

BÖLÜM II.

KAYNAKLI BİRLEŞME YERLERİNİN İÇYAPISI

Bu bahiste kaynakların doku değişmelerine genel olarak temas edip sıvı halden (ergime bölgesi) itibaren kristal dokusunun oluşma sürecini veya katı halde (ana metal) değişmeleri tespit edeceğiz.

I — ERGİMİŞ BÖLGENİN DOKUSU

Fe-C diyagramı üzerinde (Şek. 23) biri hipoötektoid ($C = \% 0,60$, I ile gösterilmiş), diğeri de hiperötektoid ($C = \% 1$) ve sıvı halinde ($\theta_f > 1500^\circ\text{C}$) iki çeliği nazarı itibara alalım ve bunları yavaş soğumaya terk edelim. d ve e noktalarında likidusu geçerken ilk kristalleşme nüveleri I çeliği için $\% 0,25$ C yoğunluğu ile (a noktası), hiperötektik çelik için de $\% 0,40$ C yoğunluğu ile belirirler. Bu çekirdekler TAMMANN kanunu gereğince, yani bir taraftan her sıcaklıkta meydana gelen çekirdek sayısına bağlı çekirdekleşme hızının fonksiyonu olarak, diğer taraftan da uygulanan soğutma hızına bağlı γ kristallerinin büyüme hızının fonksiyonu olarak gelişirler. Sıvı + γ alanında, dd' ve ee' de, karma γ kristallerinin gelişmesiyle karbon yoğunluğu artar. Solidus üzerinde d' ve e' de katının karbon oranı I çeliği için $\% 0,60$, hiperötektik çelik için de $\% 1$ dir.

Primer gamma kristalleri belirir. Bunlar likidus-solidus bölgesinde meydana gelen ve bir kristallografik birim teşkil eden dendritlerin varlığı ile karakterize edilir. Her bir dendrit etrafında soğumada çok sayıda gamma, yani austenit taneleri hasıl olur.

Austenitin ayrışma sıcaklığında I çeliği için ilk çöken element c noktasında alfa demiri veya ferrit olup ferrit tanecikleri meydana getirir; sonra, perlitik agregat teşekkülünü hasıl etmek üzere ES boyunca sementit çöker (şek. 13). Dolayısıyla, alçak sıcaklıkta, çok yavaş soğutulmuş bir hipoötektoid çelik için iki bileşken görülür : Leke veya şebeke halinde ferrit alfa ile perlit ($Fe\alpha - Fe_3C$) (şek. 16).

Hiperötektoid çelik halinde f de ilk çöken element sementit olup bu kademeyi izleyen perlit oluşması süreci evvelkinin aynıdır. Soğumadan sonra perlit tanelerini saran bir sementit şebekesi görülür.

Böylece soğumuş bir çelikte ferrit tanesi gelişmiş olup kaba, kısaca gördüğümüz Widmanstatten dokusu hasıl olur.

Şimdi bu döküm dokusu γ alanına kadar ısıtılacak olursa GS değişme hattının geçişi küçük γ taneciklerinin artmasına yol açacak ve normal sıcaklığa dönüşte, $\gamma \rightarrow \alpha$ değişmesi iki yönlü olduğundan, perlitik agregata bağlı küçük ferrit tanecikleri bulunacaktır.

Gamma ve alfa tanelerinin ölçüleri arasında belirli bir ilişki vardır; bir iri gamma tanesi bir iri alfa tanesini meydana getirir, aynı şekilde ince bir gamma tanesi ince bir alfa tanesini çökeltir.

Mamafih ilişki olması demek eşlik olması demek değildir, yani alfa tanesi gamma tanesinin görünüşünü tamamen temsil etmez. Buna karşılık hiperötektoid çeliklerde sementit şebekesi gamma tanesinin tam görünüşüdür. Böylece austenit tanesinin büyüklüğünün tayini sementit şebekesinin varlığını gerektirir, bu sebepten de çeliğin semantasyonu gamma sahasında olur.

Bu kez karbon oranı % 0,10 civarında olan bir III çeliğinin soğumasını tetkik edelim (şek. 23).

Likidusun g de geçilmesinde çöken çekirdekler karbon yoğunluğu az olan ($C < \% 0,05$) δ kristalleridir; 1490°C sıcaklık için çekirdekler karbondan yana i% 0,07'ye kadar zenginleşir. Bu sıcaklıkta hasıl olan peritektik değişme, % 0,55 karbonlu B sıvısı ile gamma kristalleri meydana getirmek üzere bir reaksiyondur. 1490°C ile g' noktası (1450°C) arasında iki $\delta + \gamma$ fazı ile karşılaşılır, bunlar dahi NJ hattının geçilişinde gamma veya austenit tanelerine dönüşürler.

Bunu takip eden katılaşmanın süreci hipoötektoid çeliktekinin aynıdır, yani ferrit a tanesini vermek üzere 870°C civarında GS çizgisinin k noktasında ferrit çökeler.

Çeliğin karbon oranı % 0,05'in altında ise doğrudan doğruya sıvı halden δ fazına geçilir ve $\delta + \gamma$ değişmesi NJ hattı boyunca olur.

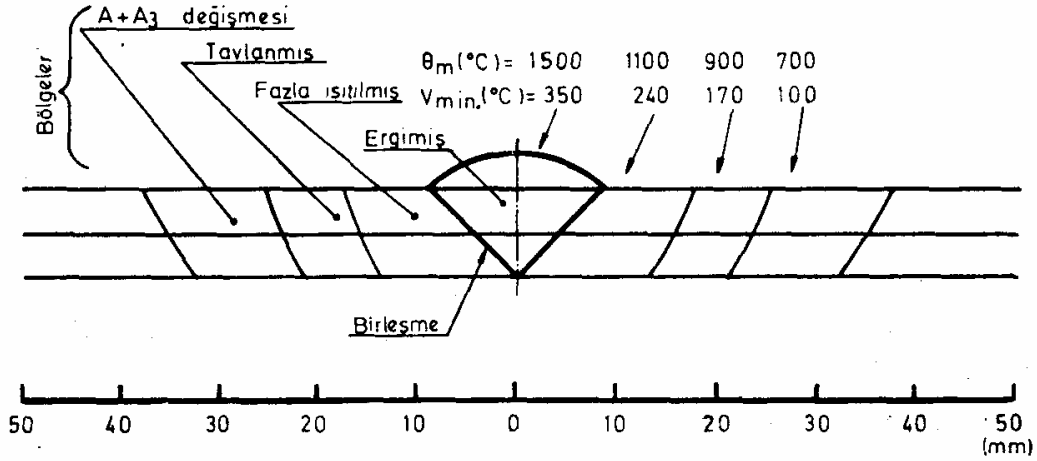
Katı halde, GP hattının geçişinde ferriti takiben *beşli (quinaire) sementit* çökelecektir; 'bu bileşkene brüt kaynaklarda olduğu kadar ısıl işlem görmüş kaynaklarda da rastlayacağız.

Sonuç itibariyle üfleç veya ark ergitme dokuları farklı görünüş arzederler. *Ark kaynağında* sıvı hale gelen metal kütlesi çok az, soğuma hızı çok yüksek olup bu hız, kalınlığa göre 1500°C ilâ $1600^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ 'ya kadar varabilir. Primer doku kaba, yön almış ve dendritlidir; buna *basaltik doku* adı verilir. Bu doku A_3 noktasının altında ısıtmakla değişmez fakat gamma haline geçişte tavlama ile incelenir. Böylece bir ark kaynağının ergime bölgesinde ilk kök pasoları ile orta pasolar ince, muntazam bir doku arzeder, ve aynı zamanda ya tane birleşmelerinde perlit teşekkül eder, veya beşli sementit çökeler; sadece son paso basaltik doku arzeder.

Genellikle bir pasoda icra edilen bir *oksi-asetilen* kaynağının ergime bölgesinde ergimiş metal kitlesi çok daha büyük, soğuma hızları daha az ($V_m = 350^{\circ}\text{C}/\text{dak}$), elde edilen doku bütün kaynak kesitinde kaba, parçalanmış ve yön almamış halde olur.

II — ANA METALDE DEĞİŞMELER

Kaynak termik devresi ama metalin her noktasında, varılan θ_m ve V_m soğuma hızı ile tarif edilen sabit bir termik hal tesis eder (Şek. 24). Verilen bir ana çeliğin değişimleri bu iki θ_m ve V_m faktörlerine bağlı olacaktır; bu itibarla göz önüne alınacak değişik bölgeler şunlardır:



Şek. 24 — 10 mm. kalınlıkta çelik sac üzerinde oksî - asetilen kaynağı ile hasıl edilen ısıl hal

θ_m = Varılan azamî sıcaklık;

V_m = Dakikada derece cinsinden asgari soğuma hızı.

Fazla ısıtma bölgesi: ergime bölgesinin yanında ($\theta > 1100^\circ\text{C}$); burada doku iyice büyümüştür.

Tavlama bölgesi: Sıcaklık burada 900 ile 1000°C arasında olur ve bu sıcaklıklarda doku ince kalır.

Değişme bölgesi $A_1 - A_3$ (720°C ilâ 910°C), tavlama bölgesinin altında sıcaklıklar. Bu bölgede talî olgular ortaya çıkabilir: Beşli sementit oluşması, Fe_4N demir nitürlerinin çökmesi v.s.

Ve nihayet *ısıda etkilenmemiş bölge, A_1 (720°C) in altında sıcaklıklar için.*

Bu olguları daha yakından görelim.

Bir çelik çevre sıcaklığından itibaren yavaşça A_3 noktasının üstünde bir sıcaklığa ısıtıldığında belirli bir θ_1 sıcaklığına kadar dokuda hiçbir değişme görülmez, sonra taneler büyümeye başlar ve iri ve küçük tanelerden oluşmuş bir karma doku hasıl olur. Bu andan itibaren, sıcaklığın artması ile iri taneler küçükleri yutar ve iri tane oranı muntazaman artar. % 100 iri tane hasıl eden θ_S sıcaklığı fazla ısıtma sıcaklığını tanımlar. Mamafih sıcaklık, tane büyüklüğüne tesir eden tek faktör değildir. θ_1 'den itibaren ve sabit sıcaklık içinde tane büyüklüğü zamanla artar, bu artış, fazla ısıtma sıcaklığına yakınlık oranında hızlı olur.

Bir çeliğin austenitik tane boyutu, niteliklerinin kontrolü açısından son derece önemlidir. Bu etki, austenitik tane boyutunun, değişme-dönüşüm sırasındaki reaksiyon karakteristikleri üzerindeki etkisine atfedilebilir. Tane boyutu ile nitelikler arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

Nitelik	Austenitik tane boyutu	
	ince	Kaba
Sertleşme derinliği	daha sığ	daha derin
Bakiye austenit	daha az	daha çok
Daldırmada çarpılma	daha az	daha çok
Semantasyonda nüfuziyet	daha sığ	daha derin
Daldırma çatlakları olasılığı ve taşlamada zorluk	daha az	daha çok
Daldırmada yumuşak noktalar olasılığı	daha çok	daha az
Daldırmadan sonra iç gerilme	daha düşük	daha yüksek
Soğuk işlemede gevrekleşme	daha az	daha çok
Tokluk	daha çok	daha az
Normalizasyondan sonra işlenebilirlik	fena	daha iyi

III - WIDMANSTAETTEN DOKUSU

Daha önce sözünü ettiğimiz Widmanstatten dokusu, çeliklerin bir kırılğan yapısı olarak ortaya çıkar. Bunu etkileyen üç faktör

- Çeliğin kimyasal bileşimi,
- Gamma fazında fazla ısıtma sıcaklığı,
- Bu fazdan itibaren soğuma hızı

olup az fazla ısıtmalarda Widmanstâttten dokusunun oluşma alanı nispeten sınırlıdır ($C = \% 0,2 - 0,4$); buna karşılık fazla ısıtma sıcaklığı arttığında zayıf karbon oranları tarafına doğru yayılır. Aynı şekilde soğuma hızının etkisi de, fazla ısıtmanınkinin yanında önemsiz kalır. Bu itibarla fazla ısıtma esas faktör olur.

Kaynaklı birleşmelerde Widmanstatten dokusu ergimiş metalde, fazla ısıtılmış ana metalde ve bazen de oksijenle kesilmiş büyük kütlede parçalarda teşekkül edebilir. Bu dokunun belirmesi kimyasal bileşimin dışında, kaynak işleminin zorunlu kıldığı ısıl devre ile ilgilidir. Bu ısıl devre dahi kaynak yöntemine, parçaların ölçü ve şekillerine bağlıdır. Isı dağıtımı üzerinde bildiklerimize göre oksi-asetilen kaynağının, Widmanstâttten dokusunun oluşması için en elverişli koşulları gerçekleştirdiği söylenebilir.

Manganez, krom, molibden gibi özel elementler Widmanstâttten dokusunun teşekkülüne meylettirir.

Büyük kitlede dökme çeliğin içyapısı son derece kabadır. Bu durum başlıca katılaştırmanın ve austenitik fasılada daha sonraki soğumanın yavaşlamasından ileri gelir. Böylece $\% 0,35$ karbonlu bir çelik 1450°C civarında tamamen katılaştırmış olacak, ama döküm parça genişse, kum kalıbın ısıyı iyi geçirmemesi nedeniyle soğuma, ferrit ve perlite dönüşümün başladığı yaklaşık 820°C 'a kadar çok yavaş olarak gelişecektir. 820°C 'a varıldığı zaman austenit kristalleri, böylece fevkalâde iri olacaktır. Denge diyagramına göre çökelmeye başlayan ferrit, önce austenitin tane sınırlarına oturur ve dolayısıyla nihaî dokuda ilk austenit tanelerinin boyunu belirtir. Ferritin geri kalanı, austenit kafesi içinde bazı kristallografik düzlemler boyunca çökeliş bu durum, bahis konusu Widmanstâttten dokusunu tipik olarak temsil eden, ferritin bir yönsel çökelmeye götürür. Widmanstâttten dokusu içinde ferritin eleğe benzer düzeni, daha dayanıklı perlitli ayrı parçalar halinde ayırmaya meyleder ki böylece mukavemet, ve özellikle tokluk azalması vaki olur. Bu itibarla adı geçen dokunun başlıca karakteristiği düşük mukavemet ve gevreklik olup ısıl işlem ya da mekanik yolla bunların telâfisi için önlem alınmalıdır.

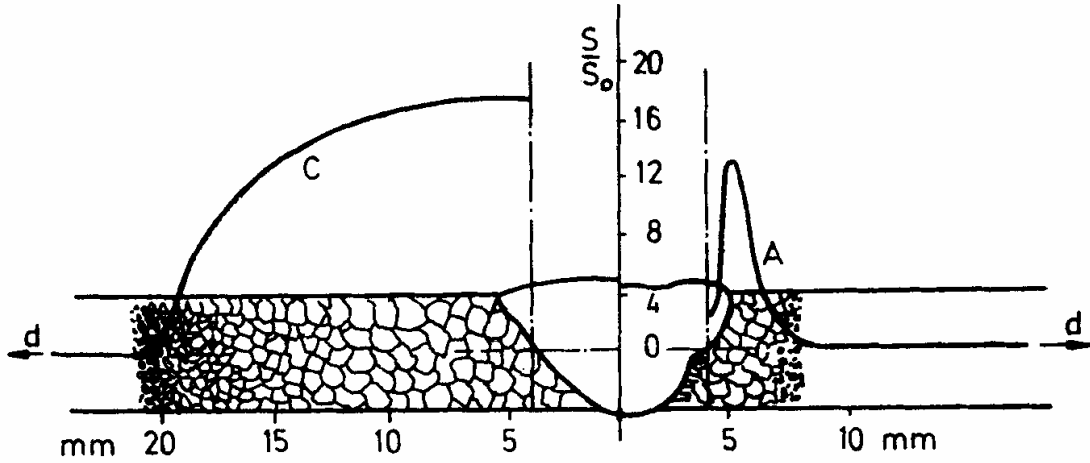
IV — KAYNAKLARIN DOKULARI

a) OKSİ-ASETİLEN KAYNAĞI

Ergimiş bölgede metal göreceli olarak uzun bir süre sıvı halde kalır. Bu süre ergimiş metal hacmine, yani kaynak edilecek saçın kalınlığına, kaynak çubuğunun çapına bağlıdır. Bu itibarla katılaşma tane büyüklüğü, bir ölçüde, kaynak edilecek kalınlıkla artar. Üfleçle ertitilmiş bölgenin dokusu çok kaba, şebeke çok intizamsız bir görünüm arzeder. Kaynak ağzı kenarlarında, katılaşmada ona az çok dikey yönden bir kristalleşme görülür.

Ergimiş metalle fazla ısıtılmış ana metalin bir karışımından oluşan *birleşme bölgesi'nde* doku kaba olarak kalır.

Ana metal'de evvelâ çok kaba dokulu bir *fazla ısıtma bölgesi* belirip bu bölge çoğu zaman Widmanstâttan dokusuna yakındır. Kaynağın ekseninden uzaklaştıkça dokunun tane boyutları küçülür (Şek. 25). Tane yüzeyleri fazla ısıtma bölgesi ile ergimiş bölgede, tavlanmış ana metalin ilk tane yüzeyine oranla 15-16 kat kadar büyür.



Şek. 25 — Ana metalin tane boyutları üzerinde kaynağın ısı devresinin etkisi : C eğrisi, oksijen - asetilen yöntemi; A eğrisi, ark kaynağı

$$\frac{S}{S_0} = \text{Yüzey büyüme oranı}$$

Belirli bir çelik cinsi için dokuların şekli evvelâ saçın kalınlığına bağlı olacaktır, zira kaynağın zorunlu kıldığı ısı devre başlıca bu faktör tarafından etkilenir. Kalınlığı 10 mm olarak tespit edip birleşmenin çeşitli bölgelerinde vaki olanları tetkik edelim (Şek. 24).

Ergimiş bölge'de varılan sıcaklık ergime sıcaklığı olup soğuma hızları 350 ilâ 400°C/dak mertebesindedir; burası azamî su alma bölgesidir. Ancak burada bir kimyasal olay durumu karıştırır: Özellikle adî çeliklerde faydalı elementlerin (karbon, manganez, silisyum) kaybı vaki olur. Bu nedenle bu bölge çoğu zaman ana metala komşu bölgelerden daha az su alır.

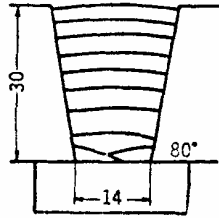
Kaynak ekseninden bir kaç mm uzakta bulunan metalin *fazla ısıtma bölgesinde* varılan sıcaklık çok yüksek kalır (1100 ilâ 1500°C) ve soğuma da çok hızlı olur (200 ilâ 300°C/dak). Zorunlu olarak tane büyümesi ve önemli doku değişmesi ve, tabiatı çeliğin cinsine bağlı olan, su alma vaki olur. Bu bölgede kimyasal değişme olmadığından sadece kaynağın ısıl devresi nihaî dokunun yapısına tesir eder.

Tavlama bölgesi de denilen, 900°C'ın biraz üstünde *ısınmış bölge'de* metal, tane incelmeleriyle birlikte bir normalize dokuya meyleder; ancak hâlâ yüksek kalan soğuma hızı (170 ilâ 200°C/dak) nedeniyle değişme tam olmaz.

A_1 ve A_3 (720 ilâ 900°C) değişme noktaları arasında yayılan *birinci değişme bölgesi'nde* değişmeler çeşitli görünüşler arzedebilir; özellikle önemli bir ferrit tanesi değişikliği olmadan vaki koalesans («toplanma») eğilimi ile birlikte lamelli agregatın küreselleşmesi görülebilir. Bahis konusu değişme bölgesi, 10 mm'lik sac'ta, kaynak ekseninden 20 ilâ 25 mm mesafeye kadar yayılabilir. Bu mesafenin ötesinde, önceden tavllanmışsa ana metal artık etkilenmez.

b) ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

Elektrik ark kaynağında genellikle çok küçük hacimde ve az çok anî olarak katılaştıran ergimiş metal sıraları oluşturulur. Bunun sonucunda *ergimiş* bölgenin dokusu daha ince, bir sırada, iğneli, yukarıda tanımladığımız *basaltik doku'dur*. Bu görünüme genellikle bir ark kaynağının son pasoları veya üst tabakalarında rastlanır.(Şek. 26).



Şek. 26 — On pasoda icra edilmiş bir tozaltı kaynağı

Kaynak, Şek. 26'da olduğu gibi birkaç pasodan oluşmuşsa, üst pasoların ısıl etkisi, katılaştıran tabakaların dokularını normalize eder, böylece ince çok yüzü tane teşekkülü ile bir doku incelmeleri vaki olur. Buna genellikle ergimiş bölgenin orta kısımlarında rastlanır.

Birleşme bölgesi'nde kristalleşmenin yönü yine belirli olup çoğu zaman bu yön, müteakip tabakaların hasıl ettikleri ısıtma işlemle bozulur.

Ana metalin *fazla ısınma bölgesi* daha mevziî olup doku bu bölgede bir büyüme azamisi arzeder (Şek. 26); sonra birleşme bölgesinde, hiç değilse birleşmenin orta kısmında, pasoların ısıtma etkisiyle inceliklenir.

Çeşitli değişme bölgelerinde varılan sıcaklıkları, daha sert su almalara götüren çok daha büyük soğuma hızları takip eder. Pratikte çeşitli bölgeler, saç kalınlığı ne olursa olsun kaynak ağzı kenarından 4-5 mm mesafeye yayılmış çok küçük bir hacim içine toplanmış halde olur. Bu keyfiyet, alt tabakaların tanelerini normalize etmeye (tane incilmesi) meyleden küçük pasolar halinde uygulanan ark kaynağının özgü sonucudur.

Müteakip pasolar yine, ana metalin değişme bölgelerinin dokularını da bir ölçüde etkiler ve bilhassa kalın saçlarda birbirini takip eden etkilenmiş bölgelerle kısmen normalize olmuş bölgelere rastlanır.

Dokular böylece çok küçük bir hacim içine yayılmış olup bir ısıtma işlemi nedeniyle birbirine girift ve çok karışık durumda olur.

Pasoların üst üste gelmesi keza fazla ısınma bölgesinin dokusunu ve dolayısıyla mekanik karakteristiklerini değiştirir. Meselâ A noktasında (Şek. 26) ilk pasoda, ana metalin ilk sertliğinin % 65'i kadar daha fazla bir sertlik meydana getirir. Fakat bu aynı noktada sertlik müteakip pasolardan sonra azalır ve üçüncü pasodan itibaren ana metalin ilk sertliğinin % 25 fazlasında sabit kalır. Fazla ısınma bölgesinin diğer B, C, D noktalarında da durum aynıdır. Sonuç olarak mekanik karakteristiklerin ve dokuların bir homojenleşmesi vaki olur. Bundan belki kaynak ağzının üst açılarının mevziî bölgeleri istisna teşkil edebilir.

Konunun büyük önemi bizi onun üzerinde biraz daha yayılmaya götürüyor.

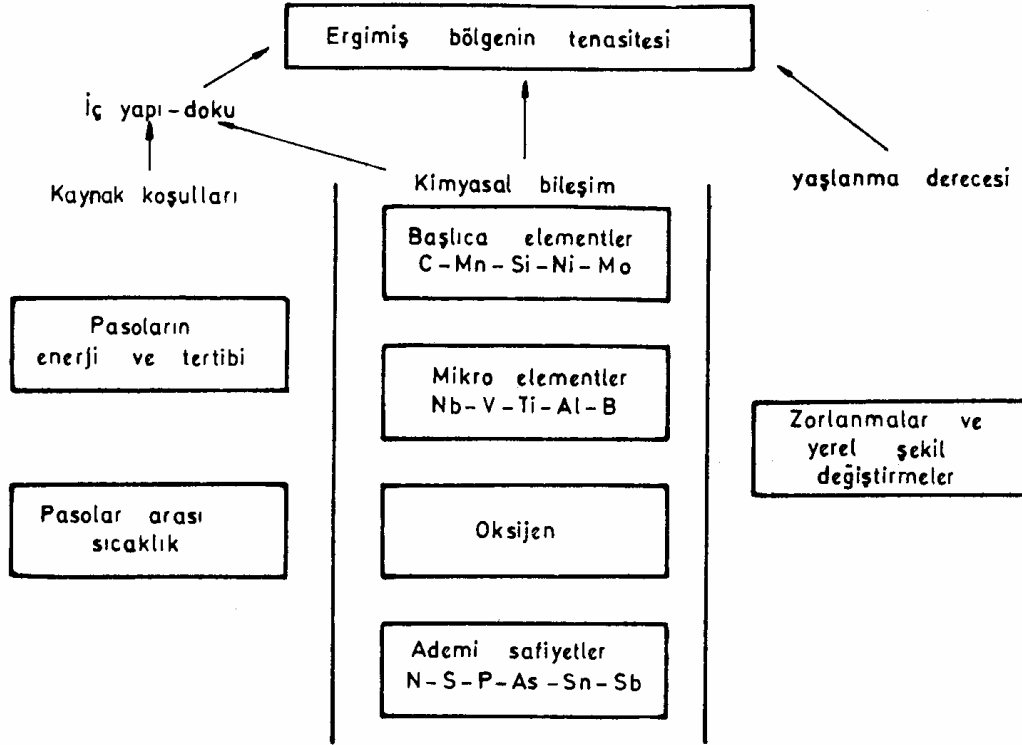
Bir kaynaklı konstrüksiyonun kalitesiyle hatalarının denetimini ayarlaması itibariyle *tenasite*, yani bir bakıma mekanik özelliklerin (elastik sınır, kopma mukavemeti, kopma uzaması, çentik darbe mukavemeti v.s.) bir genel anlamını ifade eden kavram, konstrüktörün egemen olmayı amaçladığı bir niteliktir. Oysa ki aranan nitelik düzeyine göre yeterli bir değer elde edilmesi, çoğu kez ortaya bir sorun çıkarmaktadır: her şeye yeterince egemen olunabiliyor mu?

Tenasitenin ölçümü bile bir sorun yaratmaktadır. Her ne kadar birleştirmenin tenasitesi, kırılma mekaniği deney çubukları aracılığıyla tüm kalınlığı içinde değerlendirilebiliyorsa da en alışılmış kontroller, bir noktadan gelişigüzel çıkarılan çentik darbe deney çubuğu ile yapılmaktadır. Böylece de deney, tabiatı itibariyle homojen olmayan kaynaklı birleştirmenin sadece az veya çok büyük bir bölümünün durumunu belirtebilir.

Ergimiş bölgenin tenasitesi başlıca iki etkene bağlı olup bunlar metalürjik içyapı-doku ile kimyasal bileşimdir. Dokunun kendisi dahi kimyasal bileşimle kaynağın ısıtma devresine bağlıdır. Çok pasolu kaynaklarda, dokunun tanımlanması çapraşık hale geliyor: doku, bir yandan, az çok kaynaktan brüt bölgelerle, müteakip pasoların ısıtma devresi tarafından dönüştürülmüş bölgenin birbirlerini izlemelerinden oluşan kaynak yapısının («mimari»sinin) makro içyapısını, öbür

yandan da ilk soğumadan veya daha sonraki dönüşümlerden meydana gelmiş mikro içyapısını içerir. Kimyasal bileşime gelince, genel olarak mikro içyapıyı tanımlayan başlıca bileşimle, bazen mikro içyapının oluşumunu etkileyebilen, fakat çoğu kez mekanik niteliklerin bir evriminin kökeninde yatan mikro elementlerle saflığı bozan elementler (ademi safiyetler) ayırdd edilir.

Aşağıdaki tablo, çok pasolu kaynakların, kaynaktan brüt halde tenasitesini saptayan etkenleri özetlemektedir.



Orta kalınlık üzerinde tek ve hatta çift pasolu kaynaklara göre çok pasolu kaynaklar çok daha az, çoğu kez ihmal edilebilir karışma (ana metalin kaynak banyosunda kaynak metaline karışması) ile büyük kalınlıklar için, sıcakta yoğurulma yoluyla bir dinamik yaşlanmanın mümkün müdahalesiyle belirirler. Bu olgu, pasoların birbiri üzerine gelmesiyle birleşmenin kalınlığı içinde zorlamaların dağılımının önemli yerel şekil değiştirmelerine götürmesi halinde vaki olur ki bu arada sıcaklık 100 ile 400°C arasında oynar. Bu olgu, örneğin çoğu kez X kaynaklarının kökünde rastlanan çentik darbe mukavemeti (rezilians) azalmasının nedeni olup bunun derecesi, uygulamada simetrik çalışmaya riayet edilmemesi ve eğilme etkisinin serbestçe gelişmesi suretiyle artabilmektedir.

Kaynaklar, daha önce de gördüğümüz gibi, bir ısıl işleme tabi tutulabilip bu işlemin çeliğin türü ile konstrüksiyonun çalışma koşullarına göre, iki gerekçesi olabilir.

Ergimiş bölgenin, Cr-Mo ile hafif alaşımlı türler örneğinde olduğu gibi özellikle brüt kaynak halinde yetersiz olan sünekliğin ıslahı ile en az alaşımlı çelik türlerinde gevrek kırılma tehlikesini azaltmak üzere gerilmelerin giderilmesi bahis konusudur.

Ancak bu sonucunda, birleştirmeler, ısıl işlemin tenasite açısından olumlu ya da olumsuz tali etkilerine maruzdurlar.

Her ne kadar tersi de iddia ediliyorsa da genel kanı, gerilim giderme işleminin daha çok olumsuz etki yaptığı merkezinde birleşiyor.

Bugün endüstrinin vardığı aşama, her gün artan ağır koşullar (düşük sıcaklıklar, tekrarlanan zorlamalar, yer sarsıntısı veya korozyon) içindeki bir çevrede çalışacak olan daha büyük kaynaklı konstrüksiyonlar karşısında elik kullanıcılarını, gevrek kırılmaya karşı koyabilmek için çok sık olarak daha yüksek bir tenasite aramaya sevketmiştir: azami emniyet ve güvenilirlik başlıca hedef olmuştur. Bu nedenle artık elik kullanıcıları Charpy V rezilians değerleriyle yetinmeyip hergün artan şekilde çatlak dibinde kritik ayrılma (CTOD) değerini talebetmektedirler. Bunun dışında, sıvı gaz stoklama depolarının çalışma emniyetini sağlamak üzere gevrek kırılma durması niteliklerinin icbar edildiği durumlar da vardır.

Bu bakımlardan, kimyasal bileşimi ayarlayıp mikro içyapıyı incelterek ana metalde bir yüksek tenasite kolaylıkla elde edilebilir. Ama iri taneli, ısıdan etkilenmiş bölge (IEB) ile ergimiş bölgenin tenasitesi bahis konusu olduğunda sorun tamamen değişik yön almaktadır: gerçekten burada ana metalin, özenle seçilmiş işlemler sayesinde elde edilmiş mikro dokusu kaynak sırasında, ergime noktasına yakın yüksek sıcaklıklar tarafından geri dönüşsüz olarak tahrip olmaktadır. Bu itibarla kaynak enerjisinin özellikle yüksek olacağı hallerde çeliğin kimyasal bileşimini büyük özenle seçmek esastır.

Karbon oranını azaltmak suretiyle tenasite ile soğukta çatlamaya mukavemeti ıslah etmek mümkünse de bunun çeliğin kopma mukavemetine zarar vermesi tehlikesi vardır. Bugün bu tür tehlikeler, yeni tekniklere başvurularak önlenilmektedir: mikro alaşımlarla bir içyapısal sertleşmenin elde edilmesi; su verme ve menevişleme işlemi; kontrollü haddeleme ve «kontrollü termo-mekanik işlemler» adı verilen daha da yeni yöntemler uygulanmaktadır.

Bu gelişmeler sayesinde aynı zamanda mukavemetin ve tenasitenin artmasıyla ilerde ayrıntılarıyla irdeleyeceğimiz eşdeğer karbonun önemli azalmasını sağlamak mümkün olmuştur.

Kutup bölgelerinde akaryakıt ve gaz nakil hatları inşası için yüksek tenasiteyi haiz boru talepleri artık gündemdedir. Özellikle gaz nakli için birçok karakteristik, kullanıcıların talep listesinin başında yer almaktadır. İlk sırada, gevrek kırılmanın önlenmesine ait karakteristikler (atlak önleme ve durdurma nitelikleri), latoil sünek kırılmayı durdurma karakteristikleri ve çok daha büyük taşıma kapasiteli boru hatlarının inşası için çeliğin yüksek mukavemeti gelmektedir.

Modern gaz nakli hatlarında, labil sünek kırılmanın ilerlemesiyle ilgili mutad talepler dışında gevrek kırılma karakteristikleri (Battelle DWTT — Drop Weight Tear Test — Düşen ağırlıkla yırtılma deneyi) ile arzu edilen Cv 100 karakteristik değeri (kırılma görünümünün % 100 sünek olduğu en düşük sıcaklığa tekabül eden Charpy V enerjisi) gelmektedir.