اهداف فصل

- اهداف فصل
- اشنایی با فولاد های ضد زنگ، مشخصات، انواع، و تفاوت ها
- معیار های انتخاب

مقدمه

- مقدمه فولاد های ضد زنگ با مقاومت به خوردگی کاربردهای فراوانی در صنایع پزشکی، غذایی ، نفت و پتروشیمی، راکتورهای هسته ای دارند.
- این فولاد ها به خوبی در دماهای بالا مقاومت مکانیکي دارندو می توانند در دماهای پایین شکل داده شوند
- قابلیت جوشکاري، ماشینکاری دارند و در حالت ریخته گری هم می توانند استفاده شوند.
- این فولاد ها اهمیت بی نهایتی در طراحی هایی دارند که مقاومت به خوردگی مورد نیاز است.

-

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

معرفي كلي

- تعريف اوليه:
- فولاد های ضد زنگ الیاژ آهن وکرم و سایر عناصر می باشند که در مقابل خوردگی در محیط های مختلف مقاومت دارند و حداقل 10 درصد کرم باید داشته باشند.

- افزایش کرم:.....باعث افزایش مقاومت به خوردگی می شود.

- تعريف دقيقتر : فولاد هايي هستند كه قابليت رويين شدن دارند

- رویین شدن:؟؟
- بعضی فولاد های ابزار 12 درصد کرم دارنداما ضد زنگ محسوب نمی شوند چون سایر عناصر الیاژی از ایجاد لایه رویین جلوگیری می کنند.

- تعريف درست : بنابر اين فولاد های ضد زنگ فولاد هايی با حداقل 10 درصد كرم هستند كه قابلِتت رويين شدن دارند.

تاریخچه

- فولاد هاي ضد زنگ در اوايل قرن 20 شناخته شدند. درابتدا به علت مقاوم نبودن در برابر اسید سولفوریک تصور می شد مقاومت به خوردگی ندارد.

- اما در سال 1925 متوجه مقاومت به خوردگی الیاژ های آهن –کرم در مقابل خوردگی در محیهای دیگر شدند. اولین فولاد ضد زنگ الیاژ ساده آهن- کرم بود که براي cultery به کار رفت.

- .

- در دهه 1930 انواع ان به صورت تجاری مورد توجه قرار گرفته بود.
- مشکلات تکنولوژیکی در ابتدا زیاد بود زیرا کربن تمایل زیادی به کرم دارد.

- به عنوان راه حل ازذوب قراضه فولاد کم کربن در کوره الکتریکی همراه با اضافه کردن low carbon ferrochromium استفاده شد.

- .در حال حاضر همین تکنولوژی استفاده میشود و به علاوه از Argon-Oxygen decarburization
- وکنترل مقدار کربن ونیتروژن استفاده می شود.

انواع فولاد های ضد زنگ

- عناصر آلياژي فاز هاي مختلفي رامي توانند پايدار كنند. به عنوان مثال اگر نیکل به آلیاژ آهن – کرم اضافه شود فاز استونیت در دمای اتاق پایدار می شود. د راين حالت نيكل پايدار كننده آستونيت ناميده مي شود

- فولاد های ضد زنگ با توجه به ساختارشان دسته بندی مي شنوند:
- آستونیتی، فریتی و ماتنزیتي و..... که در داخل هر گروه یک سری الیاژ وجود دارند که تفاوت های کمی در ترکیب دارند.

- برای مشخص کردن آنها از یک عدد سه رقمی استفاده می شود (استاندارد امریکا) که اولین رقم نشان دهنده ترکیب است.
- 2XX: Cr-Ni-Mn
- 3XX: Cr-Ni
- 4XX: Cr

- سري كه باعدد 5XX مشخي مي شود درصد كرم كمي دارد و به عنوان فولاد ضد زنگ مطرح نيست ولي مقاومت به حرارت خوبي دارد.

- براي تمام رده ها UNS و ASTM وجود دارد اما هنوز اعداد قدمي 2XX,3XX,4XXبراي مشخص سازي مورد استفاده قرار مي گيرند.

- و در کل 66 فولاد ضد زنگ وجود دارد که 39 تا استونیتی و بقیه فریتی یا مارتنزیتی هستند.

- به علاوه 4 نوع رسوب سخت و بیش از 30 الیاژ دیگر وجود دارد که با UNS numberمشخص می شوند.
- حدود 100 الیاژ فرعی هم وجود دارد.

Table 14–1
Nominal compositions of some special/proprietary stainless steels developed for improved serviceability over conventional grades

UNS Designation	Type	Composition (Percent by Weight Maximum Unless Otherwise Specified)* C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Others	Application
Austenitics											
N08020	20 Cb-3	0.06	2.00	0.035	0.035	1.00	19/21	32.5/35	2/3	3/4 Cu	Superior SCC resistance
N08024	20 Mo-4	0.03	1.00	0.035	0.035	0.50	22.5/25	35/40	3.5/5	0.15/0.35 Cb	Better pitting resist than 20 Cb-3
N08026	20 Mo-6	0.03	1.00	0.03	0.03	0.50	22/26	33/37	5/6.7	2/4 Cu, 0.1/0.16 N	Resists hot chlorides, Low pH
N08028	Alloy 28	0.03	2.50	0.03	0.03	1.00	26/28	30/34	3/4	0.6/1.4 Cu	
N08031	Alloy 31	0.015	2.00	0.02	0.01	0.30	26/28	30/32	6/7	1.0/1.4 Cu, 0.15/0.25 N	
N08366	AL-6X	0.03	2.00	0.04	0.04	1.00	20/22	23.5/25.5	6/7		Resists chloride pitting
N08367	AL-6XN	0.03	2.00	0.04	0.03	1.00	20/22	23/25.5	6/7	0.18/0.25 N, 0.75 Cu	Resists chloride pitting
N08700	JS700	0.04	2.00	0.04	0.03	1.00	19/23	24/26	4.3/5	8X C/.4 Cb	Resists SCC
N08904	904L	0.02	2.00	0.045	0.035	1.00	19/23	23/28	4/5	1/2 Cu, 0.1 N	Resists reducing acids
N08925		0.02	1.00	0.045	0.03	0.50	19/21	24/26	6/7	0.8/1.5 Cu, 0.1/0.2 N	
S20910	22 Cr, 13 Ni, 5 Mn	0.06	4.00/6.00	0.04	0.03	1.00	20.5/23.5	11.5/13.5	1.5/3	0.2/0.4 N, 0.10/0.3 V 0.1/0.3 Cb	High strength, good corr. resist.
S21000	SCF-19	0.03	5.00	0.025	0.003	0.40	20	18	5	0.85N	High strength, SCC resistance
S21300	15-15 CC	0.25	15.0/18.0	0.025	0.003	0.40	16/21	1.10	1.10	1.4 N, 0.56 Cu	Improved SCC resistance
S21904	21 Cr, 6 Ni, 9 Mn	0.03	8.0/10.0	0.04	0.03	1.00	19/215	1.10	—	0.15/0.40 N	High-temperature oxidation resistance
S24100	18 Cr, 2 Mo, 12 Mn	0.15	11.00/14.00	0.06	0.03	1.00	16.5/19	5.5/7.5	—	0.45 N	Higher strength than 304
S28200	18-18 Plus	0.15	17.00/19.00	0.04	0.03	1.00	17/19	0.5/2.5	0.75/1.25	0.4/0.6 N	2× strength of 304
S31254	254 SMO	0.02	1.00	0.03	0.01	0.75	19.50/20.50	17.50/18.50	6/6.5	0.5/1.0 Cu, 0.18/0.22 N	
S32654	654 SMO	0.02	2/4	0.03	0.005	0.50	24/25	21/23	7/8	0.3/0.6 Cu, 0.45/0.55 N	
S34565	45655	0.03	5/7	0.03	0.01	1.00	23/25	16/18	4/5	0.1 Cb, 0.4/0.6 N	
Ferritics											
S44627	E-Brite	0.1	0.4	0.02	0.02	0.4	25/27	0.5	0.75/1.5	0.15 N, 0.05/.2 Cb, 0.2 Cu 0.5 Ni + Cu	Resists SCC
S44735	29-4C	0.3	1.0	0.04	0.03	1.0	28/30	1.0	3.6/4.2	0.045, Ti + Cb = 6 × (C + N) min.	Resists chlorides
S44660	SC-1	0.03	1.0	0.04	0.03	1.0	25/28	1/3.5	3/4	0.04 N, 0.2/1.0 Ti + Cb, 6 × (C + N) Ti + Cb	Resists seawater
S44800	29-4-2	0.01	0.3	0.25	0.02	0.2	28/30	2/2.5	3.5/4.2	0.02 N, 0.15 Cu, 0.025 C + N	Resists seawater
Hardenable											
S35500	Alloy 355	0.1/0.15	0.5/1.25	0.04	0.03	0.5	15/16	4/5	2.5/3.25	0.07/0.13 N	Can quench or precipitation harden
S45000	Custom 450	0.05	1.0	0.03	0.03	1.0	14/16	5/7	0.5/1	1.25/1.75 Cu	High strength, like 304 resistance
S45500	Custom 455	0.05	0.5	0.04	0.03	0.5	11/12.5	7.5/9.5	0.5	1.5/2.5 Cu, 0.1/0.5 Cb, 0.8/1.4 Ti	Higher strength than 450
S35000	Alloy 350	0.07/0.11	0.5/1.25	0.04	0.03	0.5	16/17	4/5	2.5/3.25	0.07/0.13 N	Can quench or precipitation harden
Duplex											
S31803	AL 2205	0.03	2.0	0.03	0.02	1.0	21/23	4.5/6.5	2.5/3.5	0.08/0.2 N	High strength, austenite + ferrite
S32550	Alloy 2855	0.04	1.5	0.04	0.03	1.0	27/28	4.5/6.5	2.9/3.9	0.1/0.25 N, 1.5/2.5 Cu	Good in reducing acids
S32950	7-Mo Plus	0.03	2.0	0.035	0.10	0.6	26/29	3.5/5.2	1.0/2.5	0.15/0.35 N	40% austenite in ferrite, for SCC

انواع فولاد های ضد رنگ

- 1- فولاد هاي ضد زنگ فريتي
- - درصد کربن کمتراز 0.2% و درصد کرم در طیف 16-20 درصد است.

- فاز سیگما : که فازي سخت و بسيار ترد ومقاومت به خوردگي را کم می کند. این فاز در طیف کرم 20 درصد در این فولاد ها تشکيل مي شود.

- قابل کونچ کردن نیست بنابر این این فولاد ها قابل سخت کاري نيستند.
- به علت جوش پذیری پایین و حساسیت به تمرکز تنش کاربرد های کمی دارند.
- اگر در دمای 510-343°C حرارت داده شوند ترد می شوند که جوش پذیری را کم می کند.

- در مخازن تحت فشار در دمای پایین کاربرد دارند.

- در مقابل بعضی از انواع خوردگی ها مثل SSC نسبت به سایر دسته ها مقاوم ترند.
- اگر درصد کربن و نیتروژن به وسیله روشهایی نظیر AODو VIM به کمتر از 20 ppm جوش پذیری افزایش می یابد که به علت ایجاد نشدن کاربید های ترد است.

که به اینها Special ferritic می گویند.

- این فولاد ها مقاومت به خوردگی عالی در محیط هایی نظیر آب دریا دارند و به خصوص در برابر SCC مقاوم هستند.
- ولی در هر صورت به خاطر محدودیت جوشکاری کاربرد های محدودی دارند

Martensitic

- درصد کرم 12-18 درصد و درصد کربن تاحد 2/1 درصد می رسد.
- به علت بالا بودن درصد عناصر الیاژی امکان ایجاد ساختار کاملا مارتنزیتی ممکن است

Austenitic

- 4 عنصر الیاژی اصلی دارند شامل : کربن، کرم، نیکل وآهن
- کرم 16-26درصد
- نیکل حد اقل 8 درصد تا 24 درصد.
- مقدار کربن تا حدی که از نظر اقتصادی ممکن است پایین می آید
- قابلیت کار سختی بالا دارند.

-Duplex alloys :3-

- ساختار ترکیبی از استونیت فریت است. . وجود فریت باعث افرایش تنش تسلیم مي شود که دو برابر تنش تسلیم فولاد های آستونیتی است. به علاوه وجود استونیت باعث افرایش مقاومت به فوردگی در محیط های خاص می شود.

- .دارای درصدکربن کم است (کمتراز 0.03%) در صد کرم 30-20 ، 5 درصد نیکل .

- ترکیب طوری تنظیم می شود تا ساختاری شامل 60-40 درصد فریت بدست آید. در برابر بسیاری از خورنده ها مقاوم نیستند و کاربرد های محدودی دارند مثل :Offshore drilling rigs
- در کل ساختار فولاد های ضد زنگ پیچیده است.

ALLOY Identification

- فولاد های ضد زنگ کار شده) (wrought) با یک عدد سه رقمی مشخص می شود (AISI) که رقم اول نشان دهنده کلاس ترکیب است
- 200: Cr, Ni, Mn
- 300: Cr,Ni
- 400: Cr
- 500: low Cr به عنوان فولاد ضد زنگ واقعی مطرح نیستند.
- برای تمام الیاژ های ضد زنگ UNSوجود داردو از پیشوند S استفاده می شود + AISI type number + 00
- مثال : AISI316=S31600

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Table 14–2
Stainless steels categorized by structure and chemical composition

Group	General Properties	Hardenability	Type	Analysis Built Up from Basic Type
Chromium–iron	Martensitics: Nonrusting tools and structural parts	Hardenable by heat treatment	403	Cr 12% adjusted for special physicals
			410	**Basic type, Cr 12%**
			414	Ni added to increase corrosion resistance and physicals
			416	S added for easier machining
			416Se	Se added for easier machining
			420	C higher for cutting purposes
			420F	S added for easier machining
			422	Mo, V, and W added for strength to 1200°F
			431	Cr higher and Ni added for better resistance and properties
			440A	C higher for cutting applications
			440B	C higher for cutting applications
			440C	C still higher for wear resistance
	Ferritic: Used for elevated temperature and nonrusting architectural parts	Nonhardenable	405	Al added to Cr 12% to prevent hardening
			409	Low Cr for auto exhaust
			429	Less Cr for better welding than 430
			430	**Basic type, Cr 17%**
			430F	S added for easier machining
			430F Se	Se added for easier machining
			434	Mo added for pitting resistance
			436	Mo, Cb, and Ta added for heat resistance
			439	Cr added for improved corrosion resistance
			442	Cr higher to increase scaling resistance
			444	Stabilized for welding
			446	Cr much higher for improved scaling resistance
Chromium–nickel	Austenitic: Used for chemical resistance	Hardenable by cold work	301	Cr and Ni lower for more work hardening
			302	**Basic type, Cr 18%, Ni 8%**
			302B	Si higher for more scaling resistance
			303	S added for easier machining
			303Se	Se added for easier machining
			304	C lower to avoid carbide precipitation
			304L	C lower for welding application
			304N	N added to increase strength
			304LN	Low C, N added
			305	Ni higher for less work hardening

553

(continued)

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

554

Table 14–2
continued

Group	General Properties	Hardenability	Type	Analysis Built Up from Basic Type
			308	Cr and Ni higher with C low more corrosion and scaling resistance
			309	Cr and Ni still higher for more corrosion and scaling resistance
			309S	Lower C than 309
			310	Cr and Ni highest to increase scaling resistance
			310S	Lower C than 310
			314	Si higher to increase scaling resistance
			316	Mo added for more corrosion resistance
			316F	0.1% S for improved machining
			316L	C lower for welding applications
			316N	N added to improve strength
			316LN	Low carbon, nitrogen added
			317	Mo higher for more corrosion resistance and strength at heat
			317L	C low for welding applications
			318	Cb, Ta added to avoid carbide precipitation
			321	Ti added to avoid carbide precipitation
			332	Ni added to resist carburization
			347	Cb, Ta added to avoid carbide precipitation
			348	Similar to 347, but low Ta content (0.10%)
			384	High Ni for easier cold heading
Chromium–nickel–manganese			201	N and Mn partially replace Ni
			202	**Basic type, Cr 18%, Ni 5%, Mn 8%**
			205	N and Mn partially replace Ni
Precipitation hardening (PH)	Martensitic and semiaustenitic; combination of chemical resistance and high strength	Hardenable by precipitation heat treatment	S17400	17% Cr, 4% Ni (17-4), high-strength alloy
			S17700	17% Cr, 7% Ni (17-7), higher strength than 17-4
			S15500	Lower Ni than 17-4 to reduce ferrite
			S13800	Lower Cr, higher Ni than 17-4 for reduced *anisotropy*
Duplex	Austenite plus ferrite	Not normally hardenable by heat treatment	329	**Basic type, Cr 25%,** Ni 4%, like 316 but less SCC
			S32550	3% Mo for pitting resistance
			S32950	Higher strength than 316

Source: Adapted from *Stainless Steel Handbook*, Allegheny Ludlum Steel Co.

Stainless

steels is
tute (*AC*
dominate
C as the
designati
oxidation
letter syst
Internati
ing the a
steel: A
Iron–Chr
Alloy Ca
ASTM A
and Iron-
General *A*

There
lent for a
most alloy

Table 14–
Wrought e
and heat-r

Cast-Alloy Designatio	ASTM A 7- Grade
CA-15	
CA-40	
CB-30	
CB-7Cu	
CC-50	
CD-4MCu	
CE-30	
CF-3	
CF-8	
CF-20	
CF-3M	
CF-8M	
CF-8C	
CF-16F	
CG-8M	
CH-20	
CK-20	

Source: Alloy
America.

فولاد های ضد زنگ ریخته گری شده با پسوند Cمشخص می شوند.

ASTM A 296 الیاژ های ریخته گری فولاد را پوشش می دهد..

ممکن است بعضی الیاژ هاي ریخته شده معادل کار شده نداشته باشند

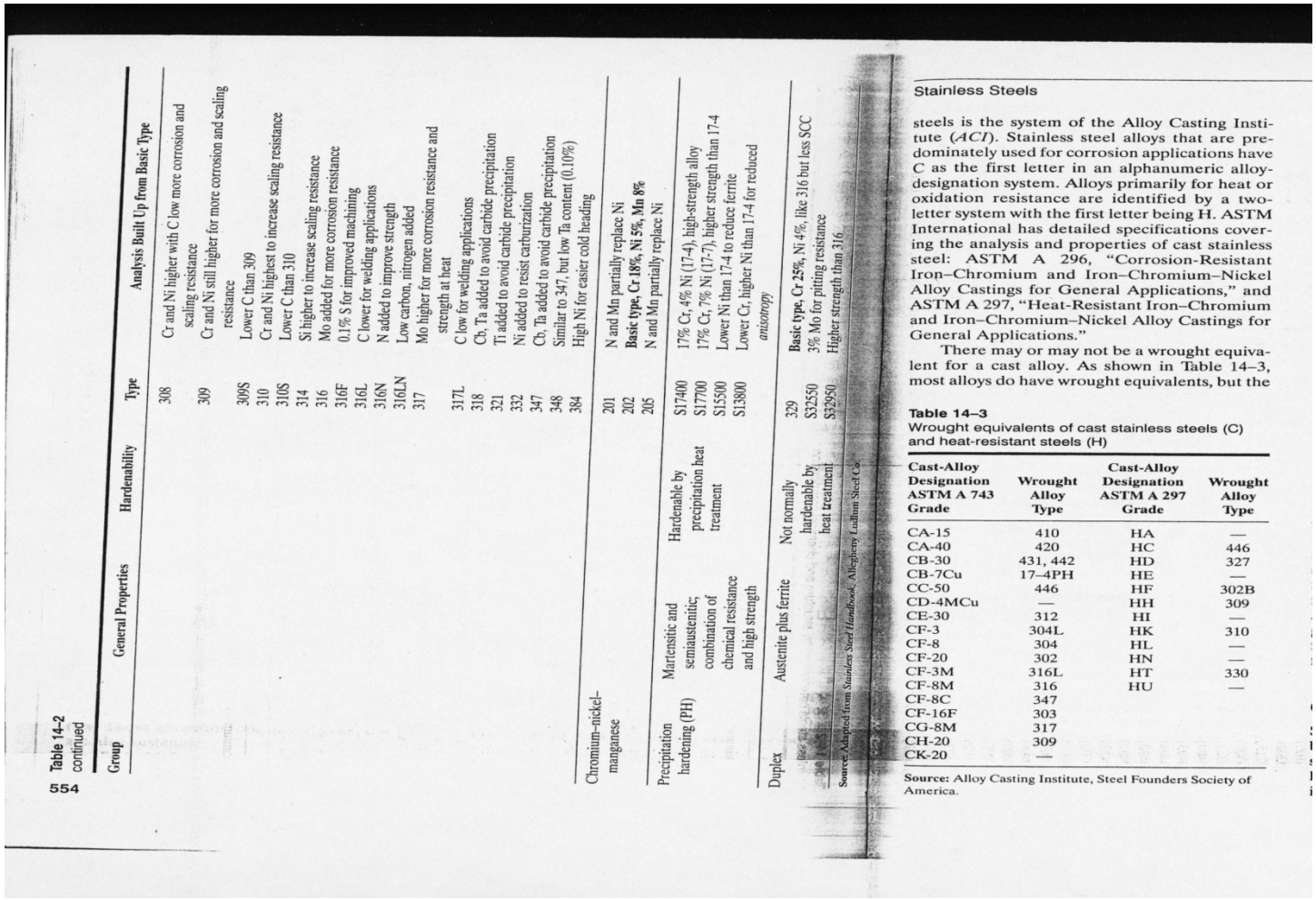


Table 14-2 continued

Group	General Properties	Hardenability	Type	Analysis Built Up from Basic Type
			308	Cr and Ni higher with C low more corrosion and scaling resistance
			309	Cr and Ni still higher for more corrosion and scaling resistance
			309S	Lower C than 309
			310	Cr and Ni highest to increase scaling resistance
			310S	Lower C than 310
			314	Si higher to increase scaling resistance
			316	Mo added for more corrosion resistance
			316F	0.1% S for improved machining
			316L	C lower for welding applications
			316N	N added to improve strength
			316LN	Low carbon, nitrogen added
			317	Mo higher for more corrosion resistance and strength at heat
			317L	C low for welding applications
			318	Cb, Ta added to avoid carbide precipitation
			321	Ti added to avoid carbide precipitation
			332	Ni added to resist carburization
			347	Cb, Ta added to avoid carbide precipitation
			348	Similar to 347, but low Ta content (0.10%)
			384	High Ni for easier cold heading
Chromium–nickel–manganese			201	N and Mn partially replace Ni
			202	**Basic type, Cr 18%, Ni 5%, Mn 8%**
			205	N and Mn partially replace Ni
Precipitation hardening (PH)	Martensitic and semiaustenitic; combination of chemical resistance and high strength	Hardenable by precipitation heat treatment	S17400	17% Cr, 4% Ni (17-4), high-strength alloy
			S17700	17% Cr, 7% Ni (17-7), higher strength than 17-4
			S15500	Lower Ni than 17-4 to reduce ferrite
			S13800	Lower Cr, higher Ni than 17-4 for reduced *anisotropy*
Duplex	Austenite plus ferrite	Not normally hardenable by heat treatment	329	**Basic type, Cr 25%,** Ni 4%, like 316 but less SCC
			S32550	3% Mo for pitting resistance
			S32950	Higher strength than 316

Source: Adapted from *Stainless Steel Handbook*, Allegheny Ludlum Steel Co.

554

Stainless Steels

steels is the system of the Alloy Casting Institute (*ACI*). Stainless steel alloys that are predominately used for corrosion applications have C as the first letter in an alphanumeric alloy-designation system. Alloys primarily for heat or oxidation resistance are identified by a two-letter system with the first letter being H. ASTM International has detailed specifications covering the analysis and properties of cast stainless steel: ASTM A 296, "Corrosion-Resistant Iron–Chromium and Iron–Chromium–Nickel Alloy Castings for General Applications," and ASTM A 297, "Heat-Resistant Iron–Chromium and Iron–Chromium–Nickel Alloy Castings for General Applications."

There may or may not be a wrought equivalent for a cast alloy. As shown in Table 14–3, most alloys do have wrought equivalents, but the

Table 14–3
Wrought equivalents of cast stainless steels (C) and heat-resistant steels (H)

Cast-Alloy Designation ASTM A 743 Grade	Wrought Alloy Type	Cast-Alloy Designation ASTM A 297 Grade	Wrought Alloy Type
CA-15	410	HA	—
CA-40	420	HC	446
CB-30	431, 442	HD	327
CB-7Cu	17–4PH	HE	—
CC-50	446	HF	302B
CD-4MCu	—	HH	309
CE-30	312	HI	—
CF-3	304L	HK	310
CF-8	304	HL	—
CF-20	302	HN	—
CF-3M	316L	HT	330
CF-8M	316	HU	—
CF-8C	347		
CF-16F	303		
CG-8M	317		
CH-20	309		
CK-20	—		

Source: Alloy Casting Institute, Steel Founders Society of America.

خواص فیزیکی

- خواص فیزیکی فولادهای ضد زنگ می تواند از سایر الیاژ های متفاوت باشد.
- در این میان بعضی از خواص در مورد طراحی اهمیت دارد.
- دانسیته فولادهاي ضد زنگ تفاوت چندانی با فولاد های کربنی ندارد.
- ساختار: انواع مختلفی از ترکیب های فازی می توانند داشته باشند که باعث تفاوت خواص می شود

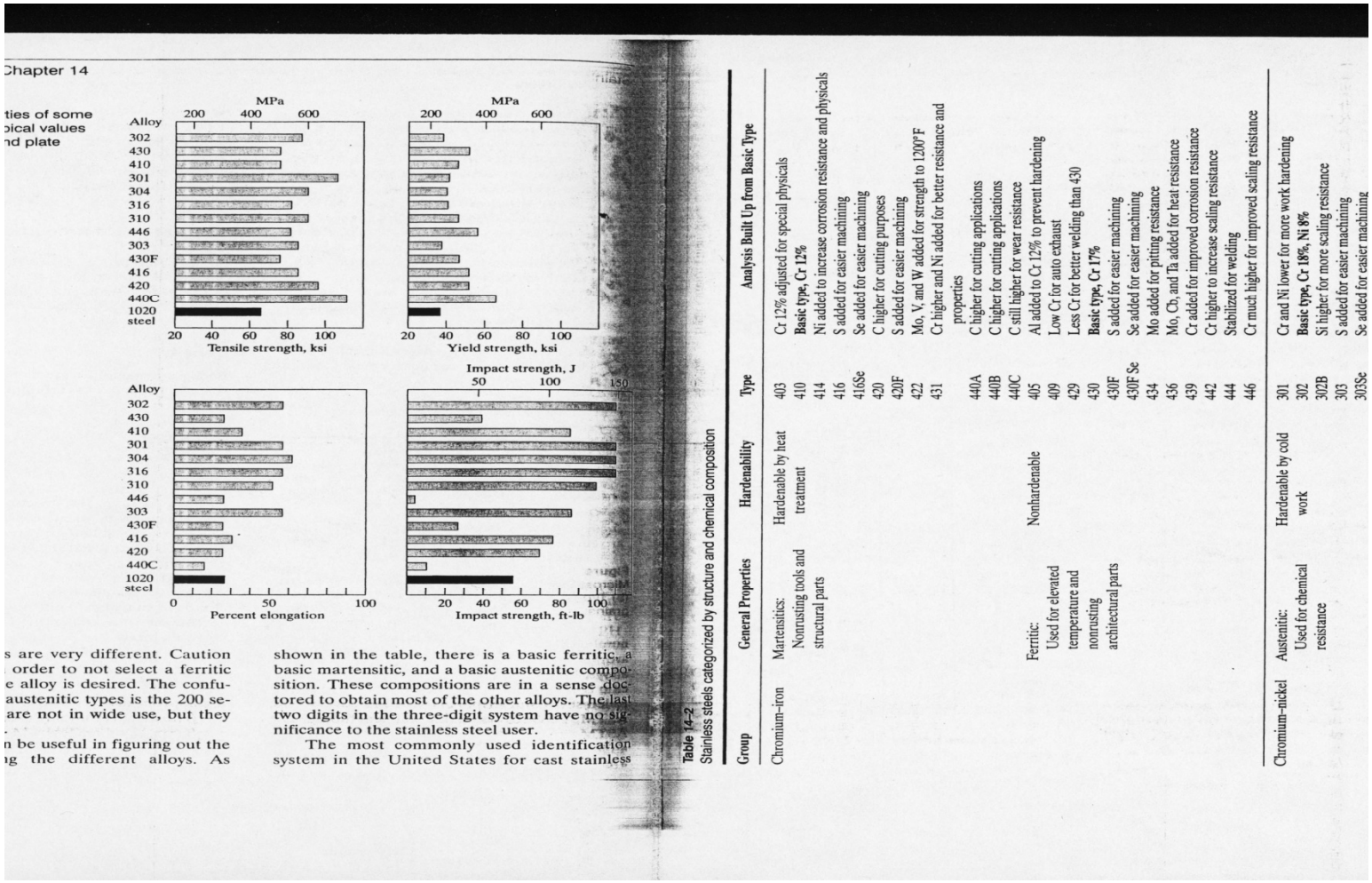
- فولاد های استونیتی خواص مغناطیسی ندارند بنابر این در جاهایی که ماده باید به خواص الکترومغناطیس جواب دهند قابل کاربرد نیستند.
-

- **مدول الاستیسیته**
- مدول الاستیک انها کمی کمتر از فولاد های کربنی است.28-30GPa.این پایین بودن مدول الاستیک باعث مسایلی در مورد کاربرد هاي این فولاد ها می شود.بنابراین هنگام حل مشکل خوردگی فولاد های فنر باید به این موضوع توجه داشت.
- خواص مکانیکی :
- ا همیت زیادی دارد زیرا تناژ بالایی از این فولاد ها در صنایع شیمیایی به کار می رود به عنوان تانک، لوله، مخازن تحت فشار ، شیر ها پمپ ها و مانند اینها که احتیاج به تافنس بالا استحکام بالا و قابلیت شکل دهی دارند..
- معروفترین الیاژ مورد استفاده سری300 است و نوع 304، 316بالاترین تناژ مصرفی را دارند.

- رسانایی
- فولاد های ضد زنگ رسانای حرارتی و الکتریکي ضعیفی هسند.. رسانایی حرارتی در حدود نصف رسانایی حرارتی فولاد های کربنی است.و مقاومت الکتریکی در حدود 6 برابر فولاد های کربنی است.
- انبساط حرارتي :
- ضریب انبساط حراراتی فولاد های ضد زنگ استونیتی در حدود 50 درصد بیشتر از فولاد های کربنی است و به همین علت ممکن است در حین سرویس پیچ بخورند.

- ضریب انبساط حرارتي سایر فولاد های ضد زنگ در حدود همان فولاد های ساده کربنی است.

شکل 14-7 نشان می دهد که این فولاد ها از نظر خواص مکانیکی از فولاد های کربنی بهتر هستند. نوع 420و440 که از نوع مارتنزیتی هستندductility کمتری دارند اما این الیاز ژ ها بیشتر به عنوان فولاد های ابزار مطرح هستند .



Chapter 14

ties of some
bical values
nd plate

s are very different. Caution
order to not select a ferritic
e alloy is desired. The confu-
austenitic types is the 200 se-
are not in wide use, but they

n be useful in figuring out the
ıg the different alloys. As shown in the table, there is a basic ferritic, a basic martensitic, and a basic austenitic composition. These compositions are in a sense doctored to obtain most of the other alloys. The last two digits in the three-digit system have no significance to the stainless steel user.

The most commonly used identification system in the United States for cast stainless

Table 14-2
Stainless steels categorized by structure and chemical composition

Group	General Properties	Hardenability	Type	Analysis Built Up from Basic Type
Chromium-iron	Martensitics: Nonrusting tools and structural parts	Hardenable by heat treatment	403	Cr 12% adjusted for special physicals
			410	**Basic type, Cr 12%**
			414	Ni added to increase corrosion resistance and physicals
			416	S added for easier machining
			416Se	Se added for easier machining
			420	C higher for cutting purposes
			420F	S added for easier machining
			422	Mo, V, and W added for strength to 1200°F
			431	Cr higher and Ni added for better resistance and properties
			440A	C higher for cutting applications
			440B	C higher for cutting applications
			440C	C still higher for wear resistance
	Ferritic: Used for elevated temperature and nonrusting architectural parts	Nonhardenable	405	Al added to Cr 12% to prevent hardening
			409	Low Cr for auto exhaust
			429	Less Cr for better welding than 430
			430	**Basic type, Cr 17%**
			430F	S added for easier machining
			430F Se	Se added for easier machining
			434	Mo added for pitting resistance
			436	Mo, Cb, and Ta added for heat resistance
			439	Cr added for improved corrosion resistance
			442	Cr higher to increase scaling resistance
			444	Stabilized for welding
			446	Cr much higher for improved scaling resistance
Chromium-nickel	Austenitic: Used for chemical resistance	Hardenable by cold work	301	Cr and Ni lower for more work hardening
			302	**Basic type, Cr 18%, Ni 8%**
			302B	Si higher for more scaling resistance
			303	S added for easier machining
			303Se	Se added for easier machining

خواص مكانيكي فولاد هاي ضد زنگ

- معرفي كلي :

- معروفترین الیاژ مورد استفاده سری300 است و نوع 304، 316بالاترین تناژ مصرفی را دارند.

- بعد از سختکاری استحکام کششی آنها مي تواند حدو به 1724 MPa می رسد و سختی به حدود 57- HRC 60 می رسد.

- خانواده 420و 440 به خاطر استحکام و مقاومت به سایش بالا درابزار برش ، پانچ ها، قالب هاوحتی قالبهای تزریق به کار می روند

- فولاد های ضد زنگ استونیتی تنها با کارسرد می توانند سخت شوند که این اثر می تواند قابل ملاحظه باشد.سختی HRC40 و استحکام کششی MPa1250 قابل دسترسی است.. از اینها برای تهیه فنر fatners ,و retainerاستفاده می شود.

- بالاترین استحکام کششی که در مورد تمام فولاد ها قابل دسترسی است در مورد سیم های فولاد ضد زنگ با قطر کم که کار سرد شده اند به دست امده است. استحکام کششی می تواند تا حدود MPa3760 برسد

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Table 14–5
Mechanical properties of cold-worked austenitic and heat-treated martensitic stainless steels

Hardened and Tempered Mechanical Properties (Bar)				
AISI Type Number	**410**	**416**	**420**	**440-C**
Yield strength, (lb/in.^{2})[a]	70,000–150,000	70,000–150,000	70,000–215,000	90,000–250,000
Ultimate tensile strength, (lb/in.^{2})[a]	95,000–200,000	95,000–200,000	110,000–245,000	130,000–265,000
Elongation in 2 in.	30–10%	25–10%	25–7%	12–2%
Hardness, Brinell	200–425	200–425	250–550	275–600
Impact strength, Izod ft-lb[b]	110–20	60–20	60–5	10–3

Cold-Worked Mechanical Properties (Sheet and Strip), Types 201 and 301 (Minimum Values)				
Temper	**Quarter-hard**	**Half-Hard**	**Three-Quarters Hard**	**Full Hard**
Yield strength, (lb/in.^{2})[a]	75,000	110,000	135,000	140,000
Ultimate tensile strength, (lb/in.^{2})[a]	125,000	150,000	175,000	185,000
Elongation in 2 in.	25%	15%	12%	8%
Hardness, Rockwell C	25	32	37	41

[a]Multiply by 6.8948 to convert to kPa.
[b]Multiply by 1.355 to convert to joules.
Source: Courtesy of Republic Steel Corporation

tensile strengths available on any steel have been recorded on small-diameter cold-drawn austenitic stainless wire. Tensile strength can be as high as 400 ksi (3760 MPa). The ability to work harden is most prominent in the 301 alloy.

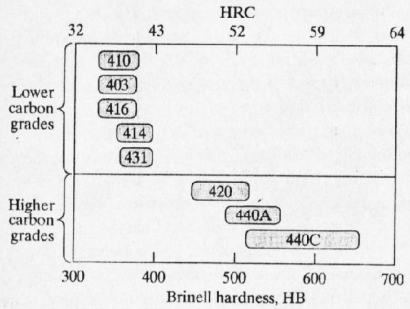


Figure 14–8
Hardness ranges for various stainless steels; typical values for hardened bar and plate
Source: Courtesy of Republic Steel Corporation

The ability to work harden decreases as the nickel content increases over about 9%. Type 305 alloy with 12% nickel is considered to be free spinning (a low work-hardening rate). The tensile strengths obtainable in the various families of stainless steel are shown in Figure 14–9.

The PH stainless steels have become the leading alloys for high-strength applications. These alloys can have tensile strengths around 200 ksi (1880 MPa) and still have good toughness and resistance to crack propagation. They are widely used in the aircraft and aerospace industry for structural components. On machines, they are very useful for base plates, springs, and highly stressed structural members. They often replace the 410, 416, and similar types of alloys. The advantage over these alloys is the simple heat treatment. Quench hardening is not required. PH stainless steels can be heat treated to hardnesses as high as 48 HRC, but because of their low carbon content they are not as wear resistant as the higher-carbon martensitics (even at the same hardness).

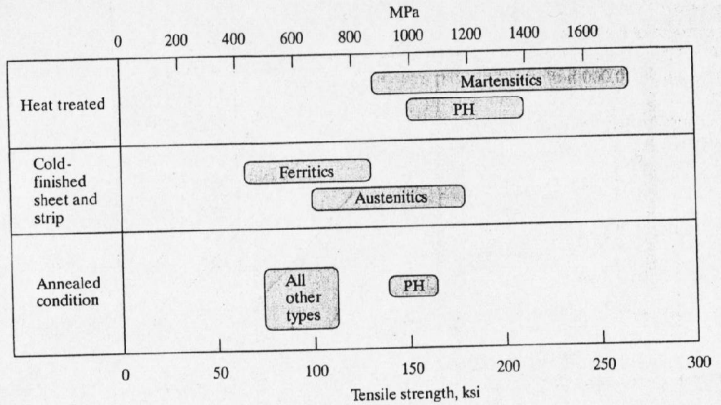


Figure 14–9
Tensile strength ranges for families of stainless steels

One final comment on mechanical properties: Because stainless steels have good oxidation resistance, they are often used in furnaces where they must carry loads at elevated temperatures. As can be seen from Figure 14–10, the creep characteristics of the austenitics are far superior to those of carbon steels or the ferritic grades; as a matter of fact, they compete with some of the "witch's brew" specialty high-temperature alloys.

The conclusion can be made that the mechanical properties of stainless steels are some of their best points. They have the strength, toughness, and formability to meet a wide range of structural applications.

14.5 Fabrication

Wrought stainless steels are available in most of the forms and shapes that are available in carbon steels: bars, plates, strips, tubing, pipe, and the like. They are fabricated into parts and structures by a wide variety of processes. Most fabricators charge extra in addition to the material cost to fabricate something from stainless steel as compared with carbon steel, because some stainless steels (the ones that readily work harden) require heavy-duty tooling and special techniques. We shall mention a few of the idiosyncrasies of stainless steels in the areas of forming, machining, welding, and heat treatment to help the designer assess fabrication costs.

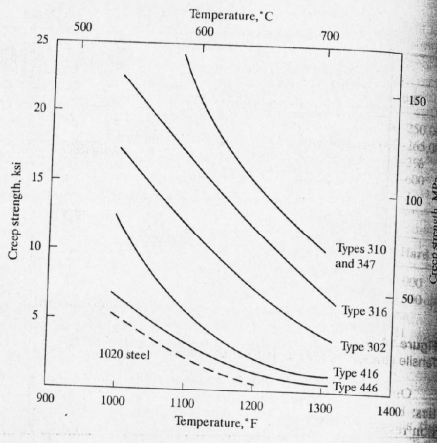
Forming

As shown in Figure 14–7, most austenitic stainless alloys have high elongations in tensile tests, which means that they can stretch a lot without fracturing. The ferritic stainless grades, as a group, are not as formable as drawing quality carbon steels. Most of the alloys, with the exception of the quench hardenable 400 series, can be bent flat in thin gages. One problem exists, however: Most stainless alloys have higher yield strengths than carbon steels, which means greater spring-back after forming. To compensate for the extra spring-back, higher forming forces (possibly 50%) are needed compared with carbon steels. For drawing and stamping,

- از طرف دیگر چون فولاد های ضد زنگ مقاومت به اکسید شدن بالایی دارند این الیاژ ها در قطعات کوره مورد استفاده قرار می گیرند که هم زمان باید بار را نیزهم تحمل کنند. شکل 14-10 خواص خزشی این الیاژ ها را با سایر مواد مقایسه می کند. همان طور که مشاهده می شود خواص خزشی این الیاژها با بعضی الیاژ هاي دمای بالا قابل مقایسه است.

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Figure 14–10
Creep strength of stainless steels (the stress that produces 1% elongation at 10,000 h of loading)
Source: Courtesy of Republic Steel Corporation



possibly 150% to 200% extra press capacity is needed compared with carbon steel. The higher forces also result in more tool wear than would be encountered with carbon steel. Types 304 and 316 have good drawing properties. Deep vessels are frequently made from these alloys. Stainless tends to gall or pick up on draw dies. This can be minimized by cladding draw dies with aluminum bronze.

The PH alloys have limited formability. Drawing is not possible, and sharp 90° bends are questionable in some of the cold-worked tempers (condition C).

In spite of these limitations, cold forming of stainless steels is very prevalent and the problems are few with adequate equipment. One factor that is helpful in forming stainless sheet and strip to shape is the availability of special mill finishes. If the goal is to make a large sheet metal container such as an institutional cooking kettle and the inside must have a good finish for cleanability, a *2B finish* can be ordered on the sheet to be used. It will come protected in paper and be bright, with a surface roughness as low as 4 μin. (0.1 μm). Table 14–6 shows some of the finishes that are available to assist in fabricating parts with good finishes.

Machining

The stainless alloys that are not modified for improved machinability have less than 50% of the machinability of AISI B1112 steel, the traditional steel screw machine stock. The *free-machining* 400 series alloys 416 and 430F allegedly have 90% of the B1112 machinability. Type 303, which is the free-machining austenitic, has about 60% of the machinability of B1112.

Most published machinability information has been obtained on automatic screw machines and on machines for which all operations are carefully controlled and monitored. In job-shop types of machining operations, stainless steels are absolutely no problem if handled properly. Slow speeds, sharp tools, and positive feeds are the secrets to machining stainless steels. The ferritics are gummy, and rigid tool setups are needed. The austenitics tend to cold work, and with these alloys, continuous feed is absolutely essential. Many times novice machinists will hesitate on the downfeed while drilling. If this is done, you are "finished." The drill point cold-works the dwell area to hardnesses as high as 50 HRC, and further drilling is impossible. This does not happen if the operator does not hesitate in the downfeed. In milling operations, positive chip loads are essential; "kissing" the surface will cause work hardening and distortion.

Table 14–6
Surface finishes available on stainless steel sheet, strip, and plate

Mill-Rolled Finishes
Cold-Rolled Strip
No. 1 finish, cold rolled, annealed, and pickled
No. 2 finish, bright cold rolled
No. 2 finish, bright annealed
Sheets
No. 1 finish, hot rolled, annealed, and pickled
No. 2B finish, bright cold rolled
No. 2D finish, dull cold rolled
No. 3 to 8 different degrees of polish (8 is most reflective)
Hot-Rolled Plates
Hot rolled
Hot rolled and annealed
Hot rolled, annealed, and pickled
Mill-Polished Finishes (On One or Both Sides)
Sheets and Plates
No. 3 finish, intermediate polish (low grit)
No. 4 finish, standard polish
No. 6 finish, dull satin
No. 7 finish, high luster polish
No. 8 finish, mirror polish (highest luster)

The PH alloys, because of their high hardness in the as-received condition (17-7 condition C can have a hardness of 47 HRC), require carbide tooling and careful control on speeds and feeds. It is very difficult to drill and tap holes smaller than no. 6 thread (4 mm). This usually poses no problem; most design applications can work around the necessity of small screws.

The PH alloys, martensitics, and ferritics grind without problems, but the nonferromagnetic nature of the austenitics requires special hold down practices in surface-grinding operations.

The free-machining grades of stainless steel should be considered (types 430F, 416, and 303) whenever substantial machining is required. The sulfur additions are really helpful. The biggest disadvantage of these grades is that some environments cause more corrosion on these grades than would have occurred on their nonsulfurized counterparts.

Pickling and Passivation

Stainless steels are basically iron–chromium alloys that contain a minimum of 10% chromium. Alloy additions of nickel, molybdenum, and other elements are also incorporated for enhanced properties. Stainless steel alloys achieve their corrosion resistance primarily from the formation of a very thin chromium oxide surface layer referred to as a *passive film*. Thermodynamically, chromium oxide is a very stable oxide that forms spontaneously on stainless steels upon exposure to air and moisture. However, for maximum corrosion resistance, the chromium oxide (or passive) film must be uniform, continuous, and free from defects. Defects such as iron contamination or welding scale disrupt the passive film, creating sites for corrosion. Free iron can be scrubbed onto the surface on stainless steel by handling with steel tools, such as drilling with a steel bit or forming in a steel die. Although the free iron is invisible, once exposed to water or other solutions the stainless

- روش تولید
- فولاد های الیاژی کار شده تقریبا در تمامی اشکال یافت می شوند و می توانند با روشهای مختلفی به صورت محصول نهایی در ایند اما هزینه تولید وپردازش انها در مقایسه با سایر الیاژ های کربنی بالاتر است و احتیاج به ابزار با قدرت بالا دارد.
- شکل دادن :
- بیشتر فولاد های ضد زنگ استونیتی چون Ductility بالایی دارند می توانند به انواع اشکال شکل داده شوند ولی در مورد انواع فریتی چنان نیست.
- فولادهای ضد زنگ قابلیت شکل دهی به روش سرد را دارند.و به انواع اشکال می توانند وجود داشته باشند . به علاوه چون این فولاد ها در تماس بامحیط طراحی شده اند باید قابلیت پرداخت سطحی مناسب را داشته باشند. شکل 6-14

ماشینکاری

- انواع free machining هم دارند ولی ماشینکاری انها اسان نیست
-

Pickling and passivation

- فولاد های ضد زنگ اساسا الیاژ های اهن-کرم هستند که سایر عناصر الیاژی به منظور بهبود بعضی خواص مورد نظر اضافه می شوند.. مقاومت به خودگی اساسا به علت ایجاد لایه نازک اکسید کرم است که این لایه به عنوان Passive layerنامیده می شود.به منظور اینکه این لایه مقاومت به خورگی داشته باشد باید یکنواخت پیوسته و بدون عیب باشد.عیوبی نظیر اهن یا پوسته های ناشی از جوشکاری باعث خرابی این لایه میشوند این عیوب ممکن است حین کار در قالب یا در تماس با ابزار ایجا د شوند.یا حین دریل کاری.. هنگامی که این لایه با این عیوب در معرض محیط قرار گیردفولاد به سرعت زنگ میزند.جدول 7-14 عیوب معمول ایجاد شده بر روی سطح فولاد های ضد زنگ را نشان می دهد

- اين عمليات دو مرحله دارد:
- 1- برطرف كردن لايه هاي نامناسب و الودگي هاي سطحي
- 2- تشكيل دوباره اين لايه ها

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Table 14–7
Surface defects that may reduce the corrosion resistance of stainless steels

Surface Defect	Sources	Typical Cleaning Method
Free iron	Machining with steel tools Press forming or blanking with steel tools Handling with steel equipment Grit blasting/glass-bead blasting with contaminated media Handling with stainless steels tools that have previously handled steel Cleaning with steel items such as wire brushes or steel wool Rolling mills at the steel producer Tumbling, deburring, and lapping	Passivate
Heat treating scale	Stress relieving, hardening, annealing, mill scale	Pickle
Welding/cutting scale	Heat scale (discoloration), spatter, arc strikes, undercuts, flux, laser cutting, torch cutting, spot welding	Pickle
Mechanical defects	Scratches, grinding marks, metal chips and burrs	Mechanical polish or electropolish
Rust	Rust on stainless steel parts will continue to rust until removed	Pickle
Casting defects	Carbon pick-up from casting molds reduces the corrosion resistance on the surface	Pickle
Other contaminates	Greases, oils, crayon, or grease pen marks	Alkaline clean

steel readily rusts. Discolored scale from heat ... the surface finish of austenitic stainless steels is ...

- اسید شویی به منظور برطرف کردن پوسته ها والودگی های سطحی ایجاد شده حین جوشکاری یا عملیات حرارتی مورد استفاده قرار می گیردو به علاوه به منظور خارج کردن زنگ سطحی است. در بعضی موارد از تمیز کاری مکانیکی یا الکتروشیمیایی استفاده می شود.

- محلول های اسید شویی معمولا شامل اسید سولفوریک یا مخلوط HF-HNO3 استفاده می شود. . بعضی از موارد اسید شویی باعث خشن شدن سطح می شوند.. که در این حالات از محلول های خاص استفاده میشود مثل مخلوط اسید فسفریک به علاوه بعضی مواد شیمیایی دیگر جهت محافظت سطح.

- برای مقاطع بزرگ از اسپری های مخصوص استفاده می شود..
- رویین سازی معمولا برای خارج کردن ناخالصی فولاد و ایجاد لایه محافظ اکسید کرم روي سطح به کار مي رود.محلول هایی از اسید هایی نظیر اسید نیتریک، فسفریک،سیتریک، به منظور رویین سازی استفتده می شود.

- در بیشتر حالات رویین سازی باعث حل شدن فلز پایه نمی شوند و باعث خشن شدن سطح نمی شوند. محلول های روین سازی اکسید های سطحی را حل نمی کند.

- این امکان وجود دارد که اکسید های سطحی به وسیله وسایل مکانیکی از سطح خارج شود مثل Grit blasting, bead blast,, wire brushing ,...

- بعضی از این روش ها ممکن است باعث خشن شدن سطح شوند وباعث کاهش مقاومت به خوردگی شوند. و معمولا بعد از این عمل از روش های تمیز کاری شیمیایی هم استفاده می شود.
- اسید شویی و.رویین سازی باید با احتیاط به کار برده شود وبه علاوه تمیز کاری بعد از ان هم اهمیت زیادی دارد.
- جلوگیری از ایجاد پوسته های اکسیدی در حین پردازش باعث افزایش مقاومت به خوردگی می شوند بنابر این به عنوان مثال جوشکاری فولاد های ضد زنگ تحت اتمسفر خلا انجام می شود. یا عملیات حرارتی تحت خلا انجام می شود..
- گروه هاي مختلف احتياج به عمليات اسيد شويي و رويين سازي مختلفي دارند. وبايد در هر موردفولاد های ضد زنگ استاندارد مورد نظر را استفاده کرد.
-

جوشکاری

- مسایل جوشکاری در مورد رده های مختلف متفاوت است..
- در نوع مارتنزیتی باید از از عملیات جوش ذوبی اجتناب کرد.
- در مواردی نوع فریتی می تواند جوش ذوبی داده شود اما در حین جوشکاری ممکن است رشد دانه صورت گیرد که باعث تضعیف جوش می شود که می تواند باعث ترک خوردگی به علت تنش های بعد جوشکاری شود وبه علاوه همان طور که قبلا گفته شد بعضی فاز های ترد ایجاد شوند.

- فولادهای مارتنزیتی حین جوشکاری ترد می شوند و باعث ترک خوردگی می شوند. نوع 440به هیچ وجه قابل جوشکاری نیست. بنابر این باید حین جوشکاری باید از عملیات های خاص و دستور العمل های خاص استفاده کرد.

- نوع استونیتی بهترین جوش پذیري را دارد. و تقریبا به تمام روشها قابل جوشکاری است به جز نوع Free machining.

- تنها مشکل این فولاد ها حین جوشکاری تغییر غلظت کرم در برخی نواحی کنار مرز دانه ها می شود که این باعث کاهش مقاومت به خوردگی این نواحی می شود و خوردگی سریع وموضعی می شود که برای حل مشکل درصد کربن کاهش داده می شود و به الیاژ مقداری Nbیا Ti اضافه می شود.

عملیات حرارتی

- تنها عملیات حرارتی قابل انجام برای فولاد های ضد زنگ فریتی انیل کردن به منظور کاهش تنش های ایجاد شده است که باید از ایجاد فاز ها در دماهای 475 مراقبت کرد. معمولا فولاد ها تا دمای 600 ارام سرد میشوند وسپس کونچ می شوند.
- فولاد های ضد زنگ مارتنزیتی می توانند روغن سرد شون403.410و414
- انواع دیگر می توانند هوا سرد شوند.بعضی از عملیات های حرارتی در مورد فولادهای ماتنزیتی در جدول 14-9 نشان داده شده است

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Table 14–9
Heat treatment for martensitic stainless

Treatment	Purpose	Process
Full anneal	Maximum softening	1400 to 1600°F (800 to 900°C) slow cool
Process anneal	Soften hardened parts	1200 to 1400°F (650 to 800°C) air cool
Hardening	Harden and strengthen	1700 to 1950°F (920 to 1050°C) air or oil quench
Stress relieve	Increase toughness of hardened parts	300 to 750°F (120 to 400°C) air cool
Temper	Convert retained austenite	1000 to 1200°F (520 to 650°C) air cool

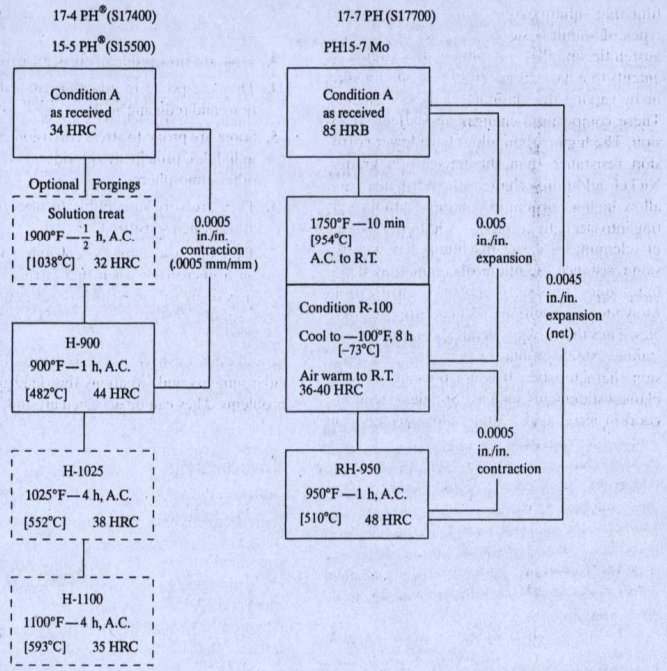
stress relieving rather than tempering. Alloy steels are tempered to reduce the carbon level of the martensite. In stainless steels it is argued that, because the carbon is already low in the martensite, the toughening mechanism is simply removal of thermally induced stresses. Tempering in martensitic stainless steels means heating at relatively high temperatures to transform retained austenite. Some typical heat treatments for martensitic stainless steels are shown in Table 14–9. The most used heat treatments are hardening followed by stress relieving. All other processes tend to sensitize the stainless and lower the corrosion resistance.

Normally, only two heat treating processes are used on austenitic stainless steels: annealing and stress relieving. Annealing is performed at temperatures in the range from 1800 to 2000°F (1000 to 1100°C), followed by a water quench. The quench is imperative if sensitization is to be prevented. Most stainless steel shapes are purchased in the annealed condition. Thus most people avoid this heat treatment. Water quenching machined parts causes severe distortion. On complex machined shapes or weldments, stress relieving may be required for stability. Some low-temperature processes [650 to 850°F (340 to 450°C)] are used without fear of sensitization, but they are really ineffective. Effective stress relieving requires temperatures above 1600°F (870°C), followed by as rapid a cooling rate as the part will permit. Sensitization will occur, but L-grade or stabilized alloys can be used to minimize this effect. The designer should question the necessity of stress relieving when the part is still on the boards. If it seems that stress relieving may be necessary, a low-carbon or stabilized grade of stainless should be specified.

PH stainless steels have very definite recipes that must be rigidly adhered to. Types 17-4, 15-5, and 13-8 are solution treated, quenched, and age hardened. The age-hardening temperature may be adjusted to achieve different strengths and toughnesses. Types 17-7 and 15-7 require solution treatment, conditioning, deep freezing, and aging. Again, the aging can be varied. There are also variations in the conditioning treatment. Typical PH stainless steel heat treatments are illustrated in Figure 14–12. There are two important points to be made concerning heat treatment of these alloys: (1) there are noticeable size changes, and (2) the high-temperature conditioning treatments on 17-7 and 15-7 cause scaling if performed in an air furnace. The problems are easily overcome if recognized. The size changes are simply allowed for in machining allowances. The scaling is usually overcome by doing the conditioning on rough machined parts. The aging heat treatment does not cause significant discoloration even in air furnaces. The best approach to handling PH stainless steels is to harden completely and then finish machine. The low-carbon martensite structure can usually be handled with cemented carbide tooling.

Summary

Many fabrication factors have been brought to light in this discussion; the intent was not to scare the potential user but to educate. Fabrication of stainless steels is really easy as long as you take the time to review recommended precautions and practices. The chemical process industries have for many years used stainless steels for everything from I-beams to Faraday cups. They can be fabricated.



®Registered trademark of Armco Steel Corp.

Figure 14–12
Typical heat treatment for PH stainless steels. See ASTM A 564 for additional heat treatment details.
Source: Courtesy of Armco Steel Corporation

14.6 Corrosion Characteristics

Stainless steels owe their corrosion resistance to the chromium that is in solid solution in the various alloys. Chromium has an affinity for oxygen, and in solution in stainless steels it assists in the formation of a passive surface

- در مورد فولاد های ضد زنگ استونیتی دو نوع عملیات حرارتی وجود دارد
- انیل کردن و تنش گیری.
- انیل کردن در دماهای 1000 C-1100 انجام می گیرد که بعد از ان فولاد بلافاصله سرد می شود. تا از حساس شدن جلوگیری شود.. بیشتر فولاد های ضد زنگ در حالت انیل به فروش می رسند بنابر این از انجام دوباره این عملیات باید خود داری کرد.

- در مورد قطعات پیچیده ماشینکاری شده و اجزا جوشکاری شده باید از تنش گیری استفاده کرددر دماهای 340-450 C تا مشکل حساسیت پیش نیاید..استفاده ار رده های L هم می تواند مشکل را حل کند.

رفتار خوردگی

- کرم تمایل زیادی به اکسیژن دارد و لایه محافظ را ایجاد می کند. که از خوردگی جلوگیری می کند.ترکیب رده های مختلف فولاد های ضد زنگ با هم تفاوت دارد که باعث می شود مقاومت به خوردگی هم متفاوت باشد. الیاژ ها با درصد کربن بالاتر مقاومت به خوردگی کمتری دارند.

- افزودن نیکل باعث تغییر ساختار(ایجاد ساختار آستونیتي) و امکان اضافه کردن بیشتر نیکل می شود.اضافه کردن سولفور یا سلنیم باعث بهبود ماشینکاری می شود. اضافه کردن Ta, Cb,Ti باعث بهبود مقاومت به حساسیت می شود.اضافه کردنMo باعث بهبود مقاومت بهpitting می شود

جدول 14-10 خواص این فولاد ها در بعضی محیط های خاص نشان می دهد. .در در ادامه بعضی محیط ها و رفتار این فولاد های ضد زنگ در این محیط ها را نشان می دهد

Table 14–10
Relative corrosion resistance of AISI stainless steels*

AISI Type	UNS Number	Mild-Atmospheric and Fresh Water	Atmospheric		Chemical			
			Industrial	Marine	Salt water	Mild	Oxidizing	Reducing
201	S20100	×	×	×	—	×	×	—
202	S20200	×	×	×	—	×	×	—
205	S20500	×	×	×	—	×	×	—
301	S30100	×	×	×	—	×	×	—
302	S30200	×	×	×	—	×	×	—
302B	S30215	×	×	×	—	×	×	—
303	S30300	×	×	—	—	×	—	—
303 Se	S30323	×	×	—	—	×	—	—
304	S30400	×	×	×	—	×	×	—
304L	S30403	×	×	×	—	×	×	—
304Cu	S30430	×	×	×	—	×	×	—
304N	S30451	×	×	×	—	×	×	—
305	S30500	×	×	×	—	×	×	—
308	S30800	×	×	×	—	×	×	—
309	S30900	×	×	×	—	×	×	—
309S	S30908	×	×	×	—	×	×	—
310	S31000	×	×	×	—	×	×	—
310S	S31008	×	×	×	—	×	×	—
314	S31400	×	×	×	—	×	×	—
316	S31600	×	×	×	×	×	×	×
316F	S31620	×	×	×	×	×	×	×
316L	S31603	×	×	×	×	×	×	×
316N	S31651	×	×	×	×	×	×	×
317	S31700	×	×	×	×	×	×	×
317L	S31703	×	×	×	×	×	×	—
321	S32100	×	×	×	—	×	×	—
329	S32900	×	×	×	×	×	×	×
330	N08330	×	×	×	×	×	×	×
332	S33200	×	×	×	—	×	×	—
334	S33400	×	×	×	—	×	×	—
347	S34700	×	×	×	—	×	×	—
348	S34800	×	×	×	—	×	×	—
384	S38400	×	×	×	—	×	×	—
403	S40300	×	—	—	—	×	—	—
405	S40500	×	—	—	—	×	—	—
409	S40900	×	—	—	—	×	—	—
410	S41000	×	—	—	—	×	—	—
414	S41400	×	—	—	—	×	—	—
416	S41600	×	—	—	—	—	—	—
420	S42000	×	—	—	—	—	—	—
420F	S42020	×	—	—	—	—	—	—
422	S42200	×	—	—	—	—	—	—

Introduction to metals: Chapter5- Stainless Steels

Table 14–10
continued

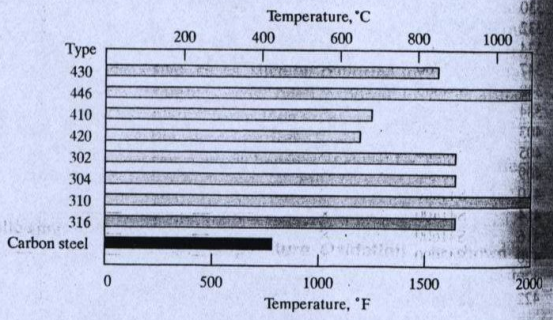
AISI Type	UNS Number	Mild-Atmospheric and Fresh Water	Atmospheric		Saltwater	Chemical		
			Industrial	Marine		Mild	Oxidizing	Reducing
429	S42900	×	×	—	—	×	×	—
430	S43000	×	×	—	—	×	×	—
430F	S43020	×	×	—	—	×	—	—
431	S43100	×	×	×	—	×	—	—
434	S43400	×	×	×	—	×	×	—
436	S43600	×	×	×	—	×	×	—
440A	S44002	×	—	—	—	×	—	—
440B	S44003	×	—	—	—	—	—	—
440C	S44004	×	—	—	—	—	—	—
442	S44200	×	×	—	—	×	×	—
444	S44400	×	×	×	—	×	×	—
446	S44600	×	×	×	—	×	×	—
—	S13800	×	×	—	—	×	×	—
—	S15500	×	×	×	—	×	×	—
—	S17400	×	×	×	—	×	×	—
—	S17700	×	×	×	—	×	×	—

*An × indicates resistance to an environment. This is a guide and not a substitute for quantitative corrosion data.
Source: *Steel Products Manual—Stainless and Heat-Resisting Steels,* The Iron and Steel Society, November 1990

to 2000°F (1100°C) in oxidizing atmospheres, such as in hot-air furnaces. Temperatures for intermittent use are somewhat lower. Safe temperatures in reducing fuel gases are approximately the same.

Sulfuric Acid At room temperature, types 316 and 317 show low corrosion rates at low concentrations (<10%) and at very high concentrations (>95%). At higher temperatures, they are resistant only to very dilute solutions (<1%).

Figure 14–13
Maximum continuous-use temperature for stainless steels without excessive scaling in an oxidizing environment
Source: Courtesy of Republic Steel Corporation



- خوردگی اتمسفری : تمام فولاد های ضد زنگ در محیط های هوا (out door exposure)مقاوم هستند.حتی در محیط هایی که گاز کلر یا سولفور وجود دارد اتمسفر های کنار دریا به علت حضور کلر می توانند باعث خوردگی شوند ولی در این موارد باز هم خوردگی خیلی کم است.
- اکسید شدن در دمای بالا :
- بعضی رده ها مقاوم هستند ومی توانند در دماهای C1100 در محیط های اکسید کننده مقاومت کنند
- اسید سولفوریک : در دمای اتاق انواع 316 و 317 در غلضت های کم(10 درصد) ودر غلضت های خیلی بالا مقاوم هستند.. در دماهای بالاتر تنها در غلظت های بسیار کم (کمتر از 1 درصد) مقاوم هستند.
- اسید نیتریک : نوع 430 در دماهای محیط و غلظت های تا 80 درصد مقاوم است. نوع 321و 347 می توانند در دمای اتاق در تمامی طیف غلظت استفاده شوند. در دماهای بالا غلظت هایی تا70 درصد قابل تحمل است

- آب طبیعی : بسیاری از رده ها مقاوم هستند مثل 304و316و410و430
- HCL: در بیشتر غلظت ها باعث خوردگی سریع می شوند.
- HF: فولاد های ضد رنگ برای این محیط ها در هیچ غلظتی توصیه نمی شود.
- Acetic acid: نوع 316در دماهای کمتر از جوش تا غلظت 98درصد مقاوم است.
- محصولات غذایی : فولاد های ضد زنگ استونیتی در برابر
- میوه ها و سبزیجات مقاوم هستند
- Alkalies : تمام رده ها و انواع مقاوم هستند.
- قبل از تصمیم در مورد انتخاب ماده باید از داده های خوردگی NACE استفاده شود.

- اسید فسفریک : بیشتر رده ها در مقابل این اسیددر غلظت های کم مقاوم هستند.
- حلال های الی: تمام رده ها در برابر اینها مقاوم هستند
- Gasoline انواع410و 416 و430 مقاومت کمی دارند. انواع 302304 و316 مقاومت عالی دارند تا هنگامی که با اب الوده نشده باشد.
- Chloride service بسیاری از محیطهای کاری مانند اب دریا,brakish water ,و ... دارای کلر هستند. بسیاری از الیاژ های ضد زنگ در برابر این محیط ها مقاوم نیستند بجزانواع خاص.

Alloy selection

- فولاد های ضد زنگ مواد مفیدی هستند که طیف وسیعی از خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی دارند.اما چگونه باید انتخاب کرد؟ هر دسته از فولاد های الیاژی کاربرد خاص دارند. شکل 14-15

- فولاد های فریتی قیمت کمی دارند.نوع 430 برای کاربرد های خانگی و ...کاربرد دارند.

- نوع 430 از نوع free machining است وبنابر این برای fastener , وسایر قطعات مشابه به کار می رود .

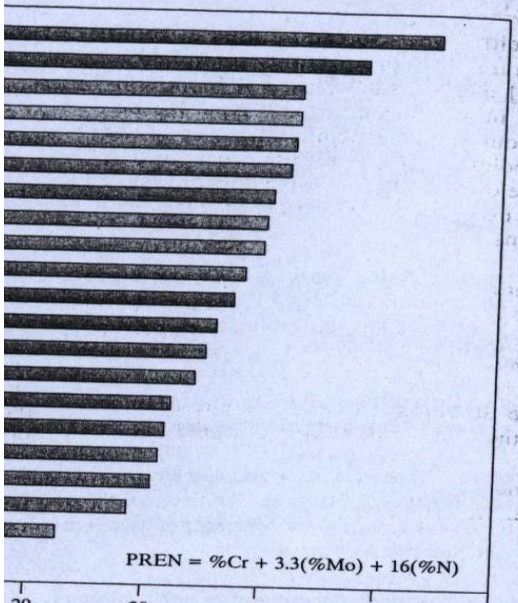
- نوع 446 مقاومت به اکسید شدن بالایی دارد و به عنوان قطعات کوره استفاده می شود.
- نوع 403 که ماتنزیتی است برای کاربرد در توربین ها در دمای بالا به کار می رود.
- نوع 410و414و 420 کاربرد های پزشکی دارند.
- نوع 416 free machiningاست

- نوع 440 برای ابزار استفاده می شود.
- تنها دو نوع 440 و420 برای کاربرد های سایشی مناسب هستند.

- انواع استونیتی
- نوع 202 و 301 سریع کار سرد می شوند
- نوع 302 و 202 براي كابرد معمول مطرح هستند

- نوع 304 کربن کمتر دارد وبه حساس شدن مقاوم تر است
- نوع 303 سولفور دارد برای بهبود ماشینکاری
- نوع 305 نیکل بالا دارد .....
- . نوع 308 به علت کرم ونیکل بالا مقاومت به خوردگي بالاتري دارد
- انواع 309و 310 برای کاربرد های خاص به کار می روند ومقاومت به خوردگی بالاتری دارند.

- نوع 316 که مقداری سیلیکون دارد مقاومت دربرابر اسید سولفوریک ومحیط های مشابه دارد.



ainless steel alloys. Higher PREN values

The high-nickel grades (austenitics) are preferred at elevated temperatures.

We could go on indefinitely mentioning specific environments, but the ones mentioned will indicate that stainless steels can satisfactorily handle many environments in spite of the various forms of corrosion that can occur. It is still recommended before making a final choice of a specific stainless steel for a specific environment that corrosion data be consulted (NACE Corrosion Data Survey and others).

14.7 Alloy Selection

General Characteristics

It should be apparent at this point that stainless steels are very useful materials in engineering design. A wide range of mechanical properties exists, and the corrosion and oxidation resistance of these alloys is better than most other material systems. How do you select the right alloy for a particular application? Each class of stainless steels is intended for certain applications, and the types within each class have particular traits that set them apart from others in that class. Figure 14–15 shows the spectrum of stainless steel alloys and their primary areas of application. The ferritic alloys are somewhat lower in cost than the other alloys (Figure 14–16), and thus they find wide application for nonstructural applications. Type 430 is widely used for such things as household appliances and automobile trim. Type 430F

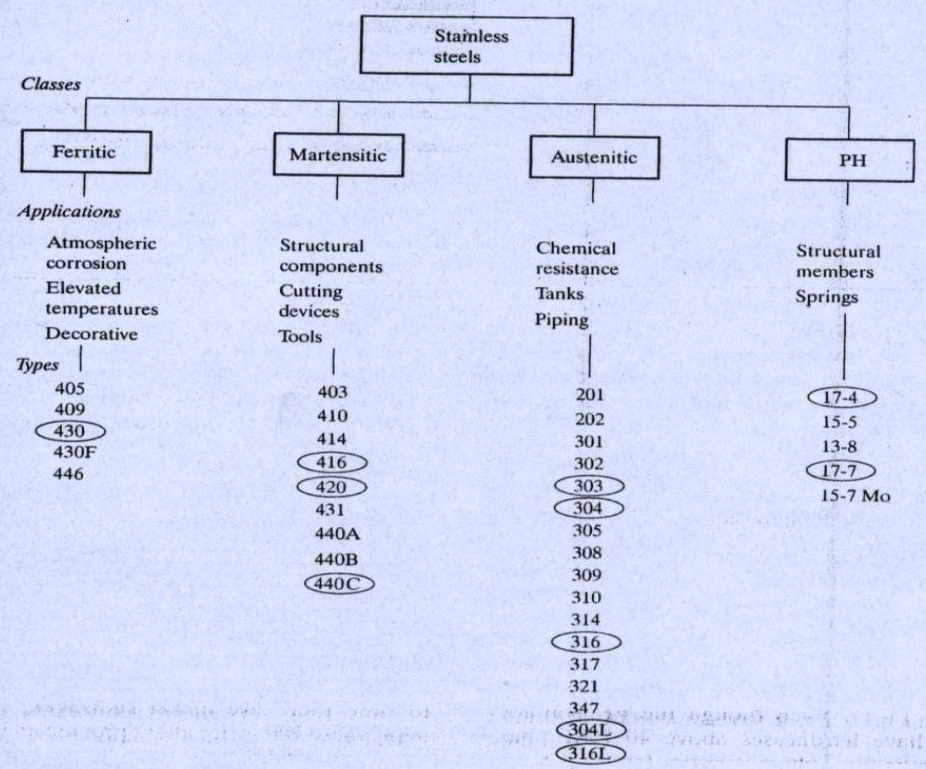


Figure 14–15
Widely used types of stainless steel

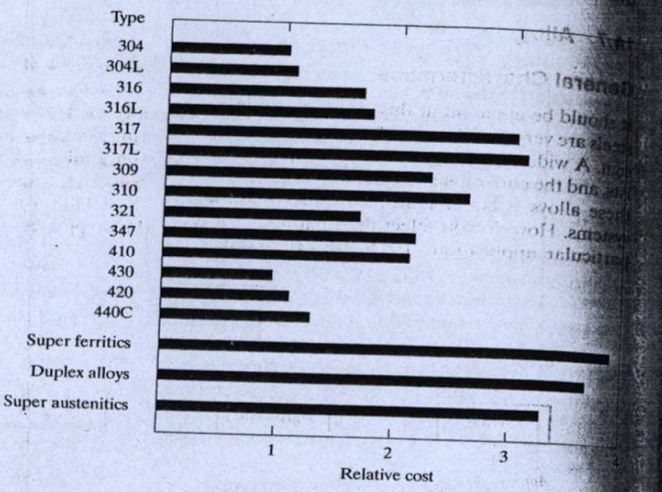


Figure 14–16
Relative cost factors for various stainless steel (hot finished bar).
Source: Courtesy of Republic Steel Corporation

is free machining, so it is used for fasteners and other parts that require screw-machine types of operation. Type 446 has very good *oxidation resistance*, so it sees use in furnace parts.

In the martensitic class, type 403 is used for elevated-temperature turbine parts. Types 410, 414, and 420 are used in cutlery, surgical instruments, and some tools. Type 416 is free machining, so it is used for fasteners and the like. Type 431 has the best corrosion resistance of the group; it is used where strength and corrosion resistance are required. The 440 family is used for tools.

Only two stainless steels have sufficient hardness and carbon content to be very useful for wear applications, types 440C and 420. The abrasion resistance of some stainless steels is compared with carbon steel and a tool steel in Figure 14–17. Even though the PH stainless steels have hardnesses above 40 HRC, they have poor wear characteristics for most forms of abrasion and sliding wear. The 440C alloy is capable of the highest hardness and abrasion resistance of any conventional stainless steel at 58 to 60 HRC. Types 420 and 440C are available in proprietary grades that are modified by P/M processing and chemistry changes for improved abrasion resistance. For example, 420 stainless steel containing about 6% vanadium provides better abrasion resistance than even some tool steels. These alloys are widely used for cutting tools and knives.

There are many of austenitic alloys, but most are a modification of the original 18-8, chromium–nickel composition. Types 201 and 301 readily work harden; they are often used in cold-rolled sheet and strip for flat springs and in cold-drawn wire form for corrosion-resisting wire springs. The 201 is like the 301 alloy in properties, but manganese replaces nickel as an austenitizing element. From time to time there are nickel shortages, and the manganese 200 series alloys provide an alternative composition.

Types 302 and 202 are the basic 18-8 alloys, which, with type 304, are what might be

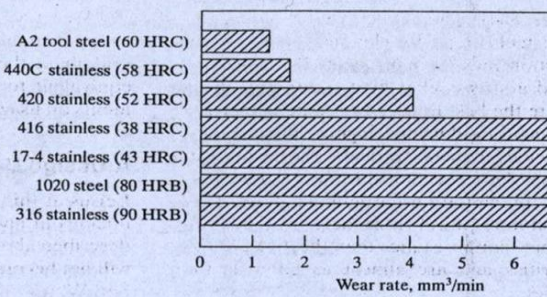


Figure 14–17
Relative wear rates of stainless steels in a dry-sand–rubber wheel abrasive test (modified ASTM G 65 procedure)

considered general-purpose alloys. They are used for tanks, architectural items, sanitary piping and wares, and any number of applications. They do not work harden as much as types 301 and 201, and thus they can be used for deep-drawn parts. Type 304 has a lower carbon content than 301 or 201. It is less susceptible to sensitization during welding than 301 and 201. It is the most widely used stainless steel based on tonnage. Only type 409, a special grade developed for automotive exhaust systems (catalytic convertors, etc.), competes in tonnage.

Type 303 has sulfur additions to make it free machining. It cannot be welded or readily pickled, but the free-machining characteristics justify its use on bolts, shafts, nuts, and mechanical components requiring excessive machining or large production quantities. The chemical resistance is lower than that of the nonsulfurized austenitics. Corrosion rates should be carefully checked before use.

Type 305 has a high nickel content that minimizes work hardening. It is considered a free-spinning alloy. That is, it can be used for spun shapes without fear of excessive work hardening. It is also used for cold-headed fasteners.

Type 308 contains relatively high percentages of chromium and nickel, which imparts an extra degree of corrosion resistance over 302- and 304-type alloys. It is frequently used for welding filler metal on 302 and 304 steels.

Types 309 and 310 contain eve chromium and nickel than type 308 do are used for special chemical-process eq They have better corrosion resistance th of the austenitics, but they also cost more 14–16). Type 310 is frequently used as t versal" welding filler metal. Because i stays austenitic and resists cracking, it used to weld carbon steels to stainless st for other dissimilar metal combination alloys are also used for oxidation resistar

Type 314 is basically a type 310 wit 2% silicon added to improve resistance ric acid and similar environments.

Type 316 is the most commonly us for chemical service. It has about 2% m num in it to improve corrosion characte reducing media and to improve pittin ance. It is used for everything imaginab chemical-process industries.

Type 317 is a "souped-up" 316 wit percentages of chromium, nickel, and m num. It has better pitting resistance th but it costs more and is not as readily ava all forms.

Types 321 and 347 are essentially 18 less (like type 302), only stabilizing eleme been added to reduce sensitization in we