ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞINA GİRİŞ

GENEL MÜLÂHAZALAR

En uygun kaynak yönteminin ve buna bağlı olarak da ilâve metal (elektrod, kaynak teli) seçiminde dikkate alınacak hususlar aşağıda sıralanmıştır:

— ana metalin bileşimi

— parçaların kalınlığı ve varsa, kalınlık farkları

— elde bulunan donanım

— kaynak edilecek parçanın çalışma koşulları (korozyon, mekanik mukavemet, yorulma, sıcaklık, sızdırmazlık)

— görünüm gereksinmeleri (renk, dikişlerin pürüzlülüğü)

— nihaî işlemler (anodik koruma, boya vb...).

Alüminyumun birleştirilmesi için sürece göre pratik sıra

Birleştirme süreci	Minimum kalınlık (mm)	Max. kalınlık (mm)
MIG	1,6	sınırsız
TIG	0,5	25
Oksi-asetilen	0,8	25
Örtülü elektrod	3,0	25
Direnç nokta	folio	4,75
Direnç dikiş	0,25	4,75
Basınç alım	0,4	20 cm^2
Basınç bindirme	folio	6
Ultrasonik kaynak	folio	3
Elektron huzme	0,6	160
Sertlehimleme	0,15	Sınırsız (ön ısıtma)

Başarılı bir kaynağın, öbür metallarda da olduğu gibi, en önemli ve kaçınılmaz koşulu, ana metalin bileşiminin bilinmesidir.

Alaşım cinsinin saptanması

Eldeki ana metalin bileşimi, kayıtlardan bilinemiyorsa, atölye ölçeğinde yardımcı malzeme ile saptanabilir.

Magnezyum alaşımlarını alüminyumunkilerden ayırdetmek için, eğe ile elde edilmiş tozlar ya da tezgâhtan elde edilen ince talaşlar, herhangi bir dekapan ilâve edilmeksizin üfleçle ısıtılır; magnezyum alaşımı tozu şiddetli ışık saçarak yanar, alüminyum alaşımınki ise yanmaz.

Yine dekapan ilâve edilmeden Silumin ısıtıldığında, içerdiği silisyumdan ileri gelen açık parlak lekeler arzeder;

Çeşitli alüminyum alaşımlarını ayırdetmek için dağlama yöntemi en uygunu olmaktadır:

Malzemenin parlak raspalanmış bir yerine % 20'lik (80 kısım suda erimiş 20 kısım soda-sodyum hidroksit) bir soda eriyiğinden birkaç damla damlatılır; bu, 2 ilâ 10 dak. içinde etkisini gösterir ve suyla temizlenir. Bakır içeren alaşımlar bu dağlama yerinde belirgin bir kararma arzeder; bakırsız bileşimler ise hafif kır(gri)'den kestane rengine kadar değişen renk alır; saf alüminyum beyaz, Silumin de kır-esmer (kestane) olur. Sair ayırdetme olanakları yukardaki tabloda gösterilmiştir

Kaynakta yüksek ısı iletkenliğinden ileri gelen sorunlar bakır ve alaşımlarınkinden aynıdır.

Bu arada, hafif metallerin, özellikle sıcakta, kuvetli oksijen messetme (emme) eğilimi kayda değer. Her ne kadar koruyucu oksit tabakası korozyon açısından faydalı olmakta ise de, metalinkinden çok yüksen 2050°C sıcaklıkta ergiyen bu tabaka, kaynak sırasında ergiyen metalin kaynaşmasını engeller, dolayısiyle kaynak işlemini önemli ölçüde güçleştirir. Oksit tabakası gaz ergitme kaynağında dekapan aracılığıyla kimyasal olarak, basınçla kaynakta mekanik olarak ve koruyucu gaz kaynağında arkın kendisi tarafından tahrip edilir. Hafif metalları havanın rutubetine ve asit ve eriyiklerin kimyasal etkilerine karşı daha dayanıklı kılmak için bunlara dekapajla özel bir yüzey koruma tabakası verilir. Alüminyum ve alaşımlarında *Eloksal* adıyla bilinen elektrokimyasal bir yüzey oksidasyonu yöntemi kullanılır. (*) Bu koruyucu tabaka, ergime kaynağı sırasında dekapan tarafından çözüldüğünden bu tür yüzey işlemlerinin kaynaktan sonra yapılması önerilir. Gerçekten Eloksal kabul etme kabiliyeti veya bu yöntemle elde edilebilen renk tonları, malzemenin durumu ile kaynak yönteminden etkilenir. Homogen hafif metal alaşımları, sadece iyi Eloksal kabul etme kabiliyetinde olmakla kalmayıp ayrıca kaynak yerlerinde en az renk farkı arzedinlenlerdir. Homogen olmayan alaşımlarda bu tür renk farkları segregasyonların inceliğine bağlı olur ki kaba segregasyonlar, çevrelerinden daha koyu görünürler.

	Cinsi	% 20 soda eriyiki ile dağlama	Aşağıdakilerle muamele edilmiş soda eriyikiyle dağlanmadan sonra		Dağlamasız kadmium sulfat eriyiki(*) ile muamele
			% 5 klorhidrik asit	% 30 nitrik asit	
	Saf alüminyum	Beyaz dağlama	Değişme yok	Değişme yok	Atak yok veya zayıf atak
Al ve Al alaşımları	Al-Cu	Kararma	Kararma kalır	Kararma kaybolur	Grimsi tortu
	GAl-Zn-Cu	Kararma	Kararma yer yer açılır		
	Al-Cu-Ni	Kararma	Kararma kalır		
	Al-Si	Gri-kestane renk alır	Renklenme kalır	Renklenme kalır	Atak yok veya sadece zayıf atak
	GAl-Si-Cu	Kararma	Kararma kalır	Kararma kısmen kaybolur	
	Al-Mg-Si	Gri-kestane renk alır	Renklenme kalır	Renklenme kalır	
	Al-Mg	Beyaz dağlama	Değişme yok	Değişme yok	Grimsi tortu
Mg alaşımı	Mg-Al	Atak yok	Kuvvetlice atak	Kuvvetlice atak	Grimsi tortu

(*) Kadmium sülfat eriyiki = 5 gr kadmium sulfat + 10 gr sofra tuzu + 20 cm^3 konsantre klorhidrik asit + 100 cm^3 su.

Alüminyum alaşımları için başlıca seri imalâtta MIG ve TIG kaynaklan,öbür kaynak yöntemlerinin yerine yerleşmişlerdir. Bunlar optimum kaynak kalitesi ve asgari distorsiyon sağlarlar ve dekapan gerektirmezler. Bunun sonucunda kaynaklı birleşmelerin zor erişilebilir yerlerle tamamen ulaşılamaz iç bölümlerinde bir potansiyel korozyon membaı olabilecek dekapan artığı bulunmayacaktır. Bunun dışında kaynak bütün pozisyonlarda yapılabilir şöyle ki herhangi bir sarkma ,bahis konusu olmaz.

Görüş iyi olup ark çevresindeki gaz zarfı şeffaf, kaynak banyosu temiz olur. Alüminyum alaşımlarının çoğunluğu hem MIG, hem de TIG yöntemiyle kaynak edilebilip kaynak kabiliyetleri, bu her iki yöntem karşısında esas itibariyle aynıdır. En çok kullanılan alaşımlar aşağıdaki tabloda, kaynak kabiliyeti sırasına göre, dizilmişlerdir.

(*) Bu yöntemle Al veya hafif alaşımlar üzerine sert ve korozyon yapmayan bir oksit filmi oluşturulur. Kromik ya da sülfürik asit içeren bir elektrolitik küv içinde alüminyum anod olur.

MIG ve TIG yöntemleriyle(*) alüminyum alaşımlarının kaynak kabiliyeti.

Kolaylıkla kaynak edilebilenler

Şekillendirilebilir alaşımlar:

Saf alüminyum, EC, 1060, 1100

2219

3003, 3004

5005, 5050, 5052, 5083, 5086, 5154, 5254, 5454, 5456, 5652

6061, 6063, 6101, 6151

7005, 7039

Döküm Alaşımları: 43

Çoğu uygulamada kaynaklanabilenler

(Bazı uygulamalarda özel teknikleri gerektirebilir)

Şekillendirilebilir alaşımlar: 2014, 4032

Döküm alaşımları:

13, 108, A108

214, A214; B214, F214

319, 333, 355, C355, 356

A612, C612, D612

Sınırlı kaynak kabiliyetliler

(Özel teknikleri gerektirirler)

Şekillendirilebilir alaşım: 2024

Döküm alaşımları: 138, 195, B195

Kaynağı tavsiye edilmeyenler

Şekillendirilebilir alaşımlar: 7075, 7079, 7178

Döküm alaşımları: 122, 142, 220

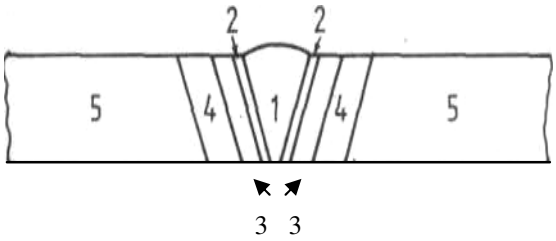
Şekillendirilebilir alaşımlar arasında gaz korumalı ark süreçleriyle en büyük kolaylıkla kaynak edilebilenler, ısıl işlem kabul etmez lxxx, 3xxx ve 5xxx serileridir. 6xxx serilerindeki ısıl işlem kabul etmeyenler de kolayca kaynak edilebilirler. 4xxx ile yüksek mukavemetli serilerinin ve ısıl işlem kabul eden 2xxx serilerinin alaşımları da arkla kaynak edilebilirlerse de özel tekniklerin uygulanması ge rekebilir ve biraz alçak süneklik elde edilebilir. Yüksek mukavemetli, ısıl işlem kabul eden 7xxx serilerinden 7075, 7079 ve 7178 alaşımları kaynak

(*) Şekillendirilebilen alaşımlar burada Aluminum Association'in işaretlemesiyle, döküm alaşımları da Alcoa'nınkilerle gösterilmiştir.

edilebilir ama bunların IEB'leri gevrek olur; dolayısiyle de bunlara kaynak vurulması tavsiye edilmez. Buna karşılık 7005 ve 7039 alaşımları kaynak için özel olarak geliştirilmiş olup bunların kaynak kabiliyetleri iyidir. 7005 ile 7039 alaşımları, kaynakların yüksek mukavemetli olmalarının gerekli olduğu büyük konstrüksiyonlar için özellikle ilginçtir şöyle ki dikişler, kaynaktan 30 ilâ 90 gün sonra, ısıl işlem görmüş ana metal mukavemetinin (kaynak ilâve metalinin kimyasal bileşimine göre) % 70 ilâ 90'ına doğal olarak yaşlandırılacaklardır.

Kaynak ısısı yoğurulma sertleşmesinin etkilerini kısmen veya tümden yok eder; bunun sonucunda, bir ısıl işlem kabul etmez alaşımda kaynağın IEB'sinin akma sınırı, tavlanmış alaşımınkini aşmayabilir. Alçak mukavemetli bölgenin boyutu başlıca kaynak hızı ile yoğurulma sertleşmesi miktarına bağlı olacaktır. Genel olarak kaynaklar iyi bir birleştirme randımanı ve süneklik arzederler.

Kaynaklı halde ısıl işlem kabul eden orta ve yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarının birleştirme niteliklerinin azalmasının nedeni, ana metaldan başka, dört farklı bölgenin mevcut olması olup bunların etkilerini yok etmek zordur (Şekil: 155). Bölge 1 ve daha büyük ölçüde bölge 3, ısıl işleme cevap vereceklerdir; mamafih fazla ısıtma etkisi Bölge 2'de kalacaktır. 6xxx ve 7xxx serileri alaşımları kaynak edildiklerinde, sıcakta çatlama vaki olabilir (özenle denetlenmiş kaynak süreçleri bunu asgariye indirebilir veya tamamen ortadan kaldırabilir.)



Şekil: 155 — Kaynağın, ısıl işlem kabul eden orta ve yüksek mukavemetli alaşımları etkileme şekli. .1. kaynak metali; 2. dar "fazla ısınmış" nüfuziyet bölgesi (kısmî ergime); 3. eriyik işlemli bölge; 4. sıcaklıkların 200-300°C'a vardığı IEB, burada eriyebilir bileşenler bu nedenle büyük ölçüde çökelirler (fazla yaşlanma) ve yumuşama vaki olur; 5. sıcaklığın 200°C'ı geçmediği ve kaynak işleminin etkisiz olduğu ana metal.

2xxx serileri (2219 AlCu 6.3 hariç) bu tür etkiye daha yatkın olup bu nedenle bunlar normal olarak ergime kaynağına önerilmezler. Bu kusurların kritik boyutların altında olmaları kaydıyla statik birleştirme mukavemeti üzerinde etkileri az olacaktır; ama muhtemelen bu etkiler, yorulma yüklemeleri veya gerilme korozyonu ortamlarında daha anlamlı olurlar.

Bölge 2'de fazla ısıtma etkisi, kaynak ısısının ana metal içinde tane sınırı bileşenlerinin ergime noktasını aştığından vaki olur. Bölge 3 ile 4, ısıl işleme cevap vereceklerdir. Bölge 5, kaynak ısısından etkilenmemiş ana metali temsil eder.

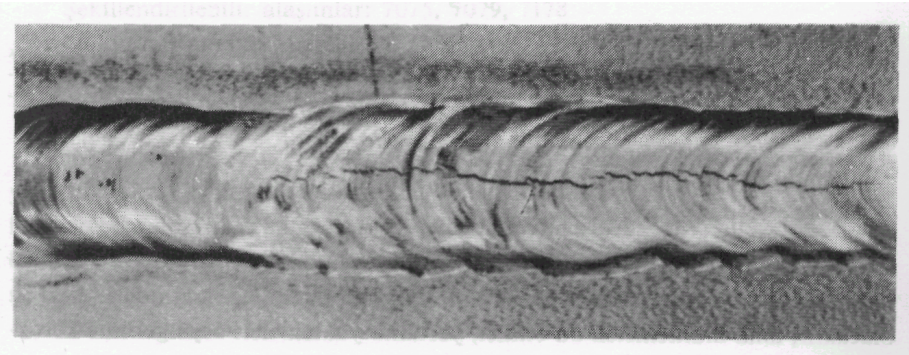
Isıl işlem kabul eden alüminyum alaşımlarında, 2xxx tipi dahil, elektron huzmesi kaynağı daha uygundur şöyle ki sonraki kaynak ve IEB, MIG veya TIG kaynağındakilere göre çok daha

dar olurlar.

Isıl işlem görmü bir alaşım (T4 veya T6) arkla kaynak edildiğinde kaynaklı halde mukavemeti, T4 koşulunda kaynak edilmemiş alaşımınkinden hafifçe az olur. Bu mukavemet azalması, IEB'nin göreceli zayıflığına bağlanır. Isıdan etkilenmiş bölge (IEB) normal olarak, kaynağa bitişik bir eriyik tavlaması görmüş malzeme alanından, bir kısmî tavlanma görmüş alandan ve bir de fazla yaşlanmış alandan ibaret olur. Ana metalin yüksek, IEB'nin de alçak muakvemetli olmaları dolayısiyle, T6 koşulunda alaşımların dikişleri,kaynaklı halde düşük bir birleştirme randımanı arzedip çoğu kez de süneklikten yoksun olur. Kaynaktan sonra eriyik ısıl işlemi ve yaşlandırma, mukavemetin çoğunu iade edebilirse de süneklikten yana az bir iyileşme görülür. Sadece kaynak sonrası yaşlanma ile, bazı ısıl işlem kabul etmez alaşımlarınkilere göre mukavemet daha yüksek olmayabilir, süneklik de daha aşağıda kalabilir. Kaynaklı konstrüksiyonlardan optimum nitelikler elde etmek için, tavlanmış koşulda kaynak edip sonradan eriyik işlemi ve yaşlandırma uygulaması yeğlenir.

Tavlanmış koşulda ısıl işlem kabul eden ve etmeyen kaynaklı ve kaynaksız alaşımların mukavemetleri arasında az fark olur.

Dökme a/aşımlar'm çoğu gaz korumalı ark kaynağı ile birleştirilebilip tamir edilebilirler.



Şekil:156

Sıcak çatlama, birçok halde alüminyum kaynak metalinde görülen bir kusur olup (Şekil 156) başta alaşımın buna eğilimi olmak üzere çekme (büzülme) gerilimi, kaynak sırasında birleşme yerinin tespit edilmesi gibi nedenlerden ileri gelir. Normal olarak sıcak çatlak saf alüminyum veya ötektik bileşimde terk edilmiş metalda (kaynak metalinde) vaki olmaz.

Bir ilâve metal kullanıldığında, terk edilen kaynak metali, ilâve metalla ana metalin bir karışımından oluşur. Bu karışımın (alaşımın) nitelikleri, birleştirme-ninkilerini geniş ölçüde saptayacaktır. Mukamevet, süneklik, kaynak çatlamasına direnç, korozyona dayanım, ısıl işlem kabul edebilme ve sair nitelikler, ilâve metalin karışma derecesi(*) tarafından büyük ölçüde etkilenirler.

Ana metalin ergime miktarı ve ilâve metalla karışması, birleştirmenin tasarımı, kullanılan kaynak süreci ve yöntemine bağlı olup kaynakta çatlama eğilimi genellikle ana metal karışmasını asgaride tutarak azaltılır. Uygun ilâve metalla V kaynak ağzı mutat olarak (küt alın kaynağına göre-daha az karışma derecesi), özellikle ısıl işlem kabul eden Al alaşımı ana metalla,

kaynak sırasında dikiş çatlamasına daha az eğilimle sonuçlanır.

Alüminyumun kaynağında ilâve alaşımın seçimi, dikiş çatlamasını yok etmede önemli bir etken olmaktadır. Çatlama genellikle, ana metaldan daha yüksek alaşımlı ilâve metal kullanmakla asgariye indirilebilir. Örneğin 6061 alaşımı, 6061 ilâve metalla kaynak edildiğinde çatlamaya fevkalâde hassas olur; ama % 5 Si içeren 4043 ilâve metalla kolayca kaynak edilir. 4043'ün avantajı, üzerinde kullanıldığı mutat ana metallardan daha aşağı sıcaklıklarda ergiyip katılaşmasıdır. Bu nedenle, ana metal bir miktar soğuduktan sonra plastik halde kalır ve çatlamayı mucip olabilen büzülme gerilmeleri, ilâve metalin plastikliği sayesinde hafifletilir. Başka koşullar altında 5356, 5183 veya 5556 gibi yüksek magnezyumlu ilâve metal, dikiş mukavemetini artırıp çatlama hassasiyetini azaltır. 4043 ilâve metal, kendisinden daha yüksek magnezyum alaşımlı 5086, 5083 veya 5456 alaşımları üzerinde kullanılmayacaktır şöyle ki aşırı Mg-Si ötektikleri kaynak metali içyapısının sünekliğini azaltıp çatlama hassasiyetini artırır.

Kaynaklı Al parçalarda sıcak çatlağı denetim altında tutmak için kaynak metali bileşimlerinin (ilâve metal ve karışmanın ürünü), çatlamaya hassas türden olmasından kaçınılacaktır.

Birleştirme yerinin geometrisi, kaynak metali bileşimi ve kaynak teknikleriyle birleşerek, elementlerin karışımını bir kritik bileşim alanı içine düşürecek olursa ciddi çatlama meydana gelir. Kaynak metali bileşimi bu kritik alanın altında veya üstünde olursa çatlama sorunları azalır. Silisyum için bu kritik alan yaklaşık % 0.5 ilâ 1.2'dir. Örneğin 4043 ilâve metal 1100 ana metaliyle % 80 karışacak olursa (bir küt alın kaynağında olduğu gibi), hasıl olan silisyum oranı çatlamaya hassas alanın içine düşer. Aşağıda bunların ayrıntıları verilmiştir.

Kaynakta meydana gelen sıcak çatlak miktarını etkileyen sair nedenler arasında alaşımın katılaşma sıcaklık aralığı, genleşme katsayısı, ısıl gradien geri kalan sıvı hacminin katılaşmış malzeme hacmine oranı sayılır. Sıcak çatlama birkaç yolla azaltılabilir.

Daha yüksek kaynak hızı uygulamak. Kaynak hızı arttıkça, kaynak bölgesine ısı girişi azalır. Böylece de sıcak metalle oda sıcaklığında olan metal arasındaki sıcaklık farkından hasıl olan gerilmeler daha az şiddetli olur. Keza, yüksek kaynak hızlarında, herhangi bir anda sıcak çatlak aşamasında bulunan dikiş boyu kısalır ve katılaşmış bulunan metal sıcak çatlama eğiliminde olan metali zorlayacak olan yükün bir kısmını alır. Bu aynı etki, sıcak çatlak eğiliminde olmayan alüminyum alaşımlarının kaynağında da faydalı olmaktadır. Bunlara ek olarak da, daha yüksek kaynak hızlarında vaki olan daha hızlı soğuma temposu, daha ince bir dendritik yapıya götürür, bu da çatlamaya daha az eğilimli olur.

Ön ısıtma uygulamak. Sıcaklık gradienini azaltarak ve daha hızlı kaynağa olanak sağlayarak kaynak bölgesinde katılaşma sırasında hasıl olan gerilmeleri azaltan önısıtma, sadece tespit edilmemiş birleştirmelerde kullanılır. Aşırı önısıtma, malzemenin daha önceden

tavlanmış koşula getirilmiş olması dışında, ana alaşımın mekanik niteliklerini düşürür. Bu, özellikle, 6061 gibi ısıl işlem kabul eden alaşımlar için doğrudur.

Birleşme yeri tasarımını değiştirmek. Bir alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi onun sıcak çatlamaya eğilimini etkiler.Kaynak metalinin kimyasal bileşimi, ana metalla ilâve metal karışmasının ürünü olup bu karışım sıcak çatlamaya yüksek derecede yatkın olabilir. Bu yatkınlığı azaltmak için, birleşme yerinin tasarımı (dizaynı) nihaî kaynak metalinde ana alaşım miktarını artıracak ya da azaltacak şekilde değiştirilebilir.

Benzer kaynaklara ait verilerin elde bulunmaması halinde uygun birleşme yeri tasarımının seçimi için genellikle çatlamaya yatkınlığı değerlendirme amacıyla deney numune kaynakları yapılır.

Daha uygun bir ilâve metali seçmek. Sıcak çatlamayı asgariye indirecek bir ilâve metal, karışma bahis konusu olduğunda, bilinen sıcak çatlama alanlarının üstünde ya da altında bir bireysel alaşım içeriğini haiz bir kaynak bileşimi verecek olan ilâve metaldir. Kriter olarak sıcak çatlak eğilimi kullanılarak uygun bir alüminyum ilâve metal seçimi veya önerisi, çeşitli kaynak metali bileşimlerinin nispî çatlama eğilimlerinin bilinmesini gerektirir. Örneğin, ikili Al alaşımlarında, azami çatlama, aşağıdaki bileşim aralıklarında vaki olmaktadır.

Alaşım elementi	*Miktar (%)*
Silisyum	0.5-1.2
Bakır	2.0-4.0
Manganez	1.5-2.5
Magnezyum	2.0-5.0
Çinko	4.0-5.0
Demir	1.0-1.5

Herne kadar çeşitli işlemler (döküm, kaynak) sırasında vaki olan sıcak çatlaklar bir müşterek fiziksel görünüm arzederlerse de bunların oluşma mekanizması farkeder. "Mekanizma" terimi ile, metalin tekabül eden bütünleşme aşamasında etkin kuvvetlerle malzemenin bu kuvvetlere direncinin birleşmesi anlaşılır.

Uzun yılların gözlemleri kaynak metalinde işbu sıcak çatlakların, başlıca, primer tanelerin sınırları boyunca vaki olduğunu kanıtlamıştır. Bu itibarla bunlar "katılaşma çatlakları" olarak tanımlanırlar. Çatlakların enine veya boyuna olarak düzeni, gevreklik sıcaklık aralığı içinde çekme zorlamalarının ana yönü (vektör) ile tane sınırları arasındaki karşılıklı ilişki tarafından kontrol edilir. Bu keyfiyet, alın kaynakları ve ana metalin tam olmayan nüfuziyeti sırasında enine çatlakların hâkim olup köşe kaynaklarının uzunlamasına çatlaklar hasıl etmelerini ve dairesel kaynaklarda da hem enine hem de boyuna çatlaklar görülmesini izah eder.

Bu sonuncusu, her katılaşma tabakası içinde katılaşma isotermlerine dikey yönde çatlak sınırlarının bir esas yönlenmesini, kalınlığı ve bir önceki tabakada çatlakların varlığı dikkate alınmadan, büyük açıklıkla belirtir. Bir dairesel kaynakta bir çatlağın tetkikinde, birbiri ardından teşekkül etmiş her çatlağın bir öncekinden bir sağlam metal kesitiyle ayrılmış olduğu görülür.

Tane sınırı üzerinde ilerleyen sıcak çatlak çoğu kez yön değitirir; bununla birlikte müteakip taneye geçerken aksi yöne sapar ve çekme zorlaması vektörüne göre en müsait şekilde yönlenmiş olan tane sınırı boyunca gider. Sonuç olarak, yerel iğilmelere rağmen çatlağın genel yönü, ana yöne intibak eder.

Kaynak metalinde sıcaklık düşmesi sonucu olarak çekme yüklemesi vektörü yön değiştirdiğinde, alçak sıcaklık gerilmelerinin etkisiyle meydana gelen her sıcak çatlak bir öncekine göre kaynak eksenine daha az eğilimli olur. Alçak sıcaklık gerilmeleri de çatlaklar arasındaki irtibatı etkiler.

Sıcak çatlakların oluşmasının mekanizma ve karakterinin teorik etüdü, bir alaşımın silisyum içeriğinin % 1.6'ya yükseltilmesi halinde, bunun çatlak oluşturma eğiliminin arttığını ve % 1.8 Si'da eğiliminin birdenbire sıfıra düştüğünü gösterir. % 1.6 ve 1.8 Si içeren alaşımların mukavemetleri arasında esaslı fark olmadığına göre işbu keskin çatlak eğilim düşüşü, katılaşmakta olan alaşımda, pri-mer tanelerin çekmesi sırasında vaki olan çatlakları "sağaltmaya" yeterli ötektiğin meydana gelmesiyle izah ediliyor.

Özetle, kaynak metalinde sıcak çatlakların şekil ve düzenleri, esas itibariyle gevreklik sıcaklık aralığı içinde tane sınırlarının durumu ve şekli ile çekme zorlamalarının yönü tarafından kontrol edilir.

Sıcak çatlaklar, çekme zorlamalarının esas yönüne dikey olarak oluşurlar ve tane sınırları boyunca düzenlenirler. Kaide olarak çatlak zincirleri, gevreklik sıcaklık aralığı içinde, kaynak gerilmelerinin etkisiyle meydana gelirler. Çatlak zincirinin uzunluğu ne kadar fazlaysa, bunların oluşmasında alçak sıcaklık gerilmelerinin etkisi o denli fazla olur.