

MALZEMELERDE RASTLANAN HASAR TÜRLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Prof.Dr. Bilgehan Ögel
Prof.Dr. Rıza Gürbüz

Hasar Türleri

1. Metal Yorulması
2. Üretim aşamasından kaynaklanan hatalar
 - a) Döküm
 - b) Metal-dışı kalıntı
 - c) Isıl işlem
 - d) Hadde
 - e) Hatalı montaj vb. hatalar
3. Sürünme (yüksek sıcaklık)
4. Korozyon hataları (Genel korozyon, gerilimli korozyon çatlakları)
5. Hidrojen gevrekliği

Metal Yorulmasından Kaynaklanan Hasarlar

Metal Yorulması:

- ☐ Kırık yüzey, makro incelemede gevrek kırılmış gibi bir izlenim verir. Yüzey düzdür.
- ☐ Çatlak daima çekme gerilimleri altında oluşur.
- ☐ Parça üzerindeki yükler, akma dayancının altında olabilir.
- ☐ Önce yüzeyde çatlak oluşur. Daha sonra çevrimli yük altında bu çatlaklar ilerler.
- ☐ Dolayısı ile çevrimli yük metal yorulmasının önemli bir parçasıdır.

Metal Yorulmasından Kaynaklanan Hasarlar

□ Hasarlanma Mekanizması:

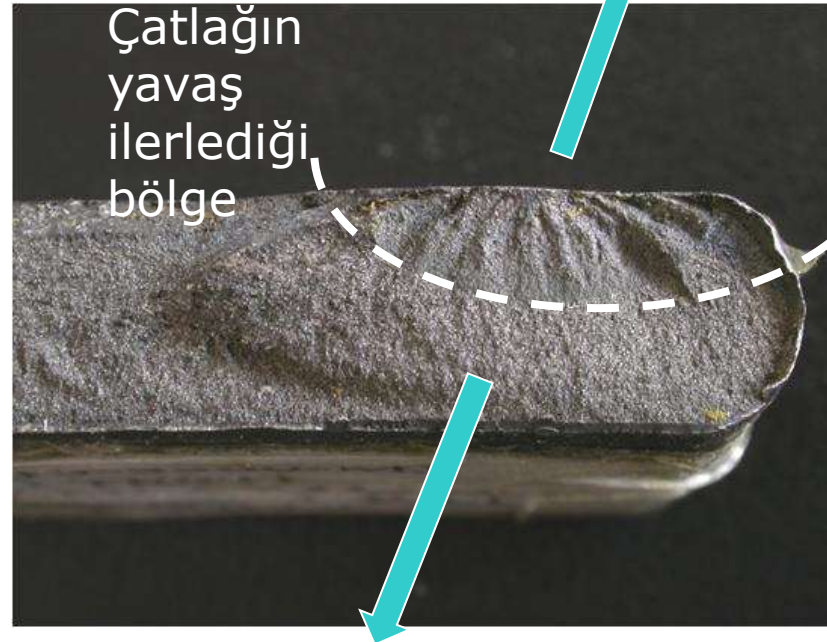
1. Yüzeydeki bir hata üzerinde çatlak oluşur
2. Çevrimli yük altında ilerler
3. Belirli bir aşamada geriye kalan kesit yükü çekemeyerek kırılır

Metal Yorulmasından Kaynaklanan Hasarlar



Bir makas yayı

Çatlak başlangıç noktası



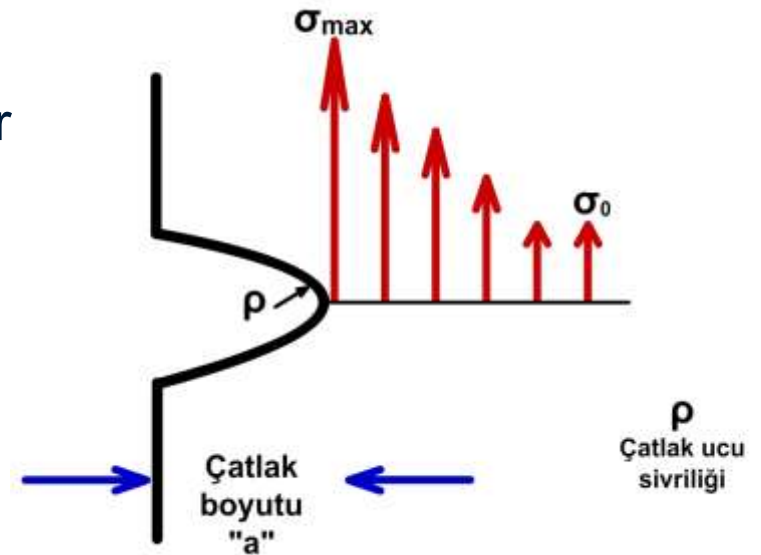
Çatlağın hızlı ilerlediği bölge

Yorulma hasarlarını tetikleyen faktörler

- ☐ Yüzey hataları
- ☐ Malzemenin çekme dayancı
- ☐ Sivri köşeler
- ☐ Tasarım yüklerinin aşılması
- ☐ Yüzeye yakın bölgelerdeki gerilim dağılımı

Keskin köşeler

- ❑ Yüzeydeki çizik, zedelenme vb. hatalar yorulma çatlaklarının oluşumunu tetikler. Bunun nedeni, bu bölgelerde gerilim birikiminin oluşmasıdır.
- ❑ Çatlak ucundaki gerilim, normal gerilim (σ_0) dağılımından çok daha yüksek bir değere ulaşabilir (σ_{max})
- ❑ σ_{max} malzemenin kopma dayancını geçeceğinden çatlak ilerlemesi mümkün olur.

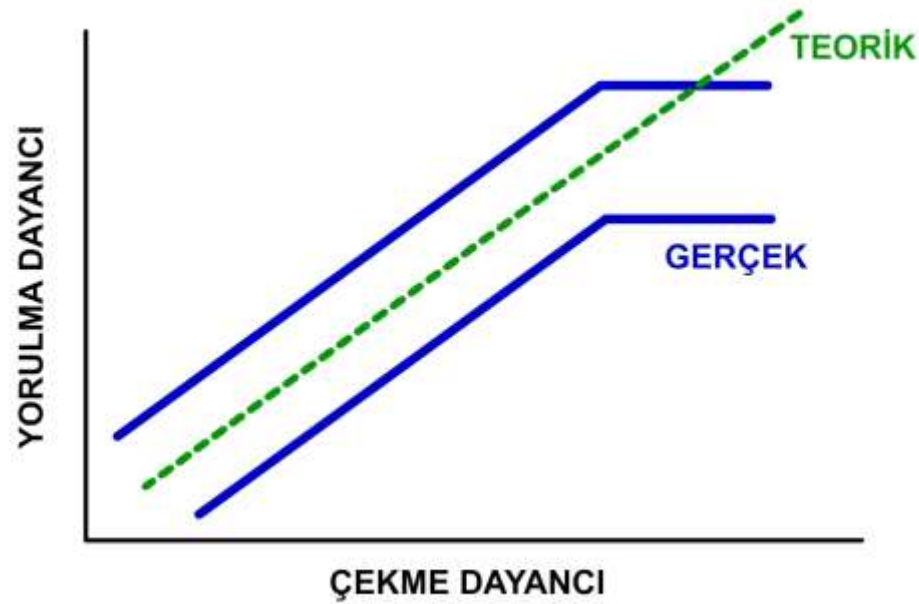


Yüzey hataları:

- ❑ Taşlama veya torna izleri
- ❑ Haddeleme sırasında oluşan yüzey hataları (katlama vb.)
- ❑ Korozyon sonrası oluşan hatalar
- ❑ Montaj vb. tamirat sırasında yüzeye yanlışlıkla çarpılan sert ve sivri cisimlerin oluşturduğu zedelenmeler
- ❑ Diğer hatalar

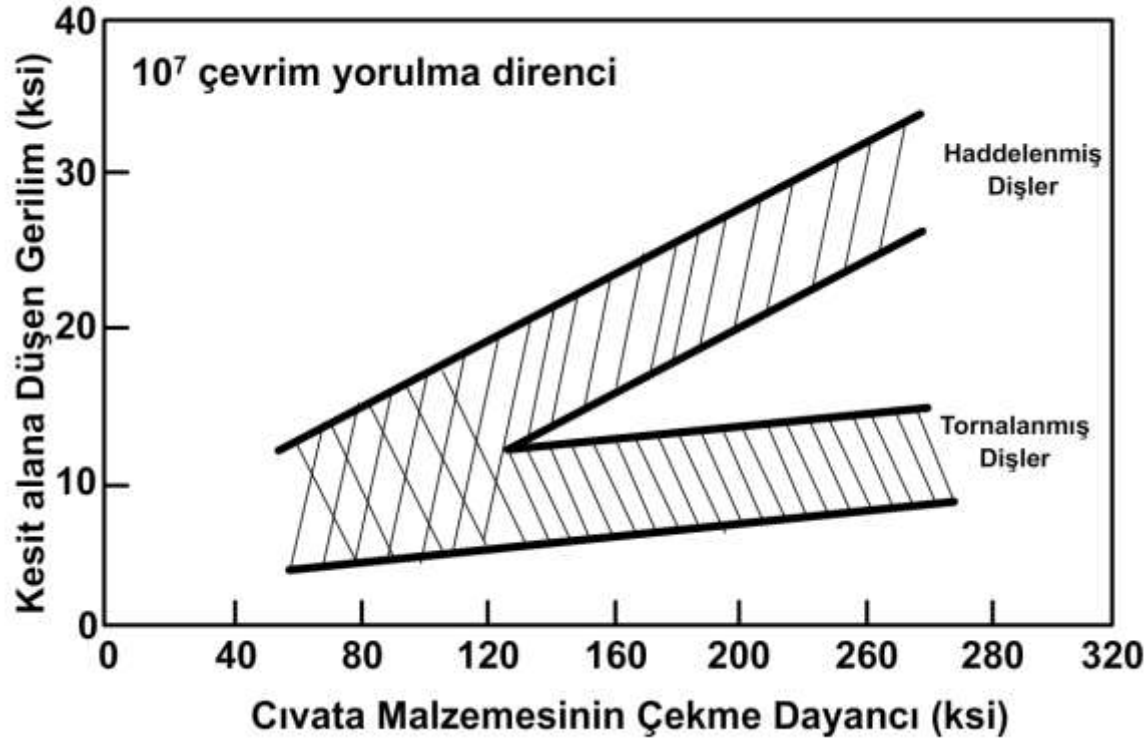
Çekme dayancı

- Genellikle 1000 MPa civarında bir çekme dayancı istenir.



Yüzeyde oluşturulan kalıcı gerilimler

- ❑ Yüzeyde basma gerilimlerinin oluşturulması, yorulma dayancını artıran önemli bir faktördür.
- ❑ Soğuk deformasyon, yüzeyi bilyalarla dövme (shot peening), indüksiyon ile sertleştirme ve sementasyon işlemleri kalıcı gerilim yaratan işlemlere örnek olarak verilebilir.



Dişleri ovalama ve talaşlı imalat ile açılan cıvataların yorulma dayançlarının karşılaştırılması

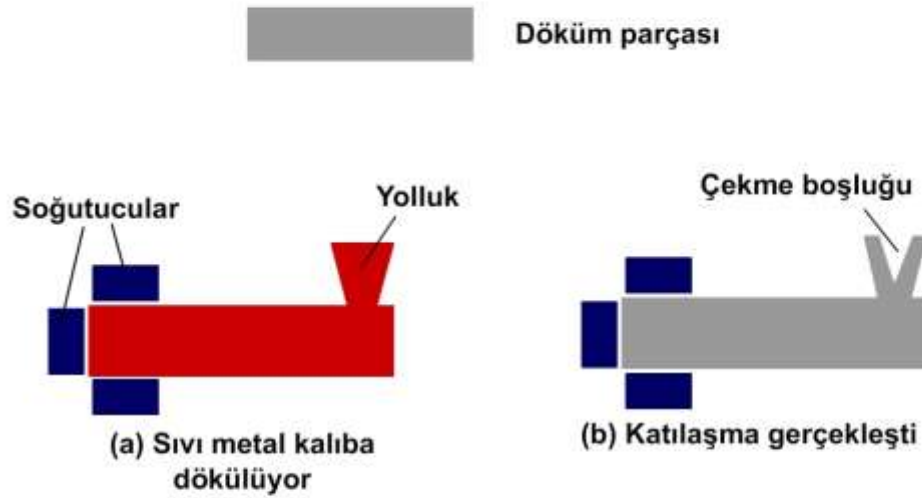


2.2.3. Üretim Aşamasından Kaynaklanan Hasarlar

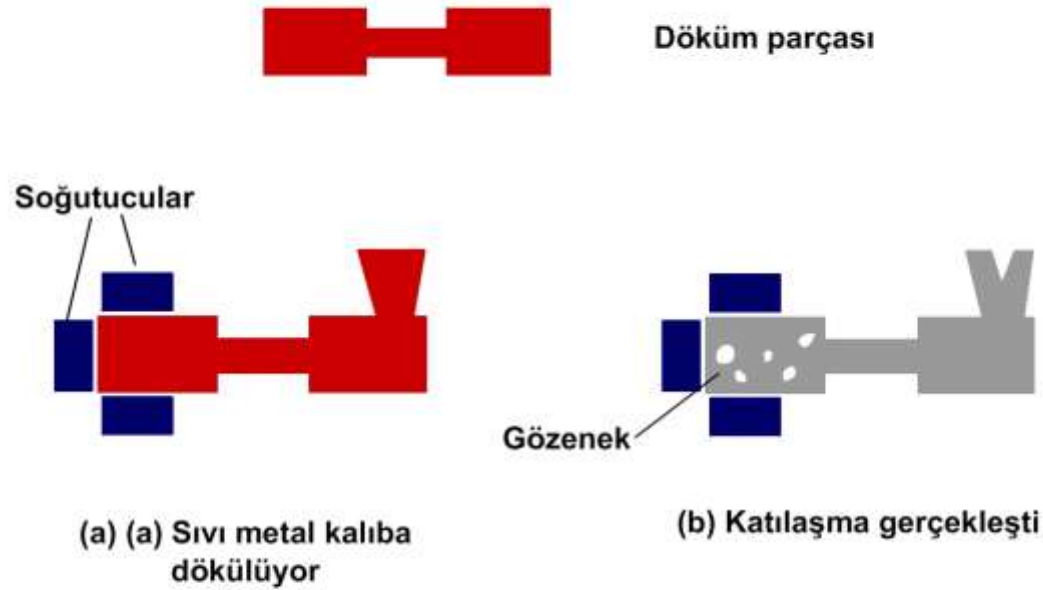
□ Döküm aşamasında

1. Hatalı besleme, yolluk tasarımı
 2. Sıvı metalin gazının alınmaması
 3. Döküm parçanın iri taneli bir yapıya sahip olması
- gibi hatalar en sık yapılan hatalardır ve hasarlanma kaçınılmazdır.

□ Normal bir döküm



❑ Hatalı yolluk tasarımı ve hatalı bir döküm



Döküm ve Dövme Ürünlerin Karşılaştırılması

Döküm parçaların özellikleri:

- ❑ Karmaşık şekillerin kolay ve talaşlı imalat gerektirmeden üretilmesi.
- ❑ Üstün mekanik özelliklere gereksinim duyulmayan uygulamalarda kullanılabilmesi birer avantajdır.

Buna karşın

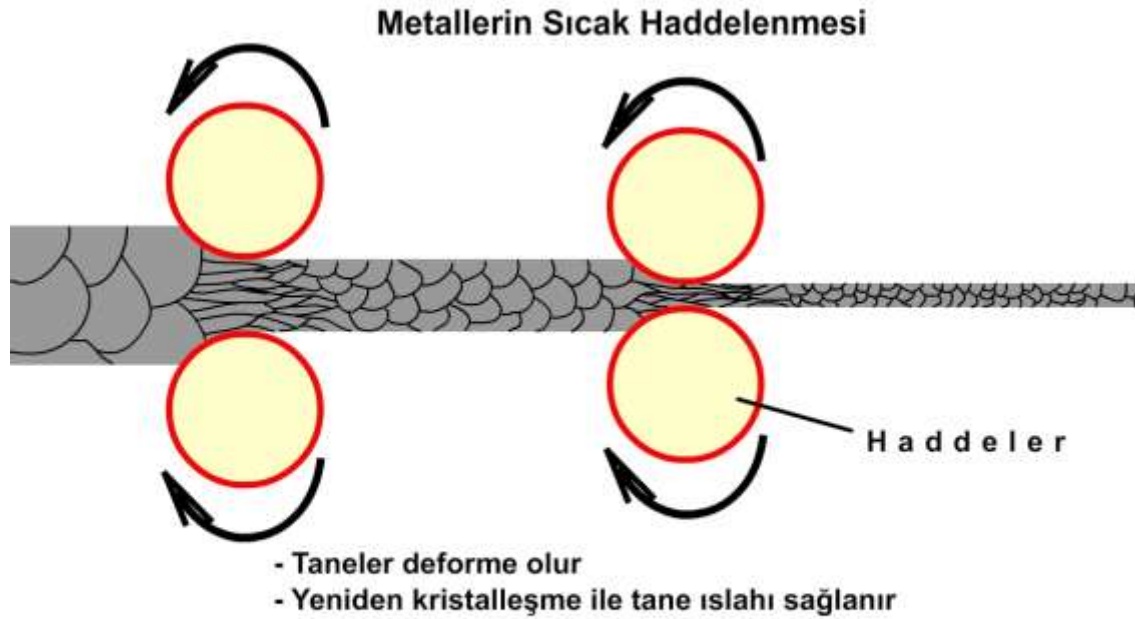
- ❑ Metal-dışı kalıntıların iri olması ve yönlendirilmemiş olması.
- ❑ Tane islah problemi döküm parçaların zayıf yönlerinden bazılarıdır.

Döküm ve Dövme Ürünlerin Karşılaştırılması

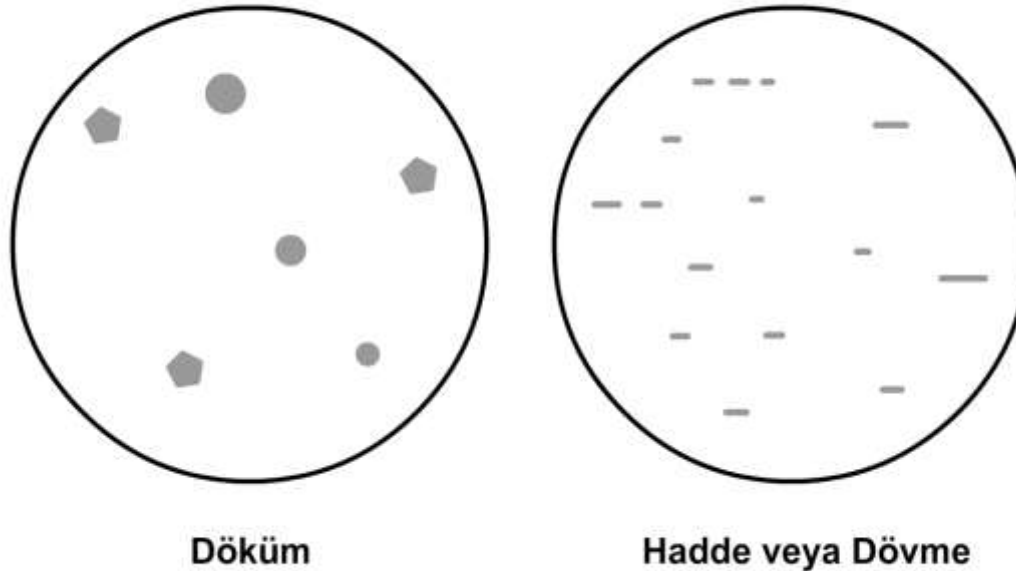
Dövme veya Hadde Ürünler:

- ☐ Daha maliyetli
- ☐ Tane islahı gerçekleştirilir
- ☐ Metal-dışı kalıntılar ufalanır ve hadde yönünde yönlendirilir.

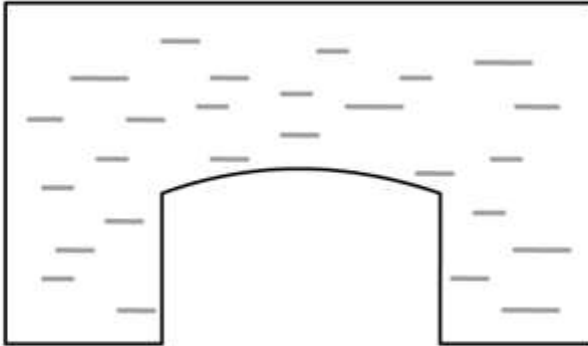
□ Sıcak haddeleme ve tane ıslahı



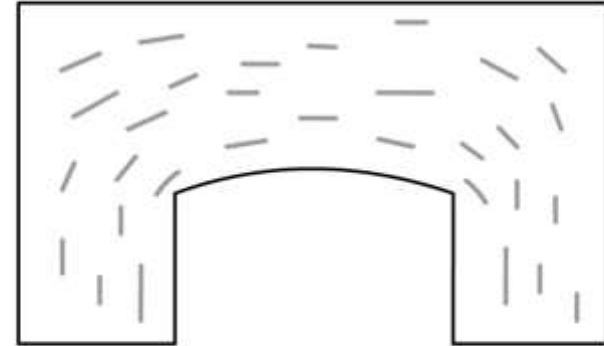
- Dövme ve hadde ürünlerde metal-dışı kalıntıların ıslahı. Metal-dışı kalıntılar ufalanır ve yönlenir.



- ❑ Haddelenmiş bir kütükten talaşlı imalat ile üretim.
- ❑ Dövme işlemi ile üretilen aynı parçada kalıntı yönlenmesi



Talaşlı İmalat



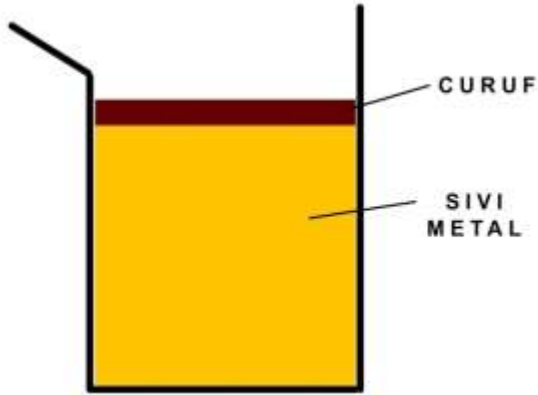
Dövülmüş Parça

Metal Dışı Kalıntılar (Inkluzyonlar)

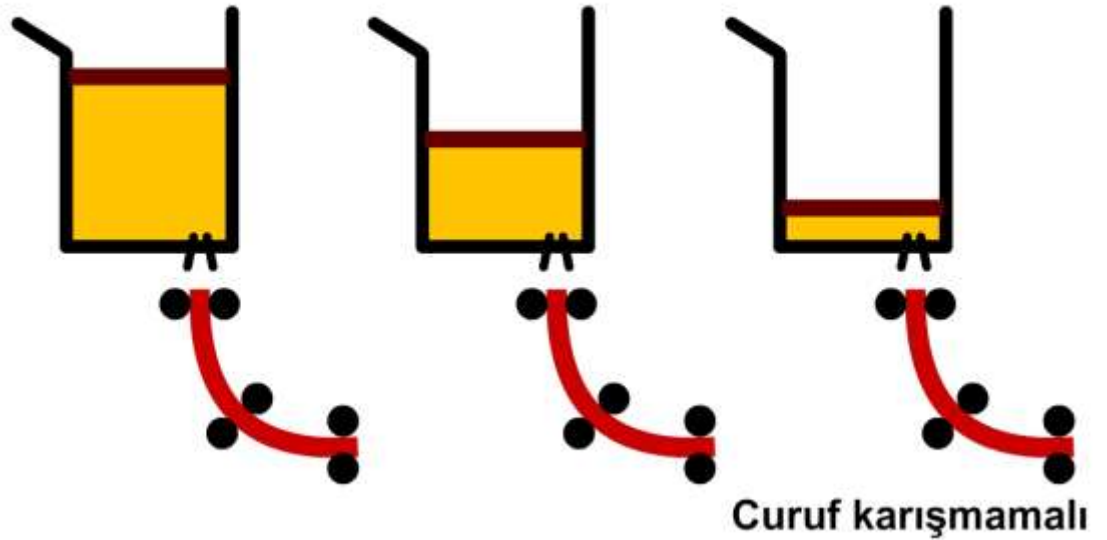
Metal-dışı kalıntıların kaynakları:

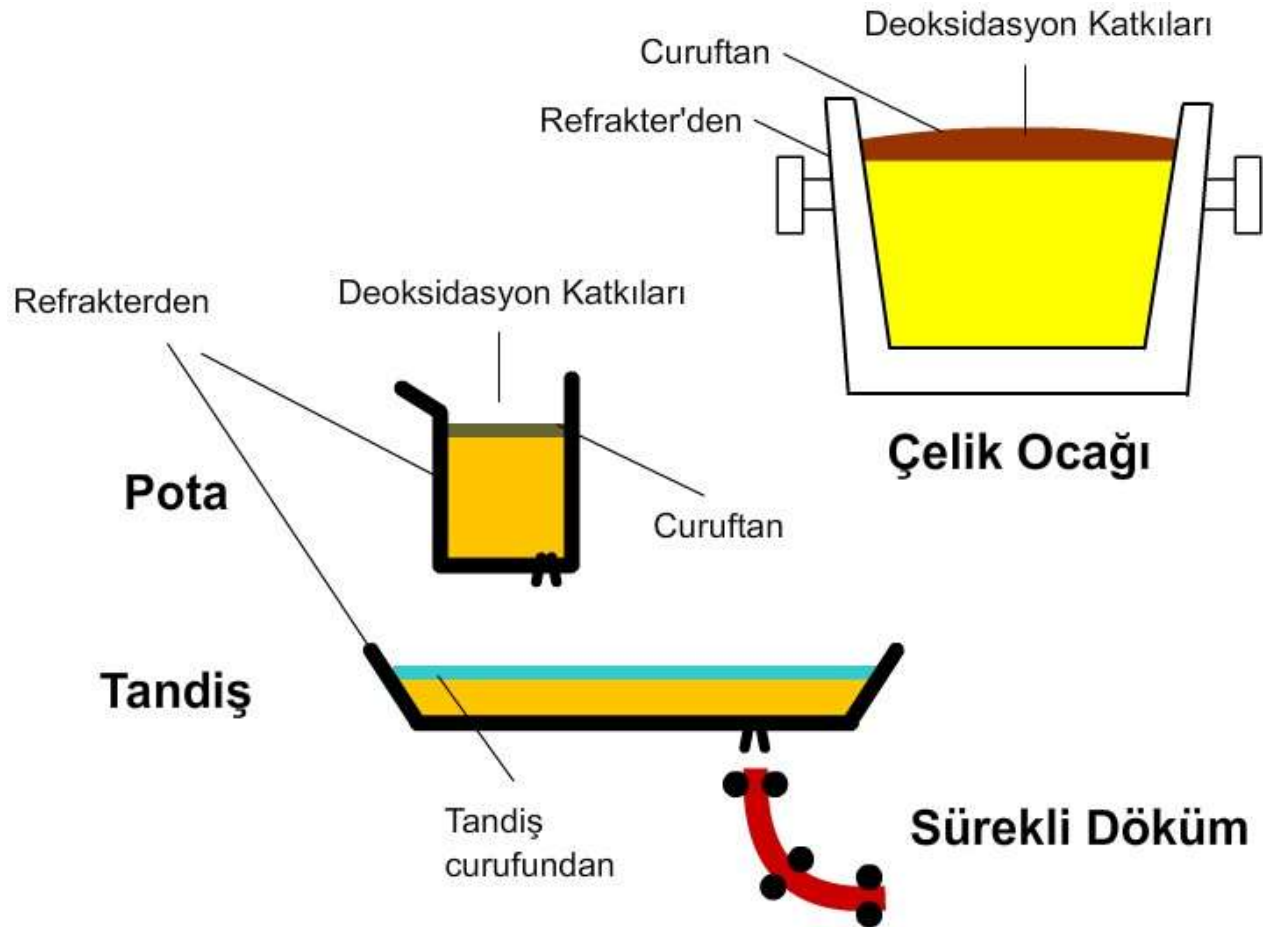
- ❑ Kalıntıların sıvı çelikte oluşumu karmaşıktır.
- ❑ Bazı kalıntılar ocak ve pota refrakterlerinden, bazıları curuftan, bazıları da hava ile temas sonrası oksitlenmeden gelebilir.
- ❑ Sıvı çeliğin içindeki çözünmüş oksijen çeliğin özelliklerini olumsuz etkiler. Bu nedenle alınması gerekir. De-oksidasyon olarak tanımlanan bu işlemde, sıvı çelik içine oksijene demirden daha fazla gereksinimi olan Si ve/veya Al atılır. Böylece ufak SiO_2 ve Al_2O_3 kalıntıları oluşurken oksijen miktarı düşürülmüş olur.
- ❑ Oksijeninin alınma miktarına göre çelikler:
 - Kaynar
 - Yarı-durgun ve
 - Durgun olarak adlandırılırlar.

- ❑ Metal-dışı kalıntılar. Kontinü döküm sırasında curuf sıvı metale karışabilir (törbilans veya döküm işlemini zamanında durdurmamak nedeni ile)



Kontinü Döküm





❑ Çelik içindeki metal-dışı kalıntıların kaynağı karmaşıktır.

- ❑ Çeliğin durgun, yarı-durgun veya kaynar olmasına bağlı olarak çeliğin mekanik özellikleri çok etkilenir. Örneğin derin çekme işlemi yapılacak çeliklerin mutlaka durgun olması gerekir
- ❑ Metal-dışı kalıntıların yorulma özelliklerine etkisi de olumsuzdur.

2.2.5. Isıl İşlem Hatalarının Neden Olduğu Hasarlar

Isıl İşlem Türleri

1.	Gerilim giderme
2	Normalizasyon
3.	Östenitleme
4.	Suverme
5.	Menevişleme
6.	Suverme
7.	Tavlama
8.	Çözündürme
9.	Yaşlandırma
10.	Gerilimli yaşlandırma

❑ Isıl işlem sırasında en sık rastlanan hatalar:

1. Çok yüksek sıcaklığa çıkmak
2. Isıtılması gereken sıcaklığın altında kalmak
3. Çok uzun süre ısıtım işlem yapmak
4. Çok kısa süre ısıtım işlem yapmak
5. Uygun olmayan atmosferde ısıtım işlem yapmak

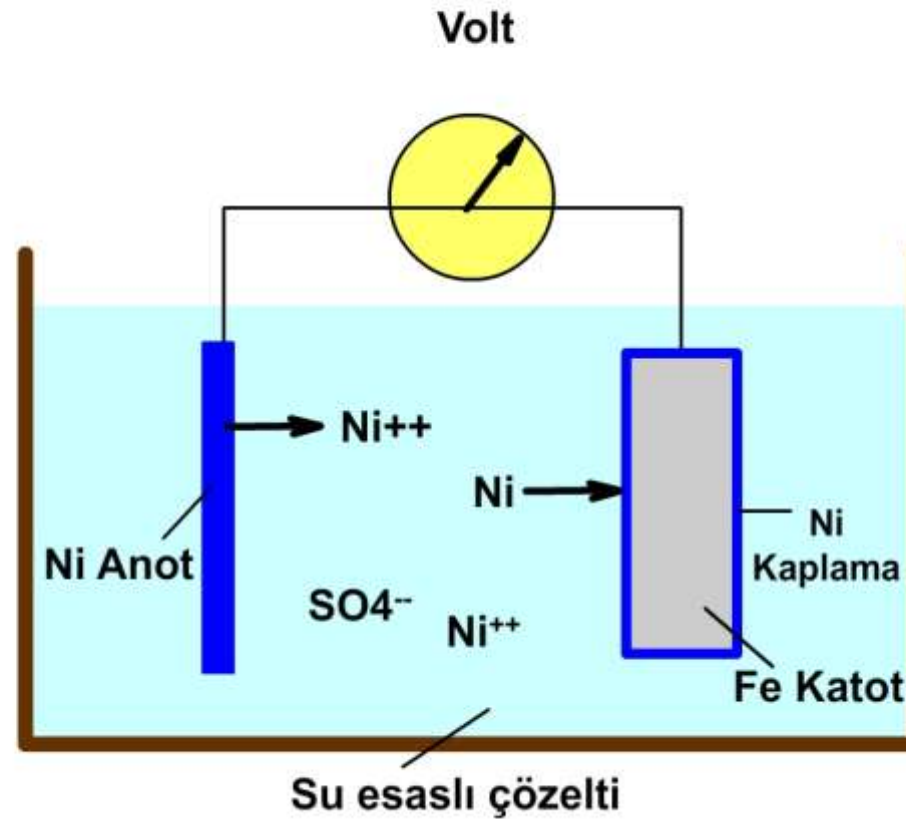
Dolayısı ile sıcaklık (T , °C) ve zaman (t) en önemli iki parametre olarak karşımıza çıkıyor.

Hidrojen Gevrekliği

- ❑ Özellikle yüksek dayançlı çeliklerde görülen bir hata türüdür.
- ❑ İçyapıda hidrojenin atom düzeyinde çözünmesi ile gevreklik oluşur. İleri aşamalarda (gecikmeli olarak) çatlamaya neden olur.

Hidrojen kaynakları:

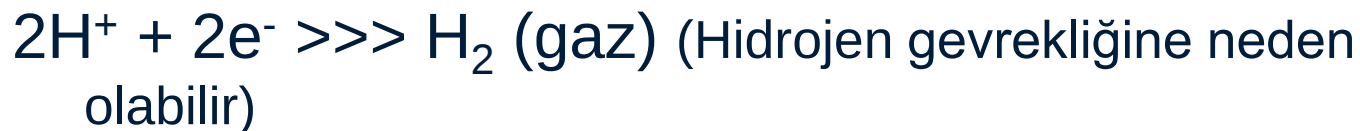
- ❑ Çelik üretimi sırasında kullanılan hammaddeler.
- ❑ Kaynak işlemi sırasında nemli bir madde ile temas (nemli kaynak elektrodu)
- ❑ Elektrolitik metal kaplamada katot üzerinden hidrojen çıkışı
- ❑ Çeliklerin yüzey temizleme işleminde asit+su banyosunda hidrojen gazı çıkışı



❑ Katot tepkimesi:



❑ Ancak



Hidrojen gevrekliği giderilebilir mi?

❑ Bazı durumlarda mümkündür. Örneğin, elektrolitik kaplama sonrası gecikmeden 170°C - 210°C'da 4-5 saat bekletmek gevrekliği giderir.

❑ Hidrojen gevrekliği testi

Gerilimli Korozyon Çatlağı

- ❑ Gerilimli korozyon çatlağının oluşması için üç önemli parametrenin biraraya gelmesi gereklidir:
 1. Çekme gerilimleri
 2. Çatlağa neden olabilecek bir iyon (Cl, F vb.)
 3. Gerilimli korozyona hassas bir malzeme
 - ❑ Örnek olarak Klor içeren bir ortamda östenitli paslanmaz çelik. Çelik kalıcı iç gerilimler içeriyorsa çatlak oluşma olasılığı yüksektir.
- Oluşan çatlağın belirgin özellikleri vardır:
- ❑ Çatlak mutlaka yüzeyden başlar. Bu beklenen bir olgudur, çünkü iyonlar korozyonu başlatmaktadır.
 - ❑ Çatlak çatallı (dallantılı) bir biçimde ilerler.

İç gerilimlerin kaynakları:

- ❑ Üretimden gelen iç gerilimler (soğuk deformasyon, kaynak işlemi, shot peening vb.
- ❑ Servis sırasında oluşan gerilimler (ısınma soğuma döngüsü, aşırı yükleme vb. etkenler.
- ❑ Gerilimli korozyon için çözüm: iç gerilimleri en aza indirmek, ortamdan kimyasal iyonları uzaklaştırmak, veya gerilimli korozyona hassas olmayan bir malzeme kullanmak. Örneğin paslanmaz çelik yerine nikel.

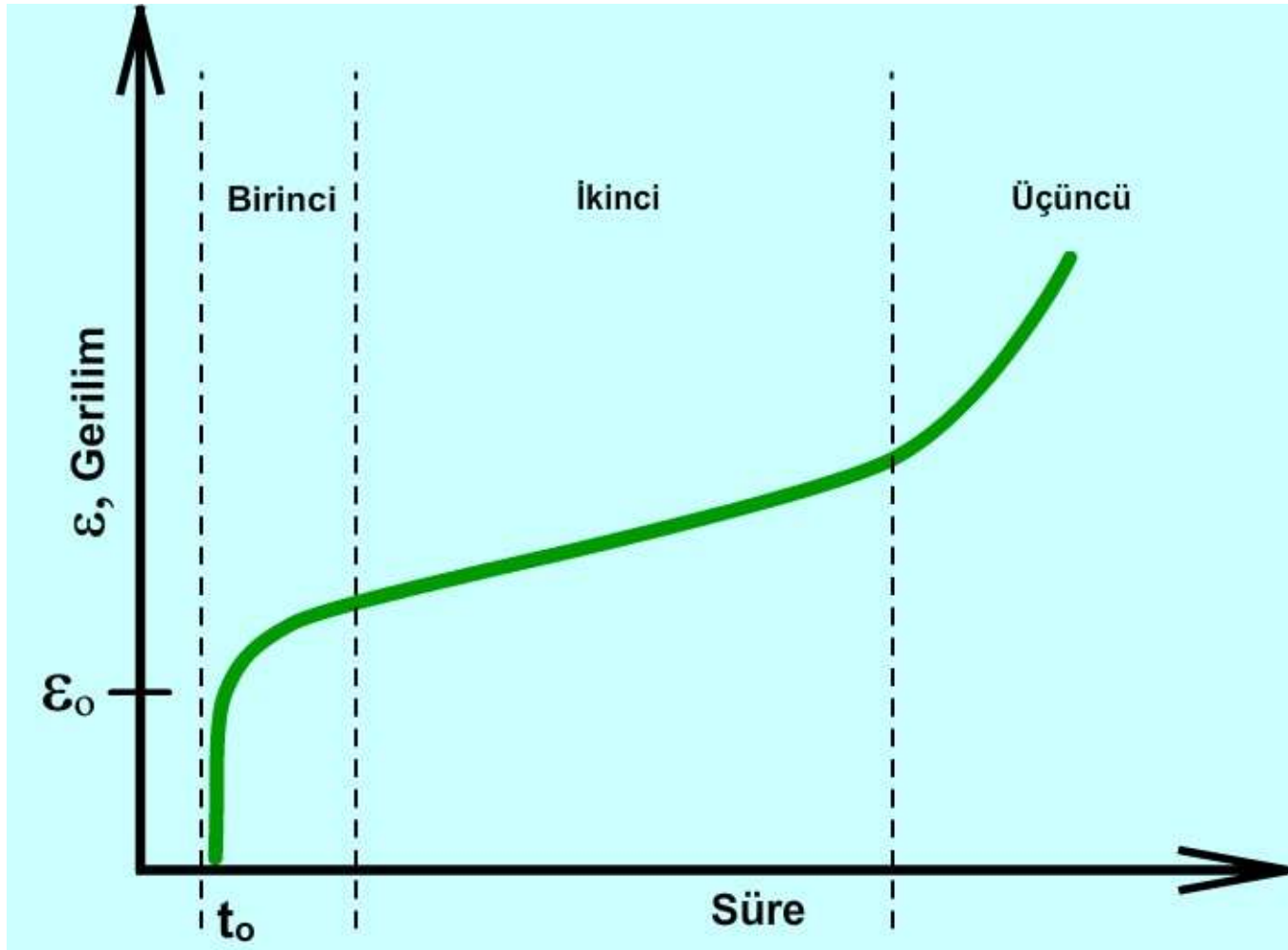
Yüksek Sıcaklık Hasarları

Yüksek sıcaklık farklı mekanizmalarla hasar verebilir:

- ❑ Sürünme (Yüksek sıcaklıkta uzun süreli çalışma)
- ❑ İçyapıda dejenerasyon (kısa süreli çalışma)
- ❑ Termal yorulma
- ❑ Yüksek sıcaklık metal yorulması

Sürünme:

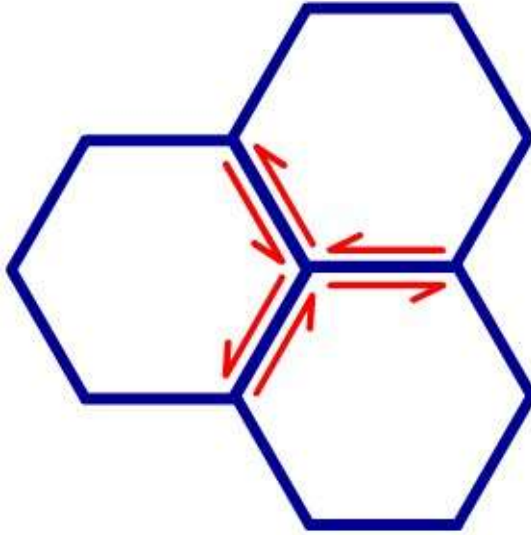
- ❑ Tanım: Yüksek sıcaklıklarda sabit yük altında uzama ve ileri aşamada kopma.
- ❑ Sürünme 3 evrede ilerler:
 - ❑ I. Evre: Sadece atomik düzeyde değişimler oluşur.
 - ❑ II. Evre: İçyapı dejenere olmaya başlar. Tane büyümesi gözlenir.
 - ❑ III. Evre: Tane sınırlarında kayma ve bu bölgelerde gözenek oluşumu gerçekleşir. Gözeneklerin sayısı artar ve kopma gerçekleşir.



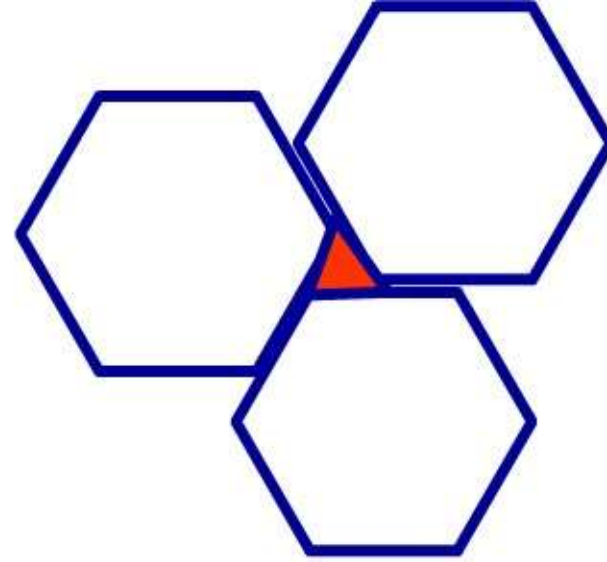
□ Sürünme eğrisi

Malzemelerde Sürünme Hasarı

- ❑ Yüksek sıcaklığa maruz kalan malzemelerde, zamana bağlı değişimler olur. İlk aşamada atomsal düzeyde gerçekleşen bu değişimler, ileri aşamalarda içyapıya yansır ve malzemenin önce dayancının düşmesine daha sonra hasarlanmasına neden olur.
- ❑ Yapısal değişiklikler şu şekilde özetlenebilir:
 - Karbür vb. parçacıkların büyümesi ve birleşmesi.
 - Fazların dejenerasyonu.
 - Tane büyümesi.
 - Tanelerarasında boşluk oluşumu.
 - Boşlukların birleşmesi.
 - Çatlak oluşumu
 - KOPMA



Tane Sınırında Kayma



Gözenek Oluşumu

- Sürünme ile gözenek oluşumu

❑ Termal Yorulma:

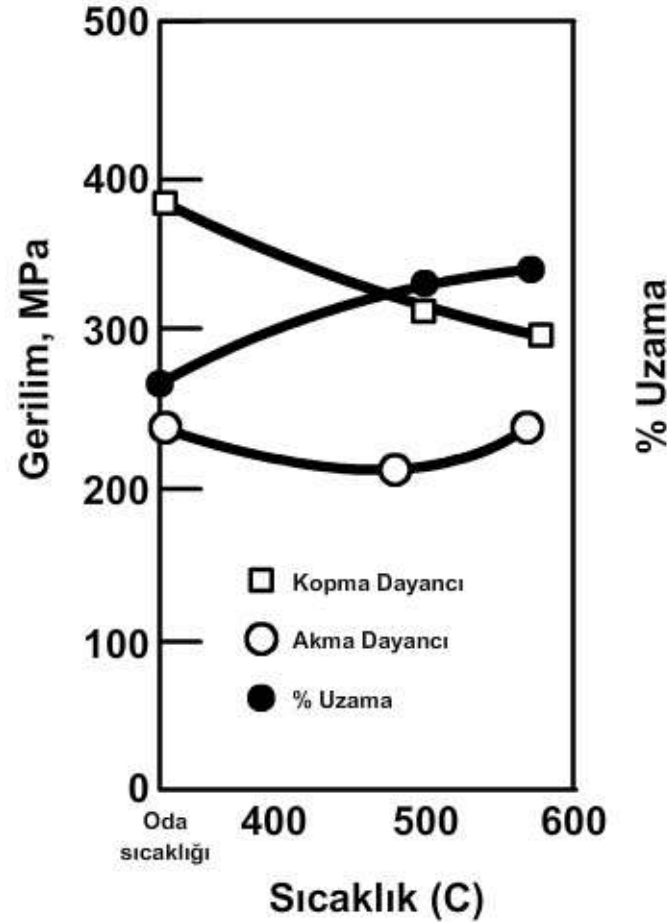
Malzemede çok sık yaşanan soğuma ve ısınma döngüsü ile meydana gelir. Metal yorulması ile benzerdir.

❑ Yüksek Sıcaklıkta Metal Yorulması:

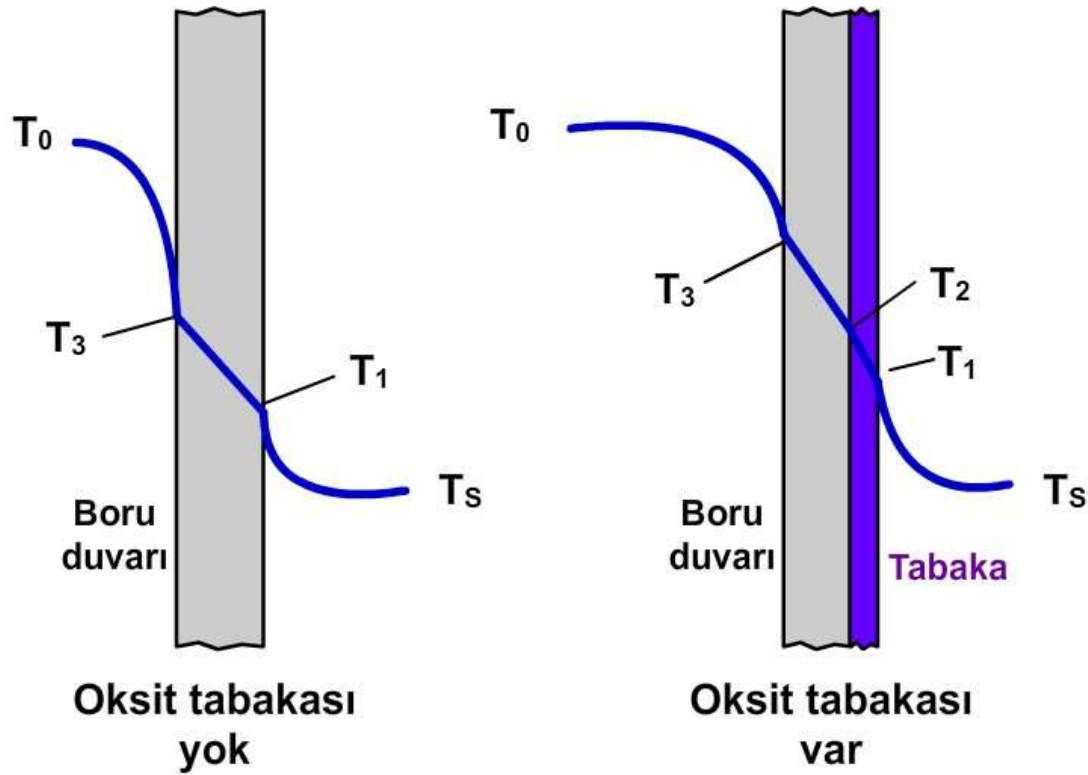
Bir metalin akma ve kopma dayançları yüksek sıcaklıklarda düşer. Buna bağlı olarak çevrimli yük altındaki bir parçada daha erken safhalarda metal yorulması görülebilir.

Yüksek Sıcaklık Hasarlarının Olası Nedenleri:

- ❑ Bir parçanın tasarım sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa çıkması
- ❑ Tasarım sıcaklığında çalışan parçanın çok uzun bir çalışma süresi sonunda ömrünü doldurması.



- 0,2%C çelikte mekanik özelliklerin sıcaklığa bağlı değişimi. Bu durumda, yüksek sıcaklıkta metal yorulmasının görülmesi daha yüksek olasılıktır.



- ❑ Oksit tabakasının biriktiği yüzey nedeni ile boru daha yüksek bir sıcaklığa çıkmaktadır. Böylece, borunun ömrü kısalmakta, erken bir safhada hasarlanmaktadır.