

## **ÖZET**

### **Hidrojen Kırılmalığına Karşı Dirençli Yüksek Mekanik Özelliklere Sahip Çelikten Bir Profil Telin İmalatına Yönelik Yöntem**

- 5 Buluş, denizde petrol işletmesine tahsis edilen metalürji alanı ile ilgilidir. Buluş daha özellikle esnek kıyından uzak kanallar olarak, derin sulara batırılan bileşen veya açma yapıları veya takviye elemanları olarak kullanılabilen çelik teller ile ilgilidir.

## İSTEMLER

1. Yüksek mekanik özelliklere sahip olan ve hidrojen kırılma direncine karşı dirençli olan düşük alaşımlı karbon çelikten bir profil telin imalatına yönelik yöntem olup; profil tel, kıyıda uzak petrol işletme sektörü için esnek kanallara yönelik bileşen olarak kullanılmak üzere tasarlanmakta, toplam kütlenin ağırlık yüzdeleri cinsinden verilen aşağıdaki kimyasal bileşiğe sahip olması ile,

$$0,75 \leq \% C \leq 0,95 \text{ ve}$$
$$0,30 \leq \% Mn \leq 0,85$$

burada  $Cr \leq \% 0,4$ ;  $V \leq \% 0,16$ ;  $Si \leq \% 1,40$   
ve isteğe bağlı olarak en fazla  $\%0,06$  Al, en fazla  $\%0,1$  Ni ve en fazla  $\%0,1$  Cu geri kalanı demir ve metalin sıvı durumda hazırlanmasından kaynaklanan kaçınılmaz katışıklardır;

ve  $900^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde östenitik alanında sıcak haddelenen, daha sonra oda sıcaklığında soğutulan ve 5 ila 30 mm'lik bir çapa sahip olan bir tellik çubuktan, söz konusu tellik çubuğun ilk olarak ardışık ve sıralı iki aşama; yani kendisine homojen perlitli bir mikroyapı veren bir izoterm menevişleme, ardından tele nihai şeklinin verilmesi için maksimum  $\%50$  ve  $80$  arasında bulunan bir genel işleme sertleşmesi oranı ile gerçekleştirilen bir soğuk mekanik dönüşüm işlemi doğrultusunda gerçekleştirilen bir termomekanik işlemeye tabi tutulması ile elde edilmesi ile, ve bu şekilde elde edilen profil telin, kendisine en az  $1300$  MPa oranında bir kırılma direnci ( $R_m$ ) veren, bir dakikayı aşmayan bir süre boyunca  $410$  ve  $710^{\circ}\text{C}$  arasında bulunan bir sıcaklıkta gerçekleştirilen bir onarım ısıl işlemine tabi tutulması ile karakterize edilmektedir.

2. İzoterm menevişlemenin bir kurşun yunağından geçirme işlemi olması ile karakterize edilen, İstem 1'e göre yöntem.

30

## TARİFNAME

### Hidrojen Kırılma Direncine Karşı Yüksek Mekanik Özelliklere Sahip Çelikten Bir Profil Telin İmalatına Yönelik Yöntem

#### 5 Teknik Alan

Mevcut buluş, denizde petrol işletmesine tahsis edilen metalürji alanı ile ilgilidir. Buluş daha özellikle esnek kıyıda uzak kanallar olarak, derin sulara batırılan bileşen veya açma yapıları veya takviye elemanları olarak kullanılabilen çelik teller ile ilgilidir.

#### 10 Önceki Teknik

Bu türdeki tellere ilişkin olarak bir birinci gereksinimin, yüksek mekanik özelliklerin (özellikle kırılma direncinin) dışında, özellikle taşınan akışkanlar ve hidrokarbonlar içinde bulunan H<sub>2</sub>S formunda, sülfürlü asit ortamda hidrojen kırılma direncine karşı iyi bir direnç olduğu bilinmektedir.

Bu direncin, NACE ve API standartlarının, özellikle şunların konusunu oluşturduğu hatırlanmalıdır:

- 20 - H<sub>2</sub>S asit ile doymuş deniz suyunda hidrojen çatlaması direnci veya "HIC" (Hydrogen Induced Cracking) için NACE TM 0284 standardı;
- asit ortamda "SSCC" (Sulfide Stress Corrosion Cracking) veya H<sub>2</sub>S ile gerilim altında çatlama direnci için NACE TM 0177 standardı. Burada göz önünde bulundurulmuş kullanımda profil tellerin günümüzde zorunlu olarak git gide daha zor hale gelen işletme koşullarını (yüksek derinlik) karşılaması gerekmektedir;
- 25 - ve bir asit ortamında gerilim altında bir test bazında HIC ve SSCC dirençlerinin değerlendirilmesi için API 17J standardı (Birleştirilmemiş esnek borular için spesifikasyonlar).

30 Bu profil teller, çok büyük çapa sahip olan bir tellik çubuktan basit bir tel çekme ile elde edilen yuvarlak düz bir kesite sahip olabilmektedir. Bunlar ayrıca tel çekme, laminaj veya tel çekme, ardından bir laminaj sonrasında, birbirleri içine kenarlarından geçebilecek veya mafsallı endüvi katmanları oluşturmak üzere iliştilerebilecek şekilde düz veya U biçiminde, Z biçiminde, T biçiminde, vs. profilli bir kesite sahip olabilmektedir.

35

Günümüzde, kıyıda uzakta kullanıma yönelik NACE kaliteli çelik tellerin alanında ticari teklifler esas olarak, sonunda, menevişleme ve temperlemeden sonra yaklaşık 900

MPa'lık bir kırılma direnci ( $R_m$ ) sunan düşük oranda alaşımlanmış çelik sınıflarında bulunmaktadır.

5 Bu profil tellerin imal edilmesi için alışlageldiği üzere, bilindiği şekilde, başlangıçta perlito-ferritik yapıya sahip olan, (ağırlık olarak) %0,15-0,80 oranında C karbon-manganez çelikler kullanılmaktadır. Klasik olarak başlangıçta yuvarlak haddelenmiş tellik çubuğun biçimlendirilmesinden sonra, gerekli sertliğin elde edilmesi için uygun bir genişleme ısıl işlemi uygulanmaktadır. Bu, telin sertliği 22 HRC'ye eşit veya daha düşük ise örneğin bu Mn'li çelik sınıflarının burada belirtilen "profil telin" kullanılması için uygun  
10 olan  $H_2S$  ortamında gerilimler altında tutulmasını şart koşan ISO 15156 standardı gibi nominal kullanım kriterlerini karşılayan bu sertlik seviyesi ile gerçekleştirilmektedir.

Bununla birlikte geleneksel yöntemler tarafından elde edilen profil teller, taşınan hidrokarbon içinde yüksek  $H_2S$  varlığından kaynaklı olan, mevcut durumda çözelti A (pH  
15 2.7 ila 4) NACE TM 0177 standardı tarafından tasarlananlar gibi, derin sularda karşılaşılan nispeten şiddetli asitlik koşullarını desteklemeye zar zor uygun olmaları ile bilinmektedir ve bu, hedeflenen sertlik seviyelerinin 28 HRC'nin (900 MPa'nın üzerinde) üzerinde olması durumunda daha belirgindir.

20 Muhtemelen 1991 yılında yayınlanan PCT/FR91/00328 numaralı patent dokümanının, %0,25 ve 0,8 arasında olan perlito-ferritik yapıya sahip olan ve çözelti B (pH 4.8 ila 5.4) ile NACE TM 0177 ve TM 0284 standartlarını karşılayan ancak yaklaşık olarak 850 MPa'ya kadar mekanik kırılma direncini ( $R_m$ ) düşüren metal işleme sertleşmesi ile baskılanan mekanik gerilimlerin serbest bırakılmasına yönelik bir nihai temperlemeye  
25 sahip olan bir profil telin üretilmesine yönelik bir termomekanik yöntemi açıklama sebebi de budur.

1996 yılında yayınlanan FR-B-2731371 numaralı patent dokümanı, kıyıda uzakta esnek kanalların takviye edilmesi için karbonlu çelikten üretilen profil tellerin yapılandırılması ile  
30 ilgili olup; bunun  $H_2S$  ile asit ortamındaki direncinin, hidrojen kırılmalılığı direnci üzerinde çeliğin mikroyapılarının etkisine ilişkin genel bilgilerden yüksek bir seviyede olması arzu edilmektedir. Bu dokümanda sunulan, %0,05 ila 0,8 oranında C ve %0,4 ila 1,5 oranında Mn barındıran profil tel biçimlendirilmesinden (tel çekme veya tel çekme-laminaaj) sonra, ardından nihai bir temperlemenin geldiği bir menevişlemeye tabi tutulmaktadır. Elde  
35 edilen metalik yapı esas olarak bir martensito-beynit temperlemesidir. Böylece yüksek mekanik özelliklere, başka bir ifadeyle 1050 MPa'ya yakın bir  $R_m$ 'ye (dolayısıyla 35 HRC kadar yüksek sertlik seviyelerine ulaşılması için menevişlenmiş-temperlenmiş bir çelikte

ancak endüstriyel olarak yaklaşık 820 MPa civarında belirlenmiştir) sahip olan ve sonuç olarak açıkça ISO 15156 standardı ile önceden belirlenenlerin ötesinde bulunabilen ve çok asitli (3'e yakın pH) ortamlara karşı dirençli olan kullanıma hazır profil teller elde edilmektedir. Nihai temperlemenin yokluğunda, daha bile yüksek mekanik özelliklere sahip olan ancak asitli ortamlara karşı açık bir şekilde daha düşük kimyasal direnç sergileyen, yüksek sertlikte bir telin elde edilebileceği belirtilmiştir.

Nitekim bu tür teller için alışlageldiği üzere talep edilen çok yüksek seviyede özelliklerin sadece sınırlı sayıda kullanım durumunda tatmin edici olduğu keşfedilmiştir.

NACE kalitesi ile uyumlu olarak 0.1 bara ulaşabilen kısmi H<sub>2</sub>S basıncı ile ve 3,5 ila 5 arasında bir pH ile, önceden bahsedilen API 17J standardına uygun bir direnç, etkili ihtiyaçları esasen karşılaması için yeterli olacakken, yukarıda bahsedilen dokümana göre yöntem ile imal edilen profil teller ise yaklaşık olarak pH 3'e sahip olan çözelti A ile belirlenen TM 0177 ve TM 0284 standartlarının yüksek gereksinimlerini karşıladıkları için fazlasıyla nitelikli bir dirence sahiptir.

Ote yandan piyasada alışlageldik olan, nihai ısıtım işlem olmadan perlito-ferritik yapıya sahip profil tellerin, çoğu zaman orta seviye NACE gereksinimlerini tatmin etme açısından yetersiz kaldığı ortaya çıkmıştır.

Üstelik esnek kıyıda uzak kanallar, git gide daha fazla batırma derinliklerinde işlev görmek zorundadır, NACE kalitesi bozulmadan, 1300 MPa'lık dirençlere ulaşılması için, birkaç yüz MPa kadar arttırılan bir dirence yönelik bir talep oluşmuştur; ayrıca hidrojen korozyonu ile çeliğin kırılma dayanımının ve mekanik özelliklerinin karşıt özellikler olduklarına da dikkat edilmelidir: birinin arttırılması, diğerinin düşürülmesine neden olmaktadır ve bunun tam tersi de geçerlidir.

Ayrıca piyasadaki baskı fiyatlar üzerinde git gide artmaktadır; bu da krom, niyobyum, vs. gibi asal elementlere yönelik alışlageldik eğilimi bağlantılı olarak bozmaktadır veya sıcak olarak gerçekleştirilmelerinin gerekmesi durumunda uzun veya çok ve dolayısıyla maliyetli işlem aşamaları gerekmektedir.

Bu açıdan özellikle, birkaç saat süren bir pişirme formunda, uzun süreli nihai bir tel onarım işlemini öneren 1984 yılında JP 59001631 A numaralı patent dokümanı (DATA BASE WPI Week 198407 Thomsom Scientific, London, GB; AN 1984-039733) bilinmektedir.

Benzer şekilde EP 1 063 313 A1 numaralı patent dokümanında açıklanan yöntem, arzu edilen nihai çapta tel çekme ile gerçekleştirilmesi için %85'e yakın olan çok yüksek tel işleme sertleşmesi oranları gerektirmektedir.

- 5 Ayrıca çelikten cıvataların imalatına ilişkin olan EP 1 273 670 numaralı patent dokümanının varlığı göz önünde bulundurulmalıdır; bu, perlitli cıvataların gerilim altında korozyon direncine ilişkin erişilebilen avantajın altına çizmektedir.

10 JP 2001 271138 A numaralı patent dokümanı, deniz altında optik fiber kablo için veya aktarım hatları için, köprüler için, yay için, ön gerilimli beton için tel imalatına yönelik bir yöntemi açıklamaktadır. Bu tel, spesifik bir ısıl işlem sonrasında galvanize edilebilmektedir.

15 Buluş burada profil telin kullanım koşullarında hidrojen ile nemli kırılganlığa karşı gerekli iyi bir direnç ve bunun arttırılmış mekanik direnci arasında optimal bir denge kurmayı önermektedir ve bu, ilgi çeken ekonomik koşullarda piyasada telin sunulmasına olanak sağlayan endüstriyel bir üretim kapsamında gerçekleştirilmektedir.

20 Bu amaçla buluş, yüksek mekanik özelliklere sahip olan ve hidrojen kırılganlığına karşı dirençli olan düşük alaşımlı karbon çelikten bir profil telin imalatına yönelik yöntemi amaçlamakta olup; profil tel, kıyıda uzak petrol işletme sektörü için esnek kanallara yönelik bileşen olarak kullanılmak üzere tasarlanmaktadır, toplam kütleinin ağırlık yüzdeleri cinsinden verilen aşağıdaki kimyasal bileşiğe sahip olması ile,

25  $0,75 \leq \% C \leq 0,95$  ve  
 $0,30 \leq \% Mn \leq 0,85$

30 burada  $Cr \leq \% 0,4$ ;  $V \leq \% 0,16$ ;  $Si \leq \% 1,40$  ve isteğe bağlı olarak en fazla %0,06 Al, en fazla %0,1 Ni, ve en fazla %0,1 Cu, geri kalanı demir ve metalin sıvı durumda hazırlanmasından kaynaklanan kaçınılmaz katışıklardır,

ve 900°C'nin üzerinde östenitik alanında sıcak haddelenen, daha sonra oda sıcaklığında soğutulan ve yaklaşık olarak 5 ila 30 mm'lik bir çapa sahip olan bir tellik çubuktan, profil tel; söz konusu tellik çubuğun ilk olarak ardışık ve sıralı iki aşama; yani kendisine homojen perlitli bir mikroyapı veren bir izoterm menevişleme (klasik olarak bir kurşun yunağından geçirme), ardından tele nihai şeklinin verilmesi için maksimum %50 ve 80  
35 arasında bulunan (ve mümkünse tercihen %60 civarında olan) bir genel işleme sertleşmesi oranı ile gerçekleştirilen bir soğuk mekanik dönüşüm işlemi (tel çekme, veya

tel çekme + laminaj) doğrultusunda gerçekleştirilen bir termomekanik işlemeye tabi tutulması ile elde edilmesi ile, ve bu şekilde elde edilen profil telin, kendisine en az 1300 MPa oranında bir kırılma direnci ( $R_m$ ) veren, kendisini oluşturan çeliğin Ac1 sıcaklığının altında (tercihen 410 ve 710°C arasında) gerçekleştirilen kısa süreli (tercihen bir dakikadan daha kısa) bir onarım ısı işlemine tabi tutulması ile karakterize edilmektedir.

Yukarıda açıklanan buluş triptik üzerine dayalıdır: "çelik sınıfı - işleme - uygulama" ve derin denizde kullanılmak üzere tasarlanan çelik tellere ilişkin metalürji alanında başvuru sahibi tarafından elde edilen bilgilerin optimizasyonu olarak algılanmalıdır.

10

Daha açıkçası bu triptik aşağıdaki şekilde ayrıntılandırılmaktadır:

- basitleştirilmiş bir çelik sınıf, yani sıklıkla kullanılan daha düşük karbon içeriklerine sahip olan ve temperleme elementleri eklenmemiş ancak metalik matrisin tümü içinde ince karbürlerin homojen bir dağılımının elde edilmesi için tercihen vanadyum ve krom gibi serpinli elementleri ile alaşımlanan karbonlu (en az %0,75) ve manganezli bir çelik;

- bu sınıf sıcak olarak haddelenen, daha sonra oda sıcaklığında soğutulan (dolayısıyla sıcak laminaj östenitten elde edilen sıradan ferrito-perlitli yapıya sahip olan) ancak çapı (yaklaşık olarak 5 ve 30 mm arasında bulunan) alışlageldik uygulamaya göre azaltılmış bir tellik çubuktan üretilmektedir. Bu düzenleme, yumuşak mekanik biçimlendirmeye yönelik, başka bir ifadeyle telin maçasında bölgesel işleme sertleşmesinin sınırlandırılması için (işletimsel parametrelerin ayarlanması, eğiricilerin ve laminaj silindiri oluklarının seçilmesi gibi) çalışma parametrelerinin ayarlanmasından sorumlu imalat yöntemi operatörü tarafından iyi bir şekilde anlaşılması şartıyla, heterojen bölgeleri oluşturabilen maçada belirgin olan bir işleme sertleşmesi olmadan işlemler ile kullanıma hazır nihai profil telin dönüştürülmesine izin verecektir.

İzoterm menevişleme ile oluşturulacak olan mikroyapı perlitlidir. Endüstriyel olarak elde edilmesi kolay olan perlit, elde edilen telin tüm kütlesi için mümkün olan en homojen metalürjik bir yapı sağlayacaktır ve tel çekme ve/veya laminaj ile uygulanan biçim değiştirmelere tabi tutulmaya uygundur

- bu tel düz, düzlemsel veya profil çekilmiş, boru hatları veya diğer esnek boruların yapısı içine giren sarım, kasnak veya tonozun oluşturulması için "kıydan uzak" petrol işletmesine yönelik olarak tasarlanan bir profil teldir. Bilindiği üzere çelikten üretilen profil teller, "dairesel" olarak adlandırılan bir bölge içinde, kalıptan çekilen iki polimer

katman arasında boru hatları içinde devam etmektedir. Esnek parça kullanılırken bu alanda hakim olan fiziko-kimyasal koşullar şimdi daha iyi bilinmektedir. Bunlar, esnek parçadaki atığın niteliğine (sıvı veya gaz hidrokarbonlar) ve esnek parçanın farklı katmanlarının yapısına bağlıdır. Özellikle pH, 1990/2000 yıllarında düşünülenden daha yüksektir (4'ten ziyade ortalama olarak yaklaşık 5,5).

Buluşun ilk amacı, daha yüksek mekanik dirence sahip profil tellerin kullanılmasına izin veren, dairesel bölge içinde tatmin edilmesi daha az şiddetli olan bu yeni koşulların keşfedilmesinde yatmaktadır.

Başka bir ifadeyle günümüzdeki NACE kalitesi, API standardı tarafından öngörülenlerden daha az şiddetli olan deney sonuçları aracılığıyla değerlendirilecek şekilde ifade edilebilmektedir (dolayısıyla başvuru sahibi, başvurunun uyarlanması için, özellikle pH olmak üzere API standardına göre test koşullarını uyarlamak zorunda kalmıştır). Örnek olarak NACE kalitesi, birkaç milibar H<sub>2</sub>S ve CO<sub>2</sub> barındıran bir gazın dağıtılmasına maruz kalan ve 5 ve 6,5 arasında bir pH değerine sahip olan bir sulu çözelti içinde %90 oranında kesintisiz Re gerilimi altında bir ay boyunca hem kırılma hem de içten çatlama olmadan direnç gösteren bir çelik tele ilişkin olarak bilinebilmektedir.

Örnek amaçlı olarak aşağıda verilen açıklamanın ışığında buluş daha iyi bir şekilde anlaşılacak ve bunun diğer yönleri ve avantajları ortaya çıkacaktır.

Bu sayfanın sonunda verilen tablo I, başvuru sahibinin isimlendirmesi ile bileşim sütunda tekrarlandığı üzere, buluşa uygun sınıflarda kimyasal bileşimlere ilişkin yedi örneği göstermektedir.

Şimdi C88 referanslı (tablo I'in sondan bir önceki satırı) çelik sınıfına dahil olan bir bileşim örneği ayrıntılı olarak ele alınacak olup, bunun mevcut bileşenleri aşağıdaki belirli ağırlık oranlarına karşılık gelmektedir: C: %0,861, Mn: %0,644, P: %0,012, S: %0,003, Si: %0,303, Al: %0,47, Ni: %0,015, Cr: %0,032, Cu: %0,006, Mo: %0,003, ve V:%0,065.

Bu bileşime sahip olan 12 mm çapındaki bu yuvarlak tellik çubuktan, aşağıdaki ardışık işlemler doğrultusunda 9 mm x 4 mm'lik düz şekilli, kullanıma hazır bir nihai tel yapılandırılmaktadır.

Buluşa uygun olarak, soğuk alınan başlangıç tellik çubuğu için 30 mm'lik çapın aşılmadığına dikkat edilmelidir; bunun nedeni, kullanıma hazır profil telin arzu edilen nihai

çapına ulaştırılması için %80'i aşmayan genel sıcak işleme oranı ile gerçekleştirilen sonraki tel çekme sırasında belirli şekilde telin maçasının sıcak işlenmemesidir.

5 Tellik çubuk sıcak haddelenmiş, başka bir ifadeyle müşteriye ulaşması için beklediği bir depolama alanı üzerinde oda sıcaklığına kadar soğutulması için bobine sarılmasından önce sıcak laminajda hızla soğutulduğu (klasik olarak 900°C'nin üzerinde) östenitik alanda bir çelik teldir.

10 Transformatöre teslim edildikten sonra, bobinden açılan bu başlangıç tellik çubuk ilk önce ortam sıcaklığından izotermal menevişlemeye tabi tutulmaktadır. Klasik olarak soğutmadan önce bir erimiş kurşun banyosu içinden geçirilerek yaklaşık olarak 520-600°C'lik sabit sıcaklıkta bir yunaktan geçirme söz konusudur. Bu yunaktan geçirme çelik tele, olası ferrit izleri ile ancak beynit veya martensit olmadan, sonuna kadar muhafaza edeceği bir perlitli mikroyapı vermektedir.

15 Tel daha sonra "yumuşak" şekilde, başka bir ifadeyle yukarıda da belirtildiği üzere, metalin sıcak işlemesini sağlayan maçada gerilimler seviyesini maksimum ile sınırlandıracak şekilde çekilmektedir (yuvarlak veya yine düz olarak). Bunun nedeni, maçadaki mikroyapıya verilen zararın sınırlandırılmasının uygun olmasıdır, bu zarar, 20 tercihli bir hidrojen birikimine elverişli alan oluşturacaktır. Tel böylece genel işleme sertleşmesi oranının (tel çekme + laminaj) maksimum %50 ve 80 arasında bulunması ve mümkünse tercihen %60 civarında olması şartıyla nihai kenarlardan alınan bir soğuk laminaja tabi tutulabilmektedir.

25 Bu şekilde elde edilen ara tel yaklaşık olarak 1900 MPa'lık bir Rm değerine sahiptir.

Sonraki biçimlendirmenin kolaylaştırılması ve buna, işleme sertleşmesi ile biraz bozulan, hidrojen kırılabilirliği direnci özelliklerinin verilmesi için yumuşatılmış olarak kalmaktadır. Bu amaçla Ac1 değerinin altında bulunan bir sıcaklıkta (başka bir ifadeyle kullanılan çelik 30 sınıfı aralığının tümü için 410 ve 710°C arasında ve bir dakikadan daha az bir sürede, hızlı nihai onarıma yönelik basit bir ısı işlem, tele arzu edilen nihai Rm'i verecek olup, bunun değeri, bu onarım işleminin işletimsel koşullarına kesinlikle bağlı olacaktır.

35 Bu açıdan aşağıdaki tablo II, A ile E satırlarında tekrarlanan, aşağıdaki işletimsel koşullar altında hızlı bir onarım ısı işlemine tabi tutulan bir profil tel için elde edilen nihai mekanik özellikleri vermektedir: suyla şiddetli bir biçimde soğutulmasından önce, tablonun ikinci sütununda verilen ve ele alınan çelik sınıfının Ac1 sıcaklığının altında bulunan bir sıcaklıkta 5 saniye süreli kalma.

Diğer sütunlar sırasıyla ortalama kırılma Rm, ortalama elastik limit Re, uygulanan termomekanik işlemler ile elde edilen işlenmiş telin %A kırılma uzamasının ortalama oranı ve Re/Rm oranını vermektedir.

5

Re gibi Rm'nin de onarım sıcaklığı arttıkça (A ila E arasındaki satırlar) düzenli olarak azaldığı görülecektir. Re/Rm oranı sabit kalmaktadır uzama oranı %A aynı yönde artmaktadır.

**Tablo II**

	Onarım sıcaklığı (°C)	Ort. Rm (MPa)	Ort. Re (MPa)	Ort. %A	Re/Rm
<b>A</b>	410	1920	1730	9,6	0,90
<b>B</b>	500	1760	1530	9,7	0,86
<b>C</b>	600	1550	1360	11,0	0,87
<b>D</b>	635	1480	1280	12,0	0,86
<b>E</b>	675	1380	1190	11,6	0,86

10

HIC (Hydrogen Induced Cracking) ve SSC (Sulfide Stress Cracking) türüne göre NACE testleri, bu farklı onarım işlemlerinden sonra elde edilen tellerin her birisinde gerçekleştirilmiştir. Veriler ve sonuçlar aşağıdaki Tablo III'te verilmiştir.

15

Analiz edilen tüm numunelerin testleri pozitif olarak karşıladığı görülmektedir: ultrason kontrolünden sonra, hidrojen korozyonu ile bir kırılma hızına dönüşen, kabarma türündeki içten çatlaklar gözlemlenmemektedir.

**Tablo III**

	Rm (MPa cinsinden)	Test türü NACE	Süre (gün cinsinden)	% H <sub>2</sub> S	pH	SSC ile uygulanan gerilim	US Sonuçları
<b>A</b>	1920	HIC + SSC	30	0,1	5,8	%90 Re	RAS
<b>B</b>	1760	HIC + SSC	30	0,1	5,8	%90 Re	RAS
<b>C</b>	1550	HIC + SSC	30	0,22	5,6	%90 Re	RAS
<b>D</b>	1480	HIC + SSC	30	0,22	5,6	%90 Re	RAS
<b>E</b>	1380	HIC + SSC	30	0,22	5,6	%90 Re	RAS

20

Buluşun burada açıklanan örneklerle sınırlandırılmadığı, ekteki istemlerde verilen kapsama uyulduğu sürece birden fazla varyant veya eşdeğerini kapsadığı dikkate alınmalıdır.

Tablo I

Sınıf kodu	C%		Mn%		P%		S%		Si%		Al%		Ni%		Cr%		Cu%		Mo%		V%		B%		N2%		
	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	
C 78 02	0.75	0.80	0.50	0.70		0.02		0.02	0.15	0.30	0.02	0.06		0.08		0.10		0.08		0.02							0.007
C 8202	0.80	0.85	0.50	0.70		0.02		0.02	0.15	0.30	0.02	0.06		0.08		0.10		0.10		0.02							0.007
C82	0.77	0.85	0.65	0.85											0.02	0.10						0.03	0.16				0.007
C 86 02 B	0.83	0.88	0.50	0.70		0.02		0.02	0.15	0.30		0.005		0.10		0.10		0.12		0.025				0.002	0.007		0.007
C 8602	0.82	0.88	0.65	0.85		0.02		0.02	0.15	0.30	0.02	0.06		0.10		0.10		0.10		0.02							0.007
C88	0.80	0.90	0.50	0.70		0.02		0.02	0.20	0.35	0.02	0.06		0.10		0.10		0.10		0.01		0.05	0.10				0.008
C92	0.88	0.95	0.30	0.60		0.015		0.015	1.00	1.40		0.005		0.10	0.10	0.30		0.10									0.007