

استنلس استیل چیست؟

STAINLESS STEEL ENCYCLOPEDIA

BAZARSTEEL

راهنمای شناخت استنلس استیل،
ساختار، رفتار، خانواده‌ها
و گریدها

استنلس استیل چیست؟

What is Stainless Steel?



استنلس استیل؛ یک خانواده از فولادهای مهندسی

استنلس استیل (Stainless Steel) نام عمومی خانواده‌ای از فولادهای آلیاژی است که برای دستیابی به مقاومت مناسب در برابر خوردگی و اکسیداسیون طراحی شده‌اند.

برخلاف تصور رایج، استنلس استیل یک فلز خالص و یک جنس واحد نیست؛ بلکه آلیاژی بر پایه آهن (Fe) است که با افزودن مقدار مشخصی از عناصر آلیاژی، ساختار و خواص آن کنترل می‌شود.

حداقل نقش کروم در ایجاد رفتار ضد خوردگی

وجود حداقل ۱۰.۵٪ کروم، شرایط لازم برای ایجاد یک لایه غیرفعال (Passive Film) را فراهم می‌کند. این لایه محافظ سطح فولاد را در برابر بسیاری از شرایط خورنده محافظت می‌کند. بنابراین «استنلس» بودن تنها به ظاهر براق یا صیقلی یک قطعه مربوط نیست؛ ترکیب شیمیایی و ساختار متالورژیکی ماده، اساس رفتار آن را تعیین می‌کنند.

کروم؛ عنصر تعیین کننده

مهم‌ترین ویژگی مشترک، استنلس استیل، وجود حداقل ۱۰.۵٪ کروم (Cr) بر اساس جرم است. کروم امکان تشکیل یک لایه بسیار نازک و محافظ را در سطح فراهم می‌کند که عامل اصلی رفتار مقاوم به خوردگی این خانواده از فولاد است.

24

Cr

Chromium
51.996

تفاوت؛ استنلس استیل با فولاد معمولی

فولادهای معمولی نیز عمدتاً بر پایه آهن هستند؛ اما ترکیب آلیاژی آنها با استنلس استیل متفاوت است. در فولاد کربنی، آهن در تماس با اکسیژن و رطوبت می‌تواند اکسیدهای آهن ایجاد کند که به شکل زنگ‌زدگی قابل مشاهده ظاهر می‌شوند. در استنلس استیل، حضور کروم باعث شکل‌گیری یک فیلم بسیار نازک و غنی از کروم در سطح می‌شود. این فیلم برخلاف لایه زنگ معمولی، به سطح فلز چسبیدگی بالایی دارد و در شرایط مناسب می‌تواند دوباره تشکیل شود. به همین دلیل، مقاومت به خوردگی استنلس استیل از مهم‌ترین تفاوت‌های آن با بسیاری از فولادهای معمولی است.

فولاد معمولی
(فولاد کربنی)

زنگ‌زدگی در تماس با رطوبت و اکسیژن

استنلس استیل



مقاومت به خوردگی با لایه محافظ کروم

عناصر آلیاژی اصلی در استنلس استیل

عناصر	نماد	نقش کلی
آهن	Fe	عنصر پایه آلیاژ
کروم	Cr	مقاومت به خوردگی و تشکیل لایه محافظ
نیکل	Ni	اثر بر ساختار، شکل‌پذیری و چقرمگی
مولیبدن	Mo	افزایش مقاومت در برابر برخی محیط‌های خورنده
منگنز	Mn	اثر بر ساختار و خواص مکانیکی
سیلیسیم	Si	اثر بر خواص و رفتار متالورژیکی
نیتروژن	N	اثر بر استحکام و در برخی گریدها مقاومت به خوردگی
کربن	C	اثر بر استحکام و رفتار متالورژیکی

ساختار کلی آلیاژ

پایه اصلی استنلس استیل، آهن (Fe) است؛ اما عناصر مختلفی می‌توانند در ترکیب آلیاژ حضور داشته باشند. این عناصر بسته به گرید و هدف طراحی، ساختار و خواص نهایی را تعیین می‌کنند. نام «استنلس استیل» به‌تنهایی برای تعیین ترکیب شیمیایی با خواص دقیق یک متریال کافی نیست.

چرا گرید اهمیت دارد؟

استنلس استیل یک خانواده بزرگ از مواد است و هر گرید برای مجموعه مشخصی از خواص طراحی می‌شود. تفاوت در مقدار و نوع عناصر آلیاژی می‌تواند بر مقاومت به خوردگی، استحکام، شکل‌پذیری، جوش‌پذیری، چقرمگی و مقاومت حرارتی اثر بگذارد. انتخاب متریال باید بر اساس محیط کاری، نوع سیال، دما، روش ساخت و الزامات پروژه انجام شود.

یک تعریف ساده و دقیق

استنلس استیل = فولاد آلیاژی پایه آهن با حداقل ۱۰.۵٪ کروم که برای ایجاد و حفظ مقاومت در برابر خوردگی، به همراه مجموعه‌ای از عناصر آلیاژی و یک ساختار متالورژیکی مشخص طراحی می‌شود.



چرا کروم عنصر کلیدی است؟

Why is Chromium the Key Element?

24

Cr

Chromium
51.996

1 نقش کروم چیست؟

کروم مهم‌ترین عنصر در استنلس استیل است. وجود حداقل 10.5% کروم در آلیاژ، امکان تشکیل یک لایه محافظ غنی از کروم را روی سطح فولاد فراهم می‌کند. این لایه مانند یک مانع محافظ بین فلز و محیط اطراف عمل کرده و سرعت واکنش‌های مرتبط با خوردگی را به شدت کاهش می‌دهد.

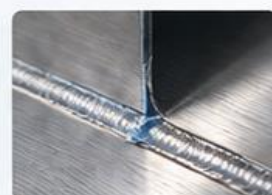
2 چیست؟ Passive Film

لایه پسیو (Passive Film) یک لایه اکسیدی بسیار نازک و غنی از کروم است که به صورت طبیعی روی سطح استنلس استیل تشکیل می‌شود. ضخامت این لایه در حدود چند نانومتر است؛ بسیار نازک، اما با چسبندگی بالا و نقش بسیار مهم در مقاومت خوردگی.



3 Passivation یعنی چه؟

Passivation به فرآیند ایجاد یا تقویت حالت پسیو سطح اشاره دارد. یک سطح تمیز از استنلس استیل می‌تواند به‌طور طبیعی در تماس با اکسیژن، لایه پسیو خود را تشکیل دهد. در برخی فرآیندهای ساخت و نگهداری تجهیزات، یک عملیات Passivation کنترل‌شده نیز برای آماده‌سازی سطح انجام می‌شود که با تشکیل طبیعی لایه پسیو یک مفهوم یکسان نیست.



Passivation مصنوعی
برای حذف آلودگی‌ها و تقویت سطح در شرایط خاص انجام می‌شود.

4 بازسازی لایه محافظ

یکی از ویژگی‌های مهم استنلس استیل، توانایی بازپسیو شدن (Repassivation) است. اگر سطح در اثر خراش یا آسیب جزئی در معرض محیط فرار بگیرد در شرایط مناسب، لایه محافظ می‌تواند دوباره تشکیل شود.



5 عوامل مؤثر بر پایداری لایه پسیو

پایداری Passive Film به ترکیب آلیاژ و شرایط محیطی وابسته است.

ترکیب شیمیایی آلیاژ مقدار عناصر مانند کروم، نیکل، مولیبدن و نیتروژن	اکسیژن و شرایط سطح وجود اکسیژن و سطح تمیز	کلریدها می‌توانند باعث خوردگی حفره‌ای (Pitting) شوند.
شکاف‌ها و نواحی کم‌دسترسی احتمال خوردگی شکافی (Crevice Corrosion)	دما و محیط شیمیایی نوع ماده شیمیایی، غلظت و دما	وضعیت سطح و آلودگی آلودگی‌های سطحی و آثار فرآیندهای ساخت مانند جوشکاری

6 چرا مولیبدن در برخی گریدها مهم است؟

کروم عنصر پایه رفتار استنلس استیل است، اما همه گریدها تنها با کروم طراحی نمی‌شوند. مولیبدن (Mo) در برخی گریدها به افزایش مقاومت در برابر خوردگی موضعی، به‌ویژه در محیط‌های حاوی کلرید، کمک می‌کند برای مثال، در مقایسه گریدهایی مانند 304 و 316 باید ترکیب آلیاژی و محیط کاری را هم در نظر گرفت.

42

Mo

Molybdenum
95.95

7 آیا استنلس استیل واقعاً «ضد زنگ» است؟

نه به معنای مطلق.

استنلس استیل را بهتر است فولاد مقاوم به خوردگی بدانیم. در برخی شرایط ممکن است پدیده‌هایی مانند خوردگی حفره‌ای، خوردگی شکافی، خوردگی عمومی، ترک خوردگی تنش و خوردگی بین‌پدانه‌ای رخ دهند. انتخاب گرید باید با توجه به محیط واقعی کار، دما و شرایط طراحی انجام شود.



✓ اصل طلایی:

استنلس بودن از یک پوشش سطحی نمی‌آید؛ از ترکیب آلیاژ و توانایی آن در ایجاد و حفظ یک سطح پسیو می‌آید. میزان مقاومت واقعی به گرید + دما + محیط + شکاف + شرایط طراحی و ساخت وابسته است.

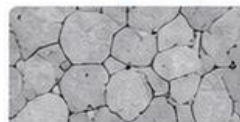
ساختار و رفتار استنلس استیل

Structure and Behavior of Stainless Steel

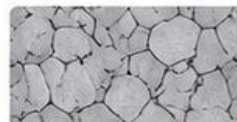
از ترکیب شیمیایی تا ریزساختار و عملکرد

1 ساختار متالورژیکی چیست؟

در استنلس استیل، اتم‌ها در قالب ساختارهای بلوری مختلفی قرار می‌گیرند. این ریزساختار نقش مهمی در تعیین خواص مانند استحکام، شکل‌پذیری، جوش‌پذیری و رفتار خوردگی دارد. سه فاز مهم در بسیاری از استنلس استیل‌ها عبارت‌اند از:



فریت
Ferrite



آستنیت
Austenite



مارتنزیت
Martensite

2 عناصر آلیاژی و نقش آن‌ها

آهن عنصر پایه است، اما افزودن عناصر آلیاژی می‌تواند ساختار و خواص استیل را تغییر دهد. مهم‌ترین عناصر:

Cr

کروم

مقاومت به خوردگی و تشکیل لایه پسیم

Ni

نیکل

اثر بر ساختار و چقرمگی

Mo

مولیبدن

افزایش مقاومت در برابر خوردگی موضعی

N

نیتروژن

اثر بر استحکام و مقاومت به خوردگی

C

کربن

اثر بر استحکام متالورژیکی

3 رابطه ترکیب شیمیایی و ریزساختار

ترکیب آلیاژ، تمایل استنلس استیل به تشکیل ساختارهای مختلف را تعیین می‌کند. بسته به نوع و مقدار عناصر آلیاژی، می‌توان ریزساختارهای آستنیتی، فریتی، مارتنزیتی، دوپلکس یا رسوب‌سخت‌شونده را به‌دست آورد.

4 رفتار خوردگی

مقاومت خوردگی فقط به مقدار کروم محدود نمی‌شود. ترکیب آلیاژ، ریزساختار، شرایط محیطی (مانند کلریدها، دما و نوع سیال)، وضعیت سطح و طراحی قطعه همگی بر عملکرد واقعی اثر می‌گذارند.

5 محیط و عملکرد

یک گرید استنلس استیل ممکن است در یک محیط عملکرد مناسبی داشته باشد اما در محیط دیگری مناسب نباشد. نوع سیال، دما، کلریدها، فشار، زمان تماس و شرایط سطح باید همزمان بررسی شوند.

مسیر درک استنلس استیل

From Composition to Application



ترکیب شیمیایی
Composition



ریزساختار
Microstructure



خواص
Properties



محیط کاری
Service Environment



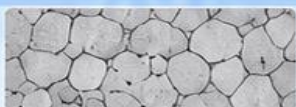
کاربرد
Application

6 پنج خانواده اصلی استنلس استیل

استنلس استیل به پنج خانواده اصلی متالورژیکی تقسیم می‌شود که هر کدام ساختار و ویژگی‌های دارند.

آستنینی

Austenitic

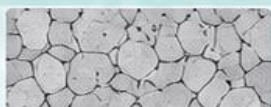


- ساختار آستنیتی
- نمونه‌های شناخته‌شده: 316، 316L
- شکل‌پذیری و جوش‌پذیری مناسب
- مقاومت خوردگی عمومی خوب

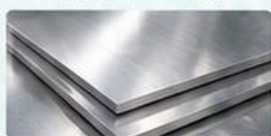


فریتی

Ferritic



- ساختار فریتی
- نمونه شناخته‌شده: 430
- کروم‌محور
- شکل‌پذیری و مقاومت خوردگی متناسب با گرید



مارتنزیتی

Martensitic



- قابلیت سخت شدن با عملیات حرارتی
- نمونه‌های شناخته‌شده: 420، 431
- سختی و استحکام بالاتر



دوپلکس

Duplex

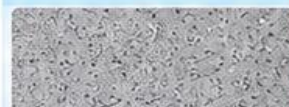


- ترکیب فریت + آستنیت
- نمونه شناخته‌شده: 2205 / S31803
- استحکام بالا
- مقاومت خوردگی مناسب



رسوب‌سخت‌شونده

Precipitation Hardening (PH)



- تقویت با عملیات حرارتی و رسوب‌گذاری
- نمونه شناخته‌شده: 17-4 PH
- دستیابی به استحکام بالا با طراحی متالورژیکی خاص



7 شناخت خانواده، نقطه شروع انتخاب گرید است

گریدهایی مانند 316، 316L، 430، 420، Duplex یا PH 17-4 هر کدام نماینده یک طراحی متالورژیکی متفاوت هستند و باید با توجه به خواص مورد نیاز و شرایط سرویس انتخاب شوند.



جمع‌بندی

استنلس استیل یک خانواده از فولادهای مهندسی است که رفتار آن از ترکیب شیمیایی، ریزساختار و شرایط کاری تأثیر می‌پذیرد.

شناخت خانواده → شناخت گرید → بررسی محیط → انتخاب متریال

تفاوت Steel با Stainless Steel معمولی

Stainless Steel vs. Ordinary Steel

دو خانواده فولادی، با ترکیب و رفتار متفاوت

استنلس استیل و فولادهای معمولی هر دو در خانواده فولادها قرار می‌گیرند و پایه اصلی هر دو آهن (Fe) است؛ اما تفاوت در ترکیب شیمیایی، ریزساختار و فرآیند تولید باعث می‌شود رفتار آنها در برابر خوردگی، ساخت، پرداخت سطح و شرایط کاری متفاوت باشد.

Stainless Steel
استنلس استیل

Ordinary Steel
فولاد معمولی

1 ترکیب شیمیایی

استنلس استیل حداقل 10.5% کروم دارد و بسته به گرید، عناصر آلیاژی دیگری مانند نیکل، مولیبدن و... به آن اضافه می‌شود. فولادهای معمولی معمولاً کروم کافی برای ایجاد رفتار استنلس ندارند.

استنلس استیل

Fe	Cr	Ni	Mo
آهن (پایه)	کروم (≥10.5%)	نیکل	مولیبدن
Mn	Si	N	C
منگنز	سیلیسیم	تیتروژن	کربن

فولاد معمولی (کربنی)

Fe	C	Mn
آهن (پایه)	کربن (اصلی)	منگنز

2 رفتار در برابر خوردگی

استنلس استیل با تشکیل لایه پسیو غنی از کروم مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارد. فولاد معمولی در حضور رطوبت و اکسیژن، مستعد زنگ‌زدگی است و معمولاً نیاز به پوشش یا حفاظت دارد.



استنلس استیل
مقاومت بالا در برابر خوردگی



فولاد معمولی
مستعد زنگ‌زدگی

3 ظاهر و Finish

استنلس استیل در انواع Finish از مات صنعتی تا براق و پولیش‌شده عرضه می‌شود. ظاهر فقط به براق بودن مربوط نیست و نتیجه فرآیند تولید و پرداخت سطح است.



2B
مات صنعتی



No.4
مات برس‌خورده



Mirror
براق

4 خواص مکانیکی

خواص مکانیکی به گرید و شرایط تولید وابسته است. استنلس استیل و فولاد معمولی می‌توانند خواص متفاوتی داشته باشند و نمی‌توان به صورت کلی گفت کدام قوی‌تر است.



5 قابلیت ساخت و فرآوری

هر دو گروه فولادها با روش‌های مختلفی قابل برش، فرم‌دهی، ماشین‌کاری و جوشکاری هستند. در استنلس استیل، کنترل شرایط سطح و استفاده از روش‌های مناسب ساخت اهمیت ویژه‌ای دارد.



برشکاری
Cutting



خمکاری
Forming



ماشین‌کاری
Machining



جوشکاری
Welding



فورج
Forging



ریخته‌گری
Casting

6 کاربردهای عمومی

استنلس استیل



- تجهیزات فرآیندی
- مخازن و تجهیزات نگهداری
- تجهیزات صنایع غذایی
- تجهیزات شیمیایی
- تجهیزات دارویی
- تجهیزات معماری و دکوراتیو
- نوله و اتصالات
- کاربردهای با نیاز به مقاومت
- خوردگی یا سهولت نظافت

فولاد معمولی



- سازه‌های فولادی
- قطعات و تجهیزات مهندسی
- شاسی‌ها و فریم‌ها
- ماشین‌آلات
- کاربردهایی که الزامات خوردگی اجازه استفاده از فولاد کربنی را می‌دهد

7 چرا انتخاب متریال اهمیت دارد؟

انتخاب متریال باید بر اساس شرایط واقعی پروژه انجام شود. محیط کاری، دما، نوع سیال، خواص مکانیکی، روش ساخت، وضعیت سطح و هزینه همگی در تصمیم‌گیری نقش دارند.



محیط کاری



دما



خواص مکانیکی



ساخت و جوشکاری



وضعیت سطح و Finish



هزینه (چرخه عمر)

8 مقایسه در یک نگاه

ویژگی	استنلس استیل	فولاد معمولی (کربنی)
پایه آلیاژ کروم	آهن + عناصر آلیاژی حداقل 0.5%	عمدتاً آهن + کربن و عناصر آلیاژی معمولاً به سطح لازم نمی‌رسد
مقاومت خوردگی	معمولاً بالا (بسته به گرید و محیط)	معمولاً پایین‌تر ندارد
لایه پسیو	بله، بر پایه کروم	ندارد
ظاهر و Finish	تنوع گسترده Finish	قابل پرداخت و پوشش‌دهی
خواص مکانیکی	وابسته به گرید	وابسته به گرید
ساخت و جوشکاری	قابل ساخت با روش‌های مختلف (با ملاحظات گرید)	قابلیت ساخت گسترده
انتخاب متریال	بر اساس محیط، خواص و ساخت	بر اساس خواص، محیط، طراحی و هزینه



نکته مهم:

استنلس استیل «بهتر» یا فولاد معمولی «بدتر» نیست؛ هر متریال برای شرایط مشخصی طراحی و انتخاب می‌شود.

انتخاب درست یعنی تطبیق متریال با محیط، خواص موردنیاز، روش ساخت و شرایط واقعی سرویس.

نقشه ورود به دنیای گریدها

Family → Series → Grade → Standard / Designation

استیل استیل یک فلز واحد نیست؛ بلکه خانواده بزرگی از فولادهای مهندسی با ترکیبهای شیمیایی، ریزساختارها و خواص متفاوت است. در بازار متریال با نامهایی مانند 304, 316, 430, 410, 2205 و PH 17-4 مواجه می‌شویم. این اعداد و نامها چگونه شکل گرفته‌اند؟ برای پاسخ باید زبان نام‌گذاری استیل را بشناسیم.



1 خانواده متالورژیکی (Family)

خانواده‌های اصلی استیل بر اساس ساختار و رفتار متالورژیکی دسته‌بندی می‌شوند.



آستینی
Austenitic

فریتی
Ferritic

مارتنزیتی
Martensitic

دوپلکس
Duplex

رسوب سخت‌شونده
Precipitation
Hardening (PH)

2 سری (Series)

در برخی سیستم‌های نام‌گذاری به‌ویژه AISI، از شماره‌هایی مانند 200، 300 و 400 برای گروه‌بندی استفاده می‌شود. سری به تنهایی معادل خانواده متالورژیکی نیست.

200 Series

برخی استیل
آستینی با نیکل کمتر

300 Series

بسیاری از گریدهای
آستینی رایج
مانند 316, 304

400 Series

بسیاری از گریدهای
فریتی و مارتنزیتی
مانند 420, 410, 430

3 گرید (Grade)

گرید، یک ترکیب آلیاژی مشخص با محدوده‌های شیمیایی و الزامات استاندارد است. هر گرید برای مجموعه‌ای از خواص و کاربردها طراحی می‌شود.

4 Standard / Designation (استاندارد و شناسه)

هر گرید می‌تواند در سیستم‌های مختلف با شناسه‌های متفاوت شناخته شود. برای مشخصات دقیق، باید به استاندارد مربوطه مراجعه کرد.

5 یک مثال ساده: 304

یک گرید شناخته‌شده آستینی و معادل‌های آن در سیستم‌های مختلف نام‌گذاری:

Family خانواده	Series (AISI) سری	Grade گرید	UNS (شناسه)	EN Steel Number (شماره استیل)	EN Steel Name (نام استاندارد)
Austenitic آستینی	300 Series	304	S30400	1.4301	X5CrNi18-10

6 چرا فقط حفظ کردن اعداد کافی نیست؟

دانستن نام گرید تنها شروع کار است. انتخاب متریال باید بر اساس ترکیب شیمیایی، ریزساختار، خواص، محیط کاری، نوع محصول و استاندارد مربوطه انجام شود.

7 نقشه راه 15 کاتالوگ تخصصی

این دانشنامه، نقطه شروع یک مسیر مطالعاتی گسترده‌تر است. در 15 موضوع اصلی، از شناخت استیل استیل تا انتخاب متریال برای پروژه، به صورت مرحله‌به‌مرحله پیش می‌رویم.

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 01 شناخت استیل استیل | 09 میلگرد استیل |
| 02 خانواده‌های استیل استیل | 10 نبشی استیل |
| 03 گریدهای استیل استیل | 11 ناودانی استیل |
| 04 ترکیب شیمیایی و عناصر آلیاژی | 12 سطح و پرداخت (Finish) |
| 05 استانداردها و نام‌گذاری | 13 راهنمای خرید متریال |
| 06 ورق استیل | 14 کاربرد متریال در تجهیزات و ساخت |
| 07 لوله استیل | 15 انتخاب متریال برای پروژه |
| 08 پروفیل و قوطی استیل | |



8 مسیر طلایی شناخت استیل استیل



نکته مهم:

استیل استیل «بهتر» یا فولاد معمولی «بدتر» نیست؛ هر متریال برای شرایط مشخصی طراحی و انتخاب می‌شود. انتخاب درست یعنی تطبیق متریال با محیط، خواص مورد نیاز، روش ساخت و شرایط واقعی سرویس.

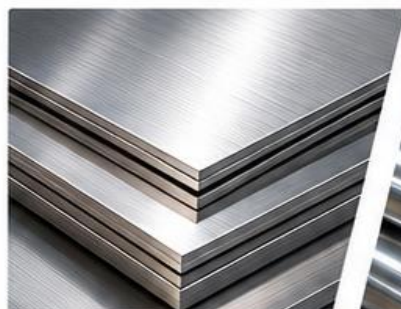
بازار استیل
شناخت درست متریال،
مقدمه انتخاب درست است.

BazarSteel

STAINLESS STEEL
ENCYCLOPEDIA

دانش، مبنای انتخاب درست متریال است.

در بازار استیل، هدف ما ارائه اطلاعات
کاربردی و دقیق برای شناخت بهتر
استیل استیل و انتخاب آگاهانه
در پروژه‌های صنعتی است.



ورق استیل

STAINLESS STEEL SHEETS



لوله و پروفیل استیل

PIPES & PROFILES



مخازن استیل

STAINLESS STEEL TANKS



میکسرهای استیل

STAINLESS STEEL MIXERS



اطلاعات فنی
و آموزشی



آشنایی با متریال
و گریدها



راهنمای انتخاب
متریال مناسب



کاربرد در
پروژه‌های صنعتی



BazarSteel.Com
وبسایت



021-54082
تلفن ثابت



021-66781815
تلفن ثابت



0912-6400524
تلفن همراه

STAINLESS STEEL
FOR A STRONGER TOMORROW