

METALLERİN PLASTİK ŞEKİLLENDİRİLMESİ

Metal şekillendirme büyük imalat işlemleri grubunu içerir. Bu işlemlerde plastik deformasyonla iş parçasının şekli değiştirilir.

Deformasyon (şekil değişimi) metal şekillendirmede genellikle kalıp olarak adlandırılan ve metalin akma mukavemetini aşan gerilmeleri uygulayan takımların kullanımından ortaya çıkar. Bu nedenle metal, kalıbın geometrik şeklini almak üzere deforme olur.

Plastik deformasyonda, malzeme katı halde, hacim değişikliğine uğramadan, kristal yapı özelliklerini koruyarak ve kırılma gibi herhangi bir süreksizlik yaratmadan kalıcı olarak şekil değiştirmektedir.

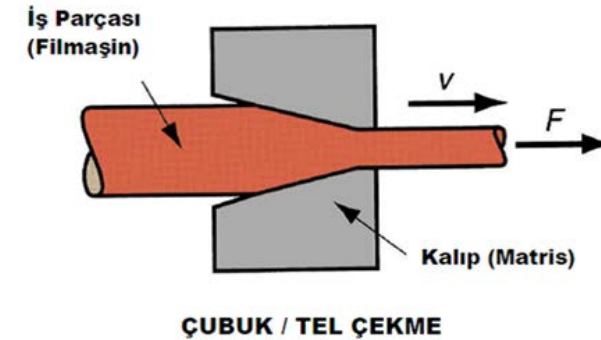
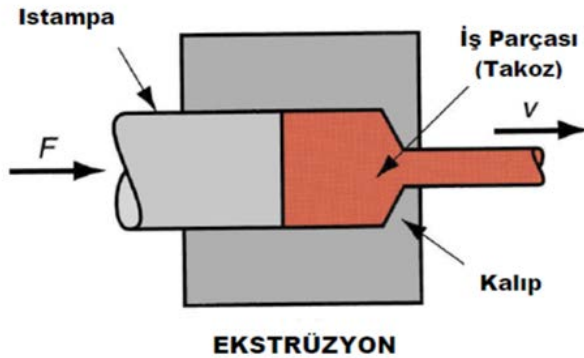
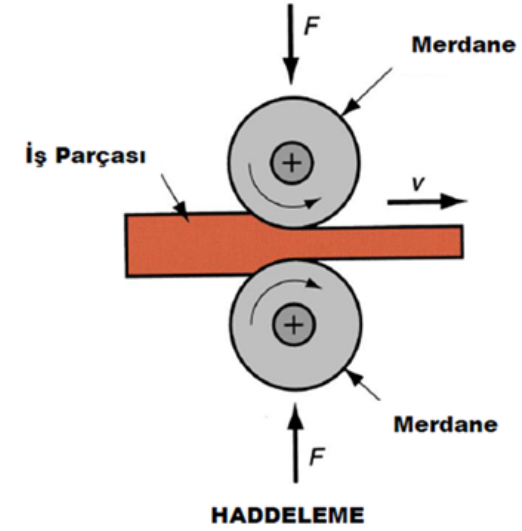
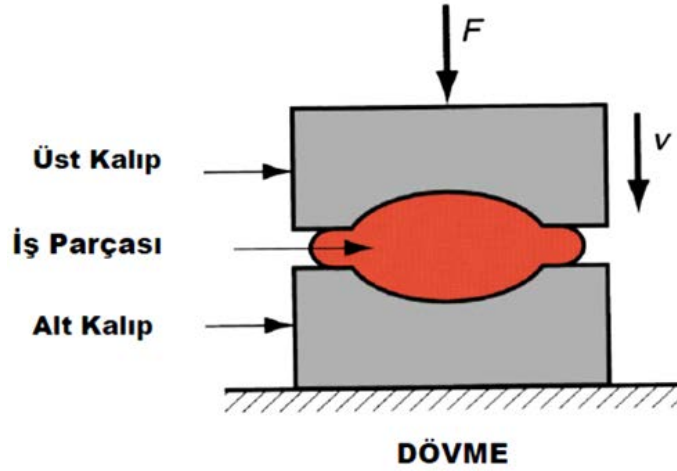
Metali plastik şekil değiştirmek için uygulanan gerilmeler genellikle basma gerilmeleridir.

Bir metalin başarılı bir şekilde şekillendirilmesi için belirli bazı özelliklere sahip olması gerekir. İstenen özellikler düşük akma mukavemeti ve yüksek sünekliktir. Bu özellikler sıcaklıktan etkilenmektedir.

Çalışma sıcaklığı arttıkça, akma mukavemeti düşer ve süneklik artar. Sıcaklığın artması, soğuk, yan-sıcak ve sıcak şekillendirme arasındaki ayrımın ortaya çıkmasını sağlar.

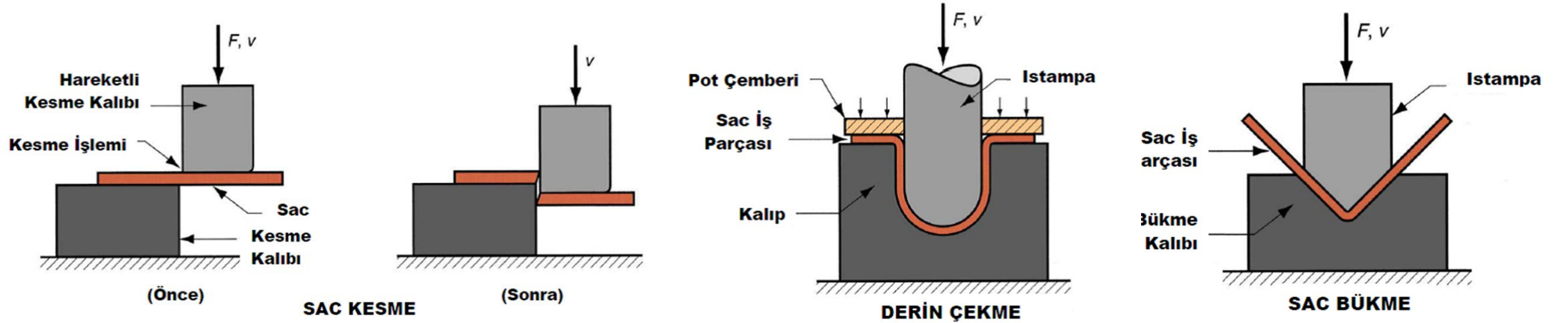
Plastik şekil verme yöntemleri genellikle iki ayrı bölüme ayrılmaktadır;

Kütlesel (Hacimsel) şekillendirme işlemleri; Hacimsel şekillendirme işlemleri genel olarak, çok büyük şekil değiştirmeleri ve hacimsel geometri değişimleri, işin yüzey alanının hacmine oranı nispeten düşük olması ile karakterize edilirler. Malzeme her üç yönde de şekil değişimine uğramaktadır. Bu işlemlerde başlangıç iş parçası şekilleri silindir demir kütükleri ve dikdörtgen çubuklardır.



Sac metal şekillendirme işlemleri; metal saclar, şeritler ve bobinler (sarımlar) üzerinde gerçekleştirilen şekillendirme ve kesme işlemleridir. Başlangıç metalinin **yüzey alanı/hacim** oranı çok yüksektir. Bu nedenle bu oran, sac metal şekillendirmeyi, hacimsel şekillendirmeden ayırmaya yardımcı olur. Sac şekillendirme olarak isimlendirilen ikinci grupta ise şekillendirme genellikle 5 mm' den daha ince levhalar olarak tanımlanan saclara verilmektedir.

Şekil değişimi yüzeyde yer alan iki yönde gelişmekte, kalınlıktaki değişim ise genelde ihmal edilmektedir. Sac şekillendirme işlemlerini belirleyen diğer ölçüt ise oldukça yüksek olan parçanın yüzey alanı/hacim oranıdır.



MALZEME DAVRANIŞI

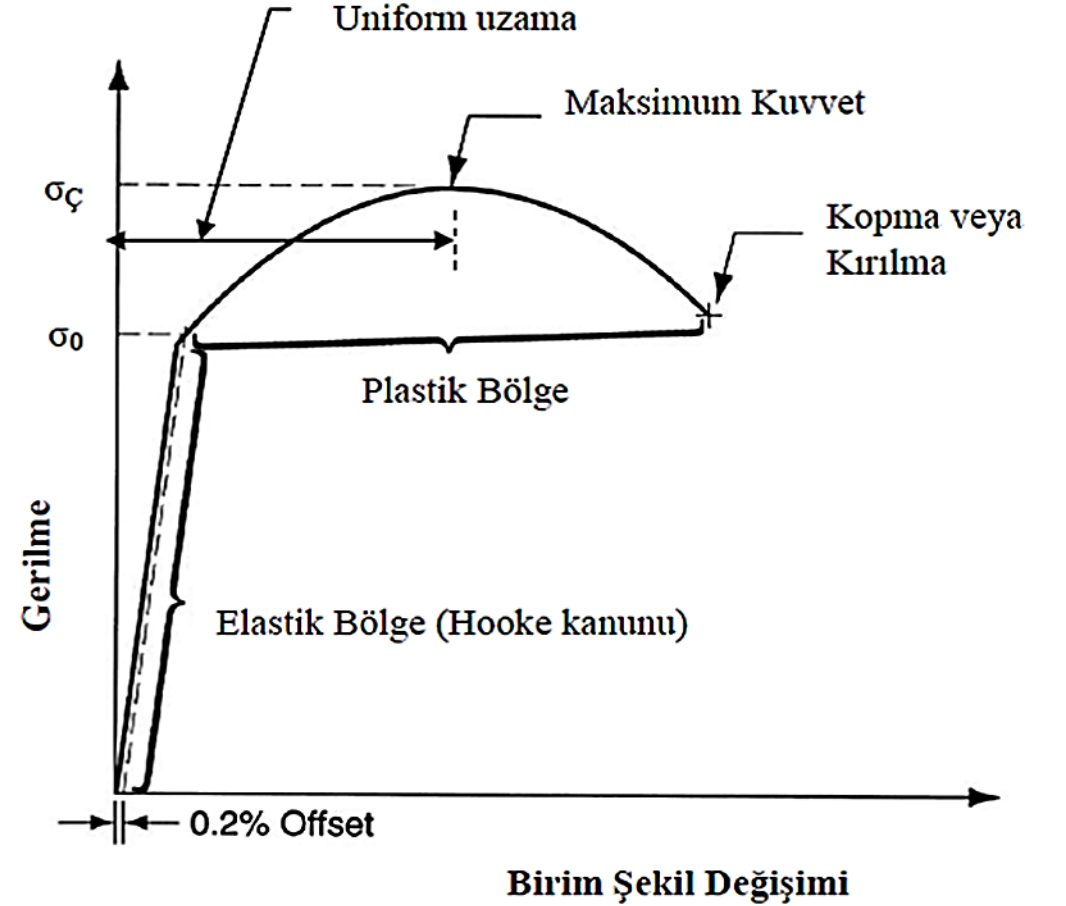
Malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemede çekme deneylerinden yararlanılır. Bu deneyler sırasında elde edilen gerilme-birim şekil değışimi diyagramına ait bir örnek yukarıda verilmektedir. Burada belirtilen gerilme ve birim şekil değışimi mühendislik değeri olup deney parçasının başlangıçtaki değeriğine göre hesaplanmaktadır

Mühendislik gerilmesi:

$$s = \frac{F}{A_0}$$

Mühendislik Birim Şekil Değışimi:

$$e = \frac{l - l_0}{l_0}$$



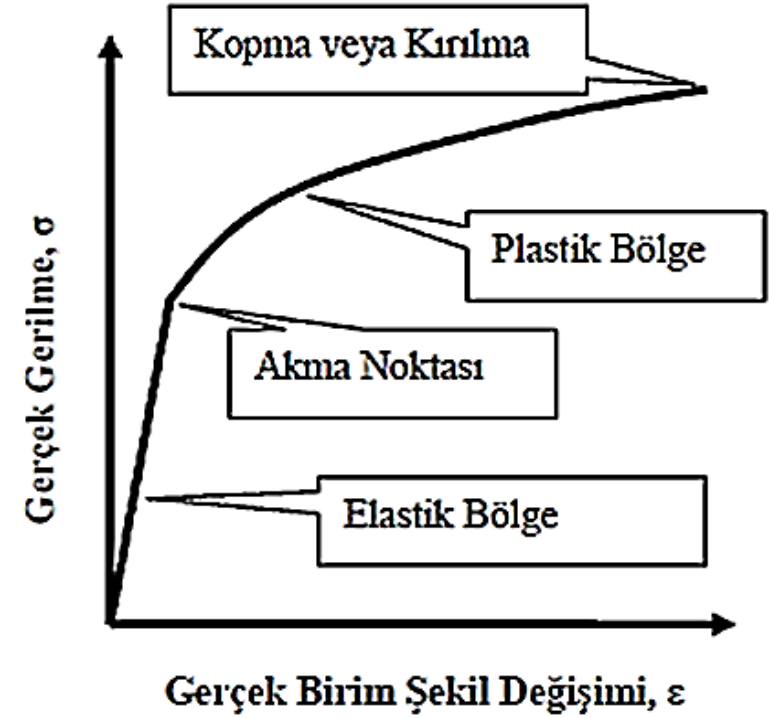
şeklinde hesaplanmakta olup A_0 ve l_0 deney parçasının başlangıçtaki kesit alanı ile ölçü boyunu tanımlamaktadır. Küçük şekil değişimlerinin geçerli olduğu, çoğunlukla elastik bölge içinde kalınması halinde bu bağıntılar yeterli olmaktadır.

Ancak büyük plastik şekil değişimlerinin gerçekleştiği hallerde (ki metal şekillendirmede durum böyledir) malzemenin başlangıç değerlerine dayanarak hesap yapmak anlamsız olmaktadır. Bu nedenle plastik şekil verme analizlerinde gerçek gerilme-gerçek birim şekil değişimi verileri kullanılmaktadır.

Gerçek Gerilme: $\sigma = \frac{F}{A} = s(1 + e)$

Gerçek Birim Şekil Değişimi: $\varepsilon = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right) = \ln(1 + e)$

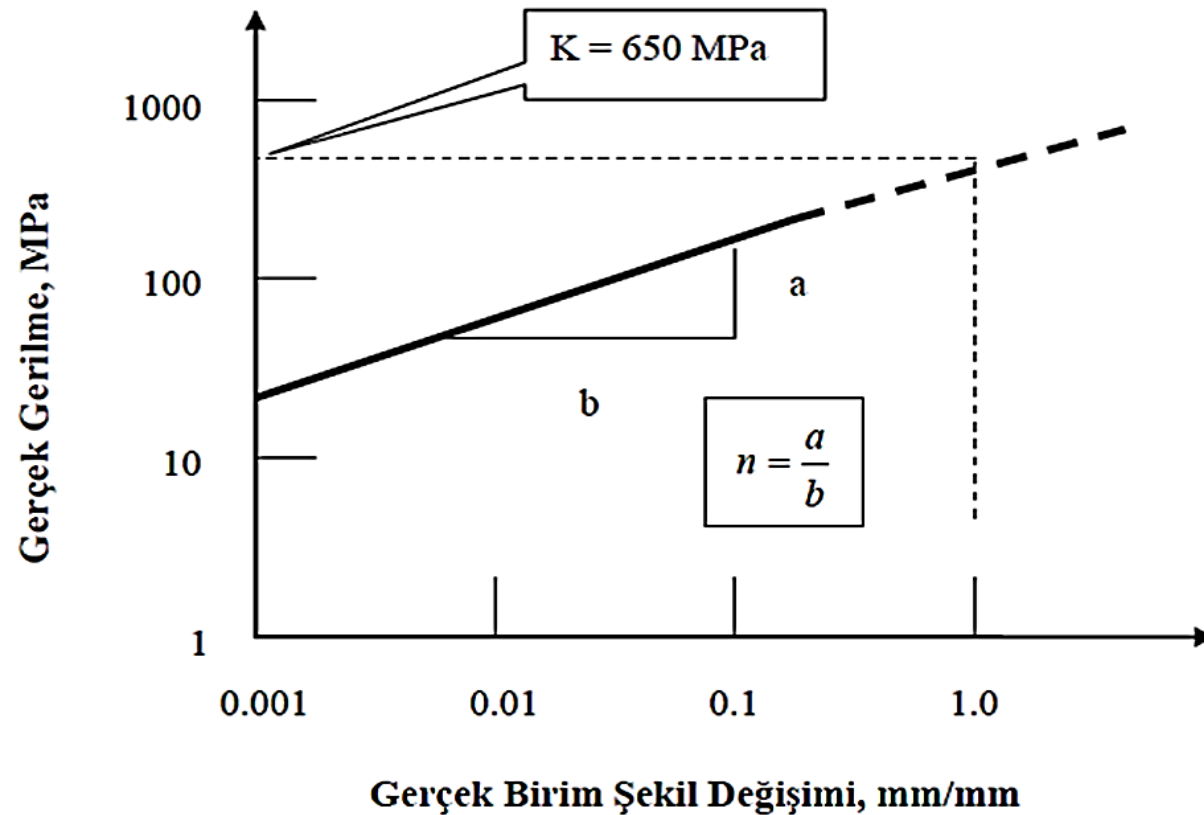
olarak belirlenmekte ve diyagram yandaki görünümü almaktadır.



Bu diyagram, gerçek gerilme-gerinim diyagramı olarak adlandırılır. Matematiksel ifadesi, literatürde “Holloman Bağıntısı” olarak bilinen aşağıdaki üstel bağıntı ile verilmektedir:

$$\sigma_{ort} = K \cdot \varepsilon^n [MPa]$$

Burada K malzemenin dayanım sabiti [MPa] olup n ise pekleşme üsteli olarak tanımlanmaktadır. Eğer Holloman bağıntısı logaritmik ölçeğe taşınacak olursa aşağıda görüldüğü gibi bir doğru elde edilir.



Bu diyagram sayesinde malzeme özellikleri olan K ve n değerleri hesaplanabilir. K malzemenin dayanımı hakkında doğrudan bilgi verir, n ise deformasyon sertleşmesinin o malzemede ne kadar etkili olduğu hakkında bilgi verir.

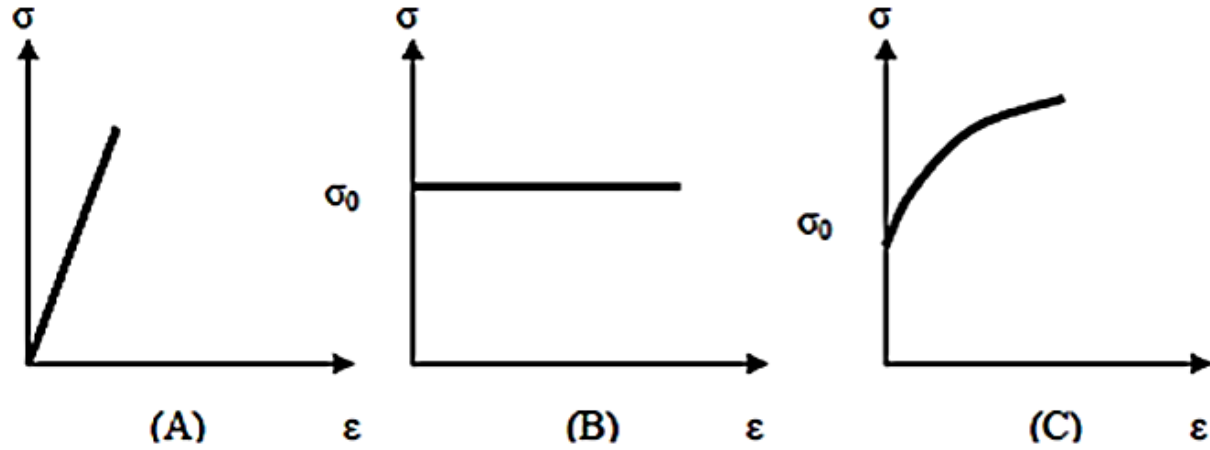
Basma durumunda ise, parçanın ilk yüksekliğinin h_0 ve son yüksekliğinin h olması halinde gerçek birim şekil değişimi;

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{h}{h_0}\right)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Bu durumda basma birim şekil değişimi negatif değer almaktadır.

Malzemelerin plastik şekil değişimini sağlayan gerçek gerilme değeri “Akma Gerilmesi” olarak isimlendirilir. Malzemelerin gerilme-şekil değişimi özelliklerinde bazı farklılıklar görülebilir.

Aşağıda, uygulamalarda karşılaşılabilecek veya basitleştirme yapılarak elde edilmiş diğer bazı akma eğrilerine örnekler verilmektedir.



A: İdeal Elastik

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

(elastik zorlanmada)

B: İdeal Plastik

$$\sigma = \sigma_0$$

(sıcak şekillendirmede)

C: İdeal Pekleşen

$$\sigma = K \cdot \epsilon^n$$

(soğuk şekillendirmede)

Veya

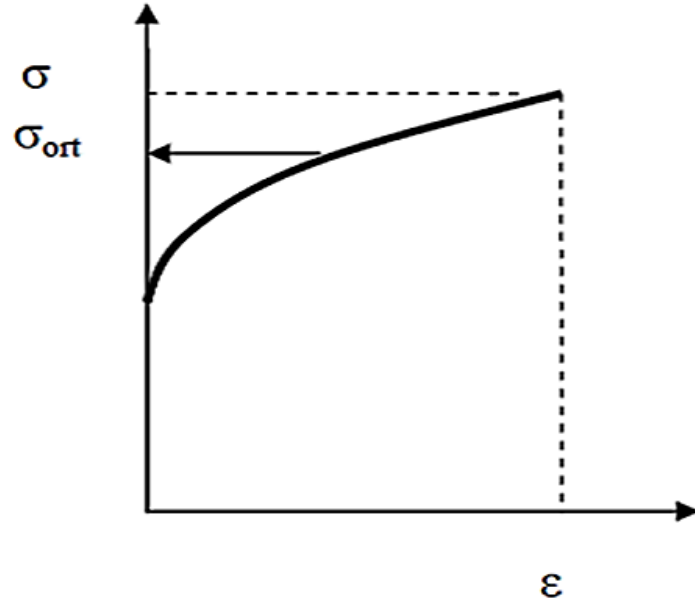
$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot \epsilon^n$$

Soğuk şekil değişiminin homojen olmadığı bir kesitte malzemenin akma dayanımını temsil etmesi amacıyla bir “Ortalama Akma Gerilmesi (σ_{ort})” değerine ihtiyaç duyulur.

Bu değer az veya çok pekleşmiş bölgeleri içine alan bir ortalama değerdir. Hesaplanan bu değer zorlanan kesit alanının çarpılması ile kuvvet hesaplanabilir. Ortalama akma gerilmesi değeri malzeme sabitleri K ve n'nin bilinmesi ve en büyük birim şekil değişimi değerinin bilinmesi durumunda;

$$\sigma_{ort} = \frac{K \cdot \varepsilon^n}{1 + n}$$

şeklinde yaklaşık olarak hesaplanabilir.



Pekleşme üsteli metalden metale bazı farklılıklar göstermekle birlikte genelde 0.05 ile 0.35 aralığındaki değerleri almaktadır.

SICAKLIĞIN ETKİSİ

Malzemelerin gösterdiği mekanik davranış sıcaklıkla değişmektedir. Özellikle metal şekillendirme işlemlerinde arzulanan düşük akma gerilmesi ve yüksek süneklik sıcaklıktan etkilenmektedir.

Sıcaklığın etkisi malzemenin sıcaklığı (veya şekillendirme ortamının sıcaklığı) ergime sıcaklığına doğru yaklaştıkça daha da artmaktadır. Metalik veya kristal yapıya sahip malzemelerin ergime sıcaklıkları büyük farklılıklar gösterdiğinden sıcak/soğuk ayırımı için malzemelerin ergime sıcaklığını da içeren bir ölçüte ihtiyaç duyulmuştur. “Benzeş Sıcaklık” olarak adlandırılan bu parametre gerçekte birimsiz olup 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Benzeş Sıcaklık T_b ;

$$T_b = \frac{T_{\text{ç}} [K]}{T_e [K]}$$

şeklinde mutlak sıcaklık cinsinden çalışma sıcaklığının $T_{\text{ç}}$, malzemenin ergime sıcaklığına T_e oranı olarak tanımlanmaktadır. Sıcaklığın mutlak sıfır değerine yaklaşması durumunda benzeş sıcaklık da sıfır değerine yaklaşmakta, sıcaklığın malzemenin ergime sıcaklığına yaklaşması halinde ise benzeş sıcaklık bir değerine yaklaşmaktadır. Çalışma sıcaklığı aralıkları benzeş sıcaklığa göre;

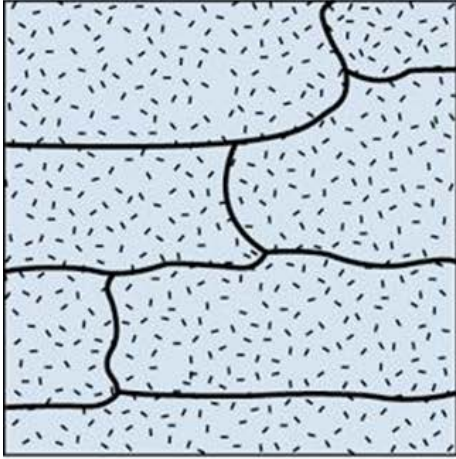
Soğuk (0 < T_b < 0.3)

Ilık (0.3 < T_b < 0.5)

Sıcak (0.5 < T_b < 0.8) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

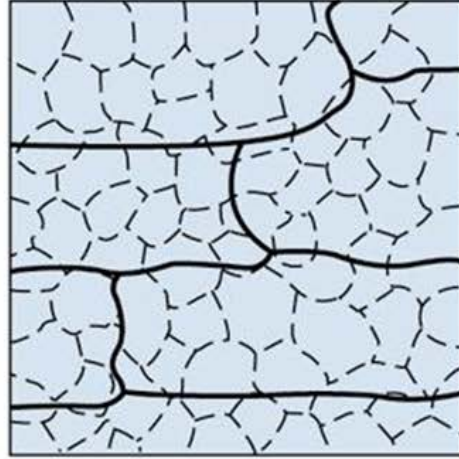
Soğuk Şekillendirme:

Çelik, alüminyum, bakır gibi birçok metal ve alaşım için oda sıcaklığı ve bunun altındaki sıcaklıklar soğuk şekillendirme aralığına girmektedir. Malzeme soğuk şekillendirildiğinde pekleşmektedir. Yani soğuk şekil değişimiyle birlikte dayanımını da arttırmaktadır. Bunun nedeni şekil değişimiyle yeni dislokasyonlar yaratılmakta bunların hareketleri gerek birbirleriyle gerekse başka engellerle git gide daha zor gerçekleşir hale gelmektedir. Önceki bölümde gösterilen çekme diyagramı soğuk bölgede görülen davranışı özetlemektedir. Dolayısıyla soğukta pekleşme sonrası ulaşılabilir gerilme (dayanım) seviyesinin belirlenmesinde Holloman bağıntısından yararlanılmaktadır. Soğuk şekil değişimi sırasında oluşan pekleşme etkisinin yok edilmesi için malzemeye yeniden kristalleşme tavi uygulanmaktadır.



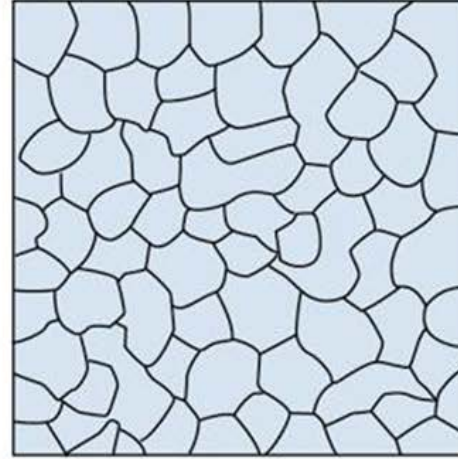
(a)

Soğuk deformasyona uğramış
tane yapısı



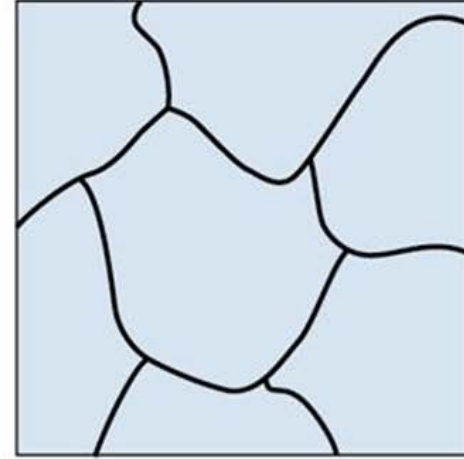
(b)

toparlanma



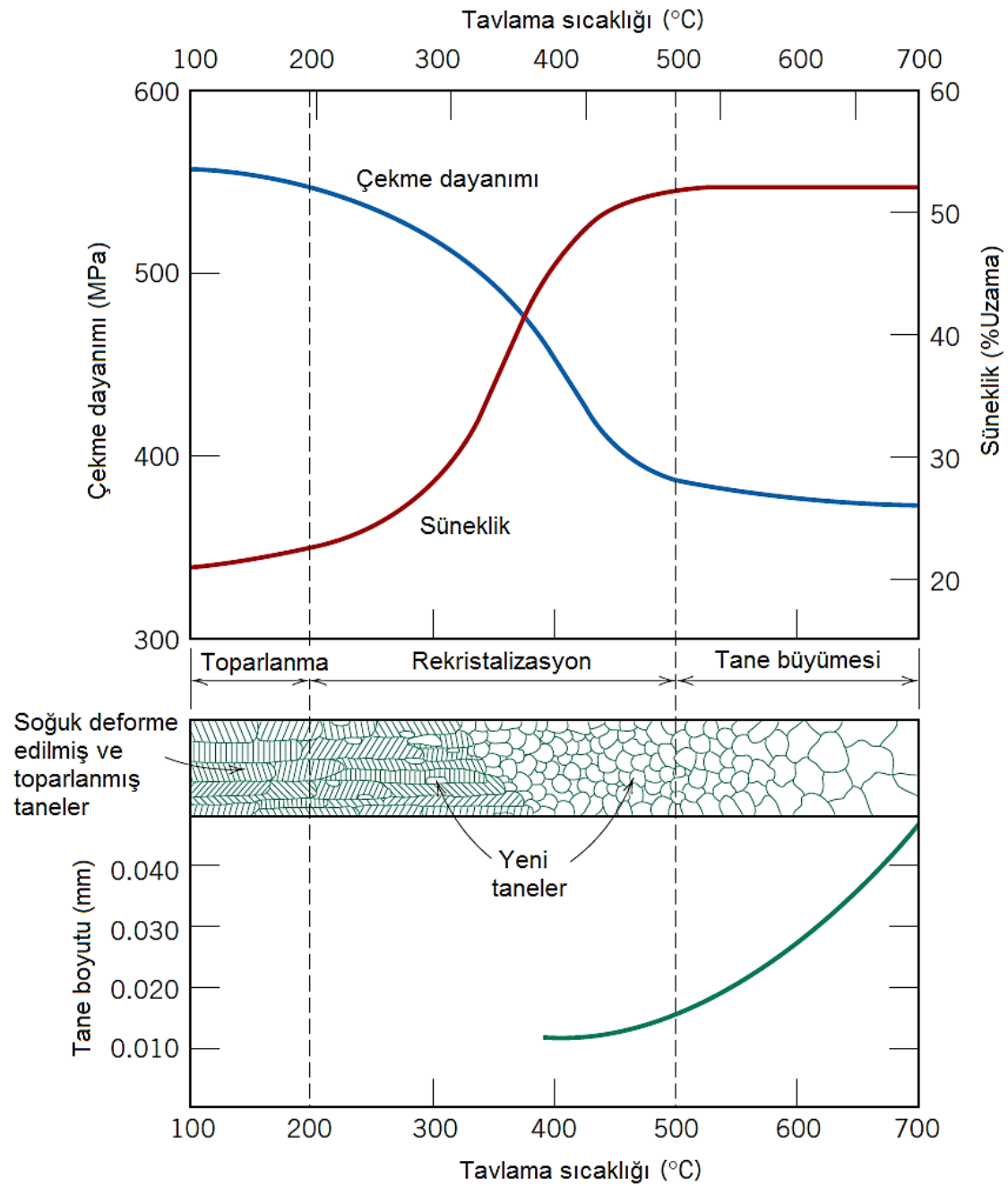
(c)

yeniden kristalleşme



(d)

tane kabalaşması



Soğuk Şekillendirmenin Avantajları:

1. Yüksek hassasiyet, daha yakın toleranslar,
2. Daha iyi yüzey kalitesi,
3. Dayanımda artış,
4. Tanelerin yönlenmesiyle o yönde elde edilen daha iyi mekanik performans özellikleri,
5. Parçanın ısıtılmasına gerek duyulmaması.

Soğuk Şekillendirmenin Dezavantajları:

1. Daha yüksek kuvvet ve/veya enerjiye ihtiyaç duyulması,
2. Öncesinde parçanın yüzeyinin temiz olması ve oksit gibi tabakaları içermemesi gereği,
3. Düşük süneklik yüzünden şekillendirilmenin sınırlı olarak uygulanabilmesi

Ilık Şekillendirme:

Benzeş sıcaklığın 0.3 ile 0.5 aralığındaki çalışma sıcaklıklarında yapılan şekillendirme işlemleri ılık şekillendirme olarak isimlendirilir. Pekleşme etkisinin soğuktaki kadar hissedilmeyip sünekliğin de soğuktakinden daha yüksek olduğu işlemlerdir. Çok yaygın olarak kullanılmayıp daha çok özel durumlarda yararlanılmaktadır.

Ilık Şekillendirmenin Avantajları:

1. Soğuk şekillendirmedekinden daha düşük kuvvet ve enerjiye ihtiyaç duyulması,
2. Soğuk şekillendirme sırasında ara yumuşatma (yeniden kristalleştirme) tavına olan gereksinimi azaltması,
3. Çok hızlı pekleşen malzemelerin (Hadfield Çeliği gibi) talaşlı imalatı ve şekillendirilmesinde kolaylık sağlaması,
4. Daha karmaşık parçaların şekillendirilmesinde kolaylık sağlaması

Sıcak Şekillendirme:

Sıcak şekillendirme, benzeş sıcaklığın 0.5 değeri üzerinde ve yaklaşık olarak 0.8'e kadar olan çalışma sıcaklıklarında gerçekleştirilen işlemleri kapsar.

Yeniden kristalleşme benzeş sıcaklığın 0.5 veya üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Yeniden kristalleşme yayınma kontrollü bir proses olup burada yayınmanın katkısıyla dislokasyon yoğunluğu azalmakta, dolayısıyla dayanım azalırken süneklik artmakta ve yapı dislokasyon yoğunluğu azalan ve yeniden kristalleşen bir görünüm almaktadır. Böylece yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yapılan şekillendirme işlemlerinde malzeme peklememekte ve süneklik önemli ölçüde artmaktadır.

Ayrıca sıcaklık, malzemenin akma dayanımını düşürmekte ve şekillendirme sırasında daha düşük kuvvetlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sıcak şekil değişimi sırasında oluşan dislokasyonlar anında ve dinamik olarak etkin olan yayınmanın katkısıyla yok olmakta ve dislokasyon sayısı deformasyonla birlikte artmamaktadır. Bu nedenle malzeme peklememekte, şekillendirebilme kabiliyeti artmaktadır.

Sıcak Şekillendirmenin Avantajları:

1. Bir defada parçaya büyük şekil değişimi verilebilmesi,
2. Daha düşük kuvvet ve enerjiye ihtiyaç duyulması,
3. Malzemelerin daha yüksek şekillendirilebilirliğe sahip olması,
4. Parçanın dayanımının artmaması ve sonraki işlemlere daha uygun özellikler göstermesi.

Bazı malzemelerin şekillendirilebilme özellikleri sıcaklıktan ve ani sıcaklık değişimlerinden olağanüstü şekilde etkilenebilmektedir. Örneğin yüksek hız çelikleri, ferritik paslanmaz çelikler vb. metaller sıcak şekillendirilmeleri sırasında soğuk kalıplarla temas ederler ve aniden yüzeyleri soğur ve şekillendirilebilirliklerini bu bölgede kaybederler. Sonuçta şekillendirme sırasında kırılmayla biten hasarlar oluşur.

Bu durumu önlemek amacıyla, kalıpların sıcaklığının da parça sıcaklığına yakın tutulduğu **“İzotermal Şekillendirme”** (Eş ısıl şekillendirme) uygulamalarına gidilmektedir. Bu durum takımların zayıflamasına ve takım ömrünün kısılmasına sebep olur. Buna karşılık, geleneksel yöntemlerle şekillendirilmesi zor olan metallerin şekillendirilmesindeki problemleri ortadan kaldırır. Bazı durumlarda izotermal şekillendirme bu tür malzemelerin şekillendirmesi için tek yol olur.

DEFORMASYON HIZININ ETKİSİ

Şekillendirme işlemlerinde deformasyon hızı da önemli rol oynamaktadır. Sıcak şekillendirmede pekleşme gerçekleşemediğinden pekleşme üsteli yaklaşık olarak sıfır değerini almaktadır. Bu şekillendirme işleminde akma gerilmesine ulaşıldıktan sonra şekillendirmenin başladığını ve işlem süresince akma gerilmesinin bir daha değişmediğini göstermektedir (malzemenin ideal plastik davranışında olduğu gibi). Ancak gene sıcak şekillendirmede bir başka faktörün malzemenin akma gerilmesini etkilediği görülmektedir. Bu parametre “Birim Şekil Değişimi Hızı” veya kısaca “Deformasyon Hızı” olarak bilinmekte ve birim zamandaki malzemede yaratılan birim şekil değişimi miktarındaki değişiklik olarak tanımlanarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}$$

Örneğin bir basit çekme veya basma deneyinde geçerli olan gerçek deformasyon hızı şu şekilde tanımlanmaktadır:

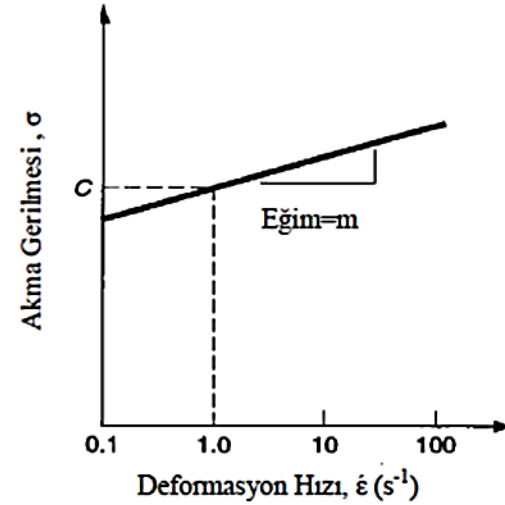
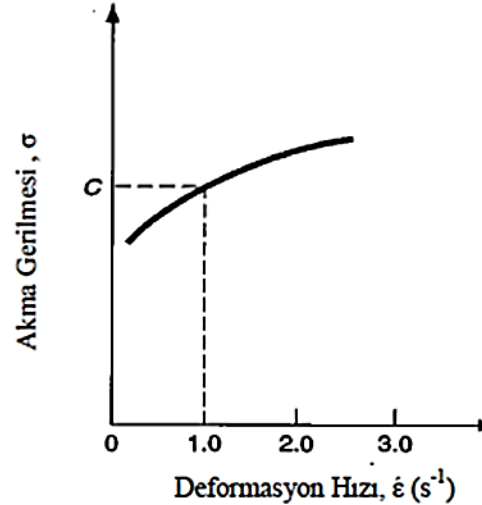
$$\dot{\epsilon} = \frac{v}{h}$$

Burada v kalıbın veya makinenin çekme veya basma işlemi sırasındaki parçaya göre bağlı hızını, h ise parçanın o andaki boyu veya yüksekliğini ifade etmekte olup birimi s^{-1} 'dir (mm/s/mm).

Yukarıdaki bağıntıdaki değişkenlerden de görüleceği gibi sabit bir deformasyon hızında şekillendirmeyi gerçekleştirmek oldukça güçtür. Sıcak şekillendirmede malzemenin akma dayanımı deformasyon hızına duyarlılık göstermekte olup deformasyon hızı arttıkça malzemenin akma gerilmesi de yükselmektedir. Akma dayanımının deformasyon hızına olan duyarlılığı aşağıdaki üstel ifade ile gösterilmektedir:

$$\sigma = C \cdot \dot{\epsilon}^m$$

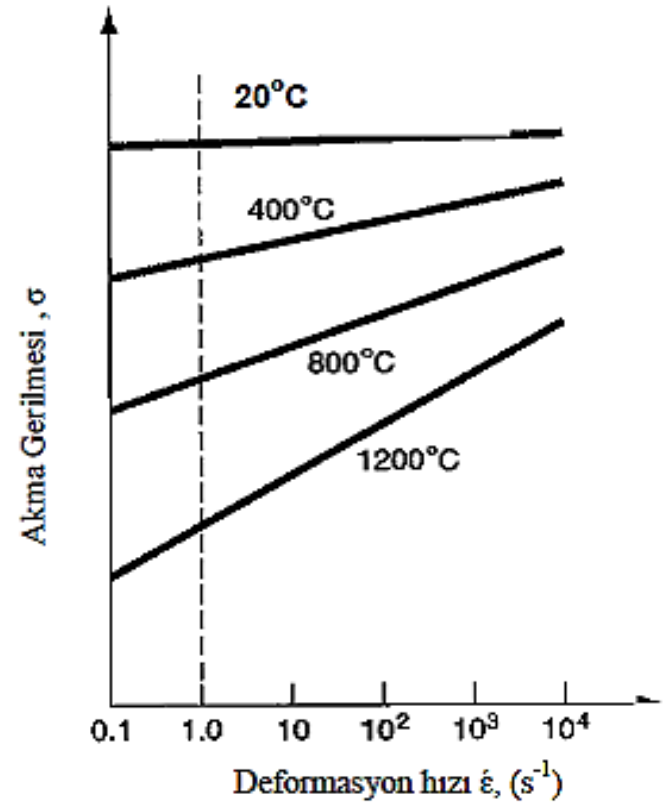
Burada C , malzemenin söz konusu sıcaklıkta dayanım sabiti ve m ise yine o malzemenin söz konusu sıcaklıkta uygulanan "deformasyon hızına duyarlılık üstelidir". Dolayısıyla bu değerler malzemenin kimyasal bileşimine, içyapısına ve işlem sıcaklığına bağlıdır. Soğuktaki akma eğrisine benzer şekilde bir analiz yapılacak olursa bu bağıntının normal ve logaritmik ölçeklerdeki görünüşleri aşağıdaki gibidir:



Malzemenin akma gerilmesinin sıcaklık ve deformasyon hızıyla değişimi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Buradan da görüleceği gibi artan sıcaklık C değerinin azalmasına ve m değerinin artarak malzemenin deformasyon hızına daha duyarlı hale gelmesine yol açmaktadır.

Bu durum sıcak şartlarda deformasyonun hızla gerçekleştirilmesine karşı koyan mekanizmalarla açıklanmaktadır. Sıcak şartlarda dislokasyonlar kayarak kalıcı şekil değişimine neden olurlar ve engellerle karşılaştıklarında bunları örneğin kenar dislokasyonlarda olduğu gibi tırmanma mekanizmasıyla aşarlar.

Tırmanma mekanizmasının çalışabilmesi için yayınma dolayısıyla ısı aktivasyon gerekmektedir. Bu şartların sağlanması durumunda mekanizmanın çalışabilmesi için zamana da ihtiyaç vardır. Hızlı deformasyon şartlarında buna imkân tanınmadığı için mekanizma gerektiği gibi çalışmamakta ve dislokasyon hareketleri zorlaşmakta dolayısıyla malzemenin akma dayanımında artışı beraberinde getirmektedir. Yandaki diyagramdan da görüleceği gibi çalışma sıcaklığı azaldıkça malzemenin deformasyon hızına duyarlılığı da azalmakta ve soğuk ortamlarda m , yaklaşık olarak sıfır değerine ulaşmaktadır.



KÜTLESEL ŞEKİL VERME YÖNTEMLERİ

Şekillendirme işlemleri, ilk şekli saçıtan ziyade kütleli olan metal parçalarında önemli şekil değışiklikleri meydana getiren işlemlerdir.

Başlangıç malzemeleri olarak silindirik kütükler, çubuklar veya filmaşın, kare kesitli kütükler ve blumlar ile dikdörtgen kesitli slabler kullanılmaktadır.

Kütle şekillendirme işlemleri başlangıç şekillerini geliştirirler, mekanik özellikleri iyileştirirler ve her zaman ürünü daha değeri kılarlar. Şekillendirme işlemlerinde amaç, metalin istenilen şekli alması için plastik olarak akmasını sağlamak için yeterli gerilimi verme şeklindedir.

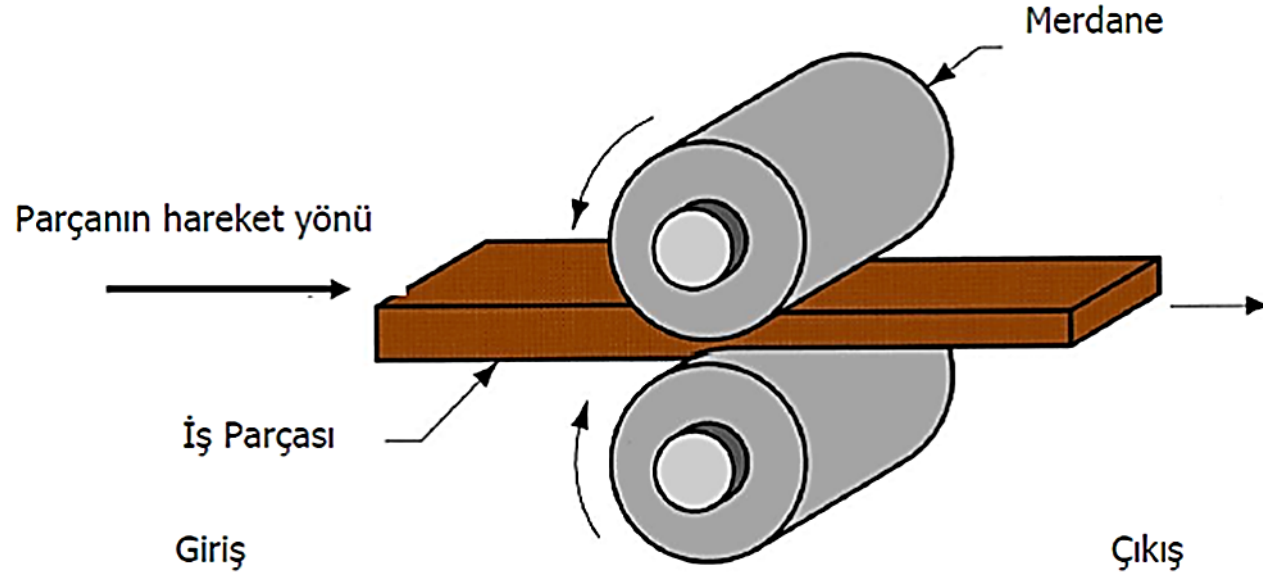
Kütle şekillendirme işlemlerinin teknolojik ve ticari önemi:

1. Sıcak şekillendirmelerde çok büyük şekil değışimleri uygulanabilmekte,
2. Soğuk şekillendirme işlemlerinde şekil vermenin yanı sıra dayanım artışı da elde edilmekte,
3. Son ürünlerde çoğu zaman son şekil ve boyuta ulaşılabilmekte ve ek talaşlı imalat uygulaması gerekmemektedir.

Haddeleme, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi birbirine zıt yönde döndürülen iki merdane arasında parçayı ezerek şekillendirme işlemi olarak tanımlanmaktadır.

Merdaneler, Şekil'de gösterildiği gibi merdaneler arasından işparçasını çekmek ve aynı zamanda sıkıştırmak için dönerler.

Yukarıdaki şekil düz (yassı) haddeleme işlemini şematik olarak vermektedir. Bunun dışındaki geometriye sahip (örneğin ray, I-Profil, U-Profil gibi) ürünlerde buna uygun merdane veya merdaneler kullanılarak haddeleme yapılır. Şekilde gösterilen temel işlem, dikdörtgen kesitin kalınlığını azaltmak için kullanılan düz haddelemedir. Bu işleme yakın ilgili işlem profil haddelemedir. Bu haddelemede, kare kesit I-profil gibi bir şekle dönüştürülür.



Şekil olarak haddeleme “yassı” ve “profil” haddeleme olarak ikiye ayrılmaktadır. İşlem sıcaklığı olarak ise çok büyük şekil değişimlerinin verilebildiği “sıcak haddeleme” ve daha sınırlı olarak sacların yassı haddelenerek üretildiği “soğuk haddeleme” olarak ikiye ayrılır.

Şekil olarak haddeleme “yassı” ve “profil” haddeleme olarak ikiye ayrılmaktadır. İşlem sıcaklığı olarak ise çok büyük şekil değişimlerinin verilebildiği “sıcak haddeleme” ve daha sınırlı olarak sacların yassı haddelenerek üretildiği “soğuk haddeleme” olarak ikiye ayrılır.

Haddeleme işleminin çoğunluğu, büyük miktarda deformasyon gerektirmesinden dolayı sıcak işlemlerle yapılır ve sıcak haddeleme olarak isimlendirilir. Sıcak haddelenmiş metal genellikle artık gerilmeler taşımazlar ve izotrop özelliğe sahiptir. Sıcak haddelemenin sakıncalı yönü, ürün dar toleranslarda tutulmaz ve iş yüzeyi karakteristik bir oksit tufale sahiptir.

Çelik yapımı haddehane tezgah operasyonlarının çok yaygın uygulamasıdır. Ürün, işlem kademelerinde değişkenlik gösterebilir. Örnek olarak, bir çelik hadde tezgahında işlem basamakları izleyelim. (Benzer adımlar diğer temel metal endüstrilerinde olmaktadır.)

İş parçası, döküm çelik ingot katılaşması olarak başlar. Sıcak haldeyken ingot fırına konur. Fırında tamamen üniform bir sıcaklık elde edilinceye kadar uzun süre bekletilir. Böylece metal haddeleme esnasında uygun bir şekilde akacaktır. Çelik haddeleme için istenilen sıcaklık 1200°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 x 150 mm veya daha büyük kare kesitlere sahiptir. Yassı blok bir ingottan veya blumdan haddelenir ve genişliği 250 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. Bu ara şekiller son ürün şekline daha sonra haddelenir.

Kare kütükler, tren yolu için raylar ve I, L veya U şeklindeki yapı elemanları şekillerine haddelenir. Kütükler çubuk ve yuvarlak dolu şekillere haddelenir. Bu şekiller talaş kaldırma, tel çekme, dövme ve diğer metal işleme operasyonları için ham maddeleridir. Yassı bloklar plaka, levha ve ince şeritlere haddelenir.

Sıcak hadde platinalar; gemi inşa, köprüler, boylerler, çeşitli ağır makineler için kaynaklı yapılar, borular ve diğer birçok ürünlerde kullanılırlar. Aşağıda verilen şekilde bu hadde çelik ürünlerden bazıları gösterilmiştir.

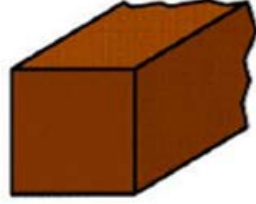
Bundan başka sıcak hadde levha ve ince levhaların düzleştirilmesi soğuk haddeleme ile yapılır. Bu işlem sonra yapılacak sac metal operasyonlara levha hazırlamak için yapılır.

Soğuk haddeleme metalin mekanik özelliklerini geliştirir ve kalınlık üzerinde dar toleransa izin verir. Ayrıca, 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.

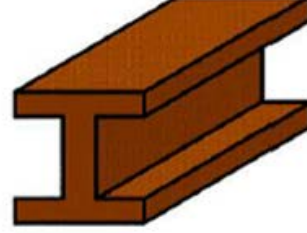
Başlangıç Malzemesi

Haddeleme sonrasında görünüm

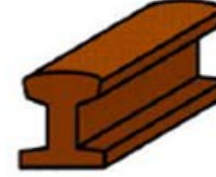
Blum



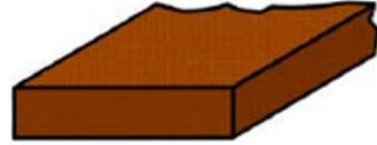
Değişik Geometrilere
Kesitlere Sahip Profiller



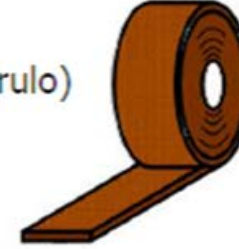
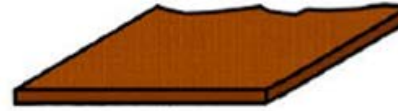
Raylar



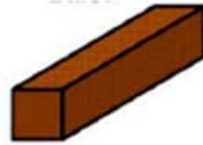
Slab



Levha ve Saclar (rulo)



Kütük



Çubuklar



Bir haddeleme tesisinde
yapılan bazı çelik ürünler

Başlangıç Malzemesi	Boyutları	Elde Edilen Ürünler
Blum	> 150x150 mm	Muhtelif profiller
Kütük	> 50x50 mm	Çubuklar
Slab	> 50x250 mm	Levha ve Saclar

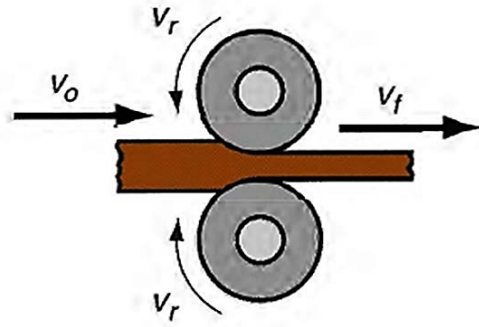
HADDELEME DÜZENLERİ VE TEZGAHLARI

Haddeleme işleminde olan çeşitli uygulamalara ve teknik problemlere karşılık verebilmek için çeşitli hadde tezgah konfigürasyonları geliştirilmiştir. Temel haddeleme düzenleri, iki zıt yönde dönen merdaneye sahiptir ve iki merdaneli tezgah olarak adlandırılır. Bu hadde tezgahlarındaki merdaneler 0.6'dan 1.4 m ye kadar çaplara sahiptirler. Ters ve aynı yönlü iki merdaneli konfigürasyonlar olabilir.

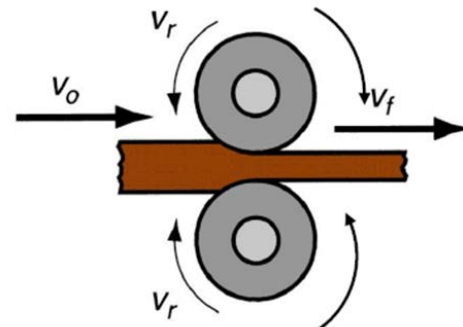
Tersinir olmayan tezgahlarda, merdaneler aynı yönde dönerler ve iş daima aynı tarafa pasolanır.

Tersinir hadde tezgahlarında merdanelerin ters yönde dönmelerine izin verilir, böylece işe aynı yönde paso verilir. Bu, aynı hadde takımından yapılacak redüksiyon serisine izin verir. Tersinir konfigürasyonun dezavantajı, doğrultunun tersine olmasının içerdiği teknik problemler ve dönen büyük merdanelerle sahip olunan önemli açısal momentumdur.

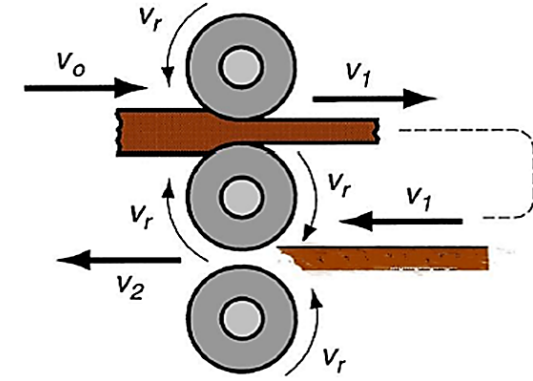
Gerçekleştirilen alternatif düzenlemeler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Üçlü merdane konfigürasyonunda, bir düşey kolonda üç merdane vardır ve her bir merdanenin dönme yönü değişmeden kalır. Redüksiyonlar serisi elde etmek için işe her pasodan sonra şeridin alçaltılması veya yükletilmesiyle bir taraftan paso verilebilir. Üç merdaneli haddeleme tezgahı donanımı, işi yükseltmek ve alçaltmak için gerekli mekanizma nedeniyle çok karmaşıktır.



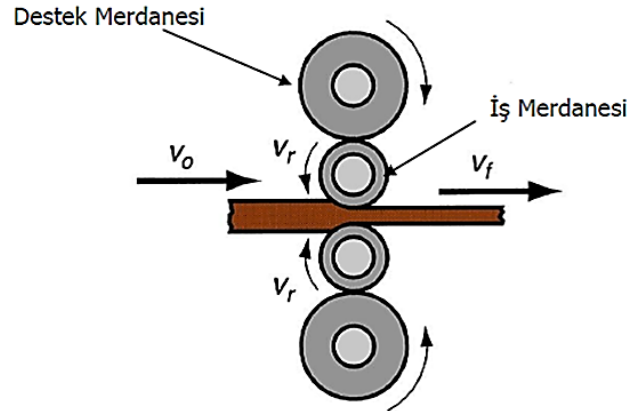
İkili (Düo) Merdane Düzeni



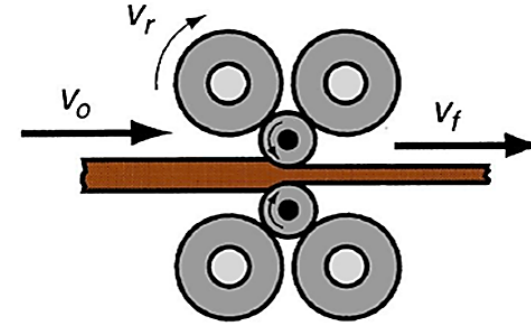
Tersinir İkili (düo) Merdane Sistemi



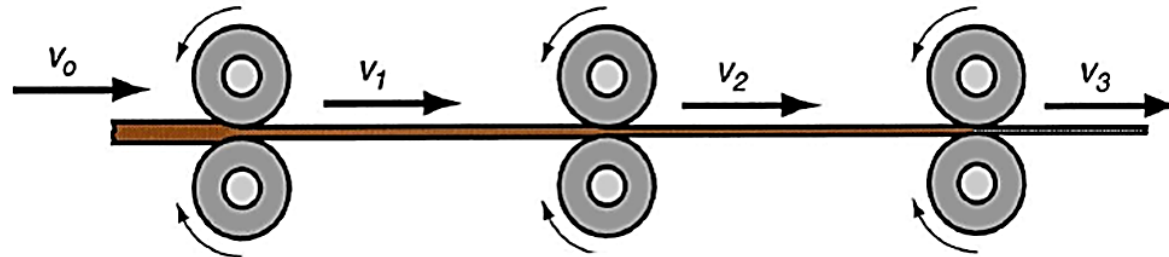
Üçlü (trio) Merdane düzeni



Dörtlü (quarto) Merdane Sistemi



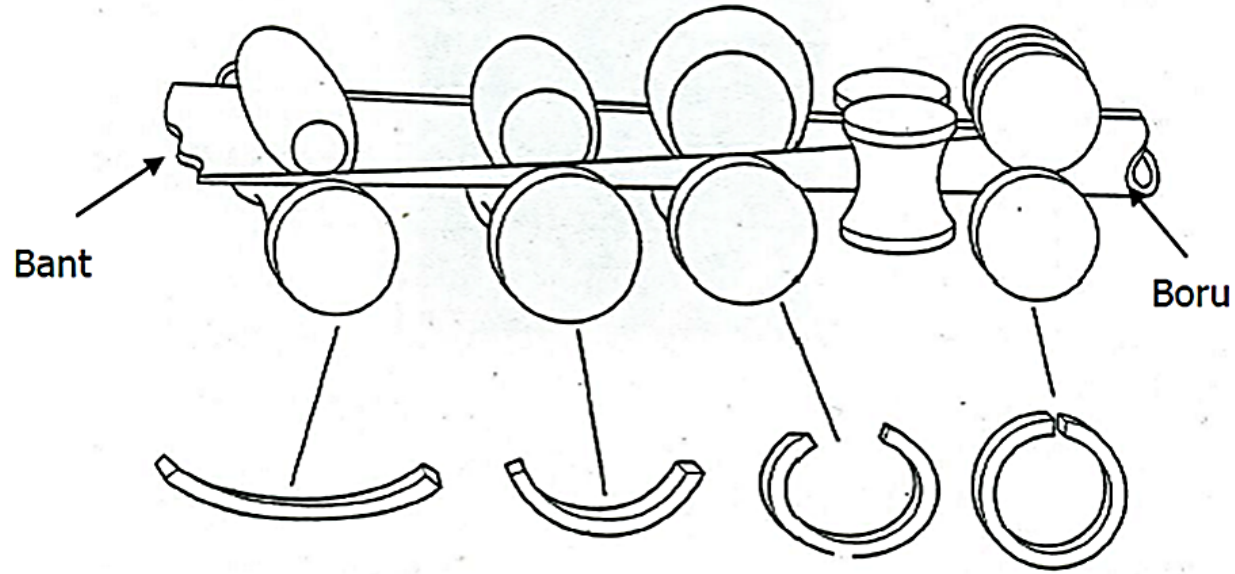
Demet Haddesi



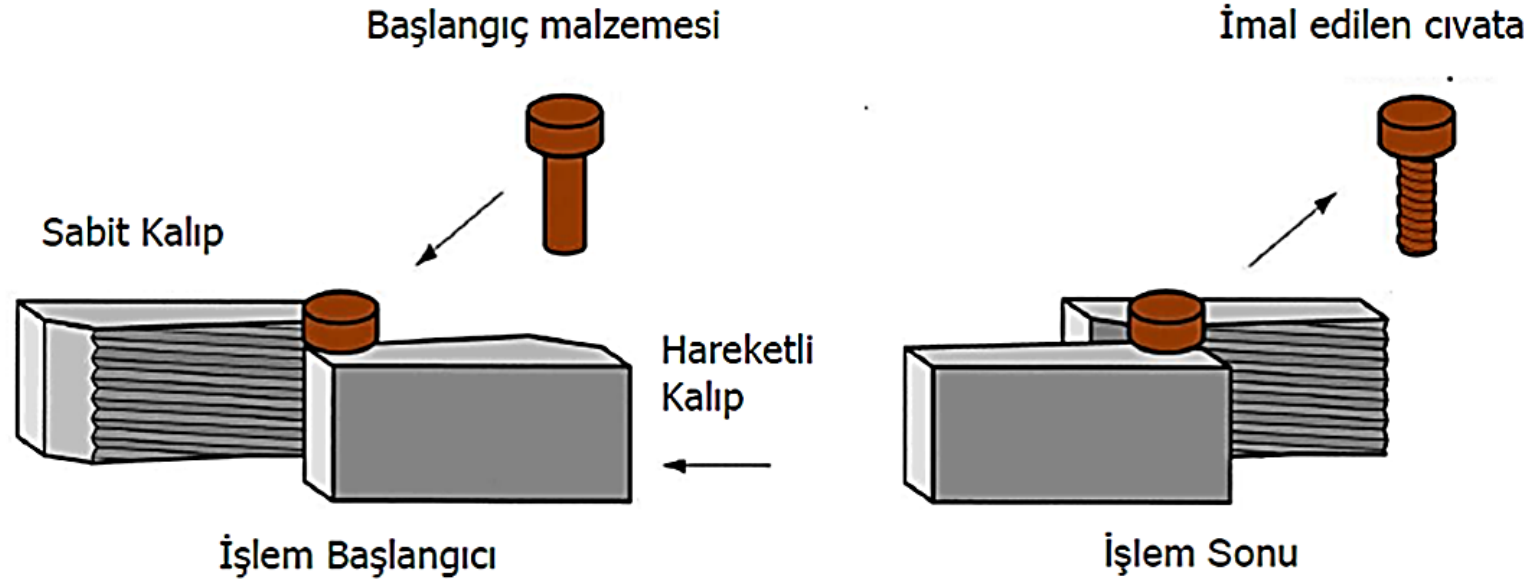
Tandem Hadde Tezgâh Düzeni

Çeşitli haddeleme düzenlemeleri

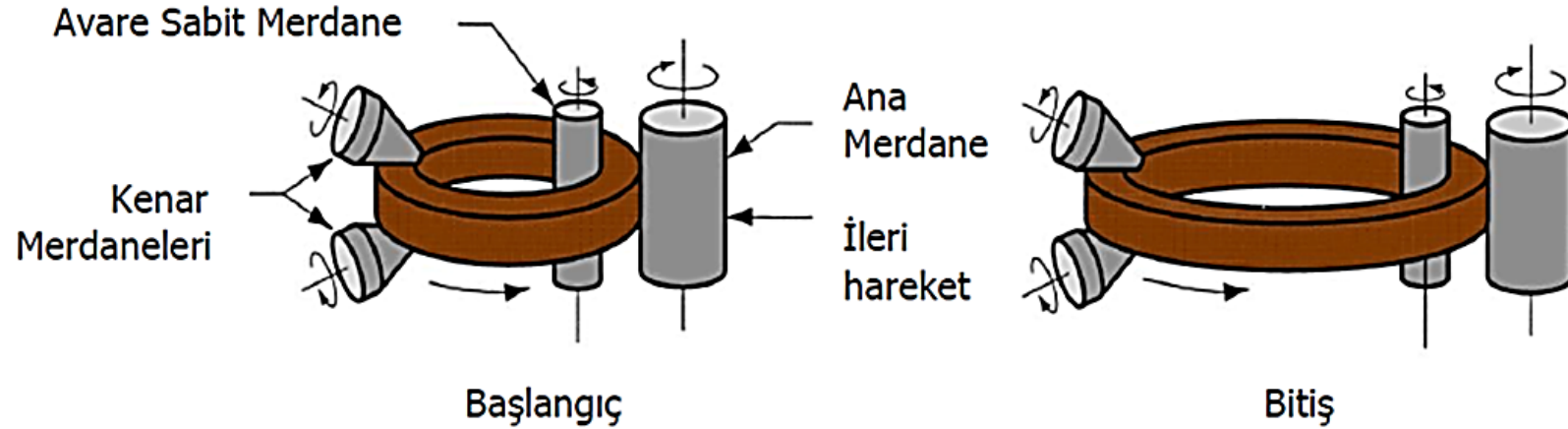
Hadde merdaneleri sacların kademeli şekillendirmelerinde de kullanılmaktadır. Örneğin sacdan dikişli boru üretiminde aşağıdaki merdane gurubundan yararlanılabilir. Merdaneli bükme olarak isimlendirilen bu yöntemle muhtelif tipte profiller sürekli olarak imal edilebilmektedir.



Haddeleme teknolojisinden yararlanılarak geliştirilen bir diğer imalat yöntemi de “**Ovalama**” ismini almaktadır. Bu yöntem çok sayıda ve hızlı bir şekilde kaliteli cıvata ve vida üretimine uygundur. Bu şekilde ovalama tezgâhları kullanılarak yapılan cıvata imalatında hurda malzeme kayıpları yok denecek kadar azalmakta, dişler ezilerek açıldığından pekleşme nedeniyle dişlerin dayanımı artmakta ve malzemenin akış çizgileri talaşlı imalatta olduğu gibi kesilmediğinden özellikle yorulma açısından çok daha iyi bir performans elde edilmesine neden olunmaktadır.



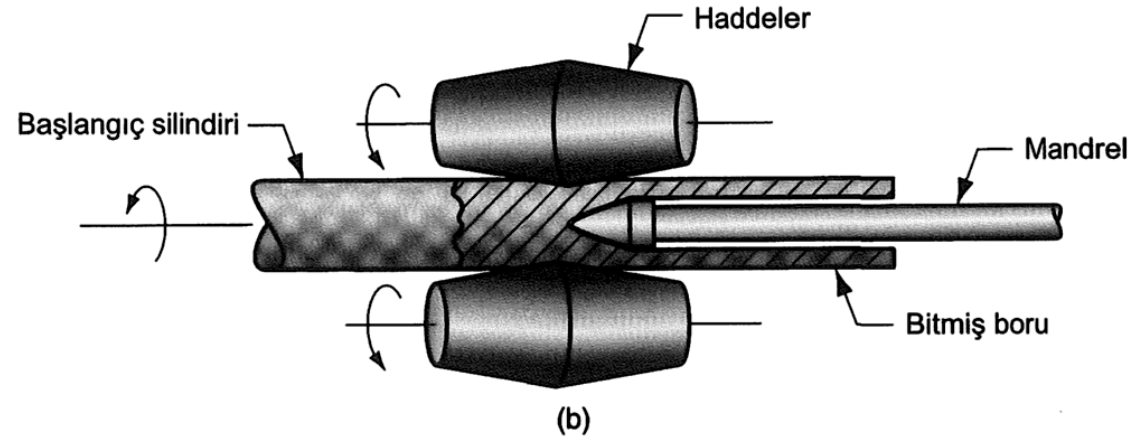
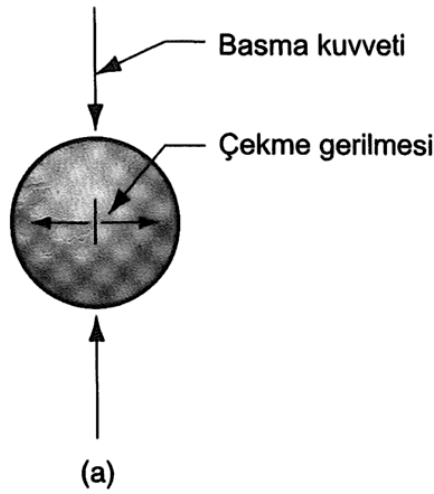
Haddeleme teknolojisinin diğ er bir uygulaması da “**Halka Haddeleme**” yöntemidir. Et kalınlığı fazla halkanın daha ince cidar kalınlığına muhtelif merdane düzenekleri kullanılarak getirilmesi sağlanmaktadır.



Haddeleme teknolojisinden yararlanılarak kalın et kalınlıklı dikişsiz boru imalatı gerçekleştirmek amacıyla kullanılan özel sıcak işlemdir.

“Haddeyle Delme” veya “Mannesmann Yöntemi” olarak da isimlendirilen bu teknolojiye İki zıt hadde kullanılır ve böylece haddeleme işlemleri gruplandırılır. İşlem Şekil (a)’daki gibi katı silindirik parça çevresi üzerine bastırıldığı zaman merkezinde yüksek çekme gerilmeleri olduğu prensibine dayanır.

Çubuk aynı zamanda eğimli merdaneler tarafından hem bastırılmakta hem de döndürülmekte olduğundan tüm yönlerdeki çatlama eğilimi delinme eğilimine dönüşmektedir. Çubuğun merkezine doğru yönlendirilmiş olan sivri uçlu bir mandrel kendine doğru gelen çatlak oluşmuş çubukta delme işlevi görmektedir.



Haddeyle delme: (a) silindirik parçaya basınç uygulanmasıyla boşluk ve iç gerilmenin formasyonu; (b) dikişsiz boru üretmek için Mannesman hadde düzeni kurulumu.