فرايند هاي جوشكاري قوسي با محافظت گاز : حرارت جوش از قوس الكتريكي تامين شود.

فرايند جوشكاري قوس تنگستن با محافظت گاز خنثي : (GTAW)

در صنعت جوش آرگون مي گويند . در اين دسته از فرايندها نيز حرارت لازم جهت اتصال قطعات از طريق قوس الكتريكي تامين مي شود و تفاوت آن با روش هاي قبلي اينكه منطقه جوش و نوك الكترود يك گاز خنثي حفاظت مي شود .

مقدمه

بعد از جنگ جهاني دوم حدوداً در سال 1941 اين روش مورد توجه قرارگرفت و در سال 1945 براي اتصال قطعات كوچك آلومينيوم هواپيما استفاده شد. در اين روش از الكترود مصرف نشدني تنگستن براي ايجاد قوس استفاده مي شود.

اصول فرايند جوشكاري GTAW

در اين فرايند از الكترودهاي مصرف نشدني تنگستن براي ايجاد قوس الكتريكي استفاده مي شود و براي حفاظت جوش از گاز آرگون ،‌هليوم و يا مخروطي از آن دو استفاده مي شود. قوس الكتريكي بين الكترود تنگستن و قطعه كار ايجاد مي گردد و دماي بسيار بالاي نزديك C° 6000 ايجاد مي شود. حرارت حاصل با ذوب لبه هاي اتصال حوضچه هاي جوش را ايجاد مي كند.

با حركت الكترود و اشكال حوضچه ي جوش و انجماد مذاب قبلي امكان اتصال حاصل مي گردد. در اين روش براي امكان اتصال قطعات نازك نيازي به فيلتر نبوده و براي قطعات ضخيم از فيلر استفاده مي شود. براي استفاده از فيلر حتماً بايستي نوك فيلر در حوضچه ي جوش قرار گيرد و در آنجا ذوب گردد نوك الكترود تنگستن از شيپوره بيرون زده و در حدود 4-3 ميلي متر از شيپوره بيرون است .

تجهيزات فرايند GTAW

از جريان هاي DceN استفاده بيشتر مي شود.

در اين فرايند از هر دو جريان Ac و Dc استفاده مي شود و از ترانس فورماتور – ركستي فاير نيز مي توان استفاده كرد. از آمپراژ 800 تا 5 آمپر استفاده م شودكه آمپراژهاي پايين از قطعات نازك و ‌آمپراژ بالا براي قطعات ضخيم تر استفاده مي شود.

تجهيزات

1. مولد قدرت
2. مجموعه كنترل كننده
3. سيستم پيشروي الكترود – سيستم تغذيه سيم – سيم جرقه فركانسي بالا – سيستم گاز محافظ – سيستم تغذيه
4. واحد تامين گاز محافظ : كپسول گاز رگولاتور يا تنظيم كننده فشار – ظوقتر (شيشه اي يا پلاستيكي كه حامل ساچمه است ) و شلنگ هاي اتصار گاز به toch
5. سيستم خنك كننده : براي آمپراژ پايين توسط هوا و براي آمپراژ بالا با استفاده ازآب خنك مي شود.
6. مشعل : در جوشكاري GTAW نگهدارنده الكترود و گاز محافظ و انتقال دهنده جريان است . و در واقع نقشي مشابه انبر الكترود در جوشكاري SMAW دارد.

(بدنه – لوله مسي نگهدارنده مشعل – نازل (شيپوره) سراميك – الكترود تنگستني )

الكترود تنگستن : الكترود بخشي از مشعل است كه قوس الكتريكي را ايجاد مي كند (با قطعه كار ) تنگستن به دليل نقطه جوش بالا (حدوداً 3000 ) و خاصيت ترمويونيك خوب به عنوان الكترود در GTAW استفاده مي شود. در دسته اي الكترودها حدود 2% - 1% tho2 يا 2ro2 اضافه ميكنند كه اولاً به يونيزاسيون گاز كمك مي كند و مقاومت ذوب شدن و اكسيداسيو را نيز افزايش مي دهد. قطر الكترود تنگستن بسته به شدت جريان است كه از چند ميلي متر تا mm8 متغير است .

I⭡ $ \uparrow R=ρ\frac{L}{A\uparrow }$

زاويه نوك الكترود تنگستن به عمق نفوذ و تمركز قوس بسيار موثر است .

6-6-1 خوردگي بين دانه اي

شكل 6-47 نشان دهندة ظاهر يك جوش است كه تحت حمله بين دانه اي در HAZ قرار گرفته است . در سطح جوشي كه در معرض محيط خورنده است ، اغلب يك ناحيه خطي از حمله ، كه موازي با مرز ذوب مي باشد به چشم مي خورد كه گاهي «مسرهاي واگني » [[1]](#footnote-2) ناميده مي شوند. آنها متقارن و در هر طرف از جوش موازي هستند. در سطح مقطع ، حمله شديد (يا «پوسيدگي » جوش [[2]](#footnote-3) ) مي تواند در طول باند حساس شده در HAZ مشاهده شود. توجه كنيد كه اين باند با كمي فاصله از مرز ذوب است و اين ناشي از اين حقيقت است كه رسوب گذاري كاربيدي كه منجر به حساس شدن مي شوند در محدوده دماي 600 تا C ° 850 ( F ° 1560 – 1110) رخ مي دهد . در بالاي اين محدوده دمايي ، كاربيدها دوباره به شكل محلول در ‌آمده و در نتيجه ناحيه مجاور مرز ذوب تقريباً آزاد از كاربيدها است (فرض مي شود كه سرعت هاي سرد شدن براي متوقف كردن رسوب گذاري كاربيدها در طي سرد كردن به قدر كافي سريع مي باشد).

در HAZ بيشتر فولادهي زنگ نزن آستنيتي ، كاربيدهاي غني از كرم M23C6 ترجيحاً‌در طول مرز دانه ها شكل مي گيرند ، كه در شكل 6-48 نشان داده شده است . اين موضوع منجر به يك ناحيه تخليه شده از كرم در طول مرزدانه ها مي شود كه «حساس » به حمله خوردگي است . به همين دليل عبارت حساس شدن اغلب استفاده مي شود تا شرايط متالوژيكي كه منجر به حمله بين دانه اي مي گردد را بيان نمايد. استثنايي در اين مورد ،‌ انواع فولاد زنگ نزن پايدار شده حاوي Nb و يا Ti (نظير انواع 347 و 321 ) مي باشد . در اين فولادها Nb و Ti كربن را به شكل كاربيدهاي پايدار نوع MC در آورده و تشكيل كاربيدهاي M23C6  را در مرز دانه ها به حداقل مي رسانند.

خوردگي بين دانه اي ، ناشي از رسوب گذاري موضعي كاربيدهاي غني از كرم و يا كربونيتريدها در مرز دانه ها مي باشد. اين رسوب گذاري نياز به نفوذ كم دامنه [[3]](#footnote-4) كرم از زمينه مجاور وي ايجاد يك ناحيه تخليه شده از كرم در اطراف رسوب دارد ، كه در شكل 6-49 نشان داده شده است . اين پديده مقاومت به خوردگي موضعي ريزساختارها را كاهش داده و حمله به ناحيه مرزدانه اي را تسريع مي كند. همانگونه كه در مقطع متالوگرافي شكل 6-49 نشان داده شده است درمحيط هاي خورنده خاص ، اين اثر در مرز دانه ، يك «حفره» موضعي است . در بسياري ازموارد ، دانه ها در حقيقت ، به خاطر حمله و انحلال كامل مرز دانه از ساختار جدا و خارج مي شوند.

6-6-1-1 جلوگيري از حساس شدن

مي توان با استفاده از روش هاي زير ، خوردگي بين دانه اي را در جوش هاي فولاد زنگ نزن آستيني به حداقل رساند و يا حذف كرد:

* انتخاب فلزات پايه و پركننده با كمترين حد ممكن كربن (انواع L نظير L 304 و L 316 )
* استفاده از فلزات پايه اي كه با عناصر آلياژي نيوبيم (Nb) و تيتانيوم (Ti ) «پايدار » شده اند. اين عناصر نسبت به كرم ، كاربيدزاهاي قوي تري هستند و در نتيجه با به دام انداختن كربن ، تشكيل كاربيدهاي مرزدانه اي غني از كرم را به حداقل مي رسانند.
* استفاده از مواد پايه آنيل شده و يا آنيل كردن قبل از جوشكاري براي كاهش كار سرد اوليه (كار سرد ، رسوب گذاري كاربيدها را تسريع مي كند) .
* استفاده از حرارت ورودي كم جوشكاري و دماهاي بين پاسي براي افزايش سرعت هاي سرد كردن جوش و در نتيجه به حداقل رساندن زمان قرارگيري در محدوده ي دماي حساس شدن.
* عمليات حرارتي انحلالي پس گرم . حرارت دادن ساختار در محدوده دمايي C ° 1100-900 ( F ° 2010 – 1650) هر كاربيدي كه در طول مرزدانه ها در HAZ شكل گرفته است را حل مي كند. سپس ساختار از اين دما براي جلوگيري از تشكيل كاربيد طي سرد شدن ، كوينچ مي شود.

اگر چه خواس مكانيكي ، مقاومت به خوردگي ، در دسترس بودن ، قابليت ساخت و هزينه ، همگي هنگام انتخاب مواد براي كاربردهاي موردنياز اهميت دارد ، اما پايداري ريزساختار و خواص ماده ضمن سرويس دهي طولاني مدت است نيز مورد اهميت است ، اما اغلب اوقات در مرحله انتخاب موار مورد توجه قرار نمي گيرند. ريزساختار و خواص مواد مورد استفاده در دماي بالا شايد به دلايل مختلفي تنزل پيدا كند. در نتيجه اين تنزل در خواص ، مواد طي سرويس دهي ‌، توقف هاي كارخارنه يا هنگام جوشكاري تعميري ، در معرض حساسيت شديد به ترك خوردن قرار مي گيرند. ترك خوردن و پديده تردي آلياژ هاي مقاوم به خوردگي و حرارت شامل ترك خوردن بازگرمايشي ، تشكيل فاز سيگما و تردي پيرسازي است . مطالعات گسرده اي در زمينه مشخصه يابي و جوش پذيري اين مواد پس از سرويس دهي اخيراً توسط زانگ [[4]](#footnote-5) و همكاران انجام شده است . ابرت [[5]](#footnote-6) يك راهبرد عملي در زمينه جوشكاري تعميري HK40 ترد شده در طي سرويس دهي ارايه كرد كه شامل آنيل موضعي براي انحلال كاربيدها جهت فراهم كردن انعطاف پذيري كافي در منطقه جوش است كه در نتيجه آن ترك خوردن در اطراف جوش هاي تعميري اتفاق نمي افتد.

ترك خوردن باز گرمايشي معمولاً مرتبط با HAZ اتصالات جوشكاري مهارشده در طي عمليات حرارتي پس گرم يا سرويس دهي در دماي بالا (جايي كه اغلب ترك خوردن آزادسازي تنشي [[6]](#footnote-7) ناميده مي شود.

1-7-6-12- خوردگي تنشي شكافي (SCC) [[7]](#footnote-8)

خوردگي تنشي شكافي واژه است كه به ترك برداشتن بين دانه اي [[8]](#footnote-9) يا درون دانه اي [[9]](#footnote-10) فلزي اطلاق مي شود كه تحت تاثير هم زمان تنش كششي استاتيكي (ايستا) و محيط خورنده مشخص قرار گرفته باشد.

يك مشخصه خوردگي تنشي شكافي ، غيرمنتظره بودن آن مي باشد. اغلب ماده اي كه به دليل مقاومت به خوردگي بالاي آن در محيط مشخصي انتخاب مي شود ، درسطوح تنشي پايين تر از تنش شكست عادي خود مي شكند. به ندرت شواهد و مداركي دال برآغاز ترك مي توان به دست آورد و حتي اين پديده در برخي از قطعاتي كه به ظاهر بدون تنش مي باشند نيز رخ مي دهد ؛ اين مسأله هنگامي بيشتر غيرمنتظره جلوه مي كند كه قطعات و اجزاء مورد نظر داراي نقصي در درون خود بوده و معيوب باشند.

11-13- اثر افزودن عناصر آلياژي [[10]](#footnote-11)

نيكل و كرم دو عنصر آلياژي اصلي در آلياژهاي مقاوم به حرارت مي باشند ، از اين رو در مورد اين عناصر به طور دقيق بحث خواهد شد . سيليسيم و آلومينيوم نيز از جمله عناصر آلياژي مفيد محسوب مي شوند ، ولي در استفاده از آنها بايد دقت كرد ؛ زيرا مي توانند اثر مضري روي خواص مكانيكي و ديگر مشخصات آلياژ داشته باشند.

1-11-13- اثرات كرم

علاوه بر توانايي آن در ايجاد مقاومت خوردگي بالا ، توانايي زياد آن در بهبود خواص مكانيكي در دماي بالا مي باشد. اثر كرم تشكيل يك لايه نازك اكسيد غني از كرم روي سطح فلز است كه مقاومت به خوردگي را افزايش مي دهد.

شكل (16-13) يك كاهش سريع در خوردگي آهن ، در هوا و دماي c ° 1000 را به واسطه اضافه شدن كرم ، نشان مي دهد . بايد توجه داشت كه اضافه كردن كرم به مقدار بيش از 20 %‌ (مخصوصاً در دماهاي پايين تر ) اثر مفيد كمتري دارد . اين آلياژها (آلياژ آهن – كرم ) ساختارشان فريتي [[11]](#footnote-12) است (داراي ساختمان مكعبي مركزدار [[12]](#footnote-13) ) به طوري كه استحكام ضعيفي در دماي بالا دارند . افزودن نيكل به آلياژهاي آهن – كرم نه تنها باعث بهبود مقاومت خوردگي در هوا مي شود ( به صورتي كه در بخش بعدي بحث خواهد شد ) بلكه استحكام مكانيكي را نيز بهتر مي كند.

2-11-13 اثرات نيكل

اثرات مفيد آن شبيه كرم بوده و بعد از رسيدن به مقدار مشخصي بي اثر مي شود. با اين مقدار نيكل موردنياز جهت رسيدن به يك سرعت خوردگي پايين بيشتر از كرم بوده ودر دماهاي بالاتر ، اين مقدار افزايش مي يابد.

3-11-13 – اثرات آلومينيوم

اگر آلومينيوم تا حدود 12 %‌به اين آلياژ اضافه شود ، كاهش قابل ملاحظه اي در خوردگي دماي بالاي آن حاصل شود ، ولي خواص مكانيكي آلياژ به شدت كاهش مي يابد ، از اين رو استفاده از اين عنصر براي بالابردن مقاومت خوردگي كمتر مورد توجه قرار مي گيرد.

4-11-13 – اثرات سيليسيم

اگر چه اضافه كردن سيليسيم (si) به فولاد در دماهاي بالا و معمولي مفيد مي باشد ، ولي استفاده از آن محدود است ؛ زيرا هنگامي كه مقدار اين عنصر به بيش از 2 تا 3 درصد برسد آلياژ به طور محسوسي ترد مي شود . بنابراين استفاده از سيليسيم معمولاً به حدود 2 % محدود مي شود.

هنگامي كه سيليسيم به صورت تركيبي باعناصر آلياژي مفيد ديگر استفاده شود مي تواند كاملاً‌ مؤثر باشد .

1-12-13 – تاثير آلاينده هاي گازي

1-1-12-13 – بخار

درجه حرارت هاي بيشتر در سوپرهيترها حاصل مي شود ، ولي احتمال دارد كه شرايط خوردگي حاد روي اجزاء ، بيشتر ناشي از حضور خاكسترهاي [[13]](#footnote-14) سوخت روي جدارة خارجي لوله باشد ؛ در واقع بخار داخل لوله نسبت به خاكستر سوخت در سوپرهيتر نقش مخرب كمتري ايجاد مي كند.

پودر شدن فلز

پودر شدن فلزات به تخريب شديد فلزات اطلاق مي شود كه بيشتر بر روي آلياژهاي پاية آهن ، نيكل و كبالت در گازهاي كربوره كننده (CO , CH4) در دماهايي بين 425 تا 800 درجه سانتي گراد اتفاق مي افتد . در نتيجه اين تخريب موضعي حفره هايي [[14]](#footnote-15) ايجاد مي شود كه اغلب توسط پودر گرافيت ، فلز و كاربيدهاي پر شده است . علت اصلي پودر شدن فلز ، غلظت زياد CO يا هيدروكربنها در محيط است كه باعث اكتيويتة بالاي كربن به صورت موضوعي در نزديك سطوح فلز مي شود.

6-1-12-13 محيط هاي حاوي گاز مختلط

مخلوطهايي شامل غلظت هاي نسبتاً زياد هيدروكربنها ، CO ، H2 ، CO2 ، H2O . اين محيط ها ، محيط هاي كربوره كننده هستند. اين محيط ها موجب كاهش اغلب اجزاء فلزي شده و بنابراين اكسيدهايي به عنوان محصولات خوردگي تشكيل نمي شود. اين اتمسفرها در صنعت پتروشيمي ايجاد مي شود‌( به عنوان مثال در كوره هاي تجزيه اتيلن) . اتمسفرهاي ايجاد شده در فرايند تصفيه هيدروكربنها احتمالاً شبيه اين محيط هاست . همچنين ممكن است در اينجا اكتيويتة اكسيژن جهت اكسيداسيون همزمان آلياژ بقدر كافي بالا باشد.

7-1-12-13 – محصولات احتراق

مخلوط گازهاي مختلف ناشي از احتراق سوختها ، اتمسفرهايي ايجاد مي كند كه باعث خوردگي [[15]](#footnote-16) فلزات مي شود . تقريبا ً همه سوختهاي طبيعي و مصنوعي شامل هيدروكربنها ،‌كربوهيدارت ها و يا تركيبات پيچيده كربن هستند. بنابراين اجزاء اصلي محصولات احتراق ، اكسيدهاي كربن و بخار آب همراه با نيتروژن باقيمانده از هوا مي باشد . در شرايط احتراق ناقص ، گازهاي حاصل از احتراق ممكن است شامل هيدروژن ، هيدروكربنها و مونواكسيدكربن ( در نسبت هاي محسوس ) همراه با مقدار كمي اكسيژن باشند. در صورتي كه احتراق كامل باشد اين گازها احياكننده كاهش يافته ، ولي مقدار زيادي اكسيژن در گاز باقي مي ماند. محدوده تركيبات گازهاي حاصل از احتراق براي سوختهاي مختلف در جدول ( 8-13 ) آورده شده است .

در اغلب سوختها بعضي از تركيبات سولفوري وجود دارد . بنابراين گازهاي حاصل از احتراق شامل دي اكسيدسولفور ، تري اكسيد سولفور و در بعضي مواقع سولفيد هيدروژن است. بديهي است كه تحت شرايط كاري معمولي ،‌‌ براي تجهيزات ، اتمسفرهايي كه تركيب آنها با زمان تغيير مي كند مطلوب نبوده و اين عاملي است كه مي تواند باعث تشديد سرعت خوردگي شود. هنگامي كه اتمسفر از حالت اكسيدگنندگي با احياكنندگي تغيير كند ، سختار پوستة تشكيل شده روي يك آلياژ تغيير كرده و در نتيجه باعث ايجاد ترك و حفره در لايه مي شود ، در نتيجه اين لايه اكسيدي ماننديك پوسته چسبنده نمي تواند فلز را حفاظت كند.

يك نوع خاص خوردگي روي آلياژ هاي نيكل – كرم و نيكل – آهن – كرم در اتمسفرهاي حاوي كربن كه هم كربوكننده و هم اكسيد كننده مي باشد در دماهايي حدود c ° 1000 مشاهده شده است . اين حمله بهعلت رنگ سطوح شكست ، پوسيدگي سبز ناميده مي شود. اين حمله مخصوصاً در اتمسفرهاي آنيلينگ براق هنگامي كه آنها به گازهاي حانوي كربن يا بخارها آلوده شوند رخ مي دهد ، اين پديده همچنين مي تواند در اثر سوخت ناقص سوخت هاي هيدروكربني ايجاد شود . تحقيقات نشان مي دهد كه اين نوع حمله به وسيله تغييرات دوره اي اتمسفر از حالت اكسيدكنندگي به احياكنندگي به طور قابل ملاحظه ايي تشديد مي شود.

8-1-12-13 – خاكسترها

يكي از عوامل تخريب و ايجاد كننده خوردگي ،محصولات حاصل از احتراق سوختها ( از رسوب خاكسترها روي سطوح فلزات ) است . خاكسترها معمولاً از مخلوط هاي پيچيده يا تركيبات ثابت و مشخصي ندارند. دامنة تركيبات خاكستر سوخت هاي مختلف در سه دستة كلي در جدول (9-13) نشان داده شده است . حملة خوردگي به وسيله خاكستر به طور شديدي بستگي به دما دارد ؛ هنگامي كه دما از نقطة ذوبيك جزء اصلي خاكستر بيشتر شود حمله به شدت تشديد مي گردد . اين موضوع مخصوصاً در مورد خاكسترهاي حاوي واناديم حاصل از نفت هاي خاص صادق مي باشد؛ اين نوع خاكستر براي آلياژهاي مقاوم به حرارت ، در محدوده دمايي بالاتر از c ° 650 (نقطه ذوب پنتواكسيد واناديم v2o5 ) به شدت مضر مي باشد. سرعت حمله تابع سرعت حل شدن لاية اكسيدي محافظ در نمك مذاب بوده و حمله به فلز زيرين ممكن است بيشتر به شكل اكسيداسيون يا حمله توسط تركيبات سولفور يا اجزاء فعال ديگر خاكستر باشد.

رسوبات تشكيل شده در ماشين هاي احتراق به وسيلة بنزين هاي با درصد اكتان بالا [[16]](#footnote-17) (C8H18) ممكن است در دسته خاكسترها قرار بگيرند ؛ آنها متشكل از مخلوطهاي اكسيدهاي سرب ، برمورها و سولفات هاي مشتق شده از اضافه شونده هاي ضد انفجار [[17]](#footnote-18) هستند. بديعي است استفاده از اين مواد علت اصلي خوردگي روي قسمت هاي به كار رفته دردماي بالاست . خوردگي روي سوپاپ هاي تخليه و شمع ها [[18]](#footnote-19) از اين نوع مي باشد.

تشكيل يك خاكستر هميشه مفيد نيست ، چرا كه ممكن است يك لايه ازمواد غيرفعال تشكيل داده و از تماس عوامل فعالتر موجود در خود خاكستر يا اتمسفر محيط يا فلز جلوگيري كند. عمل سايش خاكستر نيز مي تواند به عنوان يك عمل مخرب در نظر گرفته شود. در جريان هاي گازي با سرعت بالا (مانند توربين هاي گازي ) سايش عامل مهمي در نظر گرفته مي شود.

در زمينه طراحي ديگهاي بخار بايد توجه داشت كه پوشش ها و آلياژهاي پركرم ، لايه هاي محافظ پايداري را در سطح لوله ها ايجاد مي كنند كه در كاهش ميزان خوردگي خاكستر سوخت مؤثر است با اين وجود هيچ ماده اي وجود ندارد كه به طور كامل در برابر خوردگي خاكستر سوخت مقاوم باشد. تحقيقات پيرامون طراحي و عملكرد بهتر ديگ هاي بخار و يافتن دلايل شكست لوله ها در واحدهاي موجود همچنان ادامه دارد. در ديگ هاي بخاري كه از جيوه براي انتقال حرارت سيال در قسمت هايي از مدار لوله ها استفاده مي شود ضايعات ناشي از اين نوع خوردگي مشهود است . افزايش دماي لوله هاي فلزي در بالاتر از 1125 درجه سانتي گراد كه ناشي از فشار استاتيك جيوه حاصل از فشار بخار اشباع مي باشد ، سبب ذوب شدن خاكستر سوخت مي شود. رسوبات خاكستر سوخت ذوب شده به عنوان عامل خورنده قوي شناخته شده اند.

به طور كلي خوردگي خاكستر سوخت [[19]](#footnote-20) هنگامي روي مي دهد كه لايه هاي اكسيد آهن محافظ كه به طورطبيعي در طي عمليات ديگ بخار در روي سطح لوله ها تشكيل مي شوند توسط تركيبات وانادات مذاب حل شوند. تركيبات وانادات كاتاليزورهاي اكسيداسيون خوبي مي باشند و به اكسيژن و ساير گازها اجازه مي دهند كه به طورسريع در سطح فلزات نفوذ نمايند. به محض اكسيداسيون فلز ، اين سيكل مجدداً تكرار مي شود و سبب افزايش ميزان خوردگي مي گردد.

1. - wagon Tracks [↑](#footnote-ref-2)
2. - Weld Decay [↑](#footnote-ref-3)
3. - Short – rang Diffusion [↑](#footnote-ref-4)
4. 1 Zhang [↑](#footnote-ref-5)
5. Ebert [↑](#footnote-ref-6)
6. Relaxation Cracking [↑](#footnote-ref-7)
7. Stress – corrosion Cracking [↑](#footnote-ref-8)
8. Transgranular Cracking [↑](#footnote-ref-9)
9. Pressurised water reactor [↑](#footnote-ref-10)
10. Alloy additions [↑](#footnote-ref-11)
11. Feritic [↑](#footnote-ref-12)
12. Body centered cubic structure [↑](#footnote-ref-13)
13. Fuel ashes [↑](#footnote-ref-14)
14. Pits [↑](#footnote-ref-15)
15. Hot Corrosion [↑](#footnote-ref-16)
16. High – Octane Petrols [↑](#footnote-ref-17)
17. Anti – Knock Activities [↑](#footnote-ref-18)
18. Sporking – Plus electrodes [↑](#footnote-ref-19)
19. Oil ash corrosion [↑](#footnote-ref-20)