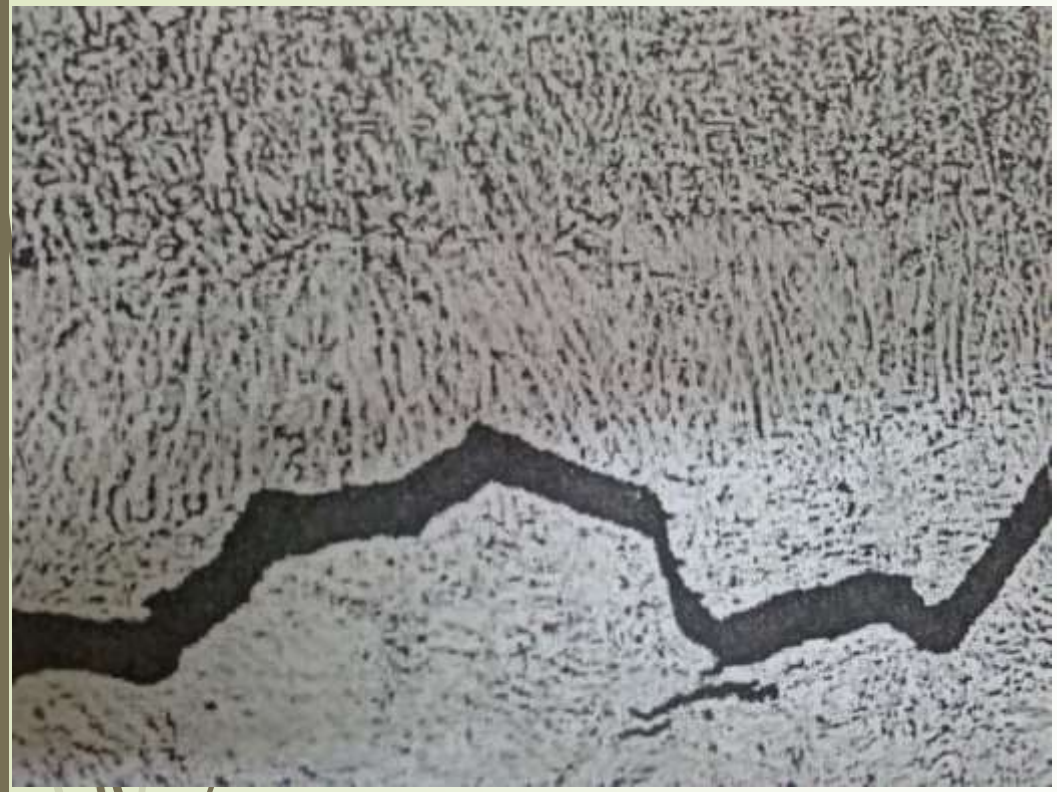
دانشکده فنی و حرفه ای انقلاب اسلامی

درس متالورژی جوشکاری - مقطع کاردانی

مدرس: امین عنبرزاده

جلسه۳

ایجاد ترک ناشی از هیدروژن به سه عامل بستگی دارد



- ۱- سختی پذیری فولاد،
- ۲- وجود هیدروژن به میزان کافی، و
- ۳- وجود تنش به میزان کافی.

هیدروژن تردی در مناطقی که به سرعت سرد شده و ساختار مارتنزیتی حاصل شده است بیشتر مشاهده می شود.

ایجاد ترک ناشی از هیدروژن به سه عامل بستگی دارد

۱- سختی پذیری فولاد:

هیدروژن تردی در مناطقی که به سرعت سرد شده و ساختار مارتنزیتی حاصل شده است بیشتر مشاهده می شود.

ایجاد ترک ناشی از هیدروژن به سه عامل بستگی دارد

- ۲- وجود هیدروژن به میزان کافی:

هیدروژن در عملیات جوشکاری عمدتاً از طریق رطوبت اتمسفر به قوس الکتریکی و درنهایت به حوضچه مذاب جوش وارد شده و در فلز جوش محبوس می شود.

- ۳- وجود تنش به میزان کافی:

تنشها در یک اتصال جوش می توانند ناشی از بارگذاری خارجی، وزن سازه، تمرکز تنش و تنشهای پسماند جوش باشد.

راهکارهای اصلی

- میزان نفوذ هیدروژن در اتصال جوش عمدتاً ناشی از نوع محافظت جوش به کار برده شده می باشد.
- رطوبت اتمسفر، چربی رنگ، پوسته و آشغال در تماس با قوس الکتریکی ایجاد هیدروژن می کند.

- ۱- سطح قطعه کار در محل جوش کاملاً تمیز و خشک باشد.

راهکارهای اصلی

- ۲- خشک کردن پوشش الکترودها و فلاکس های جوشکاری (مانند جوشکاری زیرپودری)

مثال:

- الکترودهای رتیلی در درجه حرارت ۱۰۰-۱۵۰ درجه سانتی گراد و الکترودهای بازی در درجه حرارت های ۴۰۰-۴۵۰ درجه سانتی گراد خشک می شوند.

راهکارهای اصلی

- ۳- جوشکاری با پیشگرم یا پسگرم

جوشکاری با پیشگرم یا پسگرم بمدت چند ساعت بلافاصله بعد از اتمام جوشکاری، خارج شدن هیدروژن از منطقه جوش را تسریع نموده و در نتیجه خطر هیدروژن تردی و ایجاد ترک در جوش را کاهش می دهد.

راهکارهای اصلی

- ۴- توجه به منحنی های سرد شدن پیوسته (CCT) فلز پایه برای تعیین زمان سرد شدن بحرانی

- زمان سرد شدن بحرانی (Critical Cooling Time)← Δt

حداقل زمان سرد شدن که منجر به ایجاد ساختاری با خواص ضربه پذیری (چقرمگی) قابل قبول در جوش می شود.

راهکارهای اصلی

۴- توجه به منحنی های سرد شدن پیوسته فلز پایه برای تعیین زمان سرد شدن بحرانی

برای فولاد حداقل زمان سرد شدن از ۸۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد:

این زمان معمولاً توسط تولید کنندگان فولاد بر روی استاندارد محصول درج می شود

شکل منحنی های سرد شدن به سختی پذیری فولاد وابسته است و سختی پذیری فولاد به درصد کربن معادل آلیاژ وابسته است.

جمع بندی راهکارهای اصلی

- ۱- سطح قطعه کار در محل جوش کاملاً تمیز و خشک باشد،
- ۲- خشک کردن پوشش الکترودها و فلاکس های جوشکاری،
- ۳- جوشکاری با پیشگرم یا پسگرم، و
- ۴- توجه به منحنی های سرد شدن پیوسته فلز پایه برای تعیین زمان سرد شدن بحرانی.

دیگر راهکارها

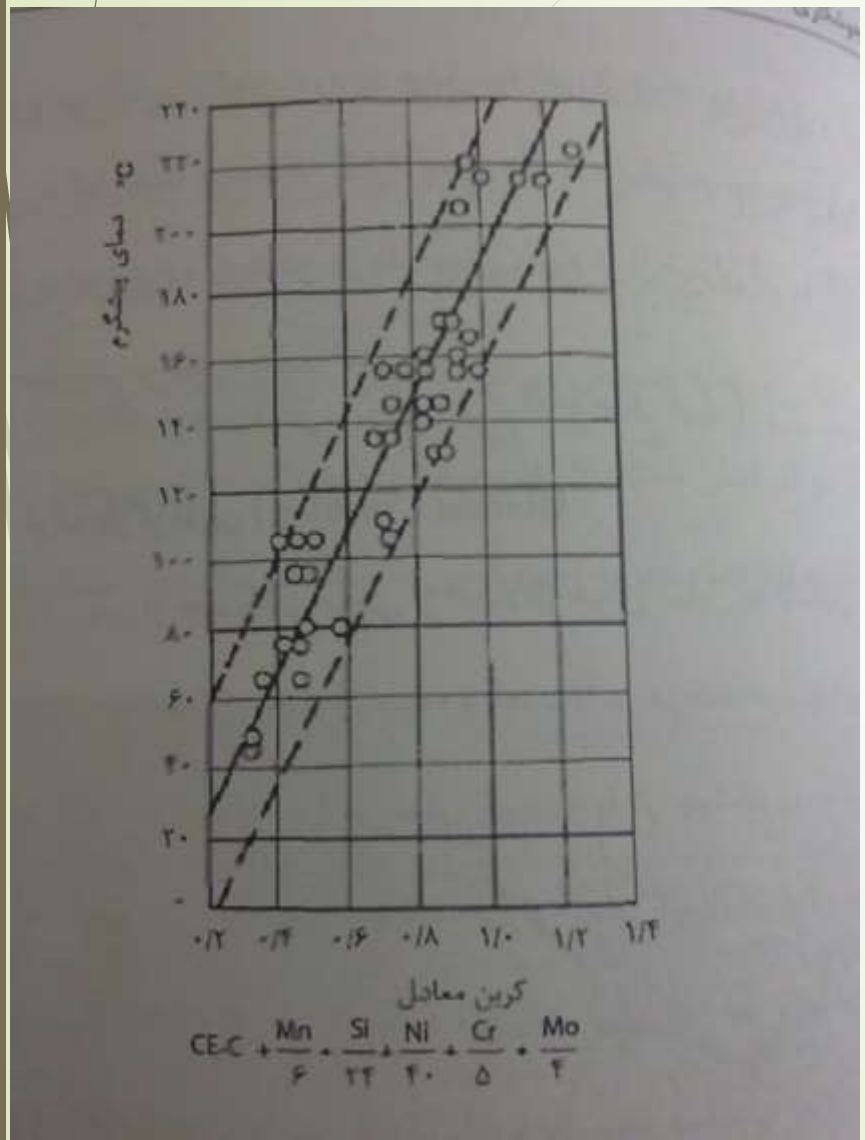
- پیشگرم ← بسته به ضخامت و کربن معادل هیدروژن قطعه کاهش می یابد.
- پسگرم← موجب پراکنده شدن هیدروژن قطعه می شود.
- پخت فلاکس← گرفتن رطوبت فلاکس به ویژه قلیایی
- مهار جوشکاری در محیط بادخیز
- کاهش رطوبت نسبی
- تمیز و خشک بودن سطح قطعه کار

کربن معادل

- رابطه IIW برای تعیین کربن معادل در فولادهای ساده کربنی و کم آلیاژ:
- $C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$

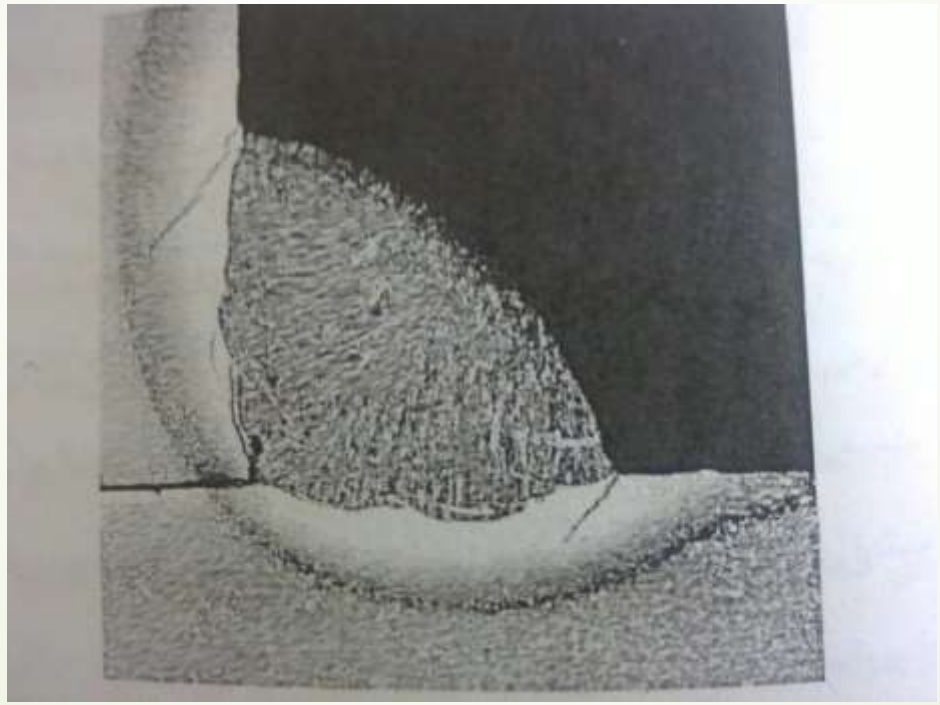
- برای تخمین سختی پذیری فولادها تا کربن معادل ۰/۶۰ درصد مناسب می باشد.
- چنانچه میزان کربن معادل کمتر از ۰/۴ درصد باشد خطر هیدروژن تردی ناچیز خواهد بود.

کربن معادل- دمای پیشگرم



- رابطه کربن معادل با دمای پیشگرم جهت جلوگیری از ترک هیدروژنی در فولادهای کربنی و کم آلیاژ به صورت زیر است.

ترک سرد در منطقه HAZ در اتصال گوشه



جوش پذیری فولادهای پر آلیاژ

- عمدتاً جوش پذیری فولادهای پر آلیاژ ضعیف است زیرا میزان کربن معادل آن ها بالاست.
- وجود کربن معادل بالا منجر به بالا رفتن دمای آغاز استحاله مارتنزیت می گردد، همچنین دماغه استحاله پرلیتی را به سمت راست خواهد برد. بنابراین احتمال وجود مارتنزیت را در محل جوش افزایش می دهد.
- راه حل: انجام پیشگرم

ترک بازگرمایی Reheat Cracking

- در عملیات حرارتی پس از جوشکاری برخی از اتصالات جوش تمایل به تشکیل ترک دارند. این نوع ترک خوردگی ترک باز گرمایی نامیده می شود.
- معمولاً بین ۵۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد ایجاد می شوند.
- در عملیات تنش گیری یا جوشکاری چند پاسه در پاس های قبلی بوجود می آیند.

ترک بازگرمایی Reheat Cracking

- فولادهای زنگ نزن آستنیتی نسبت به ترک بازگرمایی حساس هستند.
- در جوشکاری این فولادها عموماً منطقه متاثر از جوش HAZ حساسیت بیشتری در مقایسه با فلز جوش دارد.
- یک ترک مرز دانه ای است.

ترک بازگرمایی Reheat Cracking

- عنصر وانادیم V موثر ترین عنصر در بالا بردن خطر ترک بازگرمایی می باشد.
- فولاد با وانادیم بیشتر ۴ درصد مستعد ترک بازگرمایی است.

منطقه ایمن از ترک بازگرمایی

- مطمئن ترین راه برای پرهیز از ترک باز گرمایی انتخاب مناسب ترکیب شیمیایی فلز پایه می باشد.
- در فولادهای کم آلیاژ:
- $Cr + 3/3\ Mo + 8/1\ V < 2\ \%$
- در فولادهای زنگ نزن با سختار کاملاً فریتی خطر ترک باز گرمایی وجود دارد. بنابراین نباید ساختار ۱۰۰ فریتی باشد.

ترک انتهای جوش

- در انتهای پاس جوش به صورت حفره ای شکاف بعد از پایان جوشکاری به وجود می آید.
- چنانچه درصد ناخالصی های موجود در فلز جوش به حد کافی بالا باشد در این قسمت ترک هایی مشابه ترک گرم ایجاد می شود.

ترک انتهای جوش- راهکارها

- پایان دادن عملیات جوشکاری روی قطعه اضافی
- قطع تدریجی قوس الکتریکی
- حرکت پاندولی الکترود در انتهای عملیات جوشکاری

انواع فولادهای زنگ نزن

- ۱- فولادهای زنگ نزن فریتی ← ترک باز گرمایی
- ۲- فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی ← ترک سرد (هیدروژنی)، ← اغلب در منطقه HAZ
- ۳- فولادهای زنگ نزن آستنیتی ← ترگ گرم (انجمادی)، ← ساختار را باید دو فازی نمود
- ۴- فولادهای زنگ نزن دوفازی
- ۵- فولاد زنگ نزن رسوب سخت شده ← ترک سرد

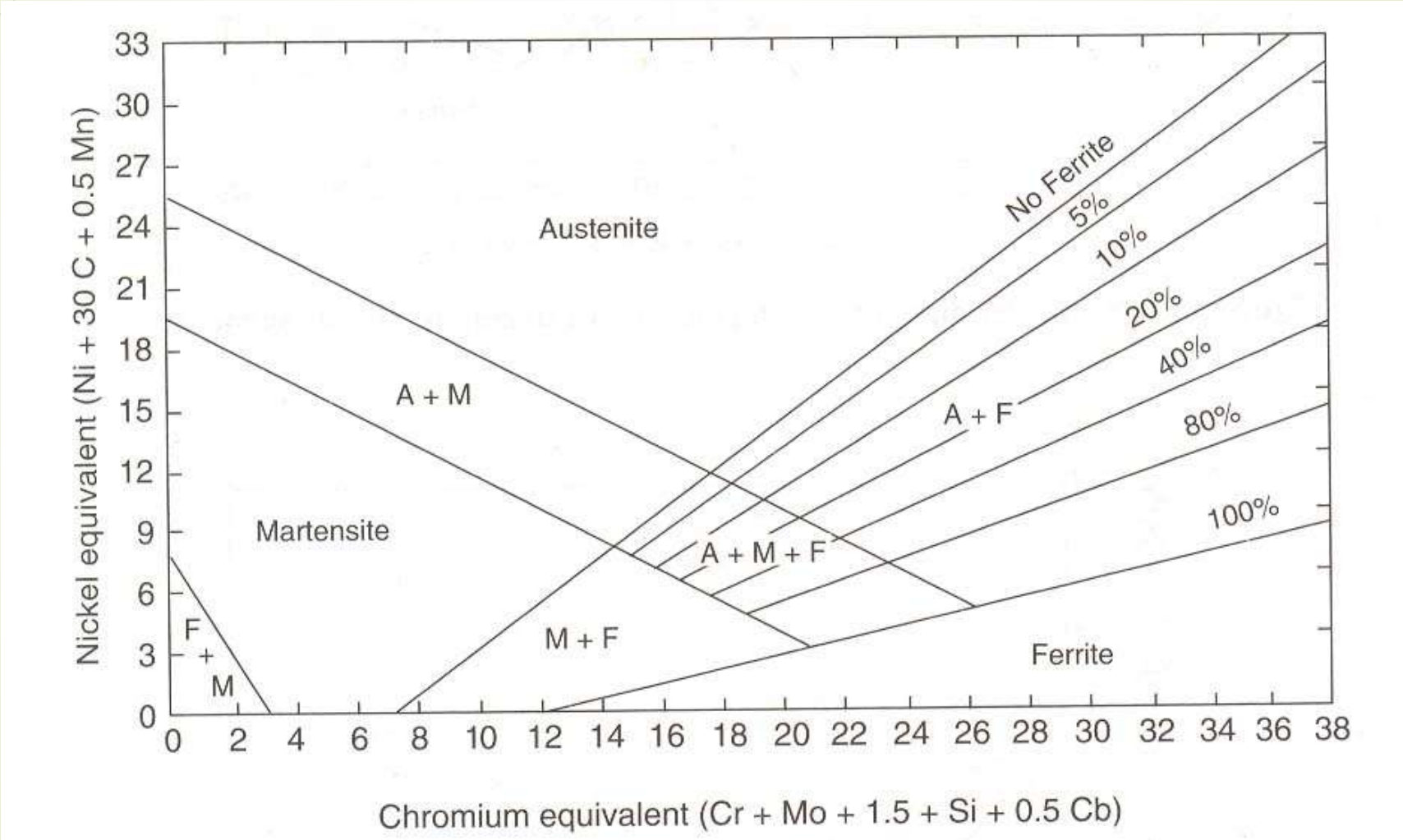
دیاگرام های ساختاری فولادهای زنگ نزن

- از آنجایی که در ترکیب شیمیایی فولادهای زنگ نزن عناصر نیکل و کروم وجود دارد برای پیش بینی ساختار متالورژیکی فولادهای زنگ نزن از دیاگرام های ساختاری استفاده می شود.

- دیاگرام شفلر
- دیاگرام دیلانگ

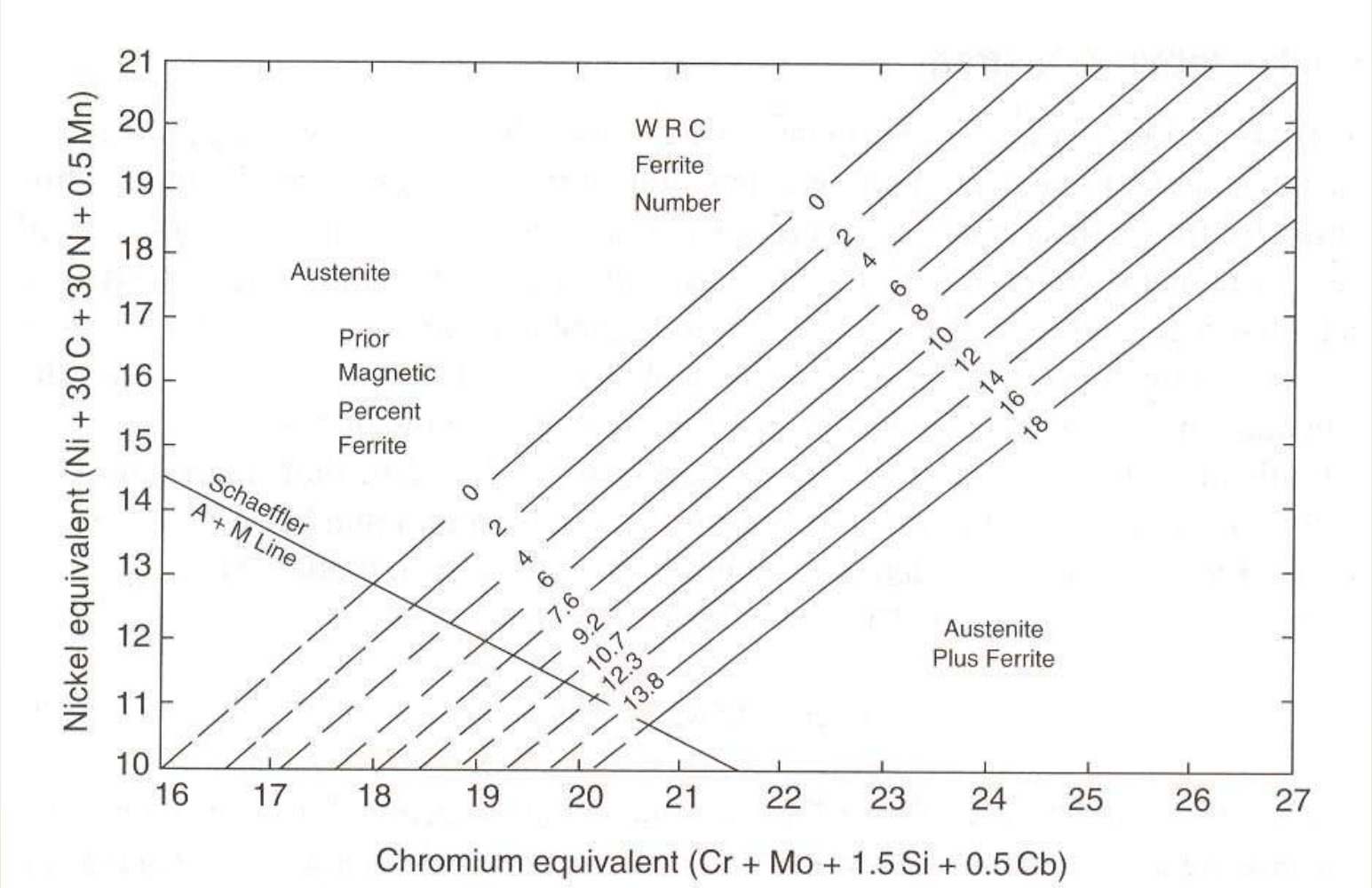
- محور عمودی معرف درصد نیکل معادل
- محور افقی معرف درصد کروم معادل

دیاگرام شفلر



دیاگرام دیلانگ

- دیلانگ اثر نیتروژن را بر ساختار میکروسکپی منطقه جوش فولادهای زنگ نزن مورد مطالعه قرار داد.



با تشکر از توجه شما