STAINLESS STEEL

DESIGNED BY

PKZIST MODERN ENGINEERING GROUP

Add: Flat 5C , No .3 , SAYEH St

JORDAN (Nelson Mandela) Blvd , Tehran ,Iran

Tel:+98 21 22651252

Fax:+98 21 22651253

Site: WWW.PMIEC.COM

فهرست :

1- فولاد ضد زنگ.....4
1-1- تاریخچه.....4
1-2- تعریف.....5
1-3- اثر عناصر آلیاژی بر فولاد ضدزنگ.....6
1-4- انواع فولاد ضدزنگ.....8
1-4-1- فولاد ضدزنگ مارتنسیتیک Martensitic.....8
1-4-2- فولاد ضدزنگ آستنیتی : سری Austenitic 300.....9
1-4-3- فولاد ضدزنگ فریتی : سری Ferritic 400.....10
1-4-4- فولاد ضدزنگ آستنیتی- فریتی : Austenitic-Ferritic (Duplex).....11
1-4-5- فولاد ضدزنگ Precipitation-Hardening stainless steel.....12
1-5- تفاوت فولادها.....12
1-6- نامگذاری‌های فولاد ضدزنگ.....13
1-6-1- سیستم نامگذاری در استاندارد آمریکایی.....13
1-6-2- سیستم نامگذاری AISI / SAE.....14
1-6-3- سیستم نامگذاری به روشUNS.....14
1-6-4- استاندارد DIN آلمان: (Deutsches Institutfür Normung).....15
1-6-5- استاندارد EN اروپایی.....16
1-6-6 - مقایسه انواع فولاد های ضد زنگ بر اساس نام گذاری های متفاوت 16
1-7- ترکیب درصد استیل‌های ضدزنگ.....16
1-8- استیل های بگیر و نگیر.....19

1-9- تاثیر یون کلر بر میزان خوردگی..... 21

1– فولاد ضد زنگ

در این مقاله با موارد زیر آشنا خواهید شد :

1) تاریخچه تولید فولادهای ضدزنگ[1] (استنلس استیل)

2) آشنایی با طبقه بندی انواع فولادهای ضدزنگ

3) تفاوت های اساسی بین فولادهای ضدزنگ آستنیتی و فریتی[2] (Austenitic Vs Ferritic)

4) آشنایی با انواع سیستم های نام گذاری فلزات بخصوص فولاد ضدزنگ

5) مقایسه فولادهای رایج در سیستم های نام گذاری متفاوت

6) بررسی خوردگی[3] فولادهای ضدزنگ در برخورد با یون کلراید[4]

1–1– تاریخچه

در سال 1913 در شیفیلد انگلستان هاری بریرلی اولین فولاد ضدزنگ کروم دار مارتنزیتی[5] تجاری را کشف و تولید نمود. این دستاورد زمانی حاصل گردید که وی به دنبال آلیاژ ضدزنگ برای لوله تفنگ بود.

در سال 1919 در انگلیس قاشق و چنگال، سوزن های جراحی و ابزار ضدزنگ تولید شد.

در سال 1960 برای اولین بار الگنی لودلوم[6] فولاد ضدزنگ در حجم بالا را از طریق آنیلینگ درخشان[7] تولید و به بازار عرضه نمود.

در سال 1969 فولاد ضدزنگ در موشک های ساترن پنج [8] ناسای امریکا استفاده شد تا فضانوردان آپولو یازده[9] در سطح ماه فرود آیند.

در سال 1970 مصرف یا کاربردهای تجاری و مسکونی فولاد ضدزنگ آغازگردید.

[1] Stainless Steel
[2] Austenitic Vs Ferritic
[3] Corrosion
[4] Chloride ion
[5] Martensitic
[6] Allegheny Ludlum
[7] Bright Annealing
[8] Saturn V
[9] Apollo 11 Apollo 11

در سال 1984 الگنی لودلوم الگوی حق اختراع فولاد ضدزنگ سوپرفریتی را دریافت کرد. کوره های گازی فوق العاده کارآمد از این آلیاژ استفاده می کنند.

درسال 1986 برای اولین بار فولاد ضدزنگ سوپرفریتی (AL – LOXN) به ثبت رسید که الگنی لودلوم آن را در دیواره های آتش در سکوهای نفتی دریائی بکار گرفت.

در سال 2006 در سیستم خطوط لوله های بزرگ نفتی زیر دریائی در مالزی از فولاد ضدزنگ دوپلکس[10] سبک (ATI 2003) استفاده شد.

در سال 2007 بزرگترین سقف فولاد ضدزنگ (ATI 2003) در جهان در فرودگاه بین المللی جدید دوحه در قطر نصب گردید.

در سال 2012 قیمت های فولاد ضدزنگ دچار نوسان گردید به طوری که ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد.

در سال 2013 صنعت فولاد ضدزنگ نیز تحت تأثیر بحران جهانی اقتصاد قرار گرفت که کاهش شدید تقاضا این صنعت را در جهان به رکود کشانید.

1–2– تعریف

فولادهای ضدزنگ گروه وسیع و گسترده ای از آلیاژهای ویژه اند که بیشتر برای مقاومت در برابر خوردگی توسعه یافته اند. از جمله ویژگی های ممتاز برای این دسته از آلیاژها شکل پذیری عالی، مقاومت خوب در برابر پوسته شدن، اکسایش و سایش در دمای بالا می‌باشد که خواص خود را نیز تا دماهای بالا حفظ می‌کنند.

فولادهای ضدزنگ امروزه علاوه بر آهن، کربن[11] و کروم[12] همچنین شامل دیگر عناصر همچون نیکل[13]، مولیبدن[14] و تیتانیوم[15] هستند. نیکل، مولیبدن و کروم مقاومت فولادهای ضدزنگ را در برابر زنگ زدگی افزایش می دهند.

فولاد ضدزنگ به شکل مطلوبی قابلیت صـیقل خوردن و براق شدن دارد. از این رو می توان از آن به جای آینه و

[10] Duplex
[11] Carbon
[12] Chromium
[13] Nickel
[14] Molybdenum
[15] Titanium

نورافکن نیز استفاده کرد. در جایی که آینه شیشه‌ای، در معرض شکستن باشد به جایش فولاد ضدزنگ را هم چون آینه، قرار می دهند.

1-3- اثر عناصر آلیاژی بر فولاد ضدزنگ

کروم Cr

اضافه کردن کروم باعث تشکیل لایه ای از اکسید کروم بر روی سطح می شود که مقاومت خوردگی بالایی دارد؛ به این صورت که کروم موجود در فولاد با اکسیژن موجود در هوا ترکیب شده و لایه ای نازک و نامرئی از اکسید حاوی کروم تشکیل می دهد که پوسته غیرفعال[16] نام دارد. اندازه اتم های کروم و اکسید آن ها شبیه هم است، از این رو در سطح فلز به طور مرتب در کنار هم قرار می گیرند و تنها با ضخامت چند اتم، لایه ای محکم را شکل می دهند. اگر چنین فلزی برش داده یا خراشیده شود و پوسته غیرفعال از هم گسیخته شود، سریعاً اکسید بیشتری تشکیل می شود و با حفاظت ازسطح آسیب دیده در برابر زنگ زدگی بوسیله ترکیب با اکسیژن، آن را ترمیم می کند. (از جهت دیگر آهن سریعاً زنگ می زند زیرا آهن اتمی بسیار کوچکتر از اکسید آن است، از این رو اکسید در مقایسه با آن لایه محکم، لایه سستی تشکیل می دهد و ورقه ورقه می شود این پوسته غیرفعال به اکسیژن نیاز دارد تا خود را ترمیم کند، از این رو فولاد ضدزنگ در مقدار اکسیژن کم و در مکان هایی که هوا کمتر جریان دارد، در برابر خوردگی کمتر مقاوم است). همچنین اضافه کردن کروم مقاومت در برابر پوسته شدن در دمای بالا را افزایش می‌دهد.

نیکل Ni

افزودن نیکل به فولاد باعث تثبیت ساختار آستنیتی و افزایش انعطاف پذیری و شکل پذیری[17] راحت فولاد ضدزنگ می شود و همچنین استحکام و مقاومت در برابر خوردگی در دمای بالا [18] را افزایش می‌دهد خصوصا در صنایع

[16] Passive
[17] Ductility
[18] High Temperature Corrosion

- **سیلیکون Si**

اضافه کردن سیلیکون[19] باعث افزایش مقاومت در برابر پوسته ای شدن بوسیله تشکیل لایه نازکی که در برابر ترکیب شدن با کربن در دمای بالا مقاومت می‌کند و به میزان کمی سختی و استحکام کششی را افزایش می‌دهد. به منظور احیا کردن، مقدار بسیار کمی از سیلیکون به همه فولادها اضافه می‌شود.

- **منگنز Mn**

به منظور بهبود پایداری آستنیت در نزدیکی دمای اتاق و بهبود خواص کار کردن در دمای بالا به فولاد ضدزنگ اضافه می‌شود. اضافه کردن تا میزان 2% تاثیری بر استحکام و انعطاف پذیری و سختی ندارد. منگنز[20] به عنوان جایگزین جزئی نیکل در فولادهای سری 200 حائز اهمیت است از آن جهت که ارزان تر است.

- **مولیبدن Mo**

اضافه کردن مولیبدن مقاومت در برابر خوردگی و استحکام در دمای بالا و مقاومت در برابر خزیدن[21](لغزیدن) را افزایش می‌دهد. وجود مولیبدن باعث ایجاد طیف وسیعی از فعل و انفعالات در جهت مقابله با خوردگی حفره‌ای به خصوص در محیط های حاوی یون کلراید می‌شود.

- **آلومینیوم Al**

اضافه کردن آلومینیوم سختی فولاد ضد زنگ را پایین می‌آورد ولی مقاومت در برابر پوسته ای شدن[22] را افزایش می‌دهد

- **کربن C**

اضافه کردن کربن استحکام فولاد ضدزنگ را بالا می‌برد اما باعث تشکیل رسوبی می‌شود که برای مقاومت در برابر

[19] Silicon
[20] Manganese
[21] Creep
[22] Scaling

خوردگی مضر است.

- **کلومبیم (نیوبیوم Nb)**

همان نیوبیوم[۲۳] است که قبلا به آن کلومبیم[۲۴] گفته می‌شد. زمانی که با کربن ترکیب می‌شود باعث کاهش قابلیت خوردگی دانه‌ای[۲۵] می‌شود

- **مس Cu**

مس[۲۶] برای افزایش مقاومت خوردگی در محیط های خاص به فولاد اضافه می شود و امکان خوردگی شیاری[۲۷] را کاهش

می‌دهد.

- **تیتانیوم Ti**

این فلز با کربن ترکیب می‌شود و باعث کاهش قابلیت خوردگی دانه‌ای و ترویج تشکیل حالت فریت می‌شود.

1–4– انواع فولاد ضدزنگ

بیش از 250 نوع فولاد ضدزنگ وجود دارد که به 5 گروه اصلی تقسیم شده‌اند

1–4–1– فولاد ضدزنگ مارتنسیتیک Martensitic

مارتنسیت در فولاد کربنی از سرد کردن سریع آستنیت با نرخ بالا ایجاد می‌شود به نحوی که کربن زمانی برای نفوذ در ساختار بلور را نداشته باشد.

[23] Niobium
[24] Columbium
[25] Intergranular
[26] Copper
[27] Cracking

مارتنسیت در دیاگرام فازی کربن–آهن قرار ندارد چون حالت تعادلی نیست

فولادهای سری 400 معمولا حاوی 11.5% تا 18% کروم (Cr) و به نسبت فریتیک ها کربن بیشتری دارند و قادر

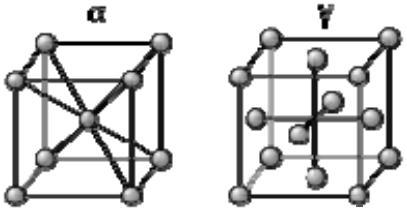
به تحمل دمایی و استحکام در گستره وسیعی می‌باشند و به طور گسترده در تهیه کارد و چنگال[۲۸] و ادوات چاقویی ورزشی و لوازم چندمنظوره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1–4–2– فولاد ضدزنگ آستنیتی : سری Austenitic 300

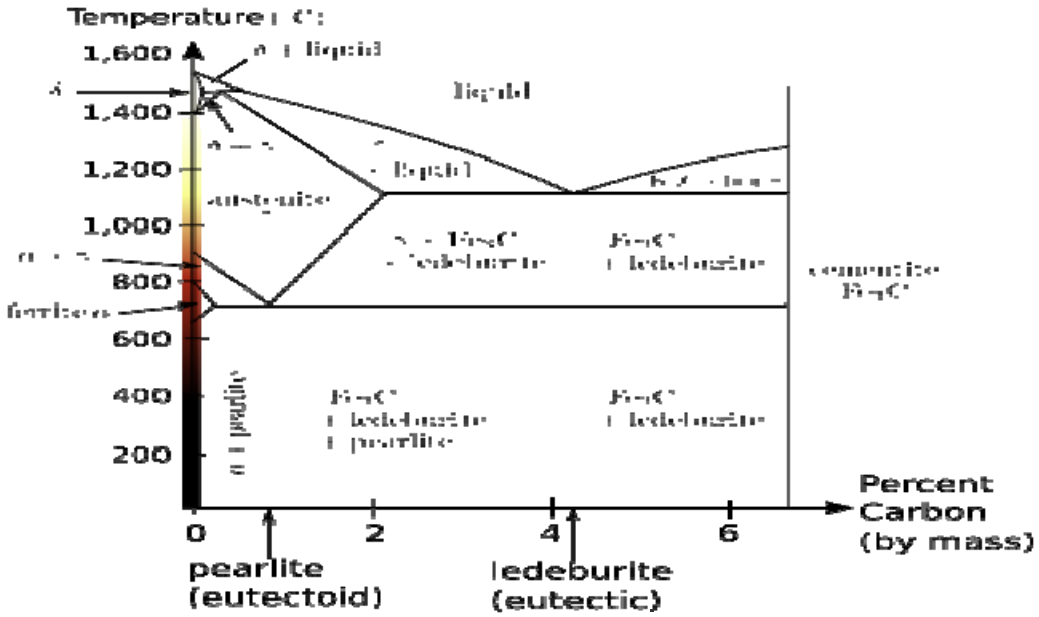
آستنیت یک ترکیب جامد از کربن در فولادهای نگیر[۲۹] در دماهای بالا می‌باشد در واقع از ترکیب کربن در آهن گاما [۳۰](آهن مکعبی وجوه مرکز پر FCC) بوجود آمده است.

نام این فاز از William chandler Roberts-Austen متالوژیست انگلیسی گرفته شده است.

آستنیت در دمای محیط پایدار نیست.



[28] Cutlery
[29] Non Magnetic
[30] Gamma-phase iron



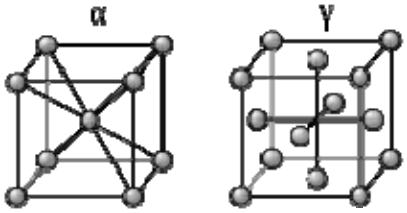
فولاد ضدزنگ آستنیتی بیشترین مورد استفاده را در بین انواع دیگر فولادهای ضدزنگ داشته و تقریبا 80% بازار جهان را به خود اختصاص داده است و همه‌ی فولادهای سری 200 و 300 را شامل می‌شود. در ساختار آن حداقل 7% عنصر نیکل قرار دارد که ساختار فولاد را تماما آستنیتی نموده و باعث گردیده فولاد خاصیت انعطاف پذیر، مقاوم برای کاربرد در دماهای بالا، غیرمغناطیسی و قابلیت جوشکاری مساعد از خود نشان دهد. بنابراین مشخصه اصلی این طبقه از فولادهای ضدزنگ، سهولت جوشکاری و مقاومت به خوردگی عالی- نرم و انعطاف‌پذیر بودن برای کار سرد و غیرمغناطیس بودن آنها می باشد. بنابراین فولادهای ضدزنگ را برای استفاده در محیط های اتمسفری، آب دریا و انواع مختلف محیط های شیمیایی انتخاب می‌کنند اما، بسته به نوع محیط، باید فولاد با ترکیب شیمیایی مناسب انتخاب شود.

زمانی که در دمای پایین استفاده می‌شود بسته به میزان ترکیب درصد عناصر موجود در فولاد به خصوص نیکل این مدل کمی بگیر می‌شوند.

این فولاد برای قطعات خودرو، وسایل آشپزخانه، تجهیزات فرآیندی و صنایع مختلف به طور گسترده به کار می-رود.

1–4–3– فولاد ضدزنگ فریتی : سری Ferritic 400

تحت عنوان آهن آلفا[31] هم شناخته شده است و به صورت ساختار شبکه کریستالی BCC می‌باشد و یک مثالی از مواد فرومغناطیس می‌باشند و مقدار خیلی کمی کربن در این ساختار حل می‌شود.



این دسته از فولادهای ضدزنگ خاصیت مغناطیسی و فیزیکی و مکانیکی مناسبی دارند. عنصر آلیاژی عمده در این گروه کروم در حد کافی جهت پایدار کردن کامل فازفریت می‌باشد به منظور جلوگیری از تشکیل فازهایی که در رابطه با انعطاف پذیری مخرب اند، سریع سرد کردن این نوع فولادها که حاوی درصد زیادتری از عناصر آلیاژی هستند الزامی است. فولادهای ضدزنگ فریتی خواصی مشابه به فولاد ساده کربنی داشته با این تفاوت که مقاومت آنها در برابر خوردگی به مراتب بهتراست. عموما" این فولادها حاوی مقادیر بین 12% تا 17% کروم در ساختار خود می باشند که فولادهای با مقادیر حدودا" 12% کروم بیشتر برای کاربرد در بناها و فولادهای با مقادیر حدودا" 17% کروم بیشتر در بویلرها، ماشین های لباسشویی، دکوراسیون داخلی و لوازم خانگی بکار می روند و همچنین قابل کاربرد در مواردی می‌باشند که مقاومت در برابر خوردگی حائز اهمیت باشد مانند سیستم اگزوز خودرو

1–4–4– فولاد ضدزنگ آستنیتی– فریتی : Austenitic-Ferritic (Duplex)

این دسته از فولادهای ضدزنگ هر دو ساختار مربوط به فازهای فریت و آستنیت را همزمان در خود داشته از این رو آنها را فولادهای ضدزنگ duplex نیز نامگذاری کرده‌اند این فولادها حاوی مقادیری از عنصر نیکل به منظور پایدار کننده فاز آستنیت و حصول خواص انعطاف پذیری، همچنین مقادیری از عنصر کروم به منظور پایدارکننده فاز فریت و حصول خواص استحکام و چقرمگی مناسب در فولاد می باشند. این فولاد در صنایع پتروشیمی، کاغذسازی، قند و نیشکر همچنین کشتی سازی کاربرد دارد.

[31] Alpha iron

در فولاد دوپلکس دو فاز آستنیتیک و فریت به نسبت 50-50 وجود دارد هر چند که در نمونه‌های تجاری این نسبت 40-60 هم می‌شود.

در نسل دوم فولاد دوپلکس نیتروژن اضافه می‌شود که استحکام خوبی فراهم می‌آورد و قابلیت جوش پذیری را افزایش می‌دهد.

Duplex استاندارد حدود 22% کروم دارد و با S31803/S32205 در سیستم UNS نامگذاری می‌شود.

- **فولاد ضدزنگ Super duplex**

یک فولاد ضدزنگ duplex با این شرط که PREN> 40 باشد

PREN = Pitting Resistance Equivalent Number
PREN = %Cr + 3.3*(%Mo + 0.5*%W) + 16*%N

یک Super duplex به طور معمول 25% و یا بیشتر کروم دارد و نمونه های رایج آن S32760 و S32750 و S32550 می‌باشد.

1–4–5– فولاد ضدزنگ Precipitation-Hardening stainless steel

در برخی از تقسیم بندی ها جزء انواع فولاد ضدزنگ قرار می‌گیرد در واقع PH یک تکنیک حرارتی است که به منظور افزایش راندمان استحکام مواد قابل انعطاف مانند فولاد ضدزنگ، آلیاژهای آلومینیوم و ... استفاده می‌شود.

PH به دو دسته کلی برای فولادهای ضدزنگ تقسیم می‌شود Martensitic و شبه Austenitic

گروه Matensitic شامل PH 17-4 و PH 15-5 ، Cr-Ni با کلومبیم و مس اضافی است سختی و استحکام این گروه از فولاد با افزودن مس بهبود یافته است مدل مارتنسیتیک در صنایع هوافضا، صنایع شیمیایی و پتروشیمی و صنایع غذایی کاربرد دارد.

فولاد شبه آستنیتیک در مدل PH 17-7 و Mo PH 15-7 موجود می‌باشد که این مدل ها در دماهای بالا آستنیک هستند و در شرایط دیگر مارتنسیتیک هستند.

فولاد مدل PH 17-7 استحکام بسیار عالی دارد و در تجهیزات هوا فضایی استفاده می‌شود.

فولاد مدل MoPH 15-7 در صنایعی استفاده می‌شود که نیاز به استحکام و سختی بالا دارند مانند قطعات هواپیما

1–5– تفاوت فولادها

چون Ferritic و Austenitic دو گروه اصلی و پرکاربرد فولاد ضدزنگ می‌باشند به بررسی تفاوت بین این دو گروه می‌پردازیم

- ✓ Ferritic کمی نسبت به Austenitic قوی تر و پراستحکام تر است
- ✓ Ferritic نسبت به Austenitic مقاومت خوردگی کمتری دارد
- ✓ Ferritic نسبت به Austenitic هدایت الکتریکی کمتری دارد
- ✓ Ferritic نسبت به Austenitic قابلیت سختی پذیری تحت عمل حرارتی ندارند.
- ✓ Ferritic با مقدار بالای کربن برای دمای بالا استفاده می‌شود
- ✓ Ferritic نسبت به Austenitic میزان استفاده کمتری دارد
- ✓ Ferritic در ساختار خود عنصر نیکل ندارد ولی Austenitic نیکل دارد.
- ✓ Ferritic ها مغناطیسی و Austenitic ها غیرمغناطیسی هستند.

1–6– نامگذاری‌های فولاد ضدزنگ

1–6–1– سیستم نامگذاری در استاندارد آمریکایی

استاندارد ASTM (American Society for Testing and Materials) در سال 1898 شروع به کار کرد

این استاندارد با ترکیبی از حروف و شماره ها معرفی می‌شوند که هر کدام از این حروف و شماره ها اطلاعاتی را درباره مشخصات فلز ارایه می‌دهد برای مثال **ASTM A 516/A 516M-01 Grade**

- ❑ حرف A اول نشان دهنده فلز آهن است اما آنرا به زیرمجموعه های چدن، فولاد کربنی، فولاد آلیاژی یا

فولاد ضدزنگ تقسیم نمی کند.

- عدد 516 یک شماره ترتیبی است که مستقیما با خواص فلز ارتباطی ندارد.
- حرف A دوم یعنی از هر دو سیستم متریک و اروپایی استفاده شده و حرف M یعنی از سیستم متریک استفاده شده است.
- عدد 01 سال بازبینی یا انتشار را نشان می‌دهد.
- Grade 70 یعنی حداقل استحکام کششی آن 70 Ksi است.

1-6-2- سیستم نامگذاری AISI / SAE

انجمن SAE(Society of Automotive Engineers) در سال 1905 در ایالت میشیگان ایجاد شد و در سال 1930 این

موسسه با موسسه AISI (American Iron and Steel Institute) تلاش کردند که سیستم استانداردی را برای نامگذاری فولاد ارئه دهند که سیستم AISI/SAE نامگذاری شد.

این سیستم نامگذاری از چهار رقم برای مشخص کردن فولادهای کربنی و کم آلیاژ بر اساس ترکیب شیمیایی بهره می برد. بر اساس این سیستم، دو رقم آخر نشان دهنده میزان کربن برحسب صدم درصد است. رقم اول از سمت چپ مشخص کننده طبقه ای است که فولاد به آن تعلق دارد

فولادهای زنگ نزن: در این روش از یک عدد سه رقمی (XXX) استفاده می‌شود که رقم اول گروه فولاد ضدزنگ و ارقام بعدی زیر مجموعه‌های آن گروه را مشخص می‌کند

- 2xx (Cr-Ni-Mn): 201, 202, 203
- 3XX (Cr-Ni : Austenitic Stainless Steel): 302, 303, 304,316,316L
- 4XX (Cr : Ferritic Stainless Steel): 405, 409, 430
- 4XX (Cr : Martensitic Stainless Steel): 403, 410, 414

1–6–3– سیستم نامگذاری به روشUNS

UNS (Unified Numbering System) یک سیستم نامگذاری می‌باشد که در آمریکای شمالی استفاده می‌شود این روش سیستمی متشکل از یک حرف و پنج عدد است. حرف اول کلاس آلیاژ و چهار حرف اول طبق همان استاندارد AISI/SAE گروه بندی آلیاژها را نشان می‌دهد.رقم پنجم طبق علائم قراردادی، 1 بجای B، 4 بجای L و 6 بجای E استفاده می‌گردد.

UNS Descriptor	Ferrous Metals
Dxxxxx	Specified mechanical properties steels
Fxxxxx	Cast irons
Gxxxxx	AISI and SAE carbon and alloy steels (except tool steels)
Hxxxxx	AISI H-steels
Jxxxxx	Cast steels
Kxxxxx	Miscellaneous steels and ferrous alloys
Sxxxxx	Heat and corrosion resistant(stainless) steels
Txxxxx	Tool steels
UNS Descriptor	**Welding Filler Metals**
Wxxxxx	Welding filler metals, covered and tubular electrodes classified by weld deposit composition

1–6–4– استاندارد DIN آلمان: (Deutsches Institutfür Normung)

به صورت مقابل نامگذاری می‌شود.

St XX
Q St XX
R St XX
U St XX

Q فولادهای ویژه شکل دادن سرد (کله زنی) مثلا Q St37-3

R فولادهای آرام و نیمه آرام، مثلا R St37-2

U فولادهای ناآرام (جوشان) مثلا U St37-2

دو رقم بعد حرف ST حداقل استحکام کششی را بر حسب Kg/mm^2 نشان می‌دهد. برای مثال St 37 فولادی است که حداقل استحکام کششی $37\ Kg/mm^2$ می باشد.

1–6–5– استاندارد EN اروپایی

این استاندارد اروپایی به دو صورت تعریف می‌شود یا به صورت عدد برای مثال 1.4301 یا توسط حروف برای مثال X5CrNi18-10 حرف X نمایانگر نوع آلیاژ می‌باشد و عدد بعد از آن نمایانگر درصد کربن می‌باشد. و در ادامه علائم اختصاری عناصر قرار می‌گیرد و سپس ترکیب درصد این عناصر که با خط فاصله از هم جدا شده‌اند.

1–6–6 – مقایسه انواع فولاد های ضد زنگ بر اساس نام گذاری های متفاوت

Group	SAE grade	EN Name / DIN	EN Number	UNS
Austenitic	304	X5CrNi18-10	1.4301	S30400
	316	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	S31600
	316L	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	S31603
Duplex	318S13	X2CrNiMoN12-5-3	1.4462	S31803/ S32205
Super duplex		X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	S32550
	J405	X2CrNiMoN25-7-4 4	1.4410	S32750
	J405	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	S32760

1-7- ترکیب درصد استیل‌های ضدزنگ

رایج ترین نوع فولاد ضدزنگ استیل های سری 300 هستند که خود به انواع مختلفی مثل 303، 304، 305، 316، 321و347 تقسیم می‌شوند و در بین آن ها استیل 304 با اختلاف قابل توجهی از بقیه پرکاربردتر و رایج تر است. استیل 304 و تعداد دیگری از استیل‌های این سری شامل 18% کروم و 8% نیکل هستند و به همین دلیل به نام استیل 18-8

هم شناخته می‌شوند. البته نام استیل 18-8 اشاره به نوع خاصی از استیل ندارد چون فقط درصد دو آلیاژ نیکل و کروم را نشان می‌دهد. علاوه بر این کربن این استیل‌ها کمتر از 0.08% است و خاصیت آهنربایی ندارند.

استیل 316 پس از استیل 304 دومین استیل رایج در بین استیل‌های آستنیتی است. این استیل که به «استیل ضدزنگ گرید دریایی» هم معروف است و معمولا شامل 18% کروم، 10% نیکل و 2% مولیبدن است و به همین دلیل به استیل 18-10 هم معروف است. تغییر در نسبت کروم و نیکل و افزودن مولیبدن باعث شده تا این استیل مقاومت بیشتری در مقابل فرسایش، به ویژه فرسایش ناشی از کلر داشته باشد و به همین دلیل برای وسایلی که باید در تماس زیاد با عوامل فرساینده مانند مواد شیمیایی، حلال‌ها، و آب شور باشند، مناسب است. این نوع از استیل معمولا در ساخت کاردها و ابزارهای برنده و لوازم مرغوب آشپزخانه استفاده می‌شود و برای تاسیات دریایی نیز مناسب است.

حرف L بعد از نام استینلس استیل(316L) بیانگر آن است که مقدار کربن آلیاژ به کمتر از 0.03% کاهش پیدا کرده است.

COMPOSITION

	Type 316 %	Type 316L %
Carbon	0.08 max.	0.03 max.
Manganese	2.00 max.	2.00 max.
Phosphorus	0.045 max.	0.045 max.
Sulfur	0.030 max.	0.03 max.
Silicon	0.75 max.	0.75 max.
Chromium	16.00 - 18.00	16.00 - 18.00
Nickel	10.00 - 14.00	10.00 - 14.00
Molybdenum	2.00 - 3.00	2.00 - 3.00
Nitrogen	0.10 max.	0.10 max
Iron	Balance	Balance

COMPOSITION

	Type 304 %	Type 304L %
Carbon	0.08 max.	0.03 max.
Manganese	2.00 max.	2.00 max.
Phosphorus	0.045 max.	0.045 max.
Sulfur	0.030 max.	0.030 max.
Silicon	0.75 max.	0.75 max.
Chromium	18.00-20.00	18.0-20.0
Nickel	8.00-12.00	8.0-12.0
Nitrogen	0.10 max.	0.10 max.
Iron	Balance	Balance

Chemical composition

Table 1

	Outokumpu Steel name	International steel No				Chemical composition, % by wt. Typical values					
		EN	ASTM	UNS	ISO	C	N	Cr	Ni	Mo	Others
Duplex	LDX 2101®	1.4162	–	S32101	4162-321-01-E	0.03	0.22	21.5	1.5	0.3	5Mn Cu
	2304[1]	1.4362	–	S32304	4362-323-04-I	0.02	0.10	23.0	4.8	0.3	Cu
	LDX 2404®	1.4662	–	S82441	4662-824-41-X	0.02	0.27	24.0	3.6	1.6	3Mn Cu
	2205	1.4462	–	S32205[2]	4462-318-03-I	0.02	0.17	22.0	5.7	3.1	
	4501	1.4501	–	S32760	4501-327-60-I	0.02	0.27	25.4	6.9	3.8	W Cu
	2507	1.4410	–	S32750	4410-327-50-E	0.02	0.27	25.0	7.0	4.0	

Trade Name	UNS	Super Duplex Industry Specifications	Chemical Composition	Min.Tensile (KSI)	Min.Yield (KSI)	Elongation %
SAF 2507®	**UNS S32750**	**ASTM** A182 F53, A240, A276, A479, A789, A790, A815, A928, A988 **SAE** J405	**C** 0.030 max **Cr** 24.0-26.0 **Cu** 0.5 max **Mn** 1.20 max **Mo** 3.0-5.0 **N** 0.24-0.32 **Ni** 6.0-8.0 **P** 0.035 max **S** 0.020 max **Si** 0.8 max	116	80	15
	UNS S32760	**ASTM** A182 F55, A240, A276, A314, A473, A479, A789, A790, A815, A928, A988 **SAE** J405	**C** 0.03 max **Cr** 24.0-26.0 **Cu** 0.5-1.0 **Mn** 1.0 max **Mo** 3.0-4.0 **N** 0.2-0.3 **Ni** 6.0-8.0 **P** 0.03 max **S** 0.01 max **Si** 1.0 max **W** 0.5-1.0	109	80	25

1–8– استیل های بگیر و نگیر

در مورد بگیر و نگیر (مغناطیسی و غیر مغناطیسی) بودن فولادها و به خصوص فولادهای ضدزنگ تنها می‌توان به این نکته اشاره کرد که فولادهای Auestinitic غیر مغناطیسی(نگیر) که احتمالا به خاطر حضور نیکل در ساختار آن می‌باشد و فولادهای Ferritic مغناطیسی (بگیر) می‌باشند.

در جداول زیر انواع استیل و موارد کاربرد آنها مشخص شده‌اند

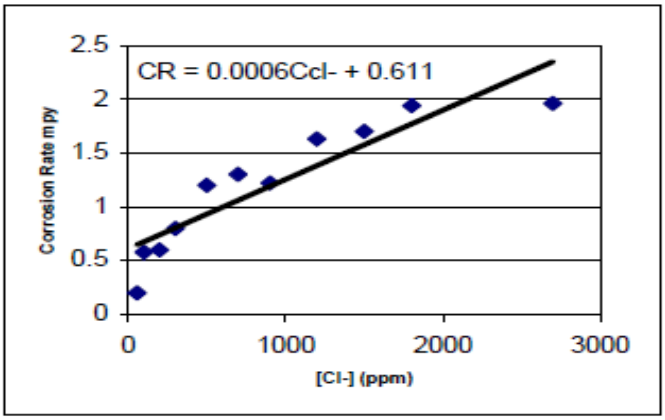
Stainless Types	Cr	Ni	C	Other Significant Elements	Characteristics	Typical Applications
Austenitic Stainless Steels						
201	16	3.5-5.0	.06	Mn – 6-7.5	Low nickel, high work hardening	Hose clamps, cookware
NITRONIC® 30	16	2.5	.02	Mn – 8.5, N – .17	High strength, abrasion resistance, good formability	Hose clamps, truck and bus frames, bulk solids handling equipment, coal buckets and hopper cars
301	17	7	.10		High strength, high work hardening	Wheel covers, springs, hose clamps, food processing equipment
304	18	8	.06		Multipurpose	Food equipment, tubing, architectural trim
304L	18	9	.02		Low carbon minimizes carbide precipitation during welding	Welded parts and other 304 applications
309S	22	12.5	.05		Oxidation resistant	Heating elements, furnace parts
316	16.5	10.5	.05	Mo – 2	Pitting corrosion resistance	Heat exchangers, chemical equipment, marine applications
316L	16.5	10.8	.02	Mo – 2	Low carbon minimizes carbide precipitation during welding	Welded Type 316 applications
321	17	9.5	.02	Ti – 5XC min.	Titanium stabilized	Heat exchangers to intermediate temperatures, aircraft
Precipitation-Hardening Stainless Steels						
17-4 PH®	15.5	4.5	.05	Cu – 3.0, Cb – .25	High strength and hardness	Aerospace, chemical and petrochemical, food processing
15-5 PH®	14.5	4.5	.05	Cu – 3.5, Cb – .25	High strength and hardness, ferrite free	Aerospace, chemical and petrochemical, food processing
17-7 PH®	17	7	.085	Al – 1.0	High strength, excellent fatigue properties	Aerospace components, flat springs
PH 15-7 Mo®	14.5	7.5	.085	Mo – 2.0, Al – 1.0	High strength and hardness	Retaining rings, springs, aircraft bulkheads
Duplex Stainless Steels						
NITRONIC 19D	21	1.25	.02	Cu – 0.5, Mn – 5.0	Ferrite/austenite matrix, good cyclic oxidation, high strength and good stress corrosion resistance	Tubing, water heater tanks
2205	22	5.5	.02	Mo – 3.0	High strength, low thermal expansion, high resistance to stress corrosion cracking and corrosion fatigue	Heat exchangers, pipe, pressure vessels, tanks, fans, shafts and press rolls

Stainless Types	Typical Chemical Composition %				Characteristics	Typical Applications
	Cr	Ni	C	Other Significant Elements		
Ferritic Stainless Steels						
409	11	–	.01	Ti – .20	Economical corrosion and oxidation resistance	Heat exchangers, furnace liners, automotive exhaust systems
Aluminized 409	11	–	.01	Ti – .20 Aluminum coating	Economical corrosion, oxidation, salt and cosmetic corrosion resistance	Heat exchangers, furnace liners, automotive exhaust systems
409 Ni	11	0.85	.02	Ti – .20, Mn – .75	Corrosion resistance superior to mild and low-carbon steels	Coal handling equipment, exhaust flanges, transportation equipment
400	12	–	.015	Al – .15	Corrosion resistance comparable to 409, better surface finish	Applications requiring improved finish over Type 409, caskets
400 Cb	11.5	–	.01	Cb – .15, Al – .15	Corrosion resistance comparable to 409, better surface finish	Electrical cabinetry
410S	12	–	.015		Low-cost, general purpose	Mild corrosive service Fractionation towers
11 Cr-Cb	11	–	.01	Si – 1.30, Cb – .35	More oxidation and creep resistant than 409 and 439	High-temperature use, furnaces, auto exhaust components
41003	11	.40	.02	Si – .40, Mn – .80	Excellent weldability, toughness and fabricating characteristics	Tubing for bus frames, hopper cars chutes, storage tanks and shipping containers
430	16.5	–	.05		General-purpose corrosion resistance	Appliance, food equipment, miscellaneous automotive, flue liners
434	16.5	–	.065	Mo – 1.0	Improved corrosion resistance over 430	Automotive trim
436	16.8	–	.06	Mo – 1.0, Cb – .40	Controlled roping	Automotive trim
439	17	–	.012	Ti – .30	Wet corrosion and oxidation resistance	Heating units, welded tubing and auto exhaust components
Aluminized 439	17	–	.012	Ti – .30	Economical corrosion oxidation, salt and cosmetic corrosion resistance	Heating units, welded tubing and auto exhaust components
435 Mod.	19.5	–	.02	Cb – .70, Cu – .50	Improved formability and weldability	Automotive trim
18 SR	17	–	.02	Al – 1.70, Ti – .20	High-temperature scaling resistance	Industrial ovens, heat exchangers, furnace liners
18 Cr-Cb	17.5	–	.02	Ti – .25, Cb – .55	Oxidation resistant, creep resistant	Heat exchangers, furnace components, auto exhaust systems
444	17.5	–	.015	Ti – .25, Cb – .15 Mo – 2.0	Oxidation, corrosion and stress cracking resistance	Water heaters, solar panels, engine components
Martensitic Stainless Steels						
410	11.5	–	.14		General purpose, hardenable	Cutlery, machine parts
410H	11.5	–	.18		Increased hardenability	Cutlery, rulers
420	12.5	–	.38		Increased hardenability	Cutlery, multifunctional tools
420 HC	12.5	–	.42		Increased hardenability	Cutlery, scissors

1-9- تاثیر یون کلر بر میزان خوردگی

کیفیت آب در میزان خورندگی فولادها نقش مهمی دارد و از این رو تحقیقاتی در رابطه با تاثیر پارامترهای مختلف آب نظیر اکسیژن حل شده، املاح سختی آور آب نظیر کلسیم و منیزیم، آنیون های کلراید و سولفات بر خوردگی تعدادی از مواد ساختمانی مورد استفاده در این سیستم ها انجام شده است.

فلزاتی که در سیستم های آبی مورد استفاده قرار می گیرند بیشتر از جنس فولاد، مس و چدن هستند که این فلزات از نظر ترمودینامیکی تمایل به خورده شدن دارند. آب های طبیعی شامل گازها، مواد کلوئیدی و انواع مختلف یون ها اعم از یون های مثبت و منفی هستند که تعیین کننده مقدار خوردگی احتمالی در موقعیت مشخص هستند. عموماً در خصوص آنیون های که تشکیل ترکیبات محلول با فلز می دهند خورندگی آب نسبت به فلز افزایش می یابد و آنیون های که تشکیل ترکیبات نامحلول می دهند ممکن است باعث غیرفعال شدن شوند. در مورد یون کلر یا ترکیبات کلر گفته شده که ترکیباتی بسیار قابل حل می باشند. البته موقعی که غلظت آن به طور غیر معمول بالا باشد تمایل به افزایش خورندگی آب بیشتر می شود. در مورد آب خنک کننده که از بالای برج خنک کننده عبور میکند غلظت جامدهای حل شده خصوصاً کلریدها و سولفات ها در اثر تبخیر آب افزایش میابد و باعث افزایش خورندگی آب می گردد.



شکل ۱- نمودار تغییرات سرعت خوردگی فولاد کربنی بر حسب غلظت یون کلر در آب دوبار تقطیر.

افزایش سرعت خوردگی فولاد ساده کربنی با افزایش غلظت یون کلر در آب دو بار تقطیر به این علت است که این یون باعث تغییر ماهیت حفاظتی فیلم زنگ آهن تشکیل شده روی سطح فولاد می‌گردد. در آب دوبار تقطیر هدایت الکتریکی کم بوده و آندها و کاتدها در فواصل نزدیک به هم قرار دارند. واکنش کاتدی غالب در این محلول ها به خاطر اشباع بودن از هوا، واکنش احیا اکسیژن است که باعث تولید آنیون های هیدروکسیل می‌گردد در نتیجه یون های OH که درکاتد طی واکنش زیر تشکیل می‌گردند با یون های Fe^{+2} که در آندهای مجاور تشکیل می‌شوند تشکیل فیلم $Fe(OH)_2$ می‌دهند که بر سطح فلز می‌چسبد.

$$1/2O_2+H_2O \rightarrow 2OH^- - 2e^-$$

مهاجرت کاتیون های Fe^{2+} به محل های کاتدی و مهاجرت آنیون های OH^- به محل های آندی باعث تشکیل فیلم محافظ سطحی می‌گردد.

در واقع یون کلر با افزایش هدایت الکتریکی و تغییر ماهیت لایه زنگی باعث افزایش خوردگی فولاد می‌گردد.