın giderek artmakta olduğu alüminyum profil üretiminde kullanılan kalıpların malzeme seçimine, ısıl işlemine, kullanım şartlarına değineceğiz.

Belli bir kesite sahip olan, (bu kesitin şekli düz veya amaca uygun değişik şekilde olabilir) ve kesit/boy oranı küçük olan, başka bir deyişle, boyu eninden çok daha fazla olan şekillendirilmiş malzemeler "profil" olarak tanımlanır. Alüminyum profil üretimi, birçok metalde olduğu gibi haddeleme (çekme) veya ekstrüzyon metodu ile işlemekte olup, karmaşık şekilli profiller için genellikle ekstrüzyon metodu tercih edilmektedir.

Ekstrüzyon ile üretilen alüminyum profilleri ; Nakliye araçları (otomobil, gemi, tren, metro, uçak ve uzay araçları), mimari uygulamalar ve inşaat sektörü (binaların cephe kaplama sistemleri, pencereler, kapılar, çeşitli konstrüksiyonlar) elektrik endüstrisi, makina ve ekipman imali, kimya ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır.

## ALÜMİNYUMUN EKSTRÜZYONU

Önceden ısıtılarak plastik veya viskoplastik ( asla sıvı değil ) bir hal alması, dolayısı ile basınçtan etkilenecek şekil değiştirebilmesi sağlanan alüminyum, bir kovan içine yerleştirilir, arkadan uygulanan bir basınçla kalıba doğru şekil değiştirmesi sağlanır. ( bu olay sıvı akışı değildir ) Arkadan uygulanan bu basınçla kalıp içinde şekil değiştirerek ilerleyen alüminyum, kalıpta ilgili profile göre şekillendirilmiş aralıklardan dışarı çıkarılır. Dışarıya doğru şekil değiştirerek ilerleyen alüminyum, aralıklardan geçerken bu formu alarak dışarı çıkar ve akış sürdüğü sürece bir profil oluşturmaya devam eder.



Alüminyum ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi

Ekstrüzyon, aynı zamanda, bir kesit düşürme işlemidir. Alüminyum biyetin kesiti, alüminyum profilin kesitine dönüştürülmektedir. Bu nedenle, kullanılan biyetin kesiti, üretilecek profil kesitine yüzey ölçümü olarak ne kadar yakın ise, işlem o kadar kolay olur. Bu gerçek, profil kalıplarının dizaynına, üretim yapılan presin seçimine (kuvvetine, kovan çapına) gibi birçok teknik parametreyi ortaya çıkarır. Sonuç olarak, ince ve küçük kesitli profillerin üretimi için küçük ölçüde biyet ve dolayısı ile ona uygun kuvvette pres gereklidir.

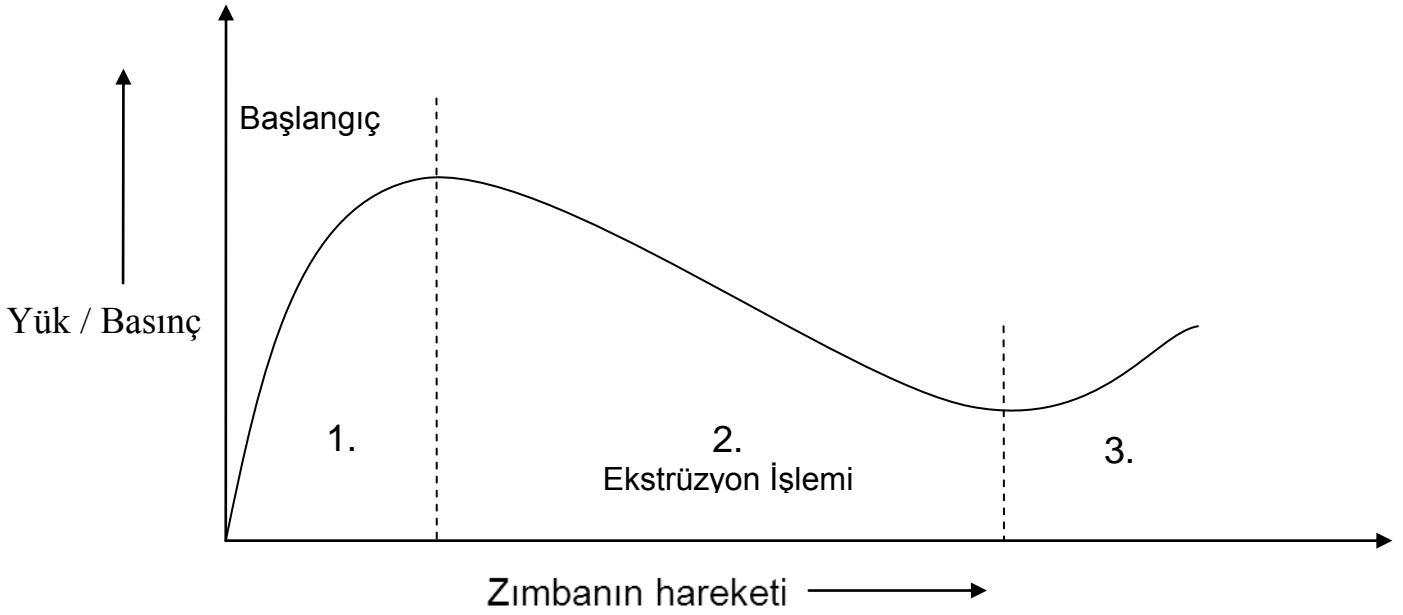


Büyük profiller için de, büyük ölçülerde kalıp, biyet ve pres gereklidir. Küçük profiller, büyük preslerde, büyük biyetler kullanılarak üretilmek istendiğinde, zaman ve enerji kaybına, ve verimin düşmesine neden olunur. Buna karşılık, büyük kesitli profiller ise; küçük preslerde, küçük biyetler ile çoğu zaman hiç üretilmez.

Alüminyumun, ekstrüzyon yöntemi ile profil haline getirilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir.

- Alüminyum biyet, 440 - 470° C,
- Kalıp 450 - 460° C ye
- Kontainer 420° C ye kadar ısıtılır ve
- Hammadde 67 kg / mm<sup>2</sup> ( %10± ) bir basınc uygulanarak kalıbın içine itilir.
- Presten profil çıkış sıcaklığı 500° C civarında olmalıdır.

#### Geleneksel ekstrüzyon (direkt ekstrüzyon) yöntemiyle zımbanın hareketi ile yük ve basıncın değişimi

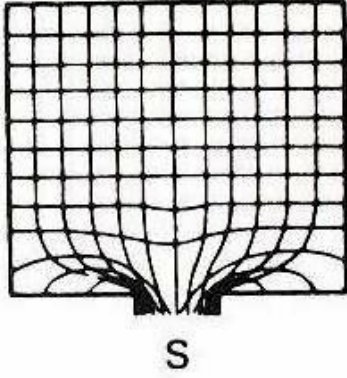


1. Ekstrüzyon hesaplarında basınc hızla artarak maksimum seviyeye çıkar.
2. Alüminyum ekstrüzyon işlemi başladığında basınc azalır ve bu bölge işlem anı olarak geçer.
3. Basıncın en düşük değere inmesinin ardından araiş sıkışmaya başlar ve basınc yükselir.

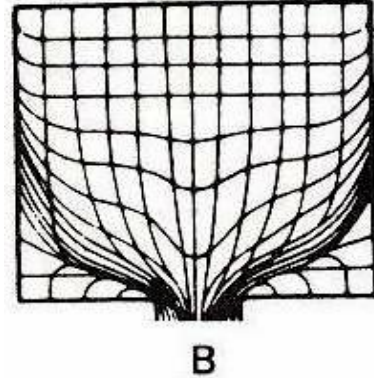


### Alüminyum Ekstrüzyonunda Metal Akışına Etki Eden Faktörler

Ekstrüzyonda metal akışını etkileyen; proses (işlem) sıcaklığı, metal-kalıp ve biyet-kovan sürtünmesi, ekstrüzyon oranı, kalıp tasarımı, yağlama şartları, ekstrüzyon sıcaklığı, ekstrüzyon hızı, kovan ve biyet sıcaklığı, alaşım türü ve biyet boyu, kalıp tipi ve tasarımı, kovan boyutu ve geometrisi, kalıp ve takımların sıcaklığı gibi bir çok parametre bulunmaktadır. Sürtünmenin olup olmasına göre metal akış türleri aşağıda gösterilmektedir.

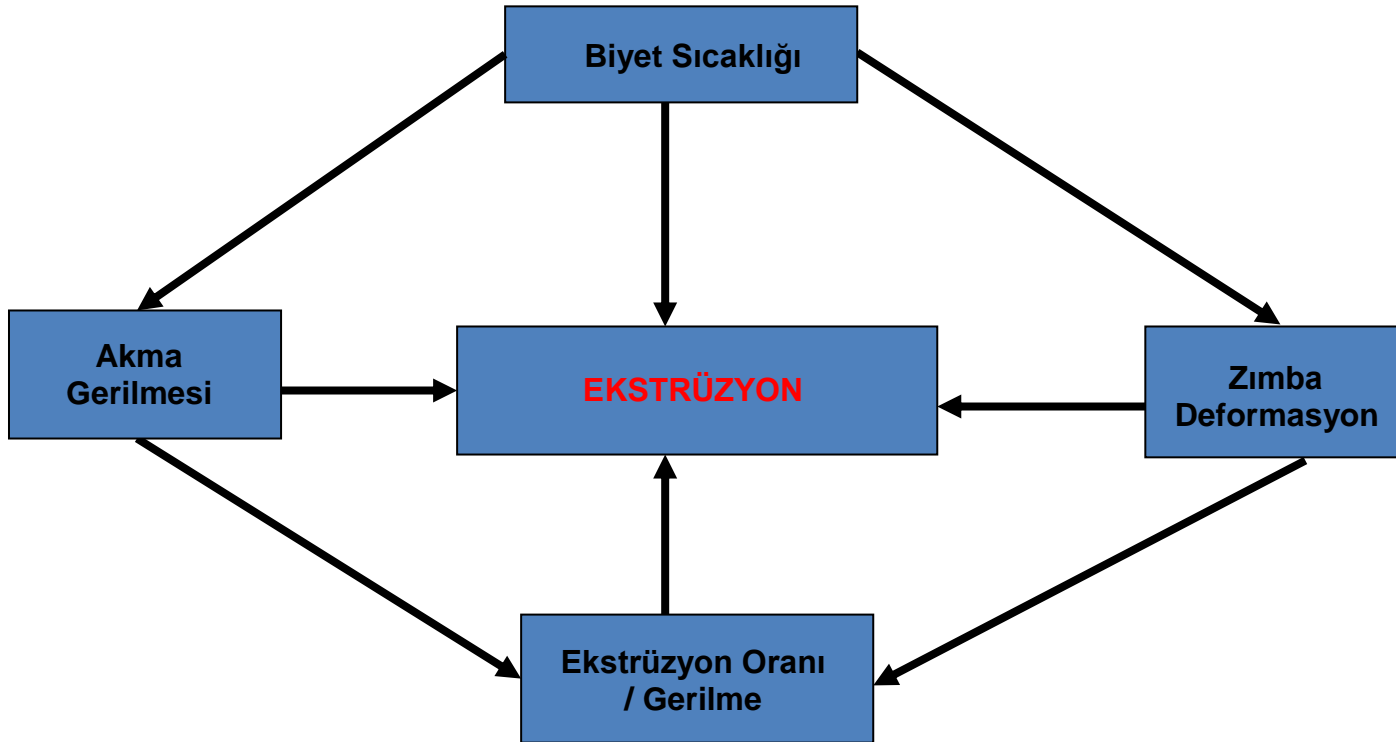
**S**

Sürtünme yoksa (tam yağlama koşullarında) biyetin akış izleri

**B**

Sürtünme varsa biyetin akış izleri

Ekstrüzyona etki eden değişkenler aşağıda şematik olarak gösterilmektedir.





## **Ekstrüzyonda Meydana Gelebilecek Hasarlar**

Uygulama anındaki yüksek sıcaklık ve basınç, aşırı sürtünmeler, uygun olmayan biyet ve malzeme (kalıp, kovan ...) kompozisyonu, kalıplara uygulanan hatalı ısıl işlem prosesleri ve aşırı deformasyonlar bazı ekipmanlarda (kalıp, kovan, zımba gibi takımlarda, vb.) olması gereken ömürlerinden çok daha kısa zamanlarda istenmeyen hasarlara yol açabilir. En çok karşılaşılan hata türleri; çatlama, aşınma, kırılma, ısıl yorulma, plastik deformasyon ve malzeme kopması olarak sıralanabilir.

Plastik deformasyon ve kırılma kaynaklı hasarlar çoğunlukla kalıp şekli ile ilgili olup, bu gibi hasarların önüne kalıp tasarım aşamasında geçilebilir. Plastik deformasyon ve kırılma kaynaklı hasarlar uygun olmayan tasarımdan, uygun olmayan malzemeden (yanlış malzeme seçimi veya uygun olmayan malzeme kompozisyonu), hatalı ısıl işlem prosesinden veya yanlış sertlik seçiminden kaynaklanmaktadır.

Aşınma kaynaklı hasarlar çoğunlukla karmaşık şekilli profillerde görülmektedir. Bunun gibi hasarların önüne geçilebilmesi için farklı bölgelerdeki sıcaklıkları kontrol altında tutup ani sıcaklık değişimlerini engellemek, sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak ortaya çıkan sürtünmeleri kontrol altına almak (metal-kalıp sürtünme, biyet-kovan sürtünmesi vb.) gerekir. Yüksek sıcaklıklara ve ani sıcaklık değişimlerine maruz kalan kalıplarda adhesif ve abresif aşınmalar görülebilir. Ayrıca kalıba uygulanacak nitrasyon işlemi sayesinde sürtünmeler azalacak ve aşınma miktarı düşecektir. Fakat bu işlemin belirli baskı adetlerinden sonra tekrarlanması gerekmektedir çünkü söz konusu sürtünmeden dolayı nitrasyon tabakası aşınarak özelliğini yitirir.

Yorulma kaynaklı hasarlar ise çoğunlukla keskin-sivri köşeli ve kesit farklılığı fazla olan kalıplarda meydana gelmektedir. Bu tarz bölgelerde yoğun olarak stres (gerilim) olduğundan dolayı bu şekilde hasarlar ortaya çıkabilmektedir. Bu tarz kalıplarda malzeme seçimine, tercih edilen ısıl işlem sonrası sertliğe dikkat etmek gerekmektedir. Ayrıca bu şekildeki kalıplara fazladan gerilim giderme işlemi uygulanarak kalıp ömrü arttırılabilir.

## **Ekstrüzyon Basıncı**

Alüminyum ekstrede edebilecek maksimum basınç ekstrüzyon basıncı olup, presin kapasitesinin altında olması gerekmektedir. Ekstrüzyon basıncını; ekstrüzyon sıcaklığı, kalıp ve kovan paketinin sıcaklığı, ekstrüzyon oranı, ekstrüzyon hızı, biyet uzunluğu ve biyet bileşimi gibi faktörler etkilemektedir.

- Biyet sıcaklığı artınca ekstrüzyon basıncı azalır.
- Ekstrüzyon oranı arttıkça ekstrüzyon basıncı yükselir.
- Biyet boyu arttıkça ekstrüzyon basıncı artar.
- Biyet sıcaklığının ekstrüzyon aralığında sabit kaldığı durumda ekstrüzyon hızı artsa bile ekstrüzyon basıncı etkilenmez.

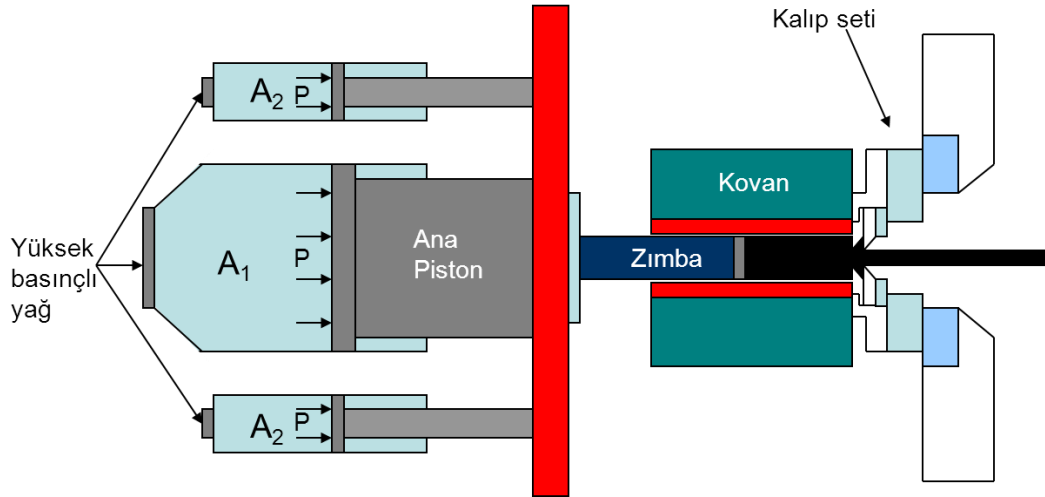


## Ana Parametrelerin Ekstrüzyona Olan Etkisi

Ekstrüzyon işleminde gerekli yük değeri, pres kapasitesinden düşük olmalıdır çünkü olası aksi bir durumda ekstrüzyon gerçekleşemez. Aynı zamanda, alüminyumun sıcaklığı ergime sıcaklığından düşük olmalıdır ki ekstrüzyon meydana gelebilsin.

Ekstrüzyon için gerekli kuvveti ve kalıptan çıkan malzemenin kalitesini etkileyen ana faktörler.

- Ekstrüzyon oranı
- Çalışma sıcaklığı (malzeme, kalıp vb.)
- Şekil değiştirme hızı
- Malzemenin akma gerilmesi



Ekstrüzyon Presinin Şematik Gösterimi

## Ekstrüzyon Oranı

Bir profilin ekstrüzyon oranı; o profilin ekstrüzyonla sağlanabilecek minimum enerji tüketimine ait olan değerdir. Gerçek gerinim (şekil değiştirme mukavemeti) ekstrüzyon oranının bir fonksiyonudur. Düşük ekstrüzyon oranı kaba taneli ve zayıf bir yapı olup, döküm yapısına benzer özellikler göstermektedir. İşlem sırasında ekstrüzyon oranı 10'dan daha düşük olduğunda istenilen fiziksel ve mekanik değerler elde edilemez. Yüksek ekstrüzyon oranlarında malzemeyi kalıptan geçirmek meydana gelecek olan yüksek gerinimden dolayı zor olacaktır. Ekstrüzyon oranı profilin şekline ve geometrisine göre değişiklik gösterebilir.



### Ekstrüzyon Sıcaklığı

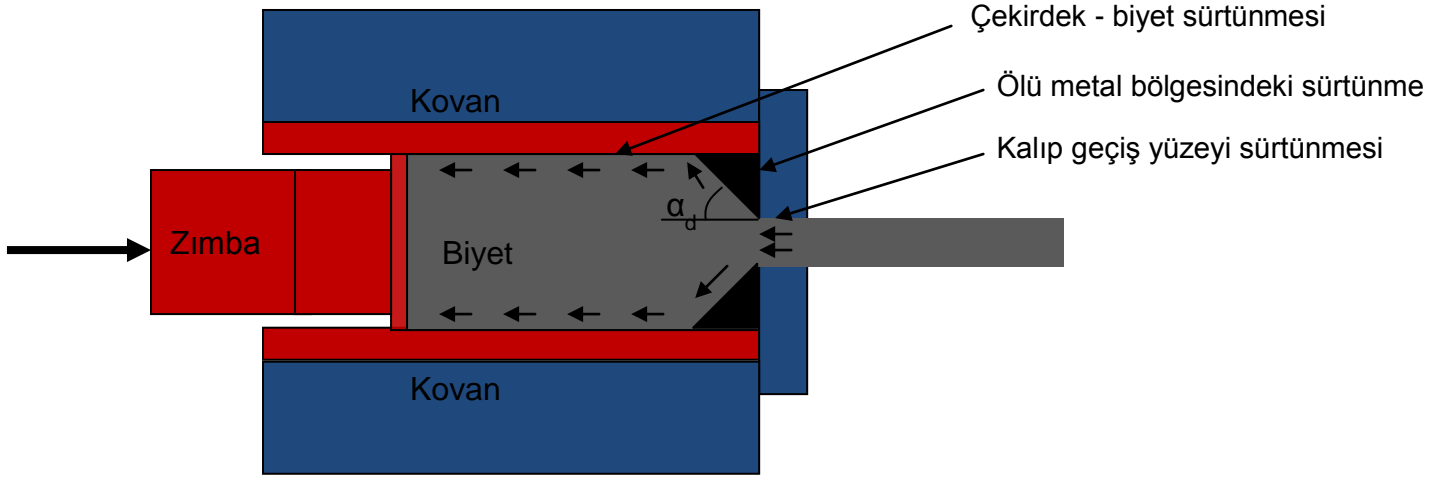
Sıcaklığın artmasıyla beraber ekstrüzyon akma gerilmeleri düşer, şekil değişimi daha hızlı olur ve kolaylaşır. Ancak sıcaklık oranının artmasıyla beraber kısmi ergimeler meydana gelebilir. Dolayısıyla, ekstrüzyon hızı düşer. Biyet ile zimbaya belirli sıcaklıklarda uygulanan yüklerle meydana gelen sürtünmelerden dolayı açığa çıkabilecek enerjiler ekstrüzyon sıcaklığını arttırmaktadır.

### Malzemenin Akma Gerilmesi

Metallerin uygulanan yük sonrası plastik deformasyona uğraması için gereken gerilme miktarıdır. Sıcaklık arttıkça akma gerilmesi düşer. Akma gerilmesi deformasyon hızı (şekil değiştirme miktarı) arttıkça akma gerilmesi artar.

### Ekstrüzyon Termodinamiği

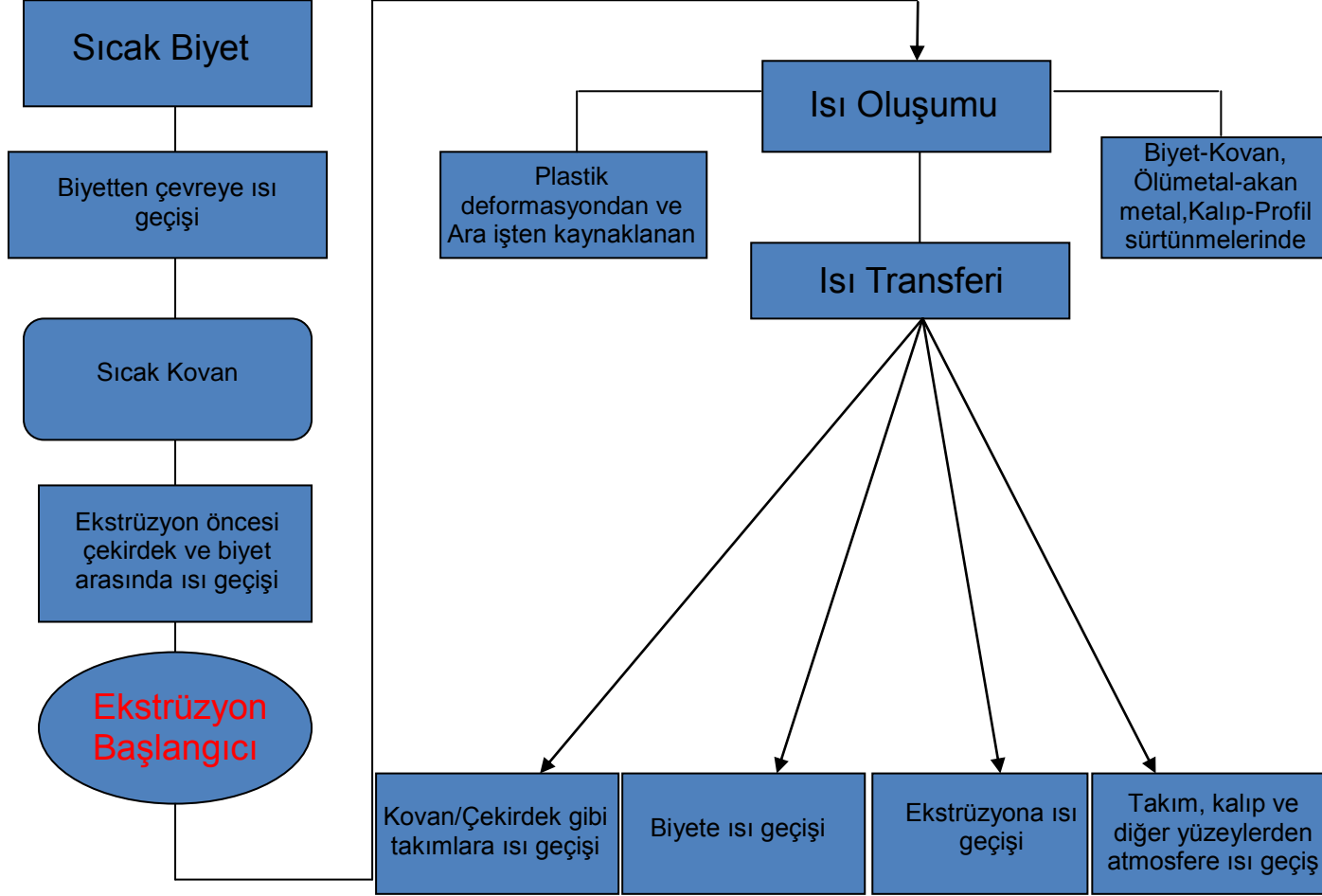
Ekstrüzyon sırasında malzemenin akma dayanımı sıcaklıkla beraber düşmekte ve bundan dolayı şekil verme işlemi basitleşmektedir. Bununla beraber ekstrüzyon hızı da düşmektedir. Ayrıca bazı alaçımlarda bölgesel sıcaklık artışları kısmi ergimelere sebebiyet verebilir.



Yukarıdaki şekilde ekstrüzyon esnasında sürtünmelerden dolayı meydana gelen enerjilerin bölgeleri gösterilmektedir.



Aşağıdaki şekilde proses öncesi ve sonrası açığa çıkan enerjilere bağlı olarak ısı transferleri gösterilmektedir.



### Sıcaklığın Ekstrüzyona Etkisi

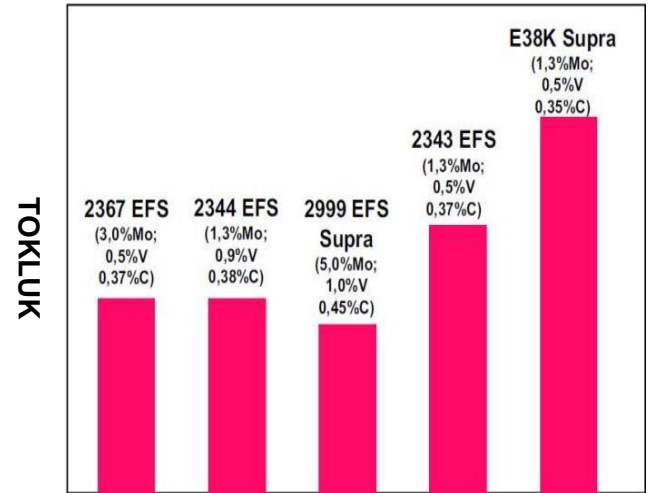
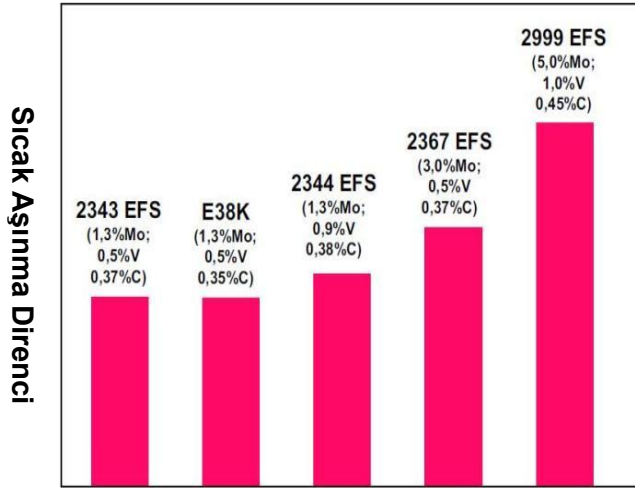
Profilin kalıptan çıkış sıcaklığı, ekstrüzyon işleminin kritik sıcaklığı olarak tanımlanır. Sürtünmelerden ve deformasyonlardan kaynaklı açığa çıkan ısı enerjisi yüksek ise; profilin kalıptan çıkış sıcaklığı yükselecektir. Profilin kalıptan çıkış sıcaklığı, ürünü çekme sırasında kalıpta meydana gelen sıcaklık artışı ile doğrudan ilgili olup, aynı zamanda kalıp performansını da doğrudan etkilemektedir.

Sıcaklık artışına; malzeme özellikleri, işlem sırasında meydana gelen sürtünmeler, ekstrüzyon hızı (zımba hızı), ekstrüzyon oranı doğrudan etki eder. Bütün bunlardan dolayı profilin kalıptan çıkış sıcaklığı sürekli kontrol altında tutulmalıdır.



## Kalıp Çeliği Seçimi

Alüminyum profil ekstrüzyon üretiminde kullanılması gereken kalıpların, yüksek sıcaklığa karşı direncinin, yorulma direncinin, aşınma direncinin (mekanik özelliklerinin) iyi olması gerekmektedir. Dolayısıyla ekstrüzyon üretiminde kullanılan kalıplarda malzeme seçimi ve yine bu kalıplara uygulanan ısıl işlem çok büyük önem taşımaktadır. SCHMOLZ BICKENBACH ekstrüzyon sektöründe uzun yıllardır yapmış olduğu çalışmalarla, bilgi birikimi ve tecrübesini birleştirerek sizlere sıcak iş takım çelikleri konusunda farklı alternatifler sunmaktadır. Kendi bünyemizde vakum ısıl işlemi ile pekiştirilen ekstrüzyon sektöründe kullanılmak üzere önerilen sıcak iş takım çeliklerinden yapılan kalıplar daha homojen ve daha az deforme olan bir yapıya dönüştürülmekte ve bu sayede daha uzun ömürlü olmaktadır. Ekstrüzyonda kullanılacak olan çeliklerde, ısıl işlem sonrası tercih edilmesi gereken sertlik değerleri malzeme tasarımına, boyutuna, geometrisine göre değişkenlik göstermektedir. DEW 'in ekstrüzyon sektörü için ürettiği çelik kaliteleri ve özellikleri aşağıda detaylı olarak gösterilmektedir.







Malzeme	Sertlik	Tokluk	Aşınma Direnci	Isıl İletkenlik
Thermodur® 2714	+	+++	+	+
Thermodur® 2343/44	+	++	+	++
Thermodur® E38K	+	+++	+	++
Thermodur® 2365	+	++	+	++
Thermodur® 2367	+	++	++	++
Thermodur® 2399	++	+	+++	+++

Malzeme	DIN	Kullanım Alanları	Kimyasal kompozisyon %					
			C	Si	Cr	Mo	Ni	V
THERMODUR® 2714	55NiCrMoV7	Destek Plakası, Mühre, Bolster	0,56	-	1,10	0,50	1,70	0,10
THERMODUR® 2343	X38CrMoV5-1	Kalıp (Zıvana, Kapak)	0,38	1,00	5,30	-	1,30	0,40
THERMODUR® 2344	X40CrMoV5-1	Kalıp (Zıvana, Kapak), Mühre, Bolster, Zımba, Gömlek, Kovan, Sabit Pul, Mandrel	0,40	1,00	5,30	1,40	-	1,00
THERMODUR® 2365	X32CrMoV3-3	Kalıp (Zıvana, Kapak), Mühre, Bolster, Zımba, Gömlek, Kovan, Sabit Pul, Mandrel	0,32	0,30	3,00	2,80	-	0,50
THERMODUR® 2367	X38CrMoV5-3	Kalıp (Zıvana, Kapak), Mühre, Bolster, Zımba, Gömlek, Kovan, Sabit Pul, Mandrel	0,37	0,30	5,00	3,00	-	0,60
THERMODUR® 2329	46CrSiMoV7	Destek Plakası, Mühre, Bolster	0,45	0,70	1,80	0,30	0,60	
THERMODUR® E38K	X35CrMoV5-1	Kalıp (Zıvana, Kapak), Mühre, Bolster, Zımba, Gömlek, Kovan, Sabit Pul, Mandrel	0,35	0,30	5,00	1,30	-	0,40
THERMODUR® 2999	X45MoCrV5-3-1	Kalıp (Zıvana, Kapak)	0,45	0,30	3,00	5,00	-	1,00