

3. METALLERDE PLASTİK ŞEKİLLENDİRME İŞLEMLERİ

Plastik şekillendirme işlemleri; soğuk, yarı-sıcak ve sıcak şekil verme operasyonları olarak yapılır. Soğuk ve yarı-sıcak şekil verme operasyonları, şekil verme değişiminin az olduğu ve parçanın mekanik özelliklerini iyileştirme ve iyi yüzey ve boyut kalitesi vermeye bir ihtiyaç varsa uygundur. Büyük boyutlu iş parçalarının plastik şekil değiştirmesi gerekli olduğu zaman sıcak işlem istenir.

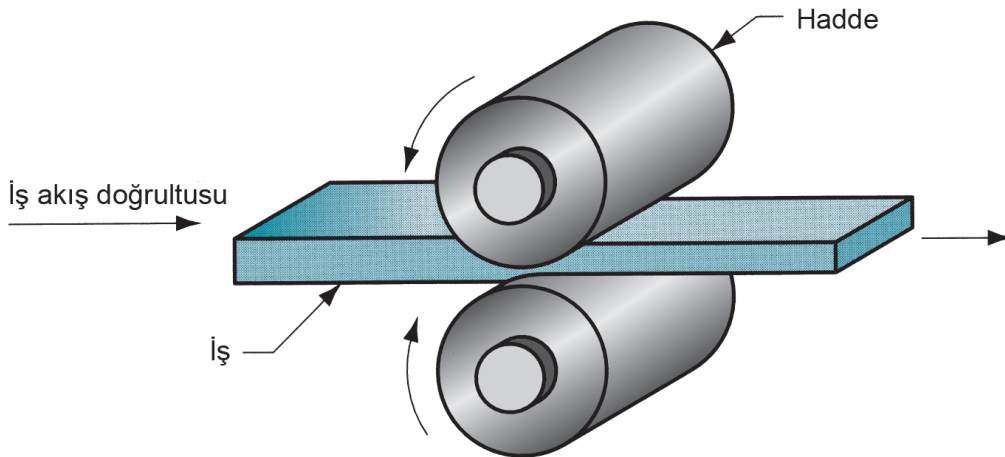
Metallerde plastik şekillendirme işlemlerinin teknolojik ve ticari önemi aşağıda verilmiştir:

- Sıcak işlem operasyonları yapıldığı zaman, iş parçası şeklinde önemli değişiklik elde edilebilir.
- Soğuk işlem operasyonları yapıldığı zaman, bu operasyonlar yalnız ürüne şekil vermek değil, aynı zamanda uzama sertleşmesi ile onun mukavemetini artırmak için kullanılır.
- Bu işlemlerde operasyon sonucu az ya da hiç atıksız ürün üretilir. Bazı plastik şekillendirme işlemleri, net şekil veya net şekle yakın işlemlerdir. Bu işlemler, talaşlı imalata gerek duyulmayan veya az gerek duyulan son ürün elde ederler.

Bu bölümde ele alınan metallerin plastik şekillendirme işlemleri; (1) Haddeleme, (2) Dövme, (3) Ekstrüzyon, (4) Tel ve çubuk çekmedir.

3.1. Haddeleme

Haddeleme, iki zıt merdane tarafından meydana getirilen basınç kuvvetleri ile işin kalınlığının azaltıldığı şekillendirme işlemidir. Merdaneler, şekilde gösterildiği gibi merdaneler arasından işi çekmek ve aynı zamanda sıkıştırmak için dönerler. Şekilde gösterilen temel işlem, dikdörtgen kesitin kalınlığını azaltmak için kullanılan düz haddelemedir.



Haddeleme İşlemi (Düz Haddeleme)

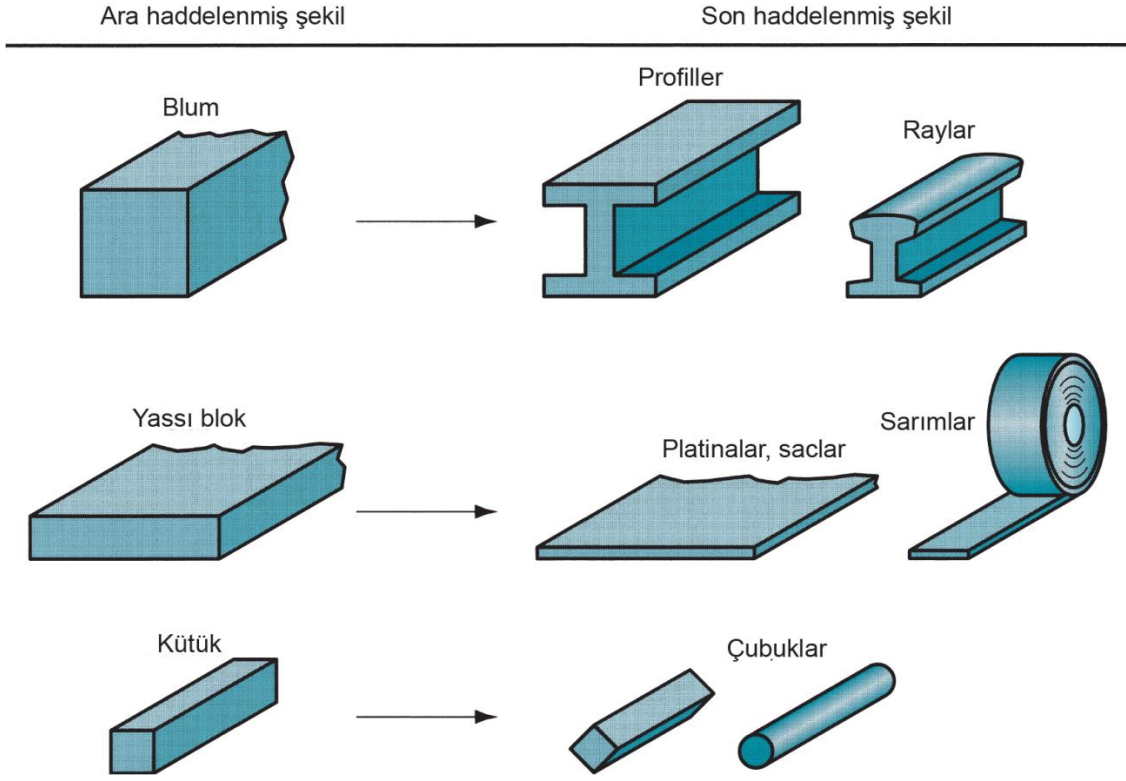
Çoğu haddeme işlemleri, çok sermaye gerektirir. Yüksek yatırım maliyeti, sac ve plakalar gibi standart ürünlerin büyük miktarlarda üretimi için kullanılacak hadde tezgahları için istenir. Haddeme işleminin çoğunluğu, büyük miktarda deformasyon gerektirmesinden dolayı sıcak işleme yapılır ve **sıcak haddeme** denir. Sıcak haddelenmiş metal genellikle artık gerilmeler taşımazlar ve izotrop özelliğe sahiptir. Sıcak haddemenin sakıncalı yönü, ürün dar toleranslarda tutulmaz ve iş yüzeyi karakteristik bir oksit tufale sahiptir.

Rekristalizasyon (Yeniden kristalleşme) sıcaklığı, metallerin yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılıp pekleşme olmaksızın şekillendirildiği sıcaklık değeridir. Bu sıcaklıkta metal mükemmel plastik malzeme gibi davranır ve yeni birim şekil değişimine uğramayan tanelerin oluşması sağlanır. Bu olaya **yeniden kristalleşme** denir. Yeniden kristalleşme sıcaklığı $0.3T_m-0.5T_m$ arasında değişmektedir. T_m : ergime sıcaklığıdır. Yeniden kristalleşme, her malzeme için farklı sıcaklıktadır ve belli bir sürede gerçekleşir. Herhangi bir malzeme için yeniden kristalleşme sıcaklığı genellikle yeni tanelerin oluşması için yaklaşık 1 saatlik süre olarak belirtilir.

Ürün yapım değişkenliğini göstermek için çelik hadde tezgahında işlem basamaklarını izleyelim. İş, döküm çelik ingot kütüleşmesi olarak başlar. İş sıcakken ingot fırına girer. İş, fırında tamamen üniform bir sıcaklık elde edilinceye kadar uzun süre bekletilir. Böylece, metal haddeme esnasında uygun bir şekilde akacaktır. Çelik haddeme için istenilen sıcaklık $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarındadır. Isıtma operasyonu tavlama olarak isimlendirilir ve işlemin yapıldığı fırınlar ise tavlama fırınları olarak adlandırılır.

Tavlama işleminden sonra **ingot** hadde tezgahına taşınır ve burada **büyük kare kütük (blum)**, **kütük (bilet)** ve **yassı blok (sleb)** olarak adlandırılan üç ara şekillerden birine haddelenir. **Kare kütük**, 150×150 mm veya daha büyük kare kesitlere sahiptir. **Yassı blok**, bir ingottan ve blumdan haddelenir, genişliği 250 mm veya daha büyük, kalınlığı 40 mm veya daha büyük dikdörtgen kesite sahiptir. Kütük, bir kare kütükten haddelenir ve yanlarda 40 mm veya daha büyük boyutlu karedir. Kare kütükler, tren yolu için raylar I, L ve U şeklindeki yapı elemanları şekillerine haddelenir. Bu şekiller, talaş kaldırma, tel çekme, dövme ve diğer metal işleme işlemleri için hammaddelerdir. Yassı bloklar, plaka ve ince şeritlere haddelenir.

Sıcak hadde platinler, gemi inşa, köprüler, boylerler, çeşitli ağır makineler için kaynaklı yapılar, borular ve diğer birçok ürünlerde kullanılırlar. Aşağıda verilen şekilde, bu hadde çelik ürünlerinden bazıları gösterilmiştir. Bundan başka sıcak hadde levha ve ince levhaların düzleştirilmesi **soğuk haddeme** ile yapılır. Soğuk haddeme, metali kuvvetlendirir ve kalınlık üzerinde dar toleransa izin verir. Ek olarak, soğuk haddelenmiş levhaların yüzeyi, sıcak haddelenmiş ürünlerin yüzeyine göre daha iyidir. Bu karakteristikler; presleme, dış paneller, otomobillerden cihaz ve ofis mobilyalarına kadar diğer parçalar için kullanılan soğuk haddelenmiş levha, şerit ve kangalları ideal yapar.



Bir Haddeme Tesisinde Yapılan Bazı Çelik Ürünler

Bu iş parçaları, genişlikleri kalınlıklarından daha büyük olan dikdörtgen kesitlidir. Düz haddemede, iş iki merdane arasında sıkıştırılır ve böylece kalınlık **redüksiyon miktarı (d)** olarak isimlendirilen bir miktarla azalır.

$$d = t_0 - t_f$$

Burada, d redüksiyon (kalınlık azalması) miktarı (mm), t_0 başlangıç kalınlığı (mm), t_f son kalınlıktır (mm). **Redüksiyon oranı;**

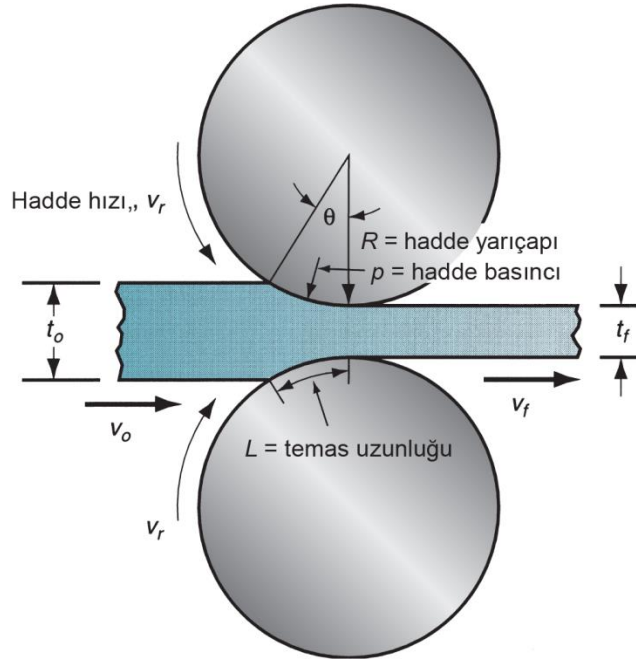
$$r = d/t_0$$

Maddenin korunumu kanununa göre; haddemeye giren ve çıkan malzemelerin eşitliği,

$$t_0 w_0 L_0 = t_f w_f L_f$$

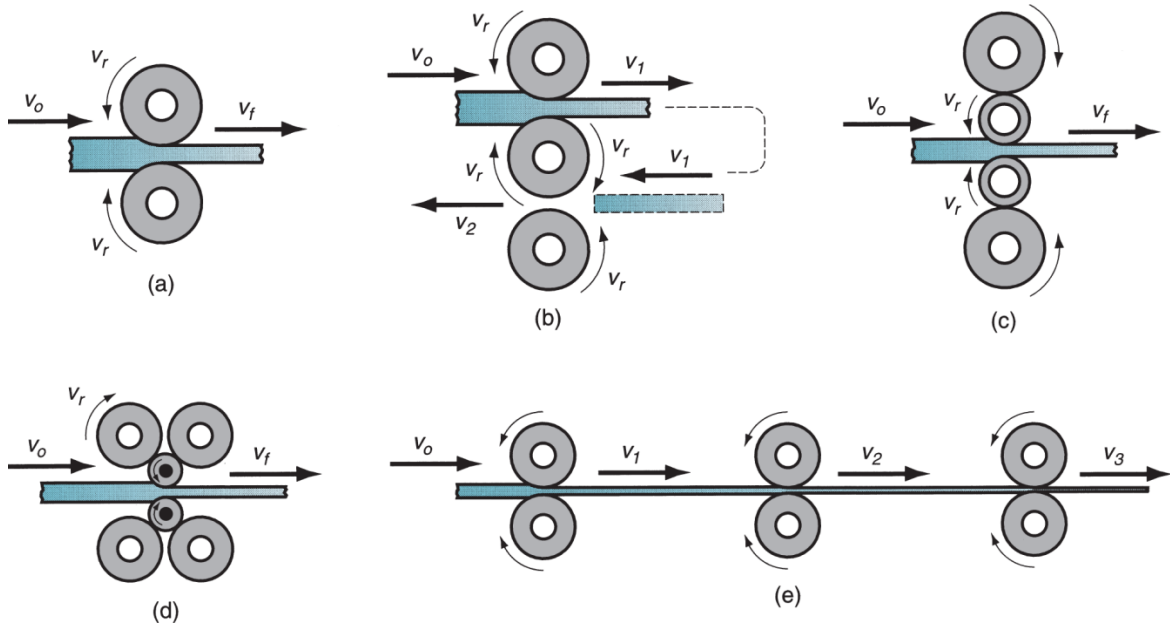
Burada, w_0 ve w_f haddemeye girmeden önce ve iş genişlikleri (mm), L_0 ve L_f haddemeye girmeden önce ve sonra iş uzunluklarıdır (mm). Haddeme öncesi ve sonrası malzeme akış hacim oranları aynıdır. Böylece, haddeme öncesi (v_0) ve sonrası hızlar (v_f) ilişkilendirilebilir.

$$t_0 w_0 v_0 = t_f w_f v_f$$



Haddeleme Öncesi ve Sonrası Kalınlıklar İş Hızları, Temas Açıları

Haddeleme Düzenleri ve Tezgaahları



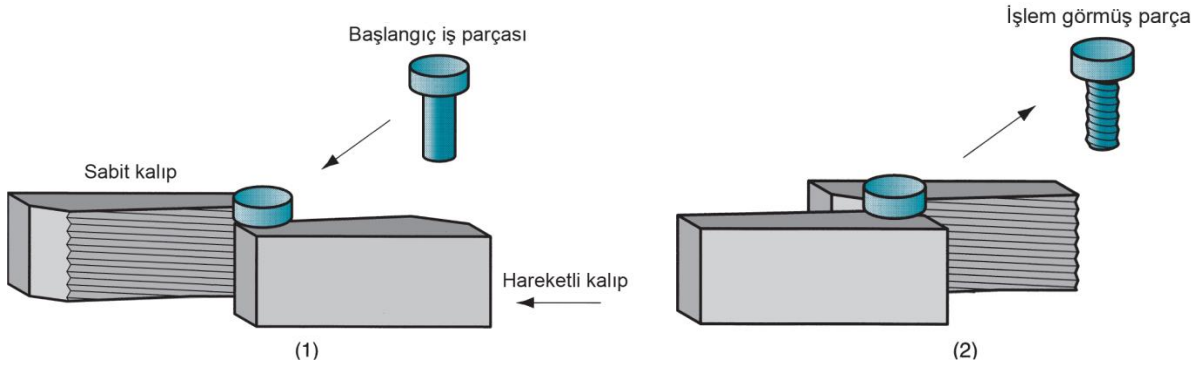
Çeşitli Haddeleme Düzen Konfigürasyonları: (a) İkili, (b) Üçlü, (c) Dörtlü, (d) Altı Merdaneli (Salkım), (e) Tandem Haddeleme Düzenleri

3.1.1. Haddemeyle İlgili Diğer Deformasyon İşlemleri

İş parçasına şekil vermek için plastik şekillendirme merdaneleri kullanılır. Bu operasyonlar, vida dişi haddeme, halka haddeme, dişli haddeme ve haddeyle dikişsiz boru yapma operasyonlarıdır.

a) Vida İşi Haddeme: Diş haddeme, iki kalıp arasında silindirik parçaların haddelenmesiyle bu parçaların haddelenmesiyle bu parçaların üzerinde diş formu vermek için kullanılır. Diş vida dişi açılmış parçaların üzerinde diş formu vermek için kullanılır. Diş vida dişi açılmış parçaları (civata ve vida gibi) üretmek için çok önemli ticari bir işlemdir. Çoğu diş haddeme operasyonları, vida dişi haddeme makinalarında soğuk işleme yapılır. Bu makinalar, vida formu ve boyutunu tayin eden özel kalıplarla donatılmıştır.

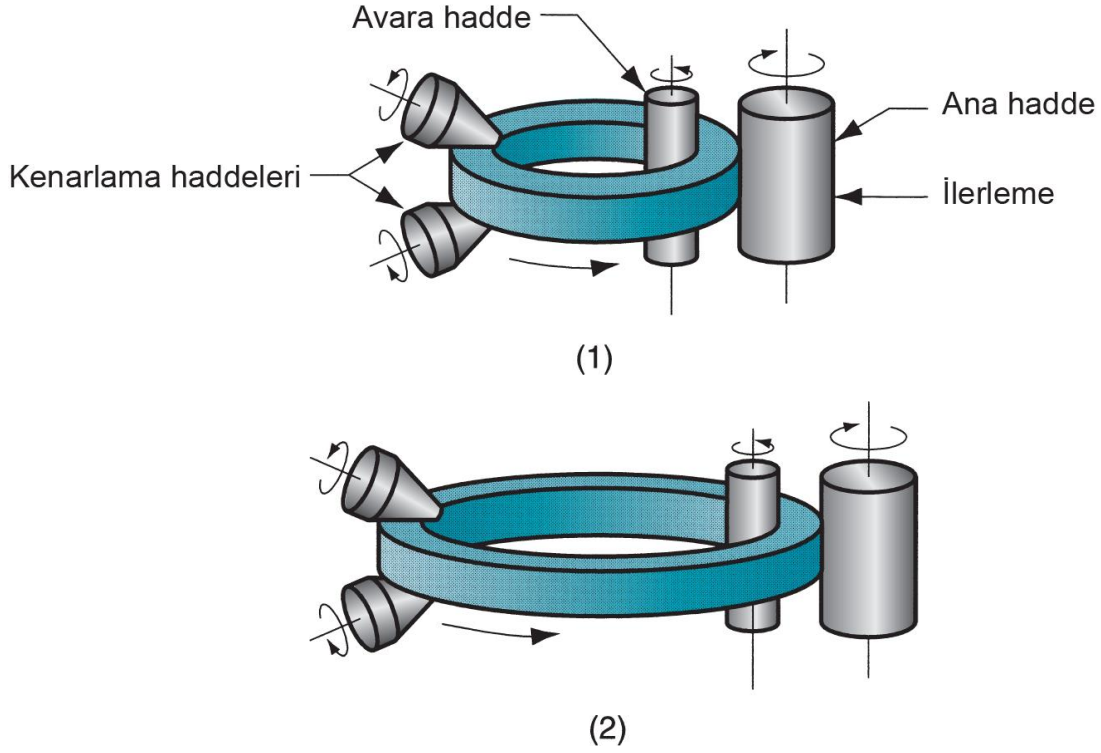
Diş haddemede üretim hızları küçük civata ve vidalar için saniyede sekiz parçaya kadar değişen yüksek seviyelerde olabilir. Bu üretim hızları, tornada diş çekmeden bir hayli yüksek olması yanında talaş kaldırmadan daha iyi avantajlara sahiptir. Bunlar; (1) Daha iyi malzeme kullanımı, (2) İş sertleşme nedeniyle daha dayanıklı dişler, (3) Daha iyi yüzey kalitesi, (4) Haddemeyle uygulanan basınç gerilmeleri nedeniyle daha iyi yorulma direnci.



Düz Kalıpla Diş Haddeme: (1) Çevrim Başlangıcı, (2) Çevrim Sonu

b) Halka Haddeme: Halka haddeme, daha yakın cidar kalınlığına sahip daha küçük çaplı halka şeklinde daha ince cidarlı daha büyük çaplara getirmek için uygulanan şekillendirme işlemidir. İşlemin öncesi ve sonrası aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Kalın et kalınlığına sahip halka basınç altında tutulurken deforme edilen malzeme halka çapı genişlemesine sebep olacak şekilde uzar. Halka haddeme, büyük halkalar için sıcak işleme işlemi olarak gerçekleştirilir.

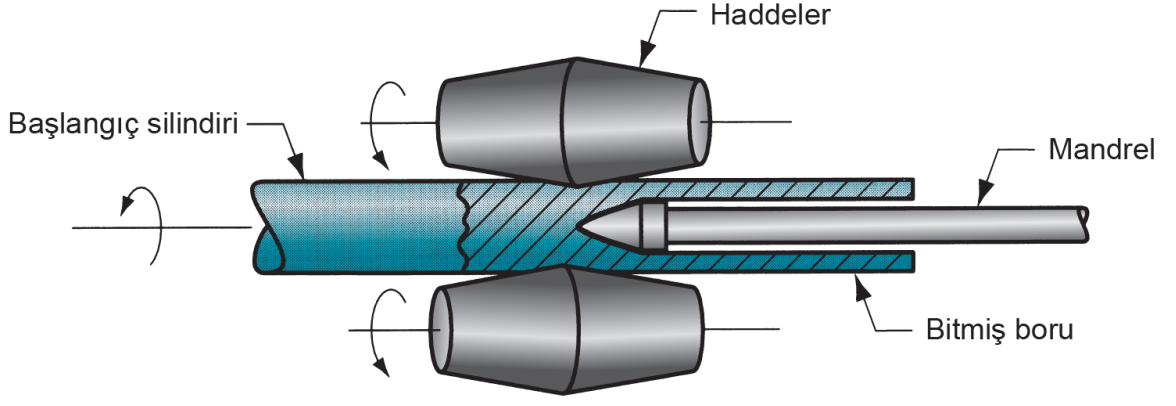
Halka haddeme uygulamaları; bilyalı ve masuralı yatak bilezikleri, demiryolu tekerleri, çelik jantlar ile dönel makinalar, basınçlı kaplar ve borular için bilezikleri kapsar.



Halkanın Çapını Artırmak ve Et Kalınlığını Azaltmak için Kullanılan Halka Haddeme: İşlemin (1) Başlaması, (2) Tamamlanması

c) Dişli Haddeme: Dişli haddeme belli özellikte dişliler üretmek için bir soğuk işlem işlemidir. Otomotiv endüstrisi bu ürünlerin önemli bir kullanıcısıdır. Dişli haddemede düzenek vida dişi haddemeye benzer. Silindirik taslağın veya diskin deforme edilen unsurları vida dişi haddemede gibi spiral yapmadan ziyade eksenine paralel yönlenir. Diş haddemenin talaş kaldırmaya göre avantajları vida dişi haddemeye benzer. Bu avantajlar arasında daha yüksek üretim hızları, daha iyi dayanım ve yorulma direnci ve daha az malzeme harcanımı sayılabilir.

d) Haddemeyle Delme: Haddemeyle delme; kalın et kalınlıklı dikişsiz borular yapmak için özel bir sıcak işlem işlemidir. İki zıt hadde kullanılır, böylece haddeme işlemleri gruplandırılır. Katı silindirik parça çevresi üzerine bastırıldığı zaman merkezinde yüksek çekme gerilmeleri olduğu prensibine dayanır. Eğer basınç yeterince yüksekse, iç çatlaklar oluşur. Haddemeyle delmede aşağıda verilen düzenekte de bu prensip kullanılır. Katı silindirik kütük üzerindeki basınç gerilmeleri iki merdane tarafından uygulanır. Merdanelerin eksenini kütük eksenine göre 6° açıda yönlendirilir. Böylece, dönme merdaneler arasından kütüğü çekmeye çalışır. Döndürmeyle boru delme ve Manesman işlemi bu boru yapma operasyonu için kullanılır.



Dikişsiz Boru Üretimi İçin Manesman Hadde Düzeni Kurulumu

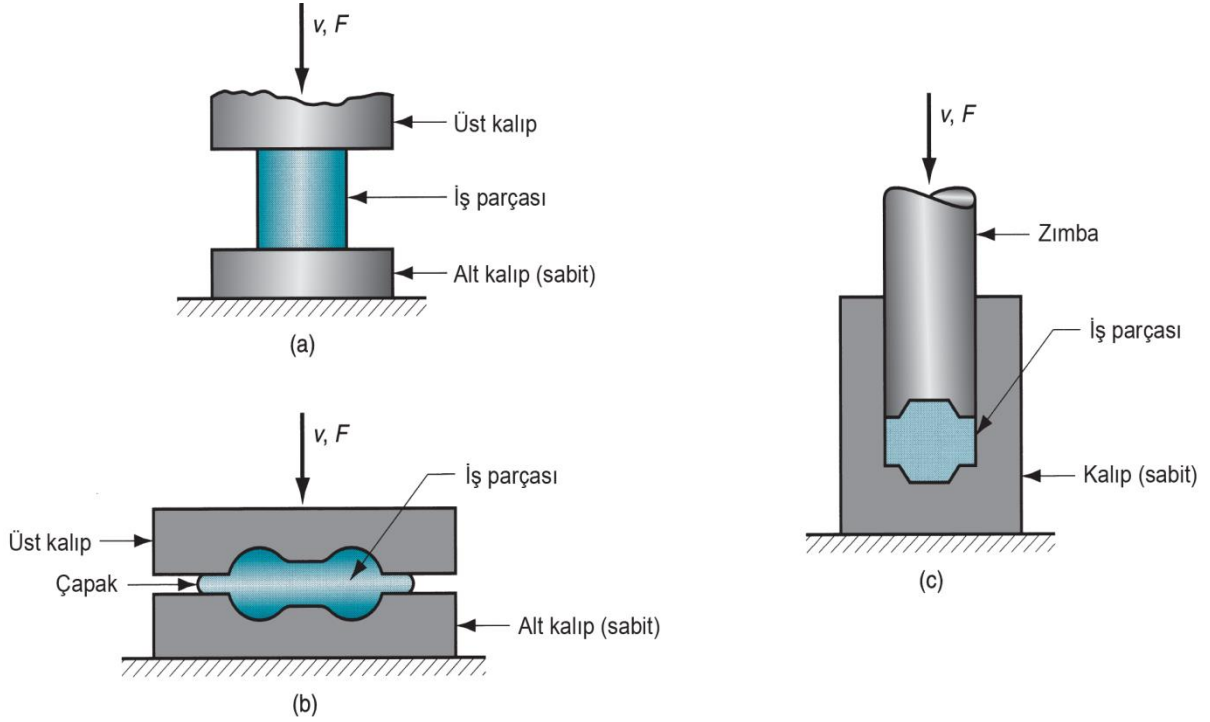
3.2. Dövme

İki kalıp arasında ise basınç uygulandığı şekillendirme işlemidir. Parçaya şekil vermek için darbe veya giderek artan tedrici basınç uygulanır. Dövme, milattan önce 5000'li yıllarda kullanılmaya başlanan en eski metal şekillendirme operasyonudur. Bugün otomotiv, uzay araçları ve diğer uygulamalar için yüksek mukavemetli parçalar yapmak için kullanılan önemli bir endüstriyel işlemdir. Bu parçalar; krank şaft ve biyeller, dişliler, hava araçları yapı elemanları ve jet motor türbin parçalarıdır.

Dövme çeşitli şekillerde gerçekleştirilir. Operasyonları sınıflandırmanın bir yolu çalışma sıcaklıklarıdır. Çoğu dövme operasyonları sıcak veya yarı-sıcak yapılır. İşleme talep edilen önemli deformasyon ve iş metalinin sünekliğini artırmaya ve dayanımı azaltmaya ihtiyaç nedeniyle uygulanır. Bununla birlikte, soğuk dövme bazı ürünler için çok kullanılır. Soğuk dövmenin avantajı, parçanın uzama sertleşmesinden sonuçlanan artan mukavemettir.

Dövmede darbe ya da basınç uygulanır. Darbe ya da basınç uygulamadaki fark; işlem teknolojisindeki farklılıktan çok, kullanılan donanım tipinden kaynaklanmaktadır. Darbe yükü uygulanan dövme makinası, dövme çekici adıyla, giderek artan basınç uygulanan makine dövme presi olarak adlandırılır.

Dövme operasyonları arasında diğer fark, malzeme akışının kalıplarla kısıtlanma derecesidir. Aşağıdaki şekilde de gösterildiği üzere üç tür dövme operasyonu vardır. Bunlar; (a) Açık kalıpta dövme, (b) Kapalı kalıpta dövme, (c) Çapaksız dövmedir.

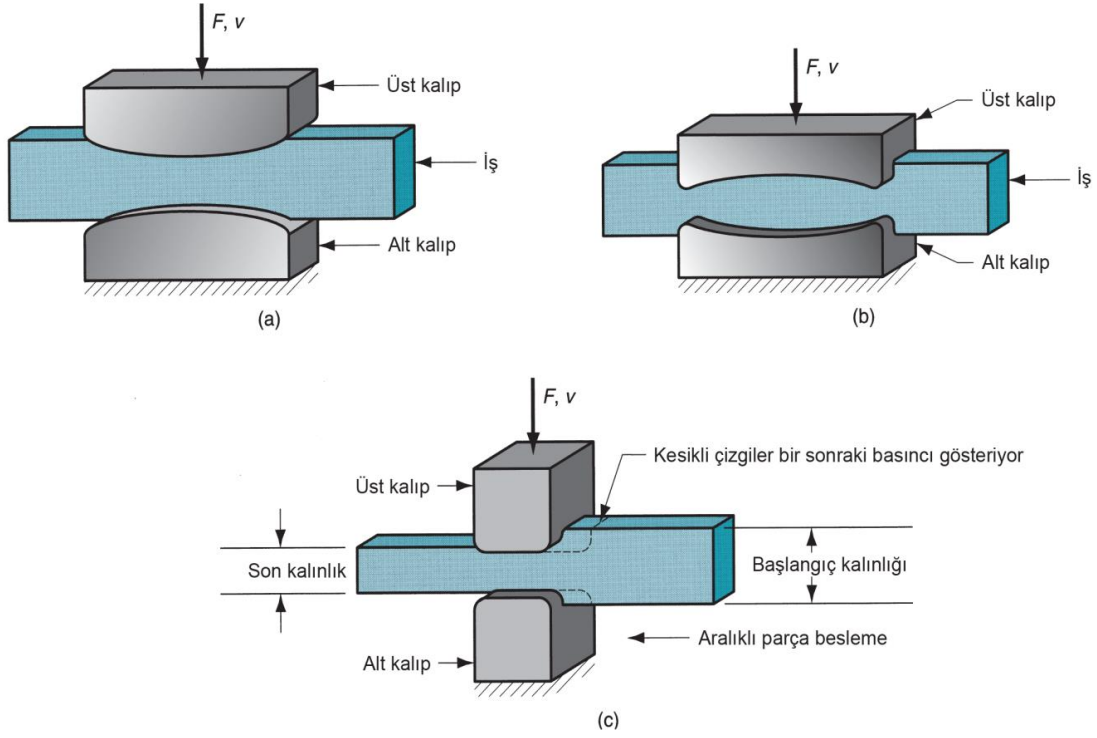


Üç Tip Dövme Operasyonu: (a) Açık Kalıpta Dövme, (b) Kapalı Kalıpta Dövme, (c) Çapaksız Dövme

3.2.1. Açık Kalıpta Dövme

İki düz kalıp arasında basınç uygulanır. Bu işlemde kalıp yüzeylerine relatif yanıl doğrultuda kısıtsız metal akışına izin verir. Bu dövme operasyonu yığma olarak bilinir. Yığmada iş parçasının yüksekliği azalırken, çapı artar.

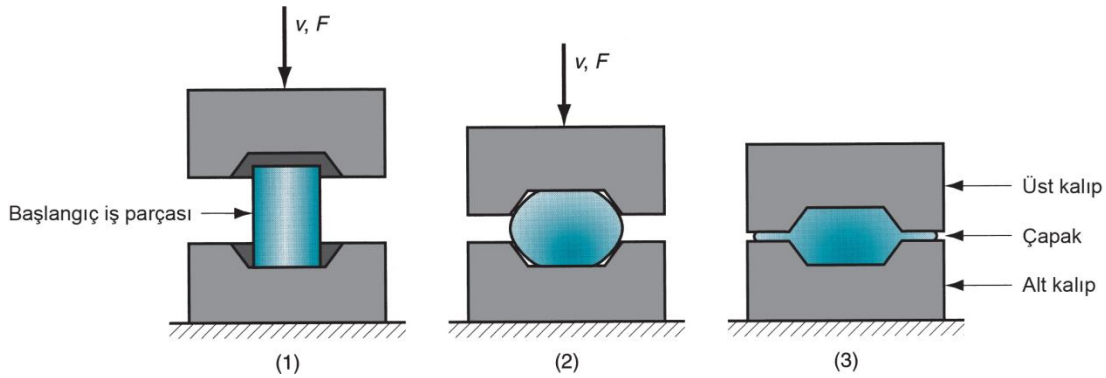
Açık kalıpla dövme ve ilgili operasyonlar aşağıdaki şekilde gösterilen içbükey şekillendirme, dış bükey şekillendirme ve uzatma işlemlerini içerir. Açık kalıpta dövmenin çelik endüstrisinde bir örneği, bir büyük döküm kare ingot şekli yuvarlak kesitli hale getirmektir. Açık kalıpta dövme operasyonları kaba şekiller üretir ve sonraki operasyonlar son boyutlara ve geometrilere parçaları getirmek için istenir. Açık kalıpta dövme operasyonlarının önemli bir katkısı, bu dövme ile metalde daha iyi bir metalürjik yapı ve küçük taneli yapı oluşturulur.



Çeşitli Açık Kalıpta Dövme Operasyonları: (a) İç Bükey Şekillendirme, (b) Dış Bükey Şekillendirme

3.2.2. Kapalı Kalıpta Dövme

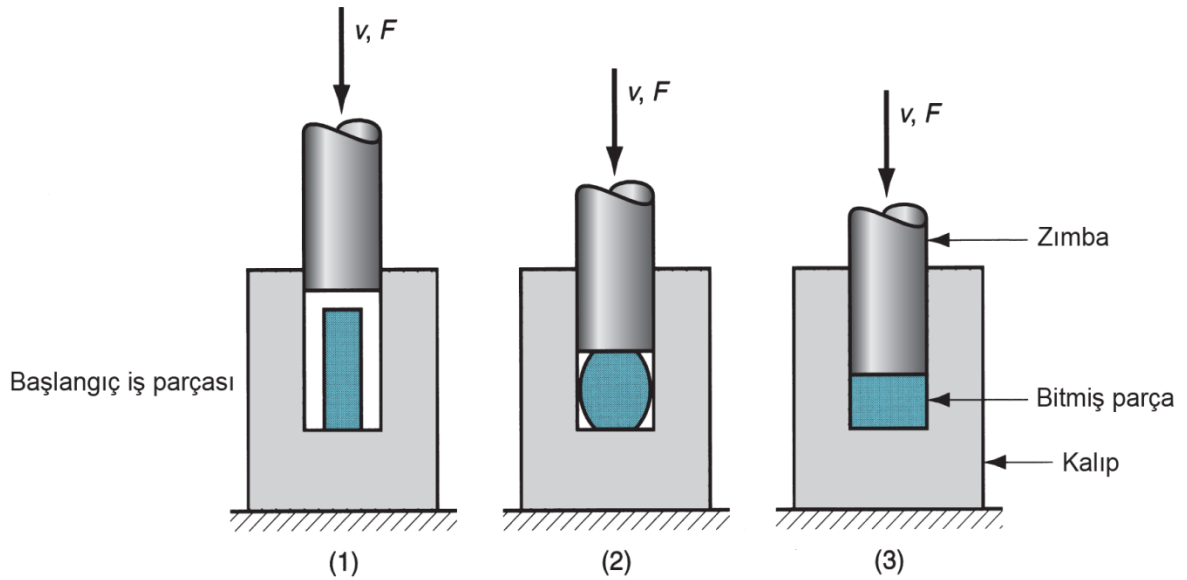
Bu dövme yönteminde, kalıp yüzeyleri basınç altında işe verilen şekli içerir. Böylece metal akışı önemli derecede kısıtlanır. Bu tip operasyonda, iş metalinin bir kısmı şekilde gösterildiği çapak şekli vermek için kalıp boşluğunun dışına akar. Çapak sonradan alınır. Dövmeyle üretilen ve tamamen talaş kaldırmayla üretilen parçalar kıyaslandığında, dövmeyle üretilen parçada daha yüksek üretim hızı, metal korunumu, daha yüksek mukavemet ve metal tane yönlenmesi elde edilmekte olup daha avantajlıdır.



Kapalı Kalıpta Dövmede: (1) Ham İş Parçası ile Temas Öncesi, (2) Kısmi basma, (3) Kalıp Plakaları Arasında Boşlukta Şekil Vermek İçin Çapak Oluşumuna Neden Olan Kalıp Kapanışı

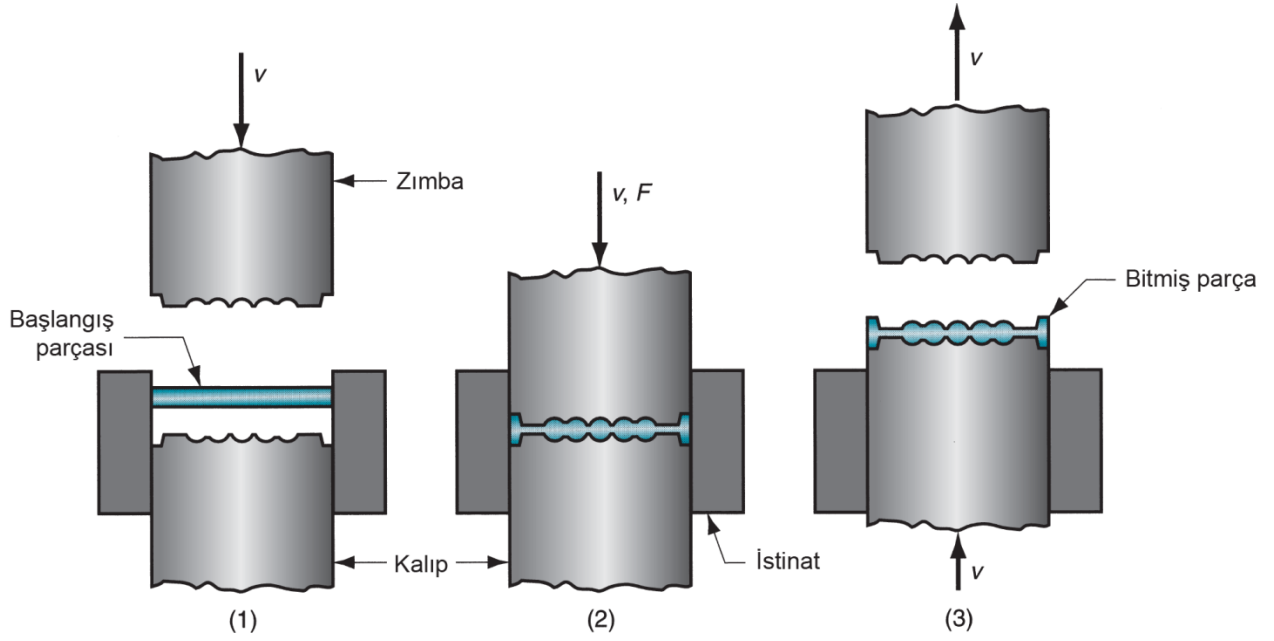
3.2.3. Çapaksız Dövme

Kalıbın içerisinde iş tamamen kısıtlanır ve çapak üretilmez. Başlangıç iş parçasının hacmi, kalıp boşluğunun hacmine uyacak şekilde çok yakın olarak kontrol edilmelidir. Çapaksız dövme, kapalı kalıpta dövmeden daha çok talep edilmektedir. İş hacminin çok dar toleranslı, kalıp boşluğunda boşluğa eşit olması çok önemlidir. Başlangıç taslağı çok büyükse, fazla basınç kalıp ve preste zarara neden olabilir. Taslak çok küçükse kalıp boşluğu dolmayacaktır. Çapaksız dövmeyle edilen özellikler nedeniyle işlem; basit ve simetrik parça geometrileri ile, alüminyum ve magnezyum alaşımları için en iyiyi verir. Çapaksız dövme, sıkça hassas dövme olarak sınıflandırılır.



Çapaksız Dövme: (1) İş Parçası ile İlk Temas Öncesi, (2) Kısmi Basınç Uygulaması, (3) Son Zimba ve Kalıp Kapanışı

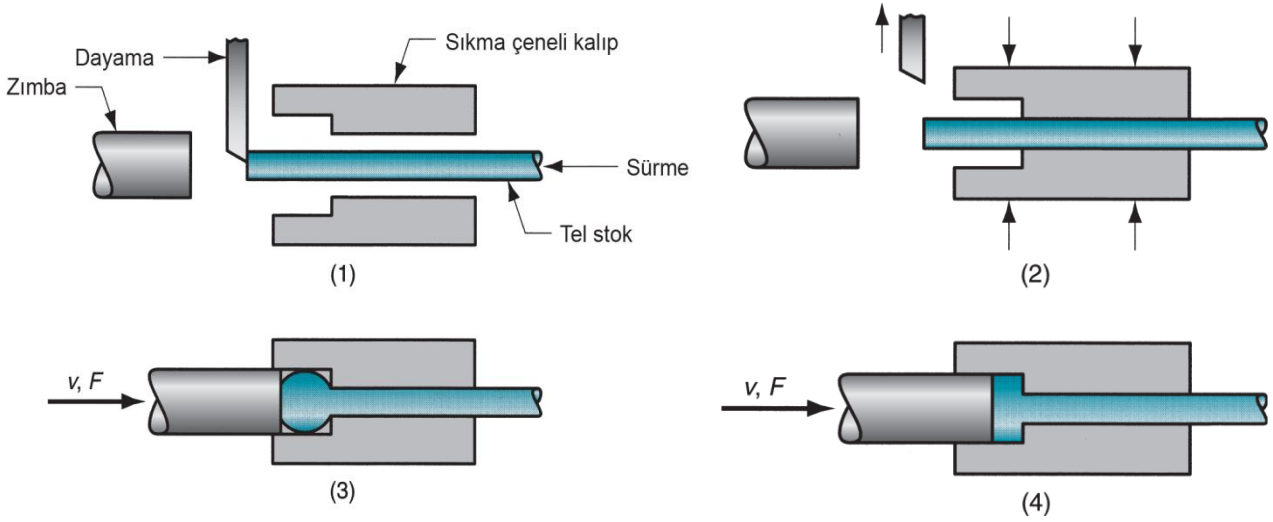
a) Damgalama: Kalıptaki ince detayların iş parçasının alt ve üst yüzelerine verildiği kapalı kalıpta dövmenin özel bir uygulamasıdır. Damgalamada çok az metal akışı vardır. Damgalamanın alışılmış bir uygulaması aşağıdaki şekilden de görülebileceği üzere para basmaktır. İşlem diğer operasyonlarla yapılan iş parçaları üzerinde iyi yüzey kalitesi ve boyutsal hassasiyet sağlamak için de kullanılır.



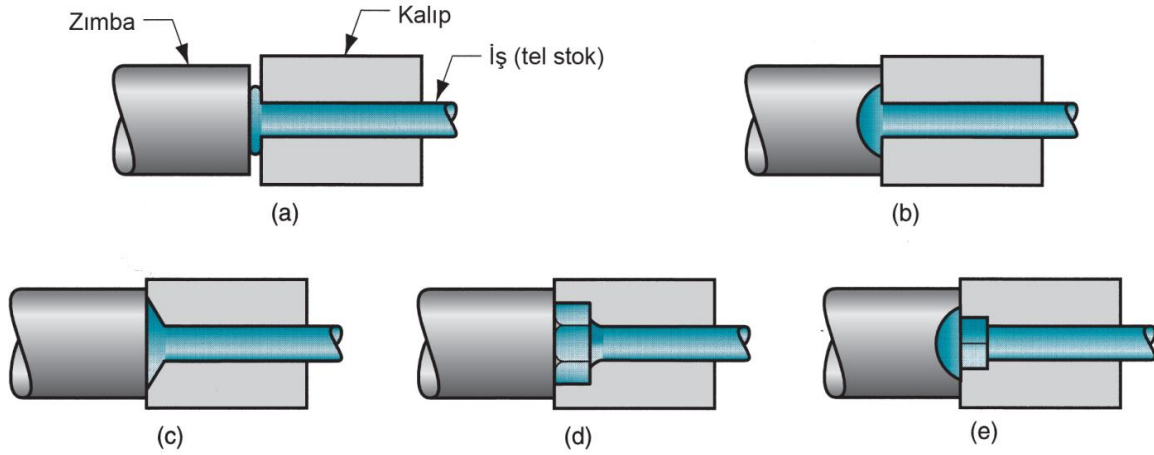
Damgalama Operasyonu: (1) Çevrim Başlangıcı, (2) Basma Stroku ve (3) Bitmiş Parçanın Çıkarılması

b) Yığma ve Baş Yapma: Yığma, silindirik iş parçası çapında artma ve yüksekliğinde azalma yapıldığı bir deformasyon operasyonudur. Bu operasyon, açık kalıpta dövmede daha önce izah edilmiştir. Bununla birlikte, endüstriyel operasyonda olduğu gibi aşağıdaki şekilden görüldüğü üzere kapalı kalıpta dövme olarak da yapılabilir.

Yığma; çivi ve benzer parçaların başlarına şekil vermek için bağlantı elemanları sanayinde geniş olarak kullanılır. Baş yapma operasyonu anlatmak için sık olarak kullanılır. Baş yapma operasyonlarına yönelik örnekler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu tip uygulamalar yüzünden, çok parça diğer bir dövme operasyonu ile yapılmaktan ziyade yığmayla üretilir. Bu parçalar, özel yığma makinelerinde, kütle üretimi operasyonu-soğuk, yarı-sıcak, sıcak olarak yapılır. Bu makineler, konvansiyonel dövme çekiçleri ve preslerde olduğu gibi düşey kızaklar yerine yatay kızaklarla donatılmıştır. Uzun tel veya çubuk bu makineye beslenir. Stok çubuk ucu yığılır ve sonra istenilen parçayı yapmak üzere kesilir. Cıvata ve vidalar için vida dışlarına şekil vermek için vida haddeleme yapılır.



Yığıma Operasyonu: (1) Tel Stok Dayamaya Sürülür, (2) Çeneli Kalıp Stok Üzerine Kapanır ve Dayama Çekilir, (3) Zimba İleri Hareket Eder ve (4) Kafaya Şekil Vermek İçin Baskı Yapılır



Baş Yapma Operasyonları: (a) Açık Kalıp Kullanarak Bir Çivi Başı Yapmak, (2) Zimba ile Şekil Verilen Yuvarlak Baş, (c) ve (d) Kalıpla Yapılan Başlar, (e) Kalıp ve Zimba Tarafından Form Verilen Cıvata Başı

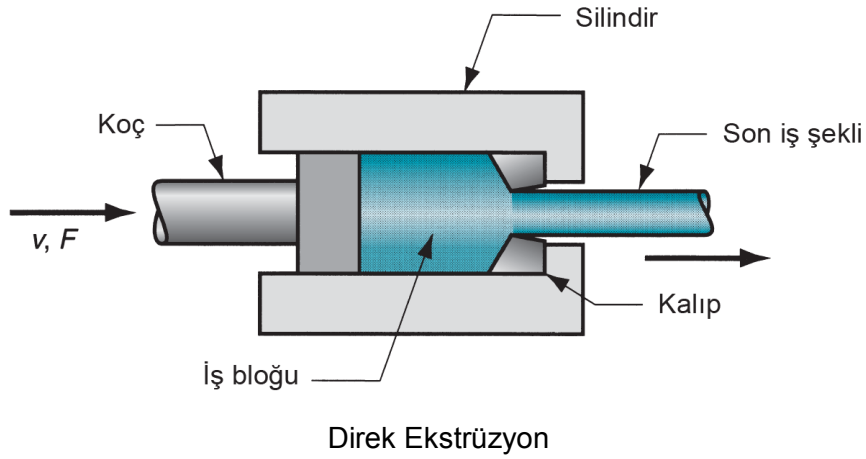
3.3. Ekstrüzyon

Ekstrüzyon istenilen bir kesit şeklini üretmek için kalıp açıklığından iş malzemesinin zorlandığı basma işlemidir. İşlem, bir dış macunu tüpünden dış macununu sıkma işlemine benzetilebilir. Ekstrüzyon işleminin tarihi 1800 yılı civarında başlar. Modern işlemin birkaç avantajı vardır: (1) Şekil değişkenliği mümkündür, özellikle sıcak ekstrüzyonla, (2) Tane yapısı ve mukavemet özellikleri; soğuk ve yarı-sıcak ekstrüzyonla artırılır, (3) Dar toleranslar mümkündür, özellikle soğuk ekstrüzyonda, (4) Bazı ekstrüzyon operasyonlarında, az ya da hiç artık malzeme oluşturulur. Bununla birlikte, uzunluğu boyunca ekstrüze edilen parçanın kesiti üniform olması gerektiği bir sınırdır.

Ekstrüzyon birkaç farklı yolla yapılır. En önemli sınıflandırma şekli, direk ve endirek ekstrüzyondur. Diğer sınıflandırma çalışma sıcaklığıyla ilgilidir. Bunlar; sıcak, ılık veya soğuk ekstrüzyondur. Son olarak ekstrüzyon ya sürekli işleme ya da kesikli bir işleme yapılır.

3.3.1. Direk ve Endirek Ekstrüzyon

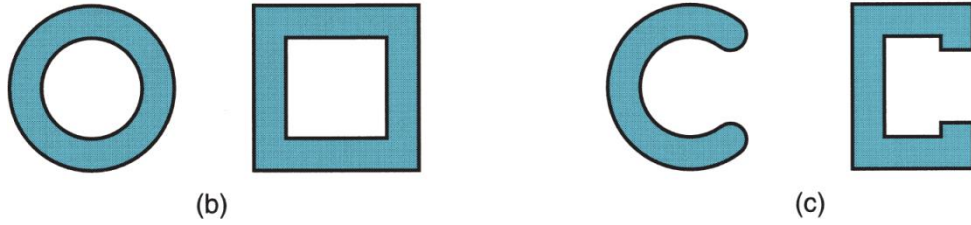
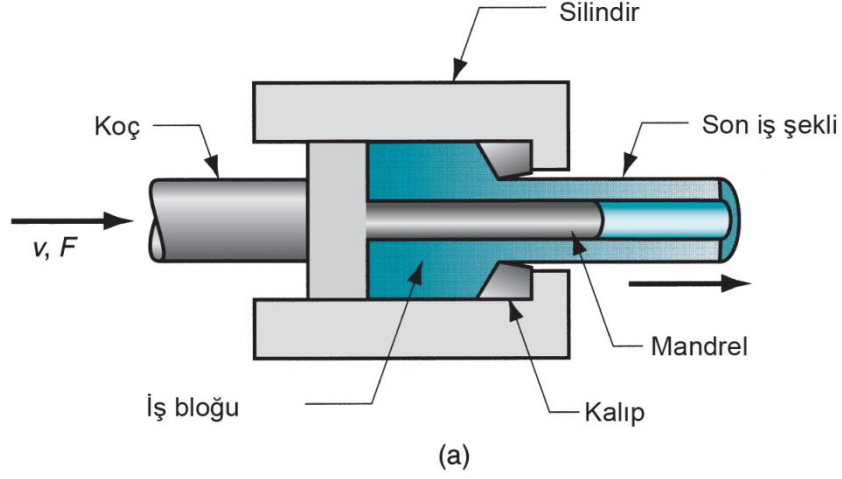
Direk ekstrüzyon (ileri ekstrüzyon da denir) aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bir metal blok silindire yüklenir, ve birkaç malzemeyi bastırır, silindirin zıt tarafında bir kalıp içerisine bir ya da daha fazla açıklıktan akmaya zorlar. Koç, kalıba yaklaşırken bloğun az bir kısmı kalır ve kalıp açıklığından geçmeye zorlanamaz. Bu fazla kısım **atık** olarak adlandırılır, kalıp çıkışında kesilerek üründen ayrılır.



Direk ekstrüzyonda problemlerden biri kalıp açıklığına doğru blok kaymaya zorlanırken iş parçası ve silindir iç yüzeyleri arasında mevcut olan önemli bir sürtünmenin varlığıdır. Bu sürtünme, direk ekstrüzyonda istenen koç kuvvetinde önemli bir artmaya neden olur. Sıcak ekstrüzyonda sürtünme problemi bloğun yüzeyi üzerinde bir oksit tabaka varlığıyla şiddetlenir. Bu oksit tabakası, ekstrüde edilen üründe kusurlara neden olabilir. Bu problemlere bir çözüm olması için, iş bloğu ve koç arasında bir yapay blok kullanılır. Yapay bloğun çapı, iş bloğu çapından hafifçe daha küçüktür. Böylece silindir içerisinde iş parçasının dar bir bileziği bırakılır. Oksitsiz bir ürün elde edilir.

İçi boş kesitler, aşağıdaki şekildeki işlem düzeniyle direk ekstrüzyonda mümkündür. Başlangıç bloğu eksenine paralel bir delikli boru şeklinde hazırlanır. Bu yapay bloğa bağlanan bir mandrelin geçişine izin verir. Blok basılırken malzeme kalıp açıklığı ve mandrel arasında boşluktan akmaya zorlanır. Elde edilen kesit borumsudur. Yarı oyuk kesitli şekiller aynı yolla ekstrüze edilirler.

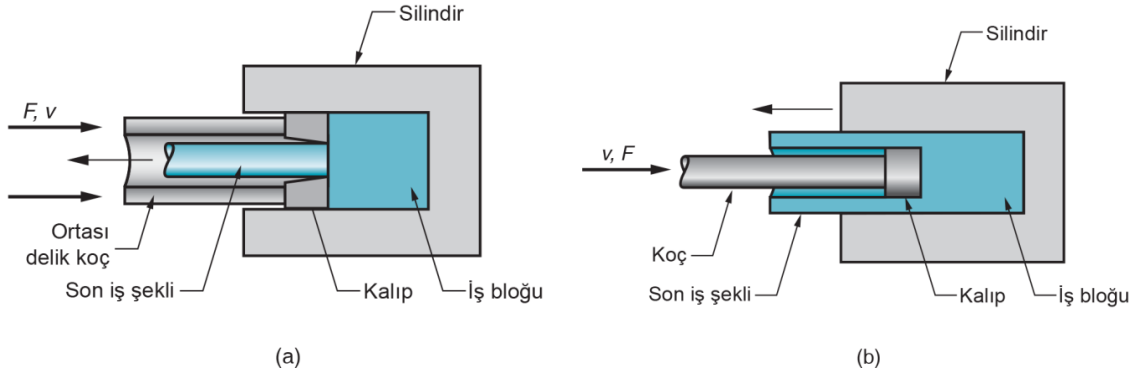
Direk ekstrüzyonda başlangıç bloğu genellikle yuvarlak kesitlidir, fakat son şekil kalıp açıklığıyla tayin edilir. Belirgin olarak kalıp açıklığının en büyük boyutu blok çapından daha küçük olmalıdır.



(a) Kapalı Kutu ve Açık Kesitli Profiller Üretmek İçin Direk Ekstrüzyon, (b) Kapalı Kutu ve (c) Açık Profil Kesitler

Endirek ekstrüzyona, geri ekstrüzyon veya ters ekstrüzyon da denir. Endirek ekstrüzyonda, kalıp silindirin öteki ucunda değil kaça monte edilir. Koç, ise nüfus ederken, metal koçun hareketinin tersi doğrultuda kalıp boşluğundan akmaya zorlanır. Blok silindire göreceli hareket etmeye zorlanmadığından, silindir cidarlarında sürtünme yoktur ve koç kuvveti direk ekstrüzyonda olandan daha düşüktür. Endirek ekstrüzyonun sınırlamalarını, ekstrüze edilen ürün çıkarken ürünü destekleme zorluğu ve ortası delik koçun düşük rijitliği verir.

Endirek ekstrüzyonla, delik (boru tipi) kesitler üretilebilir. Bu metotta, koç bloğa bastırılır, koç etrafında metal akmaya zorlanır ve kap şeklini alır. Bu metotla yapılabilen ekstrüze edilen parçanın uzunluğu üzerinde sınırlandırmalar vardır. İş uzunluğu artarken koçun desteklenmesi bir problem oluşturur.



(a) Katı Dolu Kesit ve (b) Bir İçi Boş Kesit Üretmek İçin Endirek Ekstrüzyon

3.3.2. Sıcak ve Soğuk Ekstrüzyon

Ekstrüzyon deformasyon esnasında maruz kalınacak şekil değişimi miktarına ve iş metaline bağlı olarak ya sıcak ya da soğuk yapılabilir. Sıcak ekstrüze edilen metaller; alüminyum, bakır, magnezyum, çinko, kalay ve bunların alaşımlarıdır. Bu metaller, bazen soğuk olarak da ekstrüde edilirler. Alüminyum, sıcak ve soğuk ekstrüzyon için çok ideal bir metaldir ve birçok ticari alüminyum ürünleri bu işlemle yapılır. Örneğin; kapı ve pencere çerçeveleri vb.

Sıcak ekstrüzyon, rekristalizasyon sıcaklığının üzerinde bir sıcaklığa bloğun ön ısıtılmasını içerir. Bu metalin sünekliliğini artırır ve dayanımını azaltır. Bu ise, işlemde elde edilebilecek çok karmaşık şekillere ve çok büyük boyut azalmalarına izin verir. Isıtmanın ek avantajları koç kuvvetinin azalması, artırılmış koç hızı, ve son üründe tane akış karakteristiklerinde azalmadır.

Soğuk ekstrüzyon ve yarı-sıcak ekstrüzyon, genel olarak son şekle sahip ayrık parçalar üretmek için kullanılır. Soğuk ekstrüzyonun bazı önemli avantajları; uzama sertleşmesi nedeniyle artırılmış mukavemet dar toleranslar, iyi yüzey kalitesi, oksit tabaka olmaması ve yüksek üretim hızıdır. Oda sıcaklığında soğuk ekstrüzyon başlangıç bloğunun ısıtılması ihtiyacını ortadan kaldırır.

3.3.3. Sürekli ve Ayrık İşlem

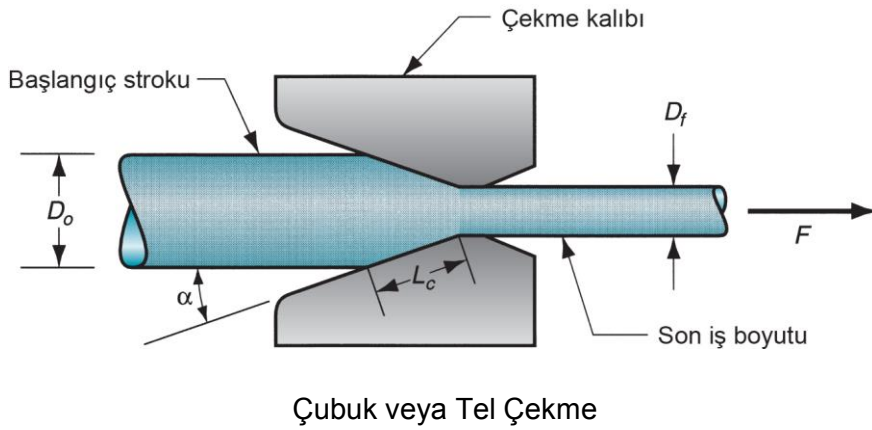
Gerçek bir sürekli işlem, belirsiz bir zaman periyodunda kararlı hal modunda çalışır. Bazı ekstrüzyon operasyonları bir çevrimde çok uzun kesitler üretmekle bu ideale yaklaşır. Fakat bu operasyonlar ekstrüzyon silindiri içine yüklenebilecek başlangıç bloğunun boyutuyla sınırlandırılır. Bu işlemler, çok hassas bir şekilde yarı sürekli operasyonlar olarak açıklanır. Buna yakın tüm durumlarda, uzun kesitler sonraki kesme veya testere ile kesme operasyonu ile daha küçük uzunluklara kesilir.

Kesikli ekstrüzyon operasyonunda her bir ekstrüzyon çevriminde bir parça üretilir. Darbe ekstrüzyonu, kesikli işlem durumunun bir örneğidir.

3.4. Tel Çekme

Metallerin plastik deformasyonu bağlamında, çekme aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, çubuk veya tel kesitinin bir kalıp açıklığından çekmekle azaltıldığı bir operasyondur. İşlemin genel özelliği ekstrüzyonun özelliğine benzer. Çekmede, kalıp içerisinde iş çekilirken ekstrüzyonda kalıp içerisinde itilir. Çekme, aynı zamanda sac metal işletmede de kullanılır.

Çubuk çekme ve tel çekme arasında temel fark, işlem görecektir stok boyutudur. Çubuk çekme, büyük çaplı çubuk strok için kullanılan bir terimdir. Tel çekme ise küçük çaplı strok için kullanılır. Tel çekme de 0.03 mm'den aşağı tel çapları mümkündür. Üretim mekanizması, iki durum için aynı olmasına rağmen metotlar, donanım ve hatta terminoloji biraz farklıdır.



Çubuk çekme genellikle tek bir operasyon olarak yapılır. Stok bir kalıp açıklığından çekilir. Çünkü başlangıç stoku büyük bir çapa sahiptir. Bu tambura sarılmadan düz doğrusal silindirik parça formundadır. Bu, parti tip operasyon gerekliliğinden, çekilecek çubuk uzunluğunu sınırlar. Bunun tersine, tel birkaç yüz hatta birkaç bin feet'lik tel tambur sargıdan çekilir ve çekme kalıp serisinden geçirilir. Kalıp sayısı 4 ve 12 arasında değişir. Sürekli çekme terimi, tel sargı tamburlarıyla elde edilen uzun üretim hatları nedeniyle bu tip operasyonu açıklamak için kullanılır. Küt kaynağı ile telleri birbirine eklemekle operasyonu daha gerçekçi süreklilik kazandırmak mümkündür.

Bir çekme operasyonunda, alan azalmasıyla ifade edilen iş boyutunda değişim, aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$r = (A_0 - A_f)/A_0$$

Bu eşitlikte, r çekmede alan azalması, A_0 orijinal alan (mm^2) ve A_f son alandır (mm^2).

Çubuk çekmede ve büyük çaplı tel çekmede, yığma ve baş yapma operasyonları için, işlem yapılan iş boyutunda önce ve sonrası fark göstermek için çaptaki azalma terimi kullanılır. Çaptaki azalma, basit olarak orijinal ve son strok çapları arasındaki farktır.

$$d = D_0 - D_f$$

Burada, d çaptaki azalma (mm), D_0 orijinal iş çapı (mm), D_f son iş çapıdır (mm).