به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

---

www.Iran-mavad.com

استحاله مارتنزیتی

علی فرزانه دخت نمینی

حسین هندویی

www.Iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

فهرست

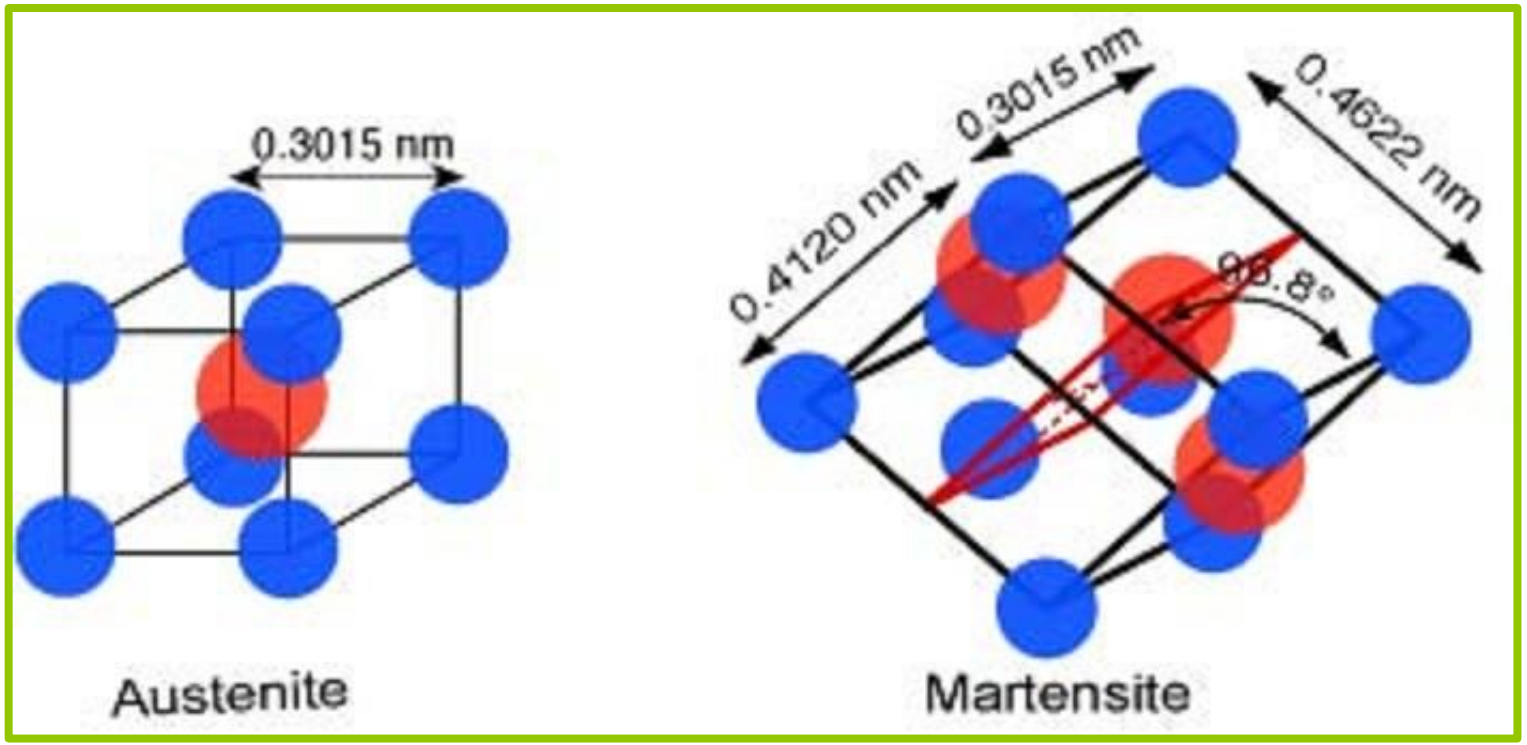
- مقدمه
- مارتنزیت و دگرگونی مارتنزیتی
- سینتیک تشکیل مارتنزیت
- دمای شروع استحاله مارتنزیتی M_S و خاتمه استحاله مارتنزیتیM_F
- بلور شناسی دگرگونی مارتنزیتی
- اشکال مختلف مارتنزیت در فولادها
- نتیجه گیری
- منابع

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مقدمه

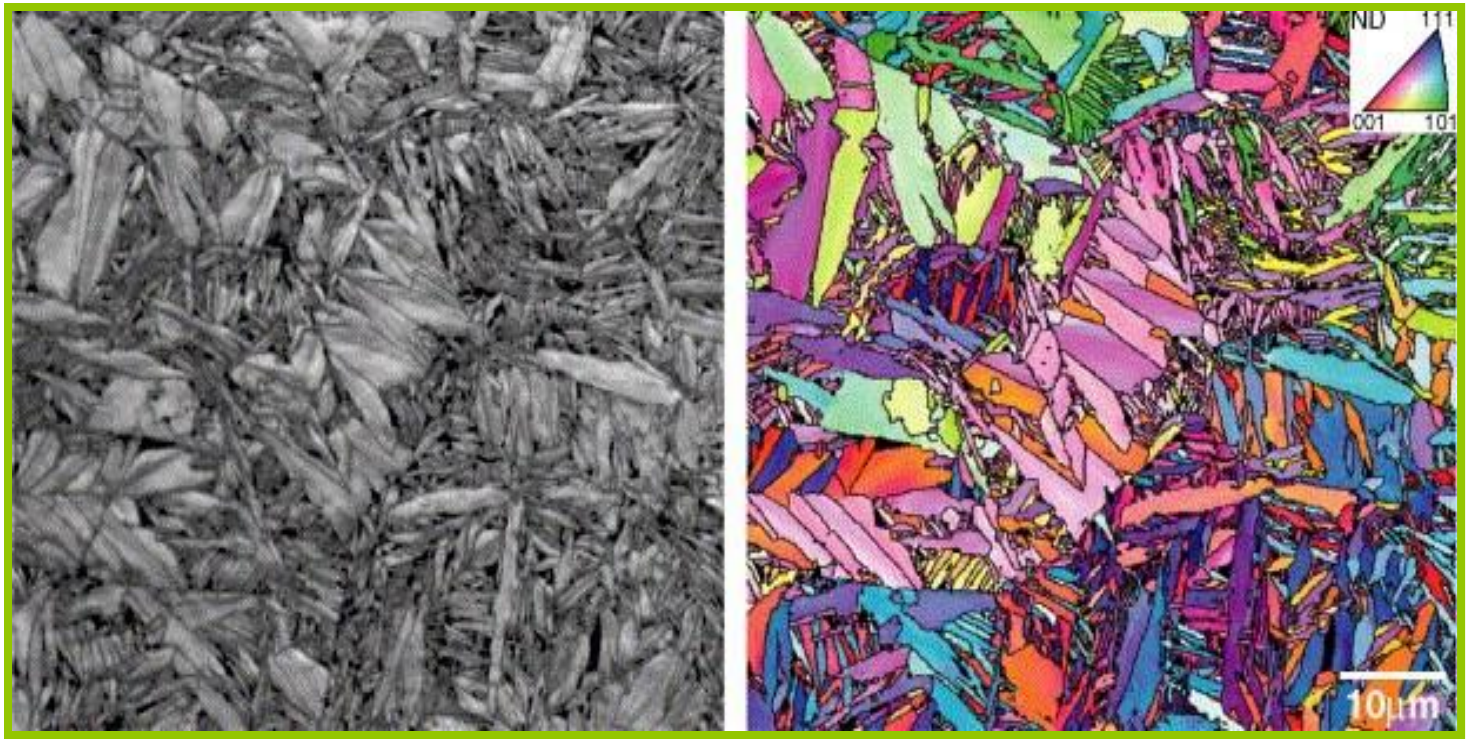
- دگرگونی مارتنزیتی در دمایی به مراتب پائینتراز دمای تشکیل پرلیت انجام می شود و نفوذ در آن نقشی ندارد.
- دگرگونی مارتنزیتی بدون نفوذ یا جابجایی انفرادی اتمها بوده و نیازی به فعالیت حرارتی ندارد.
- این دگرگونی از نوع برشی بوده و به کمک جابجایی گروهی اتمها انجام می شود.
- تشکیل مارتنزیت،مستلزم سریع سرد کردن است و دگرگونی نفوذی را شامل نمی شود.
- البته شرایط دقیق سرد کردن در یک فولاد مشخص،منجر به تشکیل مارتنزیت می شود که به درصد کربن، عناصر آلیاژی و اندازه دانه های آستنیت دارد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۱

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۲

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مارتنزیت و دگرگونی مارتنزیتی

- واژه مارتنزیت که برای مدتها فقط به ساختار سخت حاصل از سریع سرد کردن فولادهای کربنی اطلاق می شد و برای قدردانی از دانشمند معروف متالورژ آلمانی به نام مارتنز است.

- در آلیاژهای آهن – کربن و فولادها، مارتنزیت از سرد کردن سریع آستنیت بوجود می آید. از آنجایی که دگرگونی آستنیت به مارتنزیت بدون نفوذ انجام میشود، بستگی به ترکیب شیمیایی آلیاژ تا ۲٪ کربن، مارتنزیت دقیقاً همان ترکیب شیمیایی آستنیت اولیه را دارد.

- بر خلاف تشکیل پرلیت، اتمهای کربن بین دو فاز فریت و سمنتیت توزیع نخواهد شد، بلکه در فضاهای ۸ وجهی شبکه ی bcc محبوس شده و فاز جدید مارتنزیت را بوجود می آورد. با تشکیل مارتنزیت، کربن محلول در شبکه ی bcc به مقدار زیادی افزایش می یابد وافزایش درصد کربن محلول در شبکه جاهای خالی بیشتری از شبکه توسط کربن اشغال می شود، در نتیجه شبکه ی بلوری از bcc به bct میل می کند.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مارتنزیت و دگرگونی مارتنزیتی – ادامه

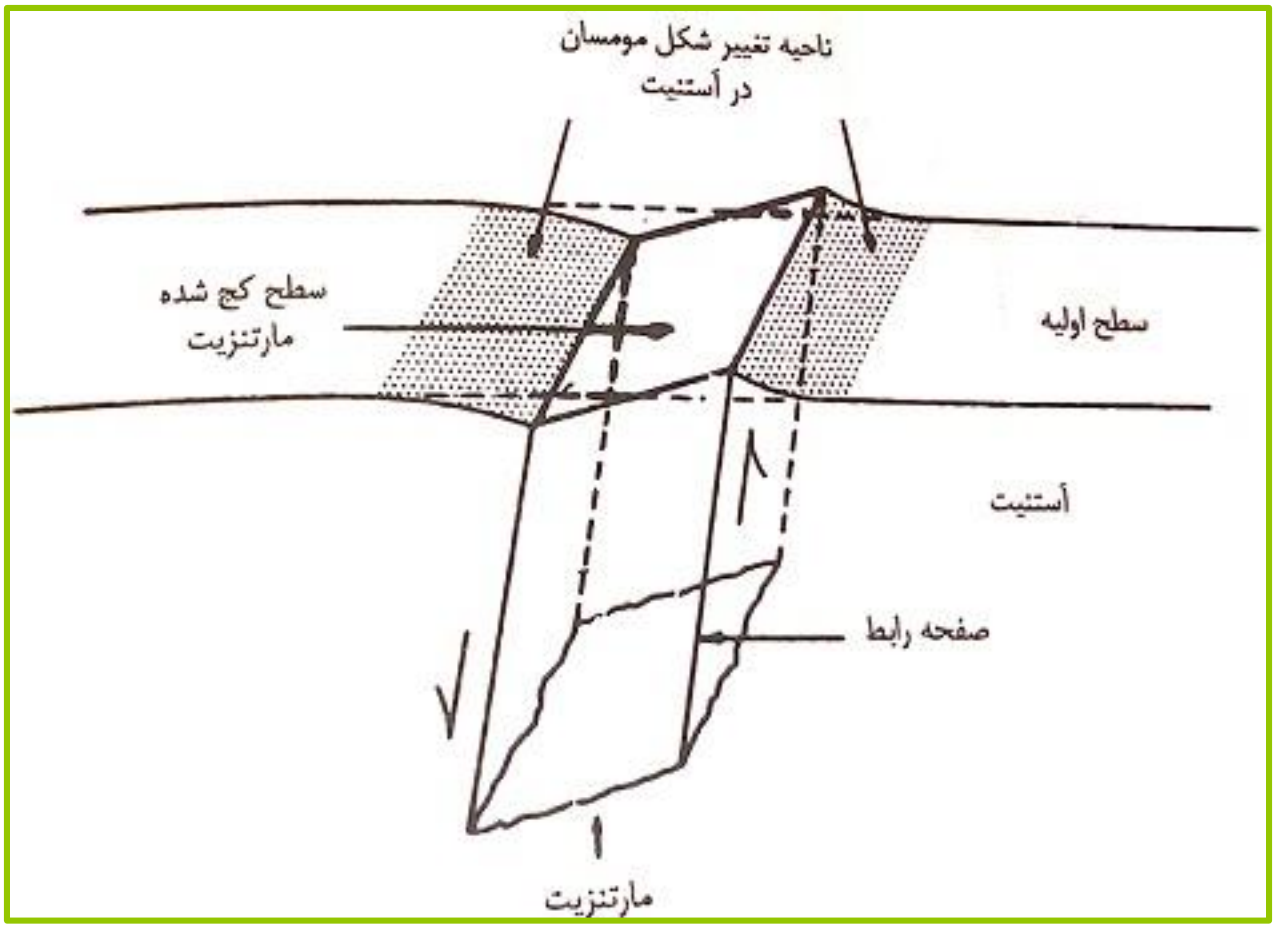
- از آنجاییکه در تشکیل مارتنزیت نفوذ نقشی ندارد، مارتنزیت فازی ناپایدار است. اگر مارتنزیت تا دمایی حرارت داده شود که اتمهای کربن قدرت تحرک کافی جهت نفوذ پیدا کنند، از فضاهای خالی ۸ وجهی خارج شده و تشکیل سمنتیت می دهد. در نتیجه شبکه بلوری مارتنزیت از حالت مکعب مستطیلی خارج شده و فازهای تعادلی موجود در نمودار تعادلی آهن-کربن یعنی سمنتیت و فریت بوجود می آید (تمپر کردن).

- همانطور که در شکل ۱ نشان می دهد، تشکیل مارتنزیت همواره همراه با مقدار قابل ملاحظه ای تغییر شکل مومسان در فاز آستنیت مادر است. تنش یا نیروی عکس العمل حاصل از تغییر شکل مومسان آستنیت بر روی بلور مارتنزیت، رشد بلور مارتنزیتی را محدود کرده و ادامه ی دگرگونی فقط با جوانه زنی بلورهای جدید مارتنزیت امکان پذیر است.

- صفحاتی از بلورهای آستنیت که بلورهای مارتنزیتی ترجیحاً بر روی آنها تشکیل می شود به صفحات رابط موسومند.

- اگر فاز آستنیت نتواند تغییر شکلهای مومسان حاصل از برشهای مارتنزیت را تحمل کند در فصل مشترک مارتنزیت - آستنیت مادر جدایش یا ترک خوردگی ایجاد می گردد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۳: شمایی از برش و کج شدن سطح، ناشی از تشکیل یک تیغه مارتنزیت

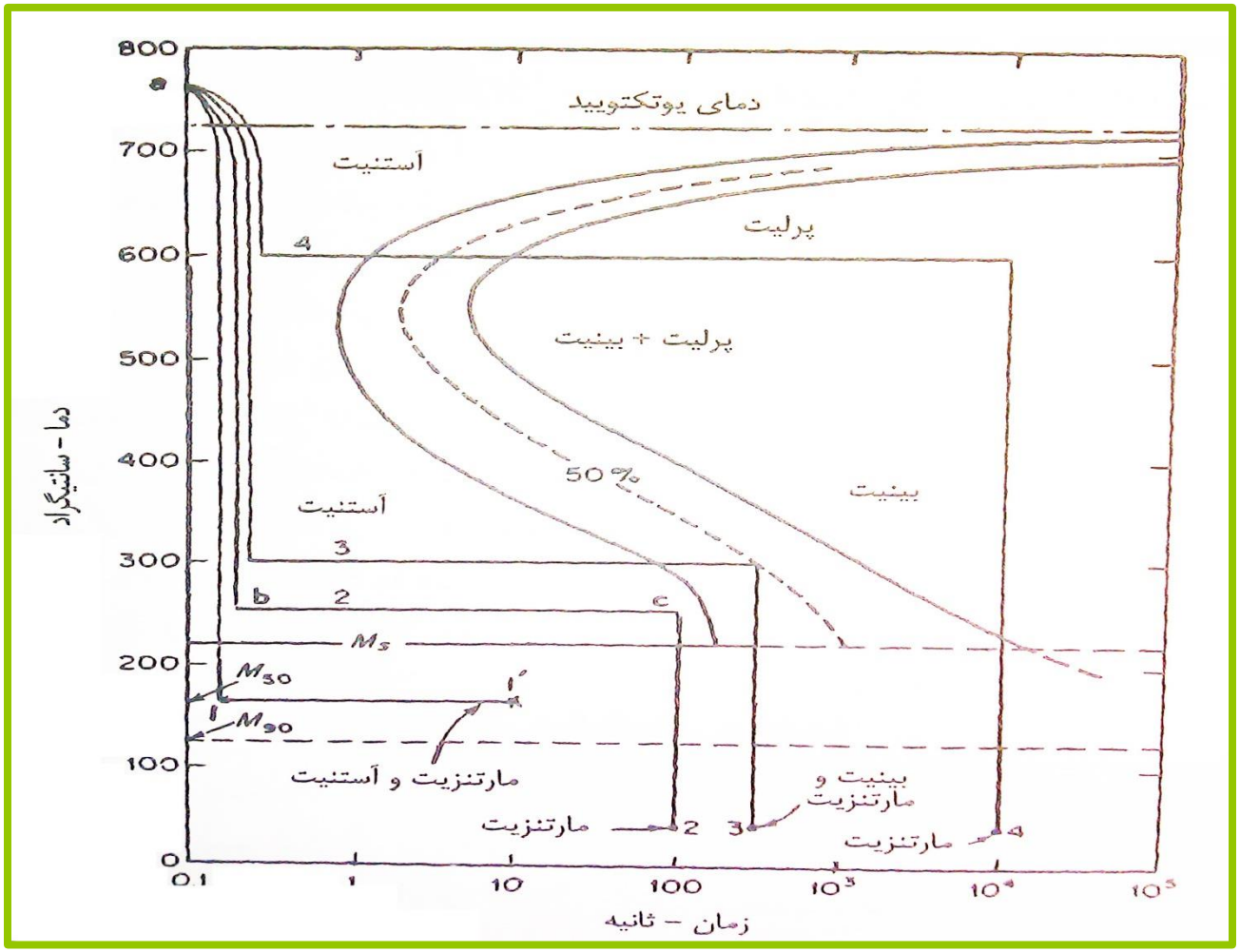
www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

سینتیک تشکیل مارتنزیت

- در بیشتر فولادها تشکیل مارتنزیت از آستنیت در ضمن کاهش دما به طورپیوسته انجام می شود. این نوع دگرگونیها که احتیاج به فعالیت حرارتی و جابجایی انفرادی اتمها ندارد به دگرگونی اترمال موسومند.

- مثال: اگر آستنیت در دمای ثابت در زیر خط A1 نگهداری شود، پرلیت بطور پیوسته و به صورت تابعی از زمان تشکیل می شود، از طرف دیگر در صد مارتنزیت تشکیل شده تابعی از مقدار تحت تبرید آستنیت نسبت به خط A1 است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۴: مسیرهای اختیاری بر روی نمودار دگرگونی همدما

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

دمای شروع استحاله مارتنزیتی M_S و خاتمه استحاله مارتنزیتی M_F

- دمایی که در یک آلیاژ، دگرگونی آستنیت به مارتنزیت شروع می شود را دمای شروع مارتنزیت نامیده و آنرا با M_S نشان می دهند. در حقیقت M_S، منعکس کننده مقدار نیروی محرکه ترمودینامیکی لازم برای شروع دگرگونی برشی آستنیت به مارتنزیت است.
- کربن موجود به صورت محلول جامد استحکام یا مقاومت برشی آستنیت را افزایش داده و با افزایش کربن نیروی محرکه بیشتری جهت لغزش برای تشکیل مارتنزیت لازم است این نیروی محرکه بیشتر ، با سرد کردن فولادها تا دمای پایینتر و یا بعبارت دیگر تحت تبرید بیشتر (M_S کمتر) بدست می آید.
- دمای پایان تشکیل مارتنزیت M_F است که تابعی از درصد کربن آلیاژ است.
- عناصر آلیاژی بر روی دمای M_S فولادها اثر می گذارد. بطور کلی تمام عناصر آلیاژی بجز کبالت ، دمای M_S را کاهش می دهند.
- با داشتن M_S یک فولاد، مقدار مارتنزیت تشکیل شده در دگرگونی اترمال که فقط تابعی از میزان تحت تبرید در زیر دمای M_S است را می توان مشخص کرد.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

$$f = 1 - 6.96 \times 10^{-15}(455 - \Delta T)^{5.32}$$

✓ برای فولادهای کربنی ساده با ۱.۱ درصد کربن

$$f = 1 - \exp[-(1.1 \times 10^{-2}\Delta T)]$$

✓ برای آلیاژهای آهن-کربن شامل ۰.۳۷ تا ۱.۱ درصد کربن

- F= تابع حجمی مارتنزیت
- ΔT = مقدار تحت تبرید

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

بلور شناسی دگرگونی مارتنزیتی

- مکانیزم برشی دگرگونی مارتنزیت مستلزم ارتباط تنگاتنگ و خوب بلوری بین فاز آستنیت مادر و فازهای محصول است. در آلیاژهای آهنی، دو پارامتر مهم این ارتباط بلوری متقابل بین آستنیت و مارتنزیت را بیان می کند:

1. ارتباط بین جهتها در شبکه های بلوری آستنیت مادر و محصول مارتنزیت
2. صفحه رابط

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

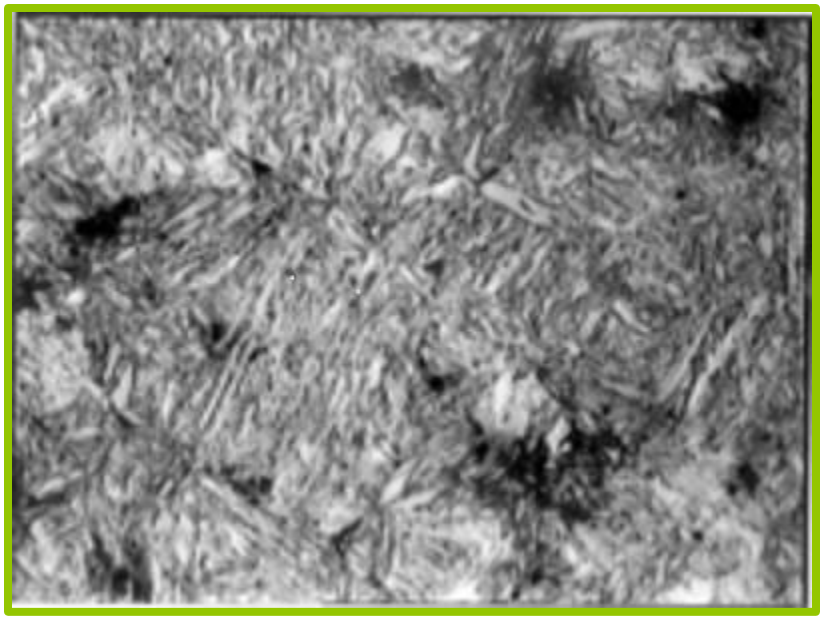
اشکال مختلف مارتنزیت در فولادها

1. مارتنزیت بشقابی
2. مارتنزیت لایه ای
3. مارتنزیت مختلط (ترکیبی از مارتنزیت بشقابی و لایه ای)

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مارتنزیت بشقابی

- مارتنزیت بشقابی شکل در فولادهای پر کربن (بیش از ۱٪) و همچنین آلیاژهای آهنی (به عنوان مثال،Fe-%33.5Ni) بوجود می آید. میکروساختار یاد شده از تیغه های درشت و سوزنی شکل مارتنزیتی که توسط مقدار زیادی آستنیت باقیمانده احاطه شده است.

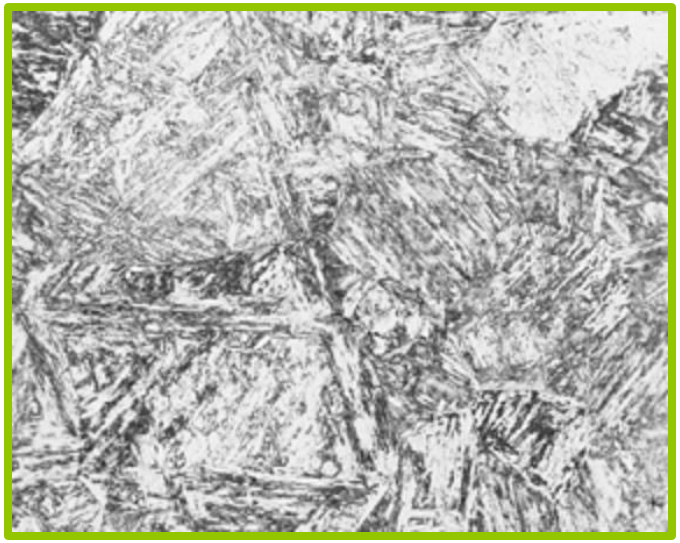


شکل ۵: مارتنزیت بشقابی، آلیاژ Fe-%1.22C

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مارتنزیت لایه ای

- یکی از مشخصه های مهم میکروساختار مارتنزیت لایه ای شکل، موازی قرار گرفتن تعداد زیادی لایه مارتنزیتی در نواحی وسیعی از دانه های آستنیت اولیه است (درصد کربن زیر ۰.۶٪).



شکل ۶:مارتنزیت لایه ای، Fe-%0.6C

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

مارتنزیت مختلط

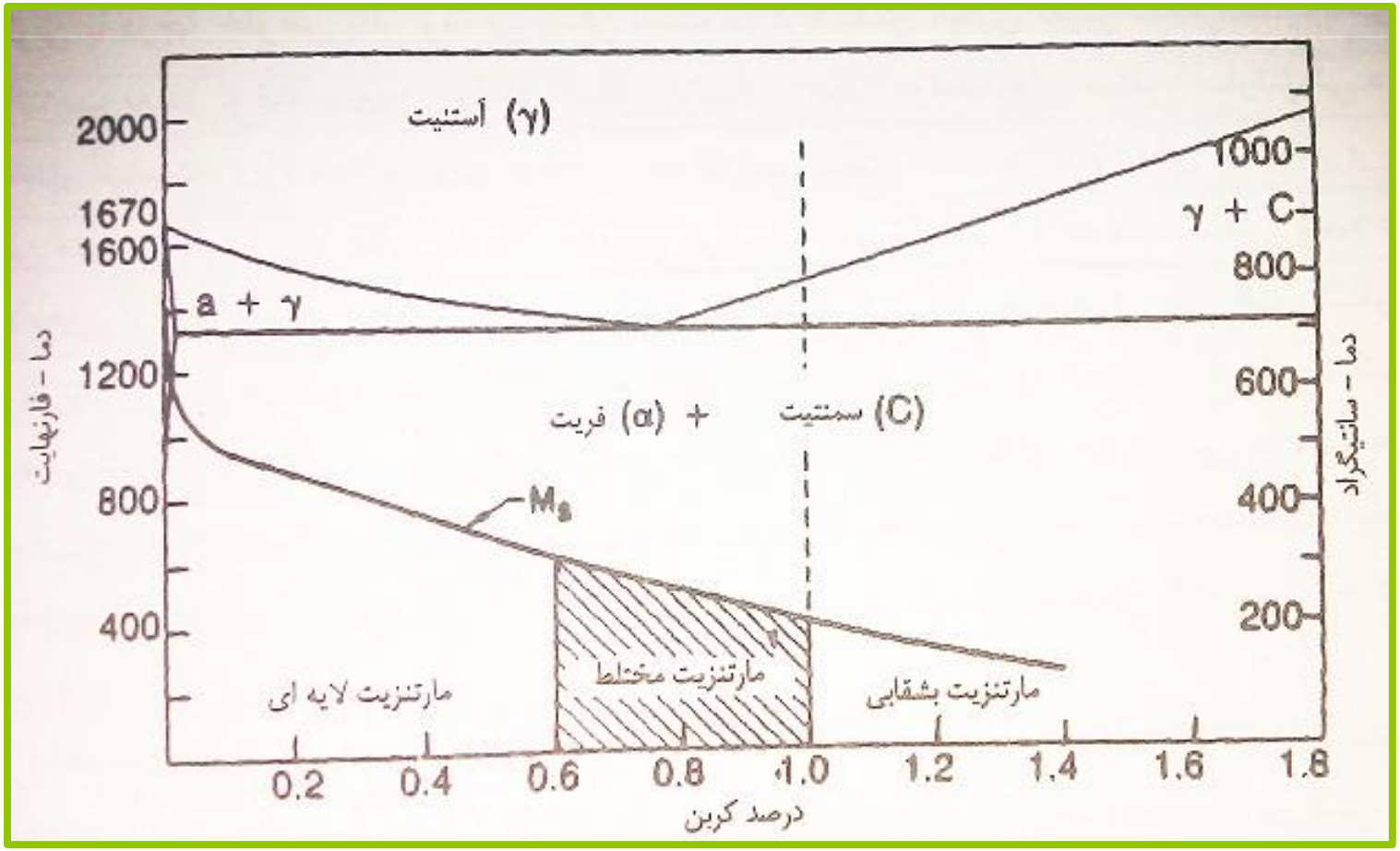
- در آلیاژهای آهن – کربن با ۰.۶ تا ۱ درصد کربن، هر دو نوع مارتنزیت لایه ای و بشقابی در جوار یکدیگر بوجود می آیند. در گستره فوق، با افزایش درصد کربن احتمال تشکیل مارتنزیت بشقابی افزایش می یابد.

- پارامتر تعیین کننده نوع مارتنزیت دمای تشکیل آن است، بدین صورت که اگر دمای Ms زیر یک دمای بحرانی باشد، مارتنزیت حاصل عمدتاً از نوع بشقابی است، در غیر اینصورت مارتنزیت لایه ای تشکیل می شود.

- از آنجاییکه دمای Ms یک فولاد توسط درصد کربن آن کنترل می شود، بنابراین نوع مارتنزیت نیز توسط درصد کربن مشخص می شود.

- مثال: بر اساس درصد کربن فولاد (از ۰.۶ تا ۱ درصد) یک گستره دمایی برای تشکیل مارتنزیت مختلط وجود دارد. برای فولادهای کربنی ساده گستره دمایی فوق تقریباً بین ۲۰۰ تا ۳۲۰ درجه سانتی گراد است.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد



شکل ۷: گستره تشکیل مارتنزیت لایه ای و بشقابی در آلیاژهای آهن – کربن

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

نتیجه گیری

- همانطور که بیان شد، مارتنزیت میکروساختاری سخت و ترد است.
- استحاله مارتنزیتی تابع دما می باشد.
- استحاله مارتنزیتی تابع زمان نمی باشد و در کسری از ثانیه انجام می گردد.
- دگرگونی مارتنزیتی بدون نفوذ یا جابجایی اتمها بوده و به کمک جابجایی گروهی اتمها انجام می شود.

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

منابع

1. اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها، دکتر محمد علی گلعذار، دانشگاه صنعتی اصفهان، زمستان ۱۳۸۷

2. استحاله فازها در فلزات و آلیاژها، دی. ای. پورتر، کی. ای. ایسترلینگ، مرکز نشر دانشگاه تهران، ۱۳۷۹

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد

با تشکر از توجه شما

www.Iran-mavad.com
مرجع دانشجویان و مهندسین مواد