

# Kaynak Dikişlerindeki Sıcak Çatlakların Nedenleri ve Önlenmesi

Selahaddin ANIK  
Prof.Dr., Gedik Eğitim Vakfı

Murat VURAL  
Doç.Dr., İTÜ Makina Fakültesi

## GİRİŞ

Çatlaklar, genellikle iki boyutlu yani düzlemsel uzanan sınırlı malzeme ayrılmalarıdır. Büyüklüklerine göre makro ve mikro çatlaklar, konumlarına göre boylamasına, enlemesine ve uç krater çatlakları, şekillerine göre, dallı, yıldız şeklinde çatlaklar, tane doğrultularına göre taneleriçi veya tanelerarası, oluşum şartlarına göre sıcak çatlaklar, soğuk çatlaklar ve katılma çatlakları, erime çatlakları, büzülme çatlakları, sertleşme çatlakları, hidrojen çatlakları ve lameler çatlak gibi türleri mevcuttur. Ek olarak imalat çatlakları ve servis çatlakları olarak da gruplandırılmaktadırlar. Servis çatlakları da, aşırı zorlama çatlakları ve kaynak süreksizliklerinden doğan çatlaklar olarak alt gruplara ayrılmaktadır.

## SICAK ÇATLAKLAR

### Sıcak Çatlak Türleri

Sıcak çatlaklar, solidüs (katılma) sıcaklığı bölgesinde veya dar katılma aralığında oluşurlar. Nedeni, tane segregasyonu yani katı taneler arasında düşük sıcaklıkta eriyen maddelerin toplanması ve bunların çekme gerilmelerine dayanamayıp ayrılmasıdır. Sıcak çatlaklar daha çok tane sınırları boyunca uzanır; bu nedenle tanelerarası bir yapıdadır (Şekil 1). Şekli ve doğrultusuna göre, hem esas malzemede hem de kaynak metalinde bulunabilen sıcak çatlaklar, kaynak bağlantısında aşağıdaki şekillerde ortaya çıkabilmektedir (Şekil 2).

- Boylamasına çatlaklar
- Enlemesine çatlaklar

- Kaynak metalinden esas metale uzayan çatlaklar
- Uç krater çatlakları
- Kök veya çentik çatlakları

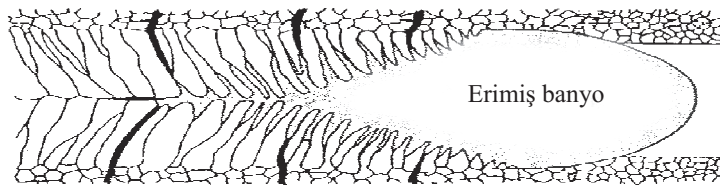
Oluşum mekanizmalarına göre, katılma ve yeniden erime çatlakları olarak gruplandırılırlar.

### Katılma Çatlakları

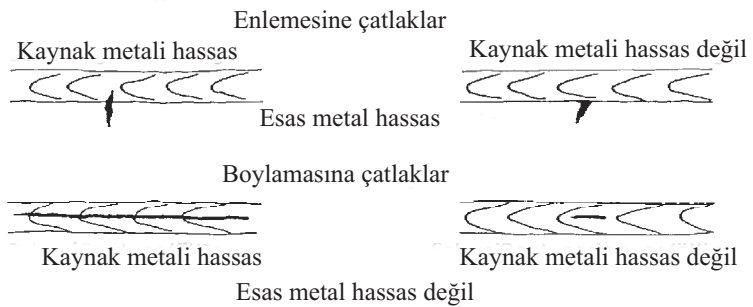
Katılma çatlakları, kaynak metali katılma sırasında oluşurlar. Kristalleşme cephesinin önündeki kalan eriyik, mikro segregasyon nedeniyle, katı tanelere göre daha düşük bir katılma sıcaklığına sahiptir; bu nedenle, oluşan büzülme direnci gösteremez. Katılmanın sonunda, akacak yeterli eriyik kalmadığında bir katılma çatlakları oluşur.

Çeliklerde, düşük sıcaklıkta eriyen yabancı madde oluşumuna yolaçan

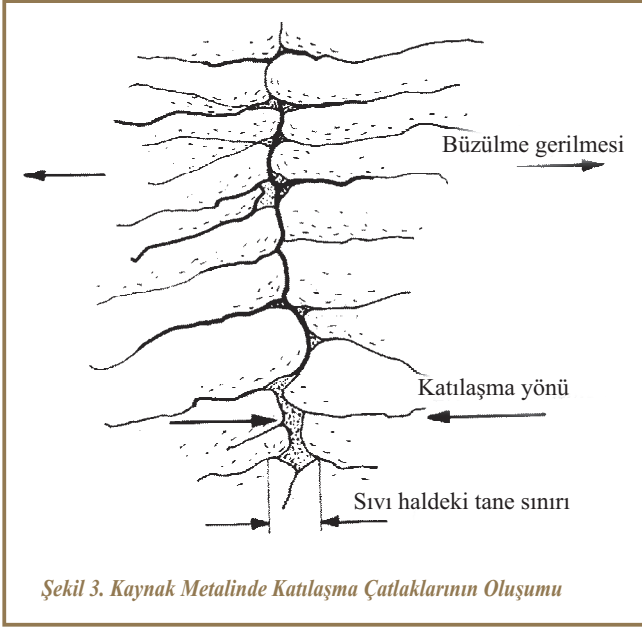
elemanlar, öncelikle kükürt, fosfor ve bazen silikat bileşikleridir. Bu elemanlar, enlemesine çatlakların başlıca nedenleridir. Boylamasına çatlaklara ise, uç krater çatlaklarına göre daha sık rastlanır. Oluşum şartları, enlemesine büzülmenin büyüklüğüne ve kaynak banyosunun geometrisine bağlıdır (Şekil 3). Şekil 4, bir tozaltı kaynak dikişindeki boylamasına çatlakları göstermektedir. Dikişin üst kısmında birbiri üzerinde uzanarak büyüyen primer kristaller, dikiş ortasında, düşük sıcaklıkta eriyen yabancı maddelerce zengin bir tane sınırları bölgesi oluşturur. Uygun bir dikiş genişliği / dikiş yüksekliği oranıyla (Şekil faktörü  $> 1,2$ ) bu tür katılma çatlaklarından kaçınılabilir. Bunun için, düşük akım şiddetinde, geniş bir kaynak ağız açısında ve düşük kaynak hızında kaynak yapılmalıdır.



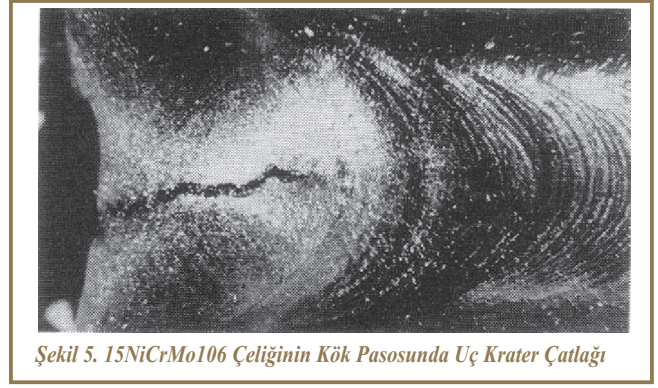
Şekil 1. Katılma Çatlaklarının Oluşum Doğrultusu



Şekil 2. Sıcak Çatlakların Şekilleri



Şekil 3. Kaynak Metalinde Katılaşma Çatlaklarının Oluşumu

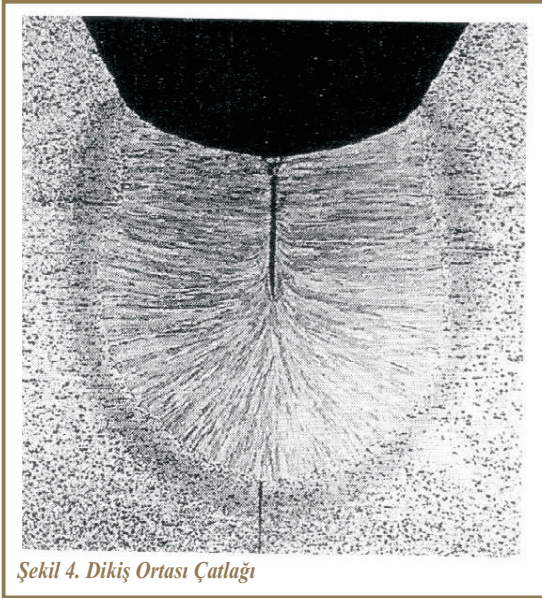


Şekil 5. 15NiCrMo106 Çeliğinin Kök Pasosunda Uç Krater Çatlağı

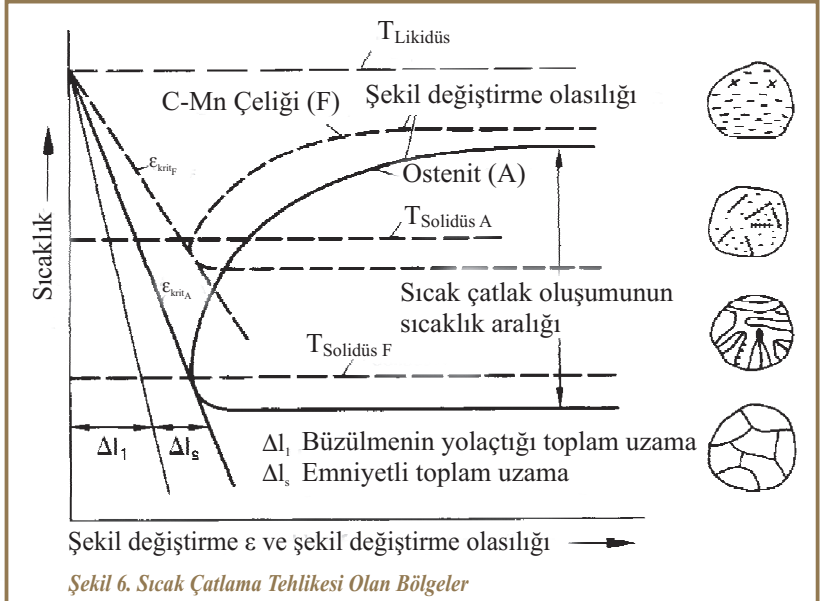
lardır. Bu durumda kaynak ilave malzemesinin uygun seçimiyle, ferritik bir katılaşmış kaynak

göstermektedir. Bir malzemenin sıcak çatlama eğiliminin karakterizasyonu için:

- Sıcak çatlamanın oluşabildiği sıcaklık aralığının büyüklüğü,
- kaynak metalinin kritik sıcaklık



Şekil 4. Dikiş Ortası Çatlağı



Şekil 6. Sıcak Çatlama Tehlikesi Olan Bölgeler

Uç krater çatlakları, genel olarak sıcak çatlama hassas malzemelerde görülür ve bundan kaçınmak için, uzatma levhaları (kaynak dikiş sonuna eklenen ve kaynağın üzerinde devam ettiği levhalar) kullanılması gibi uygun önlemlerin alınması gerekir. Kök çatlakları ise, uygun olmayan dikiş ağız hazırlığı, uygun olmayan dikiş formu ve/veya kaynak dikişlerinin elle uygun olmayan şekilde yapılması durumlarında ortaya çıkmaktadır, (Şekil 5).

Katılaşma çatlağına en hassas malzemeler, ostenitik katılaşmış kimyasallara dayanıklı çelikler ve nikel esashi alaşım-

metali elde edilebilir; bu şekilde sıcak çatlama tehlikesi azaltılmış olur. Zira segregasyona yolaçan elemanlar ferrit içinde çözünebilir ve ostenite göre ısıl genleşme katsayısı daha düşüktür. Ancak bu çözüm, sadece, örneğin korozyon koşulu nedeniyle, kalan ferrit kısmının yapı elemanının kullanılabilirliğinin sınırlanmadığı durumlarda geçerlidir.

Katılaşan kaynak metalinin hiç veya çok az şekil değiştirebildiği bölge, gevrekleşme sıcaklık aralığı ( $T_{is}$ ) olarak tanımlanır. Şekil 6, bu bölgeyi, sıcaklığa bağlı uzama olasılığı grafiği olarak

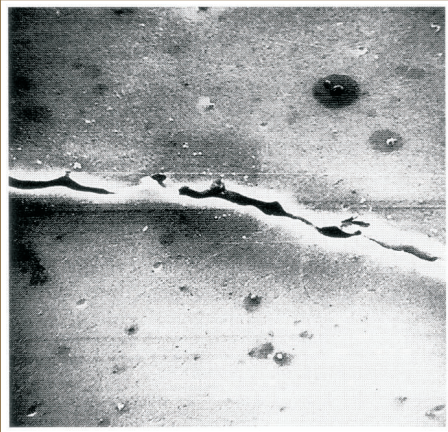
bölgesinde dayanabildiği minimum uzama, ve

- aşıldığında çatlamanın görüldüğü kritik uzama hızı kullanılabilir.

Bu kriterler üzerinde de kaynak metalinin kimyasal bileşimi ve kaynak şartları etkilidir.

#### Tekrar Erime Çatlakları

Tekrar erime çatlakları, tane sınırlarında düşük sıcaklıkta eriyen kalıntılar olan bir malzemenin, çok yüksek sıcaklığa çıkarılarak tane sınırlarının tekrar eritildiği ve soğurken büzülme gerilmelerinin mevcut olduğu durumlarda oluşur.



Şekil 7. Bir Tane Sınırlarında Genişlemiş Sülfür Kalıntıları (x2800)

Bu bölgelerde, erime sıcaklığı çevresindeki matrise göre daha düşük olan tane sınırı fazları veya segregasyon bölgeleri, yerel olarak erir ve soğuma sırasında oluşan büzölmeler nedeniyle sıcak çatlak oluşturur.

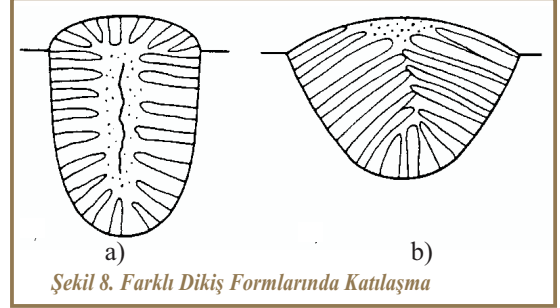
Yapılan çalışmalar, yüksek dayanımlı çeliklerin ITAB'ındaki sülfür kalıntılarının çatlama davranışı oluşturduğunu göstermiştir. Bu çalışmalarda, tane sınırlarındaki çekme gerilmeleri altındaki sülfür kalıntılarının film şeklinde genişlediğini göstermiştir. Bu şekilde, sıcak çatlama için kritik koşullar ortaya çıkmaktadır. Şekil 7, küresel şekildeki kalıntıların tane sınırlarında genişlediğini göstermektedir.

Bu tip çatlaklar, hem ısının tesiri altındaki bölgede (ITAB'da) ve hem de çok pasolu kaynaklarda sonraki pasoların ısı etkisiyle ITAB'ın oluştuğu, eriyen bölgede (kaynak metalinde) ortaya çıkabilir. Genellikle, tahribatsız muayenelerle çok güç tespit edilebilen mikroçatlaklar halinde oluşurlar.

### Sıcak Çatlaklardan Kaçınma

Sıcak çatlaklardan kaçınma, mikro segregasyonun sınırlanmasıyla mümkündür:

- Küçük solidüs-likidüs sıcaklık aralığı (Alaşım türü, esas veya ilave malzemenin saflık derecesi),
- Uygun ilave malzeme kullanılarak, sıcak çatlama yol açan bileşenlerin bağlanması (Örneğin çelikte mangan ile kükürtün bağlanarak MnS oluşturulması),
- Toplam primer tane sınırları yüzeyinin büyütülerek ve sıcak çatlama oluşturan tane sınırları filminin küçütülerek kaynak banyosunda ince taneli bir kristalleşme oluşturulması. Mümkün olduğu kadar küçük pasolar halinde kaynak yaparak, ısı girdisi ve kaynak metalinin kendini çekmesi ve esas metalde oluşan ITAB'ın küçütülmesi gerekir (Şekil 8),



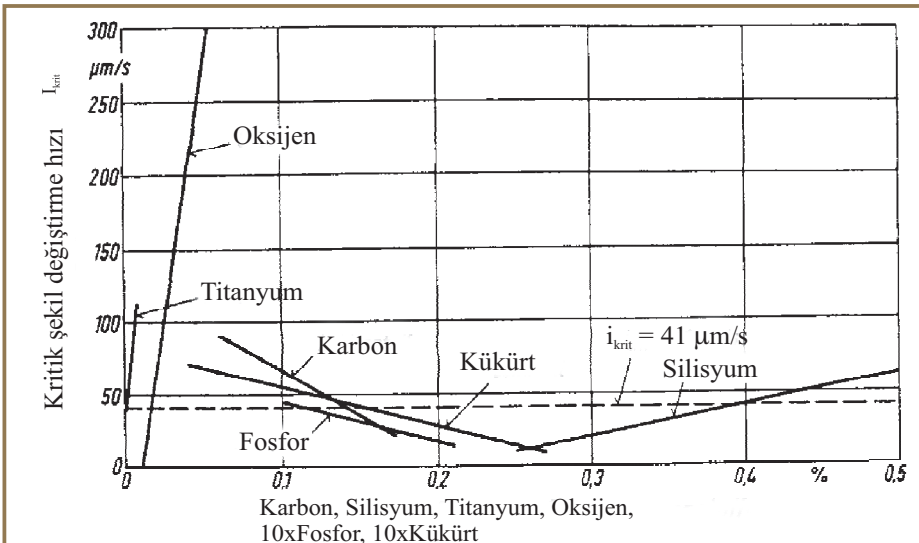
Şekil 8. Farklı Dikiş Formlarında Katlaşma

- Kaynak banyosunun düşük segregasyonlu katlaşmasının sağlanması (Örneğin dikiş ortasında kristalitlerin yönelmediği toplam büyümeye sahip küçük kaynak banyosu),
- Kaynak sırasının uygun seçilmesiyle ve katı yapışmalardan veya iç gerilmelerden kaçınılması, mümkün olan en düşük büzölme gerilmelerinin oluşturulması,
- Sıcak çatlama hassas malzemelerde, uç krater çatlaklarından, uzatma levhaları kullanımıyla kaçınılabılır. Bu mümkün değilse, uç kraterinin taşlanması gerekir.

Şekil 9, değişik elemanların sıcak çatlama oluşturma eğilimlerine etkisini göstermektedir.

## KAYNAKÇA

- Ank, S. und Dorn, L., "Schweisseignung metallischer Werkstoffe", DVS-Verlag, Band 122, 1995, Düsseldorf.
- Ank, S., Ank, E.S. ve Vural, M., "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi", Birsen Yayınevi, 2000.
- Killing, R., "Angewandte Schweissmetallurgie-Anleitung für die Praxis", DVS-Verlag, Band 113, 1996, Düsseldorf.
- Probst, R. und Herold, H., "Kompendium der Schweisstechnik-Band 2: Schweisstechnik", DVS-Verlag, Band 128/2, 1997, Düsseldorf.



Şekil 9. Önemli Elemanların Sıcak Çatlama Eğilimine Etkileri Malzeme Analizi: % 0,14 C, % 0,40 Si, % 1,5 Mn, % 0,011 P, % 0,015 S, % 0,017 O<sub>2</sub>; Kritik Şekil Değiştirme Hızı: 41 µm/s