به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com

بررسی فولاد MO40

IRAN-MAVAD
ایران مواد
Iran-mavad.com

فهرست مطالب

- مشخصات فولاد **MO40**
- نامگذاری در دیگر استانداردها
- تاثیر عناصر آلیاژی در فولاد
- تاثیر عناصر آلیاژی بر دیاگرام آهن – کربن
- تاثیر توام عناصر در فولاد **MO40**
- خواص و کاربردهای فولاد **MO40**
- بررسی ریز ساختار های و خواص حاصل از عملیات حرارتی فولاد **MO40**
- تهیه ذوب

حدود ترکیب شیمیایی فولاد MO40

(فولادهای کرم–مولیبدن دار)

%C	%Si	%S	%P	%Mn	%Cr	%Mo	Material
0.38-0.45	0-0.6	0-0.015	0-0.02	0.6-1	0.8-1.2	0.2-0.3	Percent

- ✓ در بعضی مواقع برای **حذف تردی حاصل از کرم** از حدود **0.2 درصد نیکل** استفاده می شود.
- ✓ این فولاد در گروه **فولادهای قابل عملیات حرارتی (آلیاژهای با کیفیت بالا)** قرار دارد .

نامگذاری بر اساس استانداردهای مختلف

نام استاندارد	مشخصه فولاد
مارک فولاد آلیاژی اصفهان *IASC MARK*	***IASC*** **7225**
آلمان *DIN*	**1.7225**
زارشتال(روشلیتینگ) SARSTAHL ROCHLING	**MO40**
بریتانیا *B.S.*	**708*M*40**
سوئد *SWEDEN*	**42*CrMo*4**
آمریکا *SAE/ASTM A.I.S.I.*	**4140*(SAE)***

✓فولاد چیست ؟

فولادها گروهی از آلیاژهای آهن-کربن هستند که در آنها میزان کربن بسیار کمتر از چدن می باشد. در فولادها عناصری مانند سیلیسیم و منگنز در مقادیر کم و عناصر فسفر و گوگرد به عنوان ناخالصی حضور دارند. فولادها بدون تحول یوتکتیک منجمد می گردند و میزان کزبن معادل آنها کمتر از ۲ درصد می باشد.

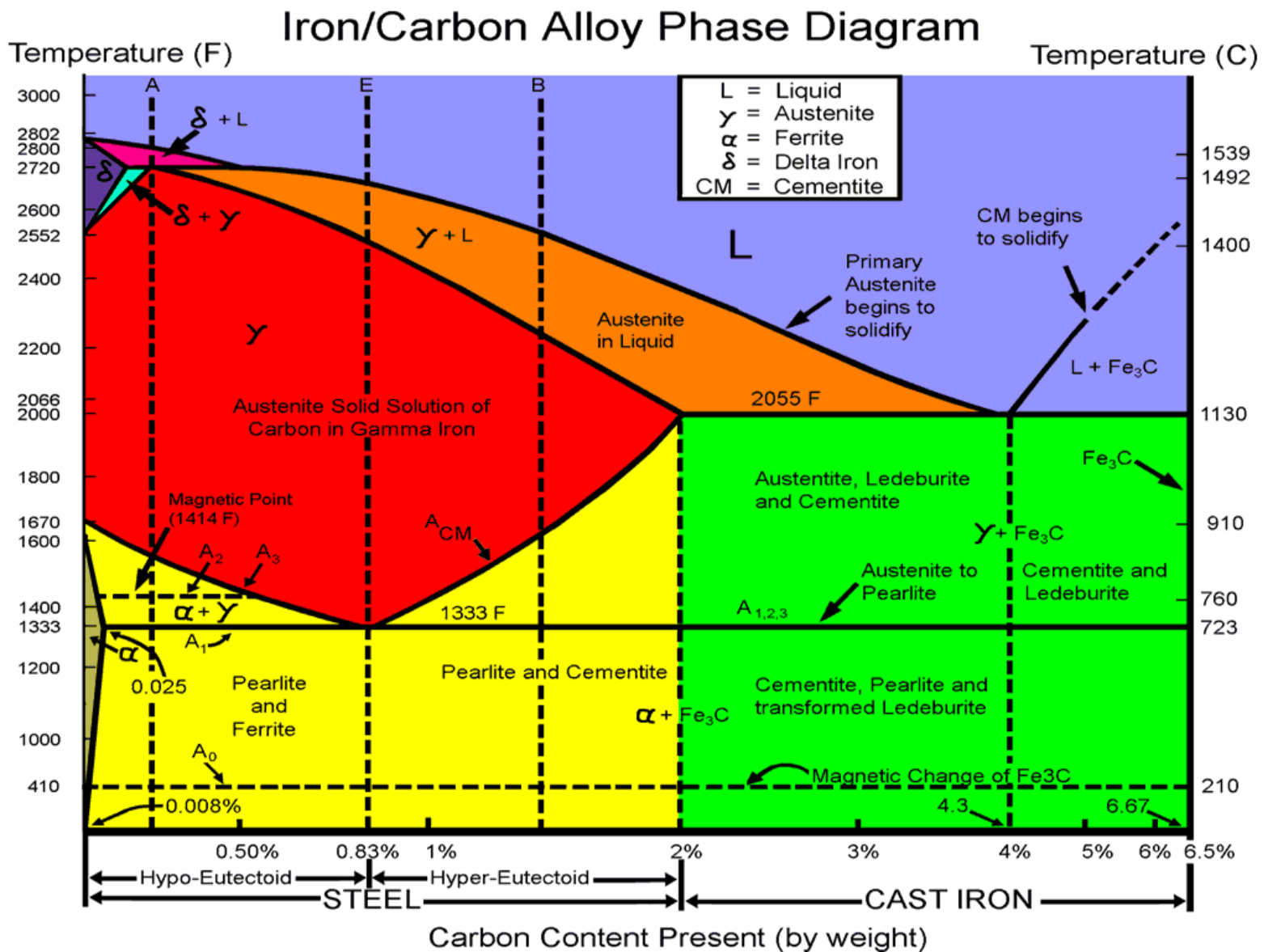
تاثیر عناصر آلیاژی

عناصر آلیاژی افزوده شده به فولاد ممکن است به یکی از طرق زیر ترکیب شوند :

- ✓ با فریت یک محلول جامد تشکیل دهد .
- ✓ با کربن ترکیب شود و تشکیل کاربید دهد .
- ✓ با تشکیل اکسیدها ، فولاد را اکسیژن زدایی کند .
- ✓ در فولاد بصورت ترکیب نشده باقی بماند .

آلومینیم ، سیلیسیم ، نیکل و مس بصورت محلولهای جامد وجود دارند . **کرم ، مولیبدن و تنگستن** بیشتر در فاز کاربید هستند و کمتر در فریت حل میشوند . **منگنز** عنصری است که تمایل ضعیفی برای تشکیل کاربید دارد . منگنز در حضور عناصری که میل ترکیبی بیشتری نسبت به کربن دارند (مثل کرم) بیشتر در فریت حل میشود . **وانادیم ، تیتانیم ، نیوبیم و زیرکونیم** بیشتر در فاز کاربید وجود دارند.

تأثیر عناصر آلیاژی روی دیاگرام Fe-C



- **عناصر آلیاژی را می توان بواسطه تأثیرشان بر شکل های مناطق مختلف فازهای موجود به دو دسته تقسیم نمود .**

1. عناصر گروه اول شامل نیکل و منگنز هستند که موجب پایداری آستنیت می شوند و دماهای بحرانی Ac3، Ac1و را کاهش می دهند ، این عناصر با کاهش دمای تحول یوتکتوئید ، موجب وسیع شدن محدوده فاز آستنیت میگردند .

2. عناصر گروه دوم شامل عناصر آلیاژی پایدار کننده فاز فریت هستند . در این گروه عناصری مثل عناصر تشکیل دهنده کاربید از جمله تنگستن ، مولیبدن ، تیتانیم و کرم حضور دارند که موجب پایداری فریت می شوند و دماهای دگرگونی یوتکتوئید را افزایش می دهند .

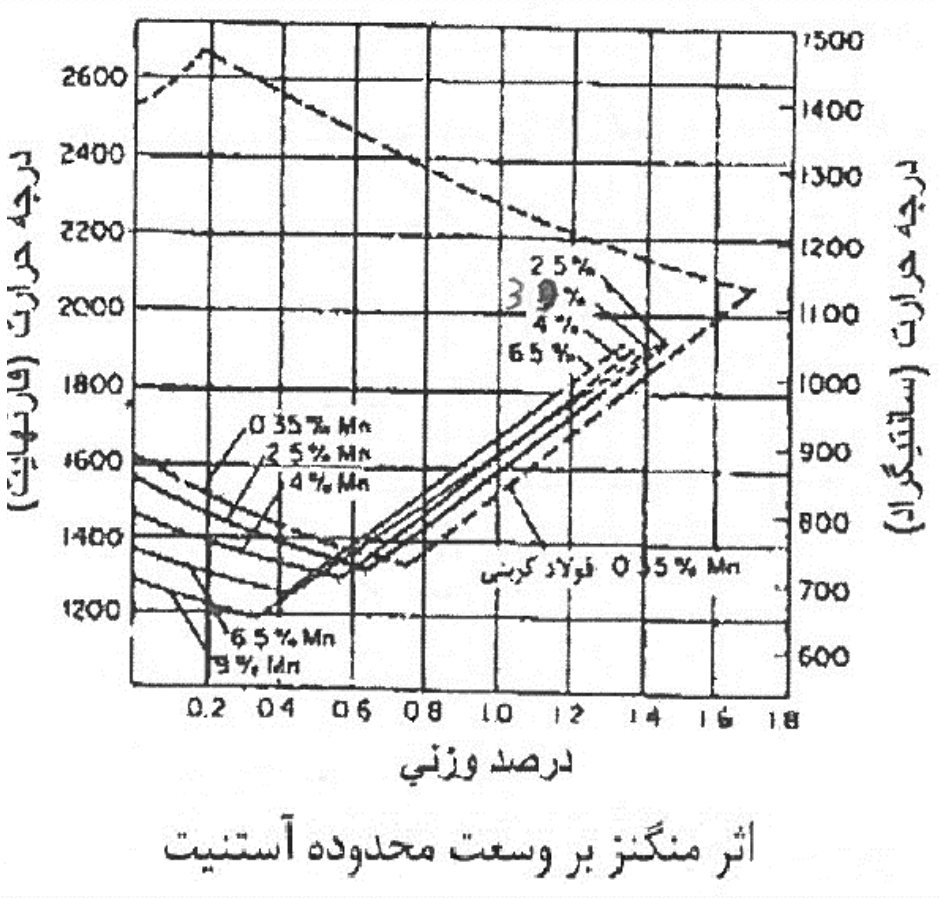
✓ دسته بندی تاثیر عناصر آلیاژی نسبت به شبکه کریستالی آنها

1. عناصری که دارای شبکه کریستالی شبیه به شبکه کریستالی آستنیت هستند ، با آنکه شعاع اتمی کوچکی دارند ، منطقه این فاز را در دیاگرام فازی Fe-C وسیعتر می کنند .

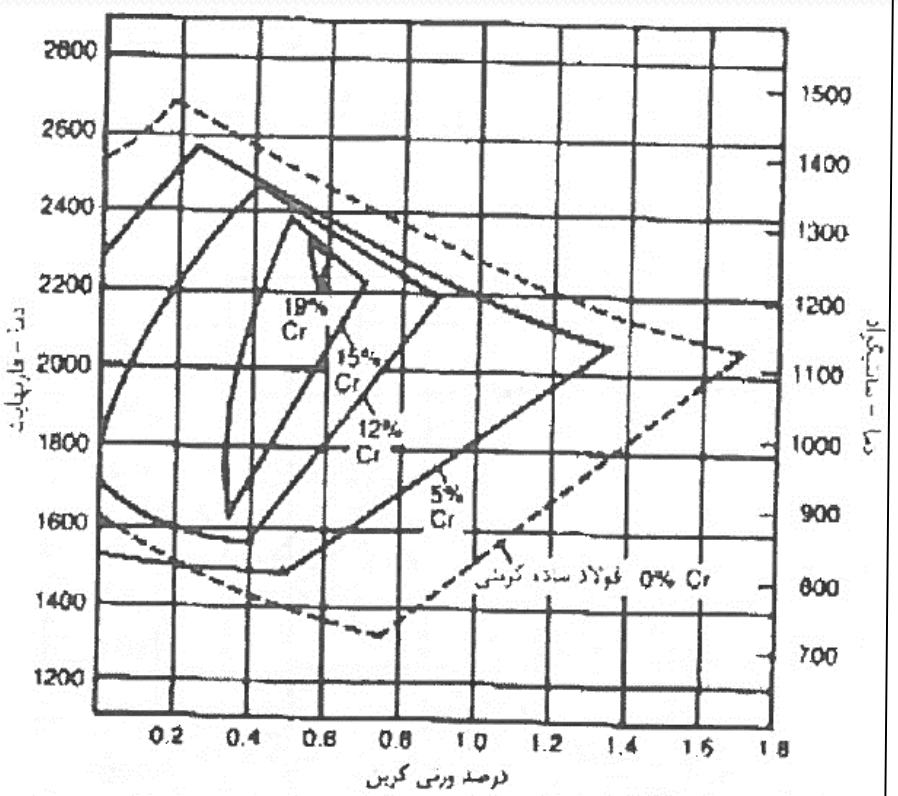
2. عناصری که دارای شبکه کریستالی شبیه به شبکه کریستالی فریت هستند ، منطقه فازی فریت را در دیاگرام فازی Fe-C وسیع می نمایند .

نکته : تمامی عناصر آلیاژی که بصورت **جانشینی** در فولادها حل می شوند مانند **نیکل** ، **منگنز** ، **تنگستن** ، **تیتانیم و کرم** ، درصد **کربن یوتکتوئید را می کاهند** .

تأثیر عناصر آلیاژی بر حداکثر قابلیت انحلال کربن در آستنیت



اثر منگنز بر وسعت محدوده آستنیت

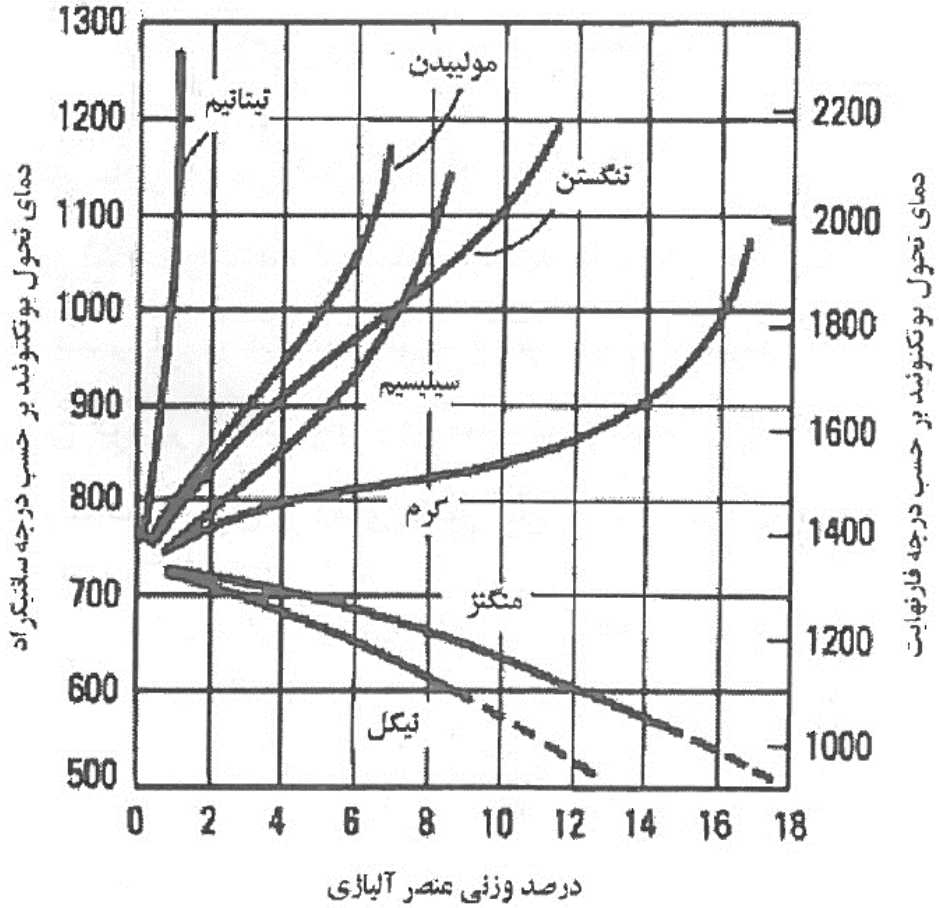


تأثیر درصد کرم بر وسعت محدوده آستنیت

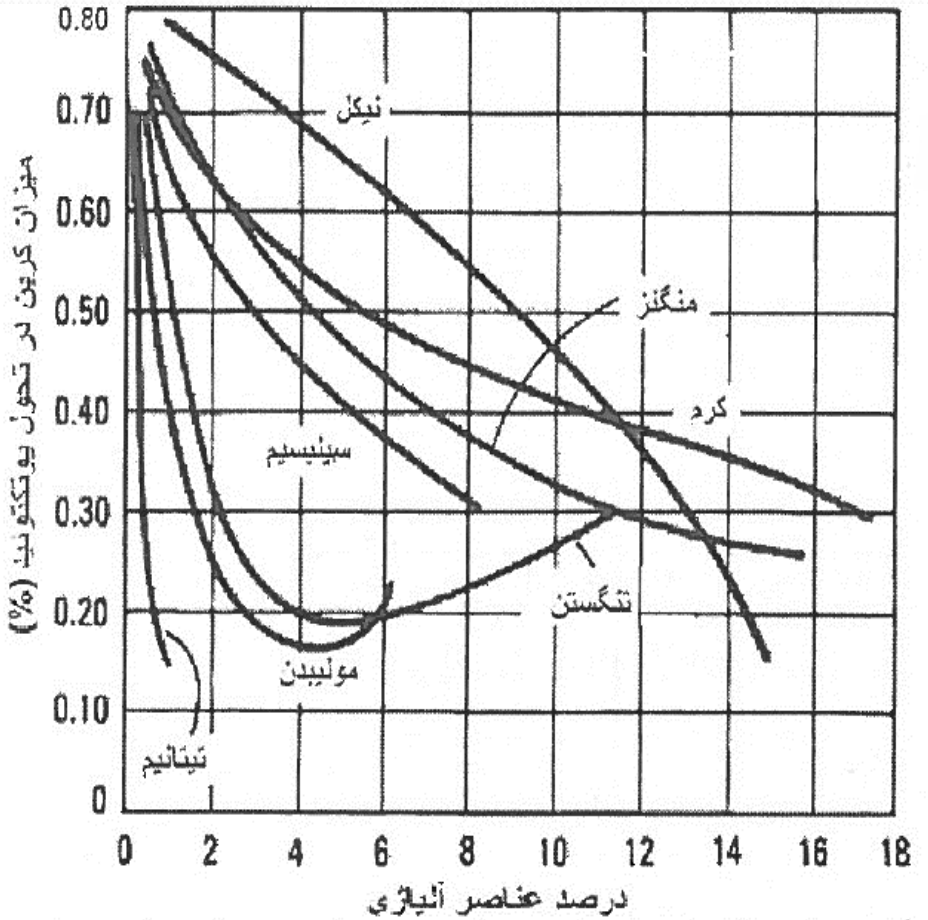
اثر منگنز

اثر کرم

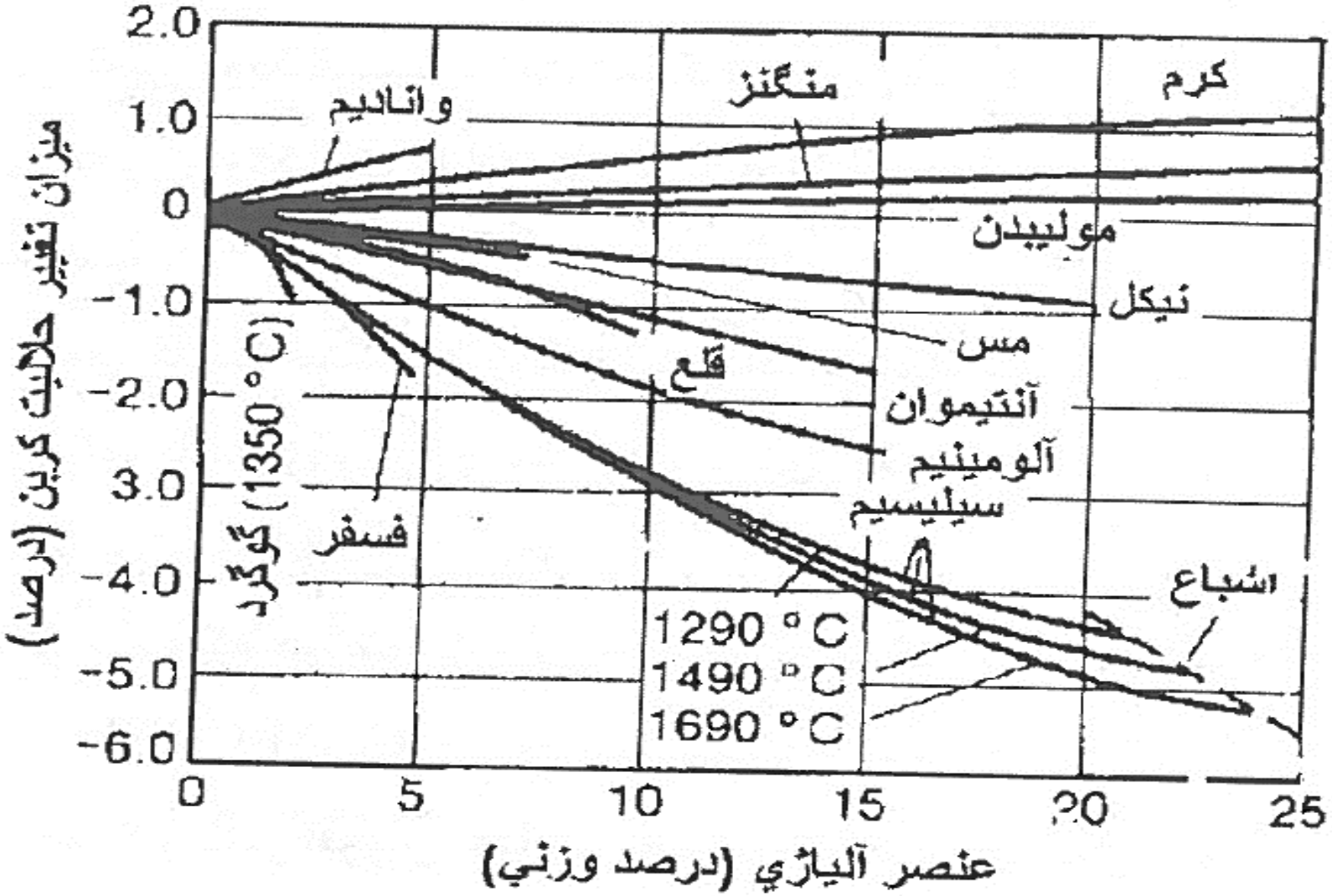
تاثیر عناصر آلیاژی بر دمای و کربن دگرگونی یوتکتوئید



تأثیر عناصر آلیاژی جانشینی بر دمای دگرگونی یوتکتوئید در فولادها



تأثیر عناصر آلیاژی جانشینی بر روی درصد کربن نقطه یوتکتوئید



تأثیر عنصر سوم (X) بر حلالیت کربن در اهن مذاب

تأثیر عناصر آلیاژی بر روی خواص فولاد

✓ کرم(CHROMIUM)

حضور این عنصر در فولادها موجب افزایش قابلیت سختی پذیری و پایداری فولادها در درجه حرارت های بالا می شود . که کاربرد فولادهای کرم دار را در ساخت قطعات مقاوم به حرارت و گرم کار افزایش می دهد.

استفاده از کرم در مقادیر بالا موجب بهبود مقاومت به خوردگی و اکسایش می شود . استحکام فولادهای کرم دار بالاست ولی مقاومت به ضربه ، انعطاف پذیری و خواص جوشکاری آن ها تا حدودی پایین است . کرم سختی و مقاومت به سایش فولادها را با تشکیل کاربید بواسطه حضور کربن افزایش می دهد .استحکام کششی و تسلیم فولادها با افزایش کرم ، کاربد وسیع آن در ساخت قطعات صنعتی می شود .

✓سیلیسیم(SILICON)

معمولا در آهن خام مقادیری سیلیسیم یافت می شود و در برخی مواقع از جداره های نسوز کوره در عملیات ذوب جذب مذاب می گردد . به همین جهت در تمام فولادها حضور دارد ، این عنصر یکی از عناصر اکسیژن زدا در فولادها می باشد . برای افزودن سیلیسیم به مذاب معمولا از آمیژان آن استفاده می شود . در فولادها مقاومت به پوسته شدن در درجه حرارت های بالا را افزایش می دهد .

سیلیسیم مقاومت در برابر اکسایش را افزایش می دهد و موجب افزایش استحکام فولادها می شود که در صورت حضور آن تا 14 درصد در ترکیب فولاد ، قابلیت آهنگری فولاد بشدت کاهش می یابد . این عنصر در افزایش سختی پذیری فولادهای دارای عناصر گرافیت زا مؤثر است .

✓مولیبدن(MOLYBDENUM)

این عنصر موجب افزایش سختی پذیری و عمق سختی فولادها می شود . مولیبدن در بهبود خواص جوشکاری فولادها مؤثر است ولی در مقادیر بالا موجب کاهش خواص آهنگری می شود .

مولیبدن از عناصر کاربیدزاست و با توجه به تولید کاربیدهای پایدار ، دمای درشت شدن دانه های آستنیت را افزایش می دهد و از رشد دانه ها جلوگیری می کند و موجب ریزدانگی می شود که در نتیجه چقرمگی فولاد را افزایش می دهد . این عنصر معمولاً در کنار عناصر دیگر مثل نیکل و کرم استفاده می گردد که موجب بهبود برخی از خواص از جمله افزایش استحکام کششی ، و عمق سختی می شود و در فولادهای ضد زنگ برای افزایش مقاومت به خوردگی استفاده می شود .

مولیبدن در افزایش استحکام کششی و خزش گرم و حفظ سختی در دمای بالا و مقاومت حرارتی فولادها تأثیر زیادی دارد و با تردی حرارتی مقابله می کند . از این عنصر در ساخت قطعات مقاوم به سایش نیز استفاده می شود.

✓منگنز(MANGANESE)

این عنصر یکی از عناصر اصلی در آلیاژهای آهنی است و در اکثر فولادها یافت می شود . منگنز یکی از اکسیژن زداهای مؤثر می باشد و سختی پذیری و عمق سختی را افزایش می دهد . این عنصر تردی و شکنندگی فولادها را در درجه حرارت های بالا که ناشی از اثر گوگرد است ، کاهش می دهد . منگنز در بهبود کیفیت سطحی فولادها مؤثر است و افزایش آن به فولادها موجب درشت شدن دانه های فولاد می شود که حضور آن در مقادیر خیلی بالا موجب شکنندگی فولاد می شود .

وجود منگنز در فولادها در افزایش استحکام فولاد تأثیر زیادی داشته ولی بر خواص الاستیسیته تأثیر خیلی کمی دارد و در بهبود خواص جوشکاری و آهنگیری مؤثر است .

منگنز در حضور کربن موجب افزایش مقاومت به سایش می شود . مقدار زیاد این عنصر باعث پایداری استنیت در دمای محیط می شود.

✓فسفر(PHOSPHOR)

این عنصر در فولادها تأثیرات مضری بر تافنس (چقرمگی) و انعطاف پذیری بر جای می گذارد و اگر میزان آن به بیش از 0.2 درصد برسد ، استحکام ضربه ای بشدت کاهش می یابد . میزان فسفر در فولادهای با کیفیت بالا ، حداکثر 0.03 تا 0.05 درصد است .

فسفر در شکنندگی و کاهش شکل پذیری فولادها تأثیر زیادی دارد که بواسطه افزایش کربن ، تشدید می گردد و بصورت فسفید آهن در مرز دانه ها رسوب می کند و موجب سردشکنی و کاهش شکل پذیری و استحکام ضربه ای می شود .

فسفر در فولادها علاوه بر اثرات مضر دارای فوائدی نیز می باشد . یکی از فوائد آن افزایش استحکام در حالت محلول جامد می باشد . همچنین قابلیت کشش عمیق و سختی پذیری را افزایش می دهد . فسفر همچنین برای بهبود خواص ماشینکاری و مقاومت به خوردگی در اتمسفر به فولادها اضافه می شود .

✓گوگرد(SULFUR)

این عنصر در فولادها بعنوان یک ناخالص محسوب می شود . گوگرد موجب تثبیت و پایداری سمنتیت می شود .این عنصر با آهن تشکیل ترکیب یوتکتیکی FeS می دهد . میزان گوگرد این ترکیب بالاست و وجود این ترکیب با نقطه ذوب پایین در مرز دانه ها موجب گسستگی دانه ها در حین عملیات حرارتی و نورد می شود و منجر به ایجاد ترک گرم و تردی شکنندگی فولادها می شود .

بطور کلی گوگرد در فولادها بعنوان عنصری مضر تلقی می گردد . ولی مقادیر کمی گوگرد در حدود 0.3 درصد در گروهی از فولادهای خوش تراش به منظور بهبود خواص تراشکاری و ماشینکاری مورد استفاده قرار می گیرد . گوگرد در این فولادها موجب ایجاد براده های ترد می شود و در نتیجه کیفیت سطوح ماشینکاری افزایش می یابد .

✓تاثیر توأم عناصر کرم و مولیبدن در فولاد MO40

با وجودی که حضور کرم بمیزان 1% موجب افزایش مقاومت به حرارت میگردد ولی فولادهایی که تنها عنصر آلیاژی آنها کرم میباشد ، کمتر مورد استفاده قرار میگیرند . با اضافه نمودن مولیبدن به فولادهای کرمی ، مقاومت به ضربه و خزش در دماهای یکسان ، نسبت به فولادهای کرمی ، افزایش یافته و مجموعه کرم ـ مولیبدن چقرمگی را نیز بخصوص در مورد قطعات ضخیم افزایش می دهند . اصولاً فولادهای کرم – مولیبدن دارای دو کاربرد اساسی مقاومت به حرارت تا دمای 500-600ºC با حفظ استحکام و مقاومت به سایش میباشند .

دو عنصر کرم و مولیبدن در فولادهای کم آلیاژ برای بالا بردن مقاومت این فولاد در مقابل پدیده خزش به کار می رود.

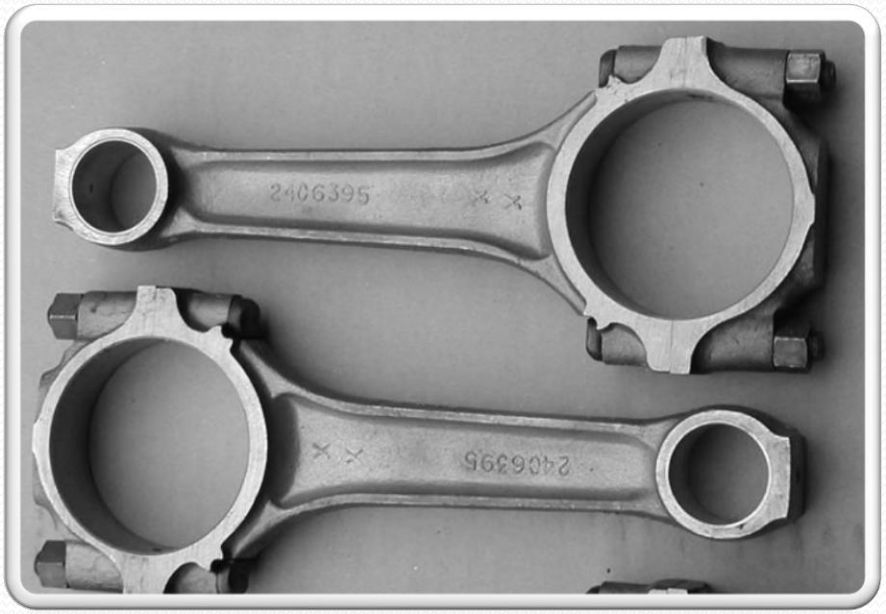
کاربردهای فولاد MO40

این نوع فولاد کاربردهای وسیعی دارد از جمله:

- ✓ غلتکهای صنایع سیمان
- ✓ غلتکهای صنایع فولاد
- ✓ شاتونها
- ✓ چرخ های دنده
- ✓ دارف پینیونها
- ✓ محورهای خودرو
- ✓ دنده فرمان
- ✓ پیچ های مقاوم
- ✓ میله های اتصال

- ✓ زره آسیابهای گلوله ای مواد خام
- ✓ دیافراگم آسیاب مواد خام
- ✓ چکش آسیاب کلینگر
- ✓ ظروف تحت فشار
- ✓ سازه هواپیما

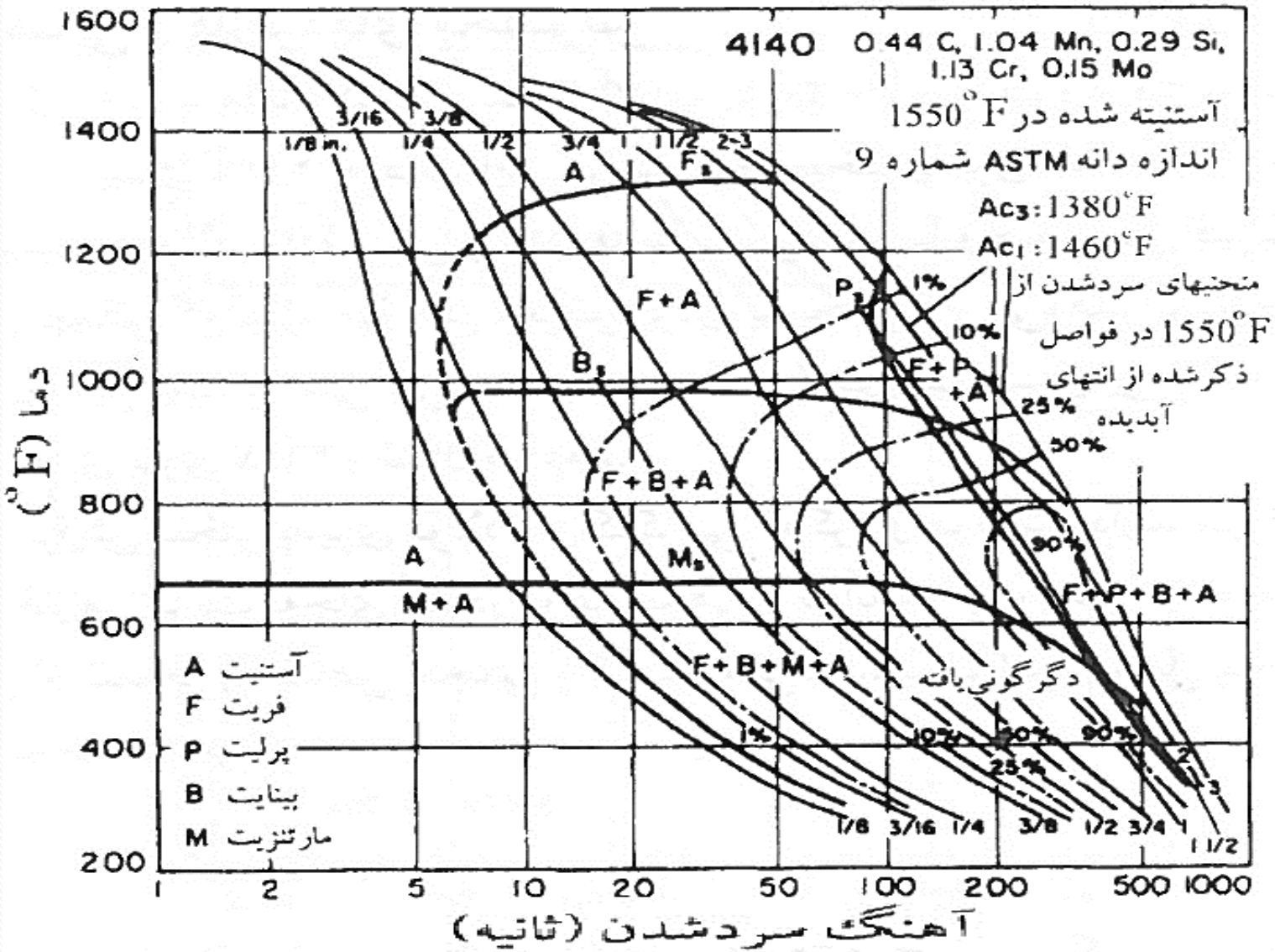
2003B


2406395
2406395

بررسی ریزساختار حاصل از عملیات حرارتی فولاد MO40

سینتیک دگرگونی در سرد کردن مداوم

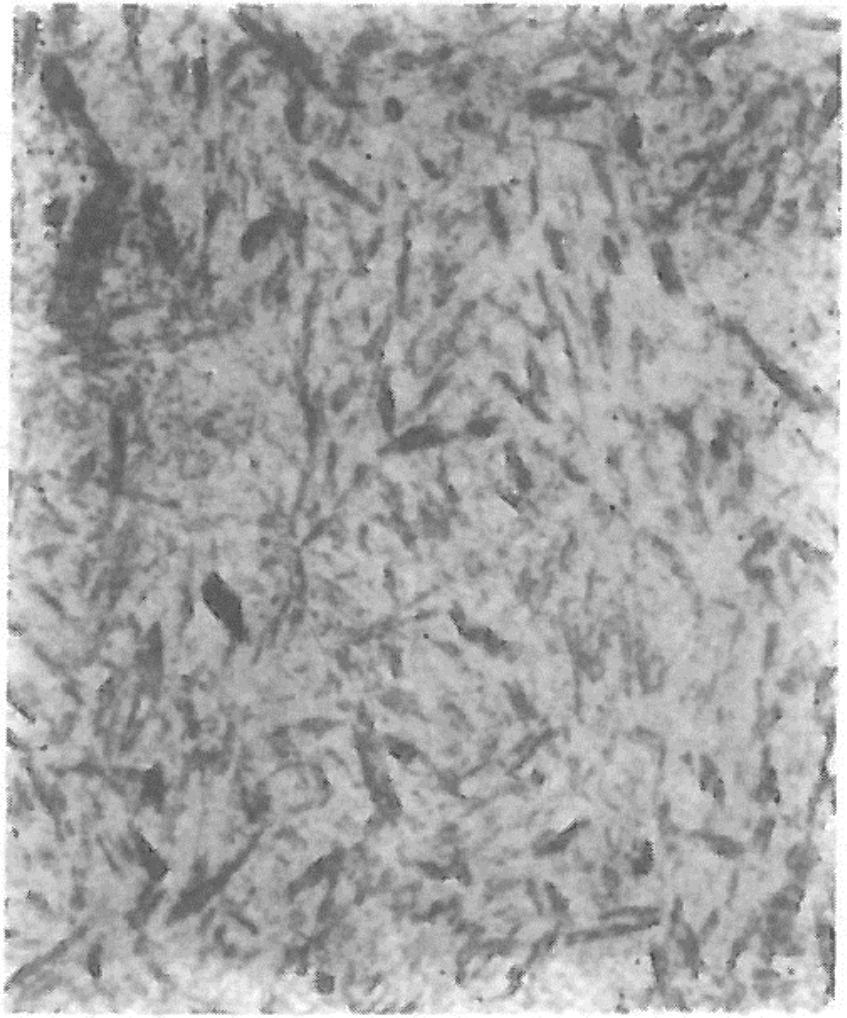
تأثیر مولیبدن در تغییر دگرگونی فازی فولادی که 0.4% کربن دارد با افزایش کرم تشدید می شود ، مخصوصاً وقتی که مقدار کرم بیش از 0.7% باشد . با افزایش کرم گستره دما و زمان دگرگونی آستنیت به مارتنزیت و آستنیت به بینایت عریضتر می شود و دمای Bsکاهش می یابد . همچنین سختی پذیری فولادهای آلیاژهای با افزودن کرم افزایش می یابد و تأخیر بیشتری در دگرگونی فریت به پرلیت در فولادهای آلیاژهای با افزودن کرم افزایش می یابد و تأخیر بیشتری در دگرگونی فریت به پرلیت در فولادهای آلیاژی کرم – مولیبدن دار به وجود می آید .



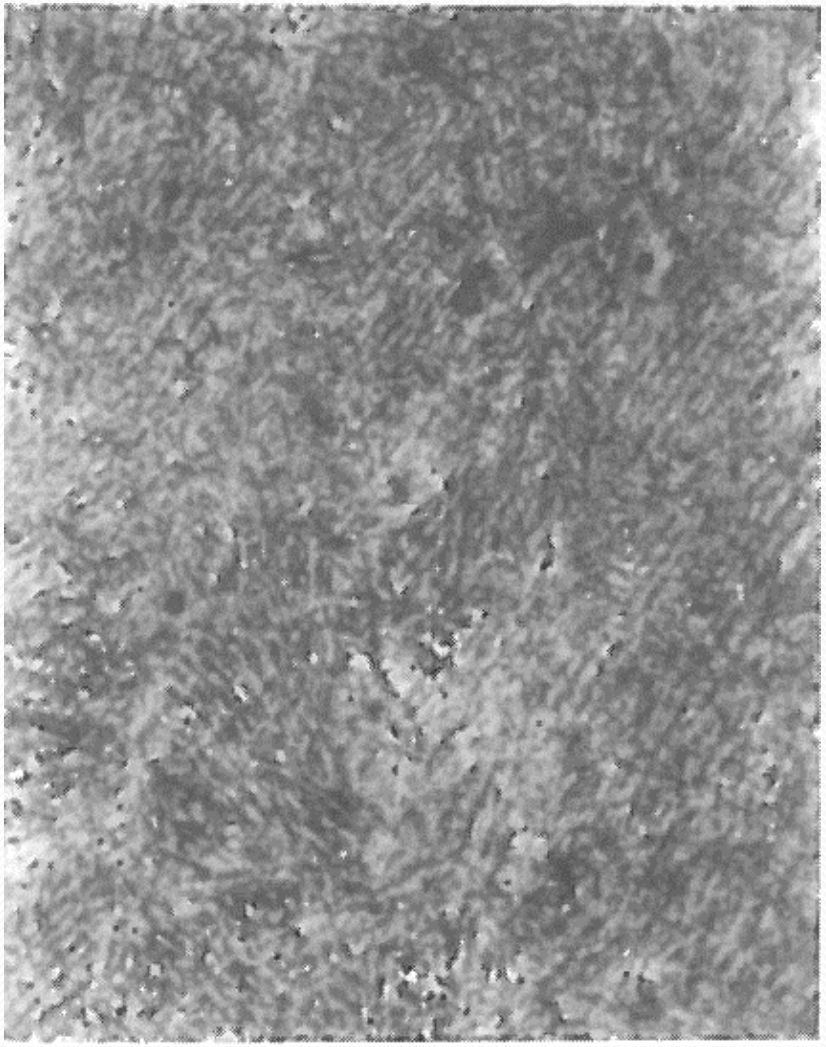
نمودار دگرگونی در سردشدن مداوم برای فولاد آلیاژی AISI ۴۱۴۰.

- ریزساختار فولاد 4140 پس از تابکاری کامل به مدت 24ساعت در 691ºC که از بلوکهای فریت و پرلیت ریز تا درشت تشکیل شده است.

- ریزساختار فولاد 4140 پس از آستنیتی کردن در 843ºC و آبدهی در روغن ، که ساختار مارتنزیتی تولید می شود .



- ریزساختار فولاد 4140 که پس از آستنیتی کردن در 843ºC و آبدهی در روغن ، آن را در 315ºC بازپخت کرده اند که ساختار مارتنزیتی بازپخت شده به دست می آمده است.



- تصویری از مارتنزیت تیغه ای در فولاد 4140

خواص مکانیکی فولاد MO40 در شرایط یکنواخت شده و تابکاری شده :

شماره AISI	عملیات	استحکام تسلیم Psi	استحکام کششی Psi	درصد ازدیاد طول	درصد کاهش سطح	سختی BHN	استحکام ضربه ft.lb(ایزود)
4140	یکنواخت شده (1600F)	95000	148000	17.7	46.8	302	16.7
	تابکاری شده (1500F)	60500	95000	25.7	56.9	197	40.2

خواص مکانیکی فولاد MO40 پس از آبدهی و بازپخت :

شماره AISI	دمای بازپخت F	استحکام تسلیم Psi	استحکام کششی Psi	درصد ازدیاد طول	درصد کاهش سطح	سختی BHN
4140	400	257000	238000	8	38	510
	600	225000	208000	9	43	445
	800	181000	165000	13	49	370
	1000	138000	121000	18	58	285
	1200	110000	95000	22	63	230

تهیه ذوب

- ذوب و تهیه این آلیاژ در کوره های قوس الکتریکی و هم در کوره های القایی صورت می گیرد . نکته قابل توجه در ذوب این فولادها سرباره گیری کامل آن است و بخاطر همین است که به آلیاژهای با کیفیت بالا معروف هستند.

منابع و مأخذ

- کتاب ساختار،خواص و کاربرد آلیاژهای مهندسی (ویلیام اسمیت) ترجمه دکتر اکرامی
- کتاب ریخته گری آلیاژهای آهنی (دکتر امیر عابدی)
- کتاب متالورژی کاربردی جلد ۱ (مرعش مرعشی)
- کتاب شناسایی،انتخاب و کاربرد مواد (حجت الله عالی)
- کتاب آلیاژسازی (دیویس) ترجمه امیررضا گردش زاده
- کتاب عناصر آلیاژی در فولاد (ادگارسی-هارولد) ترجمه دکتر اکرامی
- کتاب اصول و کاربرد عملیات حرارتی فولادها (دکتر گلعذار)
- کتاب کلید فولادها