# جزوه درسی

# نمودارتعادلی آهن -کربن

## ومعرفی فولاد ها و چدنها

## استاد :آقای مهندس امید حیدری

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# نمودار تعادلي آهن وكربن

1- يقذيّ:

2- ًرتاعادني آ ٍْ- كربٍ(Fe-C) :

3- سخت ارب ه وري واخص ی تآن ترو پی ک آ ٍْخان ص:

4- يكاسو ْ اىآن ی اژسازی:

5- اثر كر بٍ بر جاسای آ ٍْ:

6- ف از ْ اي حاص م از طاف كر دٌ كربٍ:

7- دي اْ يِ بحرا َي:

8- دستّ بُذي ف والد ْ اراس اش در صذ كربٍ:

9- س س اخت ارْ ای ي خت ه ف ف والد:

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

10- تو والتی اوتورسی ستی آ ٍ ْ کرب ٍ

11- والد ْا

12- اَواع والد ْا از قَ طّ َظردرصد کرب ٍ

13- طب قّ بُذی والد ْا بر اساس شرس ساختار

14- چذّ ْا

15- اَواع چ ذّ ْای فیذ از قَ طّ َظطغ یای کروس کپی

16- سی ستی اٍ ْ کرب ٍ پَاای ذار

17- سی ستی اٍ ْ کرب ٍ پای ذار

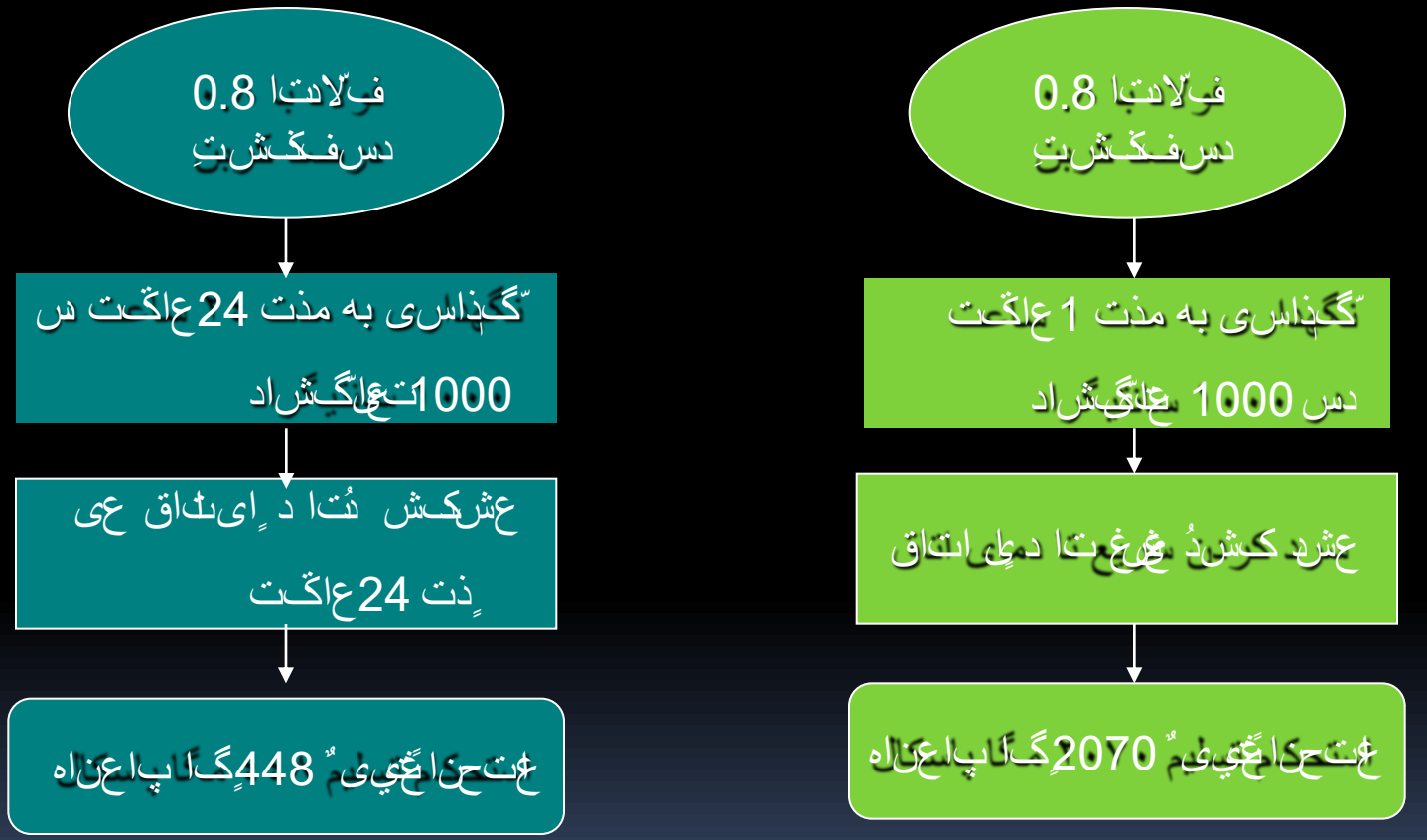
www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# 1-يقذيّ:

**سوال:** چشا ّال سدتمشد صرای دس فْكپت داسّذ؟

**جواب:** چٍُی تْلته وسیله روشهای تمخیف كَیات اِی شخیس عیف ٔعیكپی اص خاّث گّاگُ سا دس ّالدِته وجود آٔسد.

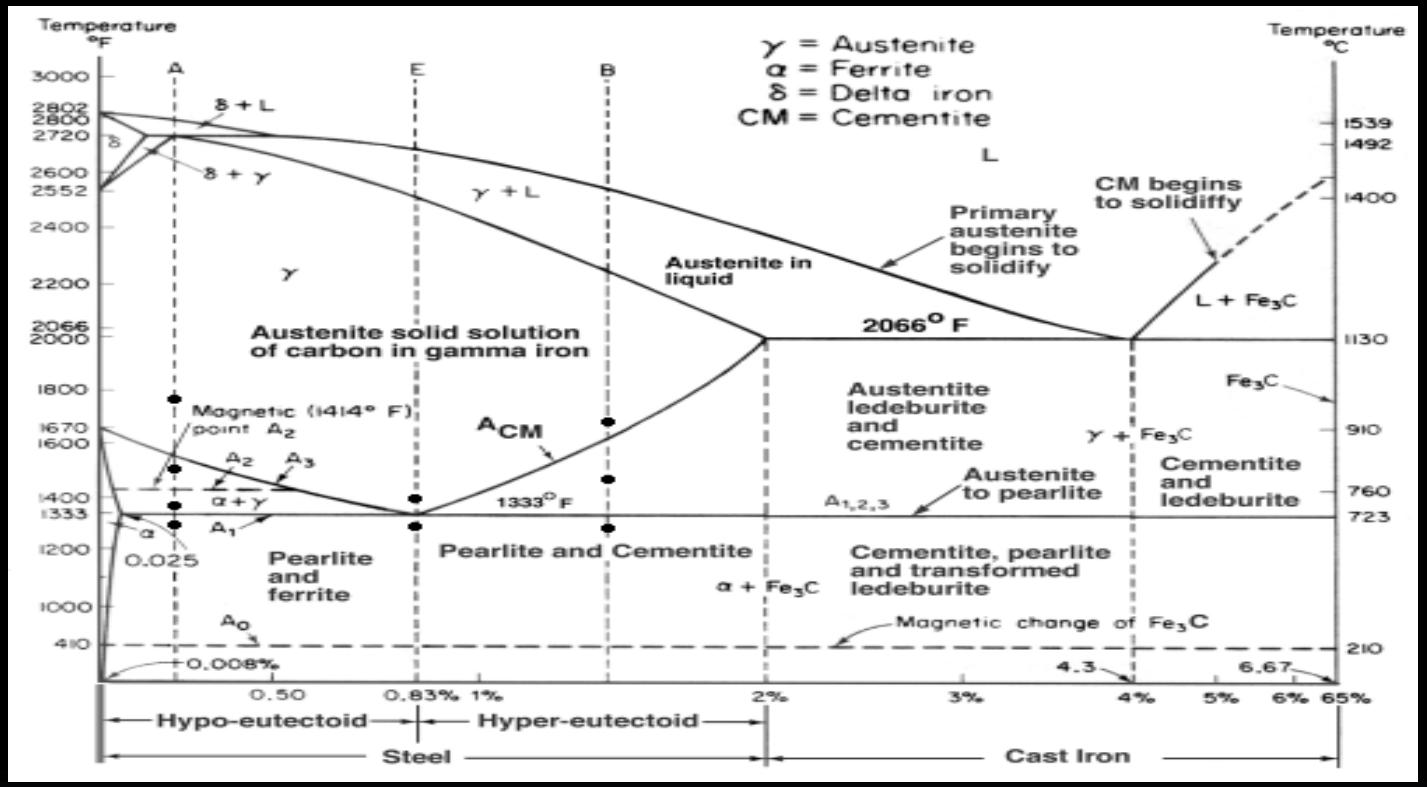
**يثال:**




**تیجّ:** سَتشد وعیغ فاّلدِا تّی اص خاّصیثم اٍألٍ تنوّع آنهاّ اعت مَه به كمك تعش دس فذ كمشتِسٔ فذ كّلفتشي آیٔ ایتغیی ش نوّع كّیات شاس تي بِلزٔ یش اعت.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

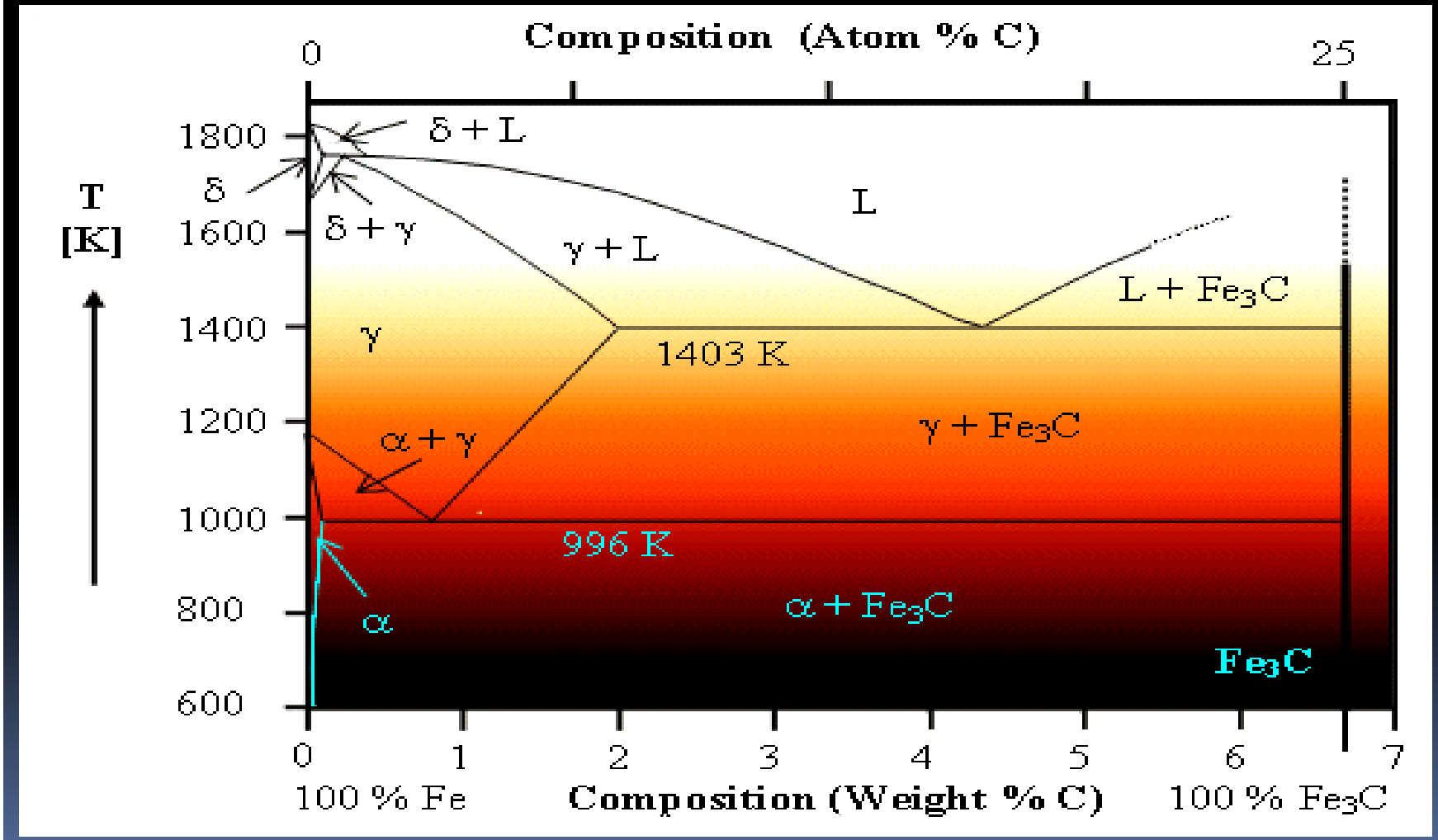
# 2- ًودارتعادني آ-كربٍ(Fe-C) :



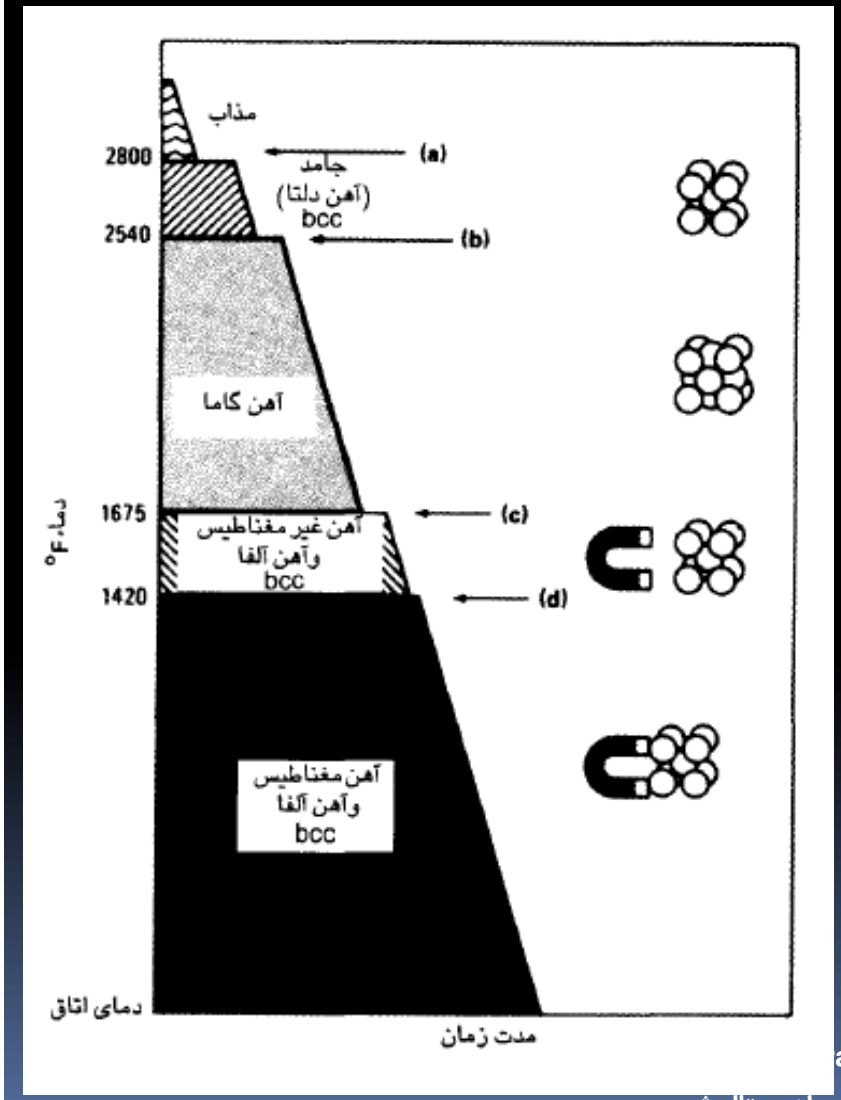

در شکل فوق، نمودارآهن – سمنیت(خط ممتد)جهت بررسي عمليات در نمودار آهن- گرافيت(خط منقطع)جهت بررسی حرارتي فولادها عمليات حرارتی چدنها می باشد.

# 3- ساختار بهوري واخص آن و تروپوک آخنص:

آهن عنصري چند شكلي است. بدين معني كه در فشار يك اتمسفر با افزايش دما شبكه بلوري آهن تغيير مي كند.



# آلوتروپ هاي آهن:




- آهن آلفا يا آهن فريتي
- آهن گاما يا آهن آستنيتي
- آهن دلتا

an-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

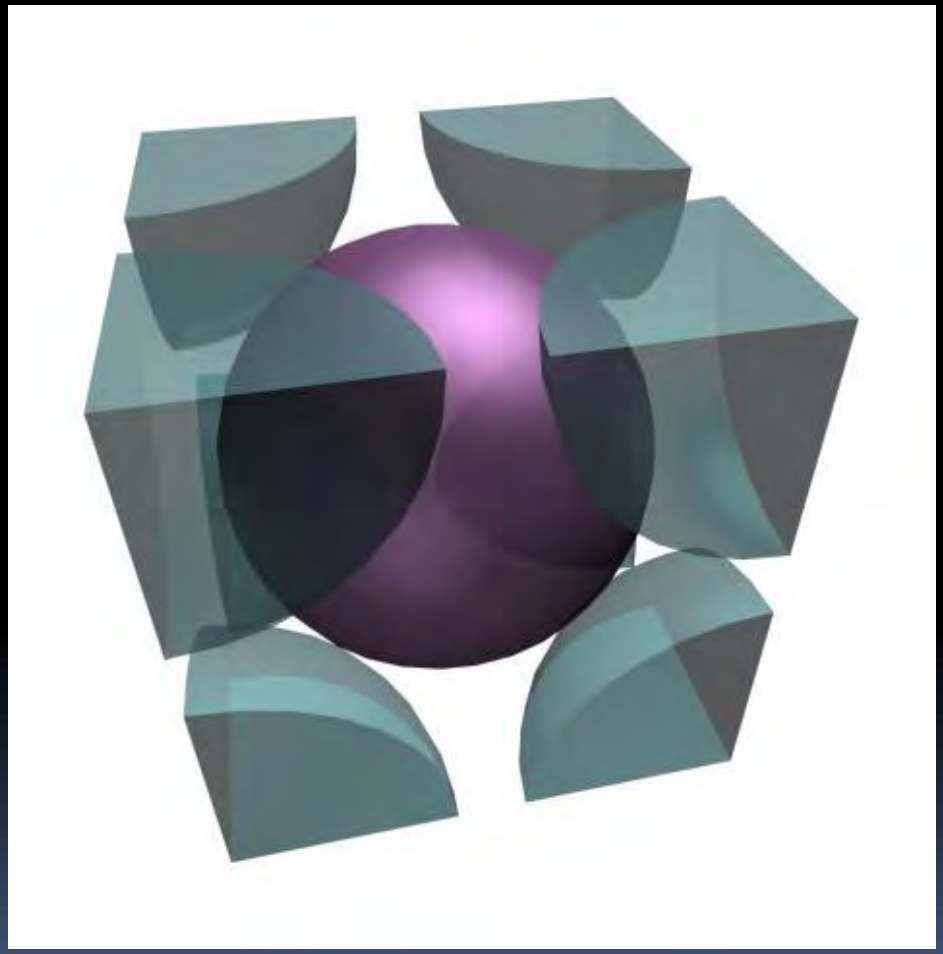
## نِآفآ ىاآٍ فرىتي:

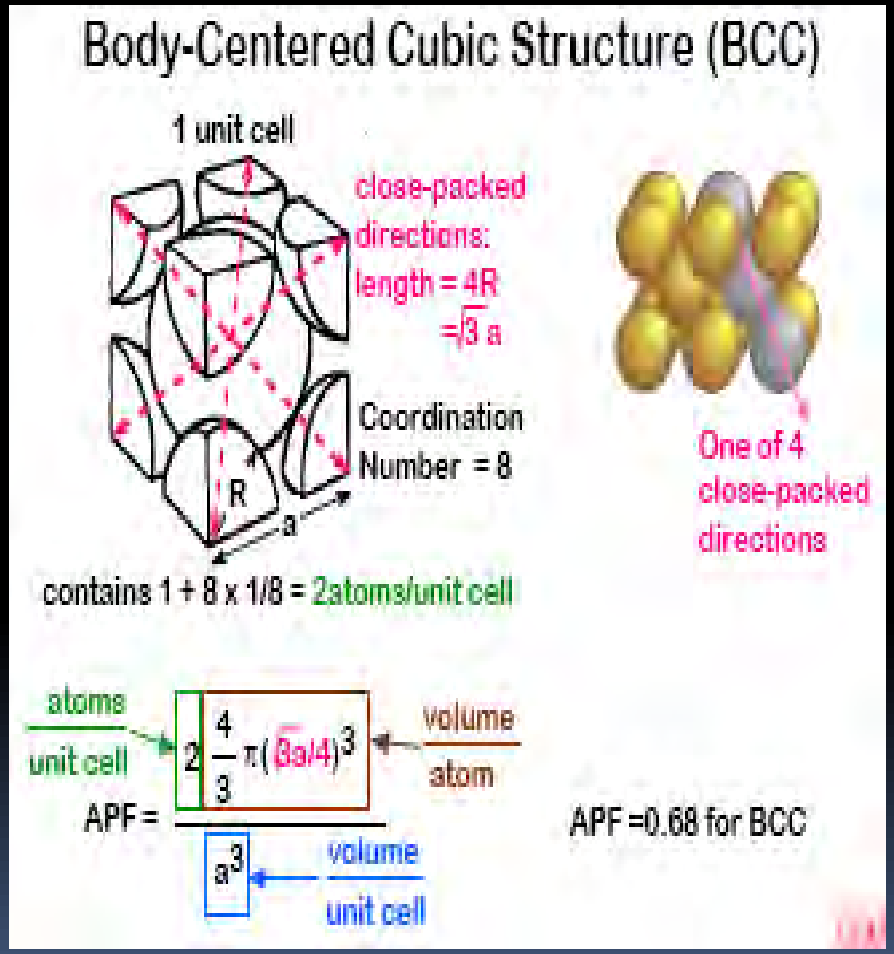
اين آلوتروپ از دماي ۲۷۳- درجه سانتي گراد تا ۹۱۲ درجه سانتي گراد پايدار است . كه تا دماي ۷۷۰ درجه سانتيگراد خاصيت آهنربايي دارد واز اين دما بالاتر تا دماي ۹۱۲ درجه سانتيگراد اين خاصيت خود را از دست مي دهد. دماي ۷۷۰ درجه سانتيگراد به دماي كوري موسوم است .

كه خاصيت b.c.c آهن با شبكه بلوري آهنربايي ندارد.(۷۷۰-۹۱۲) به آهن بتا موسوم است .

ثابت شبكه ۸۶/۲ انگستروم است .

# شکل شماره ۲

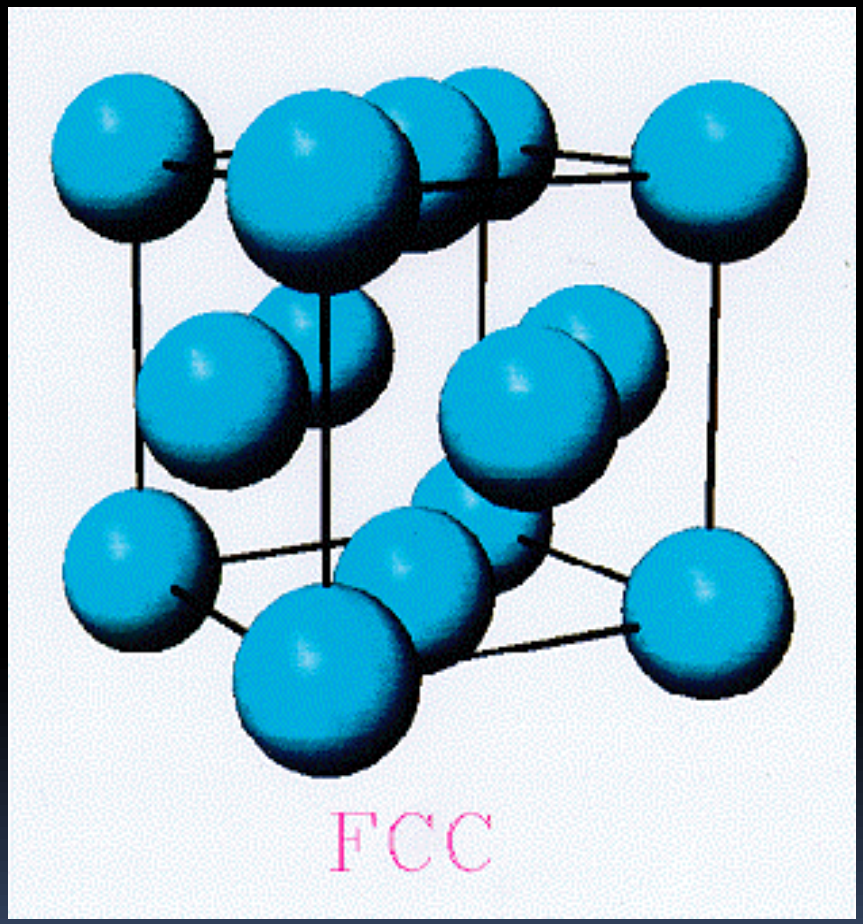


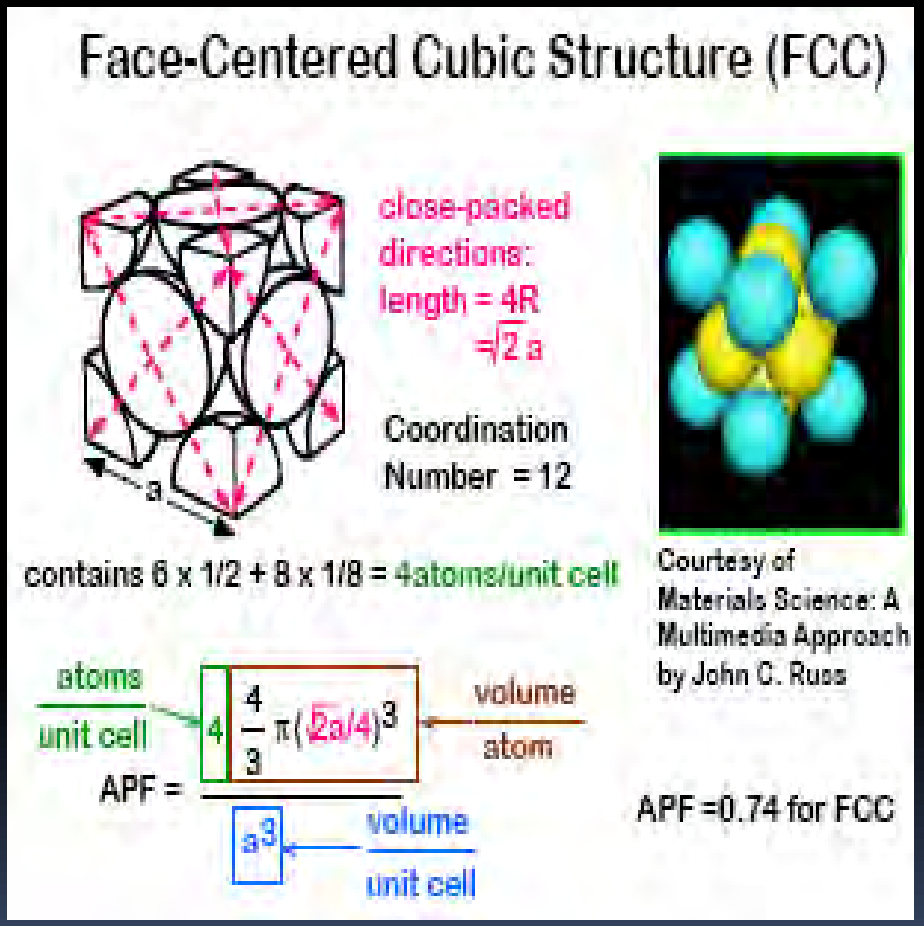

Body-Centered Cubic Structure (BCC)
1 unit cell
close-packed directions:
length = 4R = √3 a
Coordination Number = 8
R
a
One of 4 close-packed directions
contains 1 + 8 x 1/8 = 2atoms/unit cell
atoms / unit cell
volume / atom
APF =
volume / unit cell
APF =0.68 for BCC

# آ گ ا ِ ا:

- دردماي ۹۱۲ تا ۱۳۹۴ درجه سانتيگراد پايدار است.
- ساختمان بلوري : (f.c.c).
- ثابت شبكه آهن گاما ۵۶/۳ انگستروم است.
- بنابراين بزرگتر از ثابت شبكه آهن آلفا است به همين دليل چگالي اين آهن از آهن آلفا بيشتر است.
- آهن گاما خاصيت آهنربايي ندارد.جمع كل اتمهاي واحد در شبكه f.c.c ۴ اتم مي باشد.
- فاصله مراكز اتمهاي همسايه از يكديگر برابر $a\frac{\sqrt{2}}{2}$ در شبكه f.c.c است ( شكل شماره۳).

# شکل شماره ۳




www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# آ ِنْتا:

این آلوتروپ از دماي ۱۳۹۴ درجه سانتيگراد تا نقطه ذوب آهن خالص يعني ۱۵۳۸ درجه سانتي گراد پايدار است .

( b.c.cاين آلوتروپ داراي ساختار بلوري مشابه با آهن آلفا است ) .

آهن دلتا داراي خاصيت آهنربايي است . ثابت شبكه آهن دلتا اندكي بزرگتر از آهن آلفا و برابر با ۹۳/۲ انگستروم مي باشد.

دی‌اگشاً إ ـ گدش‌ثقِ‌ی‌اس ی‌ک ات‌غش ک‌ی‌ذ ی‌ذ اغگش ف‌ی‌ش‌غ‌ی‌ی ش‌ّی‌ذ
ک‌و دی‌اگشا ً ٌ‌غ‌ی‌ی‌ش خ‌ّ إ‌ک‌ش‌د . به عن ٌ‌إ‌ث‌ا ه اگش إ‌خ‌ای ـ ت‌ا‌ح‌ت ف‌ی‌ت‌س
110 atm ق‌ش‌اس دِی ٌ‌د س اح‌ّی‌ی 770 k إ‌α به‌ی‌ک شبكه جديدی‌ط ع اخ‌ت‌َا
ی‌ت‌َت‌ث‌ذی‌و ٍی ی‌ْ د كه اص‌ّع ع اخ‌ت‌َا (hcp ت‌ْ د‌َ ٔ ت‌ه نام آه ِ ε اپ‌غ‌ی‌ي‌ٌ( ّ إ‌ی ذ
ٍی ی‌ْد.

س‌ح‌ی گ‌ش‌ً ّ‌ودن آهن در نقطه تبديل آه ِت‌ا ی‌ْث‌ک‌ه B.C.C ت‌ه آه ِ ا‌ت‌ْث‌ک‌ه
F.C.C ت‌غ‌ی‌ش‌د‌س ات‌ک‌اد شبكه رخ می دِث‌ٔات‌ت ی‌ْذ اع‌ت كه ثابت شبكه )a(
س‌د‌ت‌ث‌ذ‌و ت‌ه F.C.C ک‌إ‌ک ٍی يابد يعنی حجم شبكه ک ٌ ٍی ی‌ْد ٔ‌ش‌ی‌ت‌ٍک‌ض‌ی
اَق‌ب‌ٍّج‌ة ت‌ش‌ک ت‌ش‌دا‌ی‌ْت‌ق‌غ‌ک‌ا ت‌ٍ گ‌ش‌دد .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

## 4- پلاسو آن ی اژسازی:

دومكانيزم متداول براي آلياژ سازي عبارتند از :

۱- جانشيني اتمها

۲- بين نشيني اتمها

در مكانيزم اول اتمها از يك شبكه اتمي به شبكه ديگر منتقل مي شوند.

مثال: سيستم Cu-Ni

براي مكانيزم بين نشيني لازم است اختلاف اندازه اتمهاي عناصر آلياژي زياد باشد براي مثال نسبت اندازه اتم كربن به آهن برابر۱به۳۰ است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# 5شاىركربٍ بر اجساي آٍ:

كربن عنصر آلياژي اصلي براي آهن است كه به پديده آلوتروپيك بودن آن اهميت مي بخشد وآنرا به ماده اي به نام فولاد تبديل مي كند .

اضافه كردن كربن به آهن اثرات بسيار مهمي بر روي فازهاي آهن وهمچنين دماهاي تعادلي آنها دارد. از جمله مشخصه هاي بارز نمودار تعادلي آهن كربن عبارت است از تفاوت در انحلال كربن است .كربن در f.c.c و b.c.cتوانايي آهنهاي آهن آلفا تقريبأ نامحلول است ولي كاملأ در آهن گاما حل مي شود.

نسبت f.c.c) در شبكه مكانهاي بين نشيني (فضاي بين اتمها براي بين نشيني اتمهاي كربن مناسبتر b.c.cبه شبكه است. اين برتري به بزرگ بودن جاهاي خالي در شبكه f.c.c.مربوط مي شود

# 6-فازهاي حاصل از افزودن كربن به آهن:

١- آستنيت:

آستنيت عبارت است از محلول جامد بين نشيني كربن در آهن با شبكه بلوري مكعبي با وجوه مركز دار(f.c.c).

حداكثر حلاليت كربن در آستنيت در دماي ١١٤٨ درجه سانتي گراد است كه به ١١/٢ درصد مي رسد.

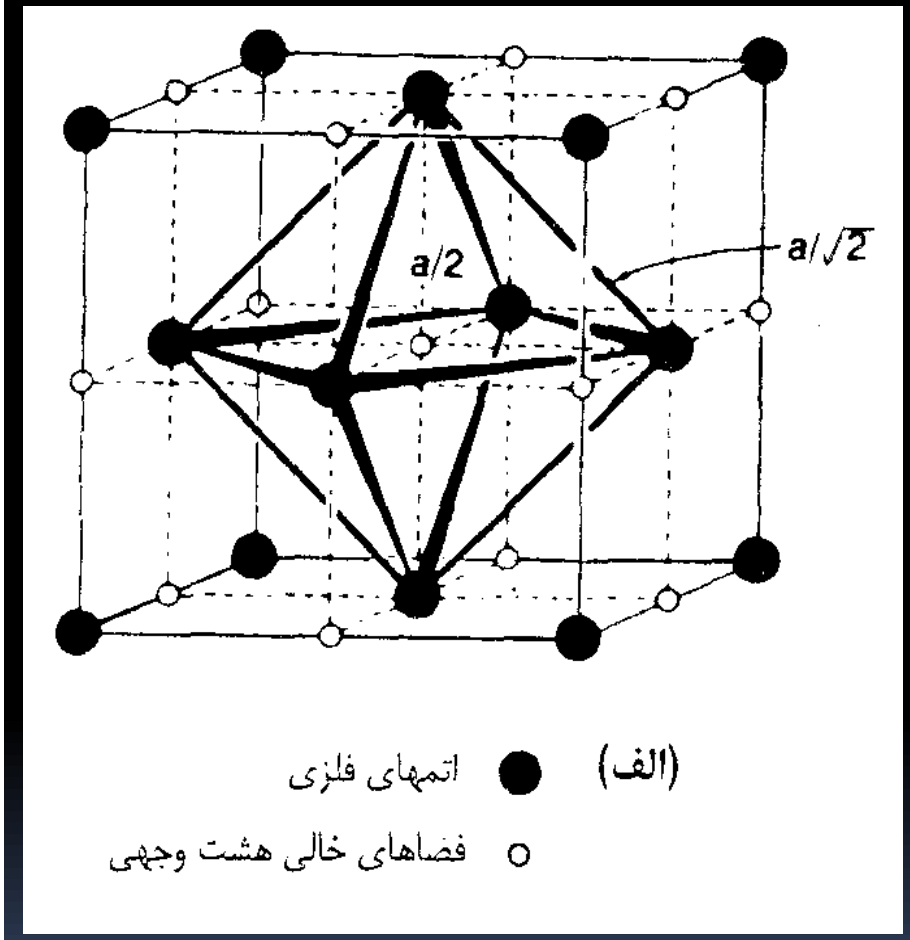
دو نوع فضاي خالي بين نشيني وجود دارد.( **شكل شماره ٤**)درشبكه بلوري f.c.c

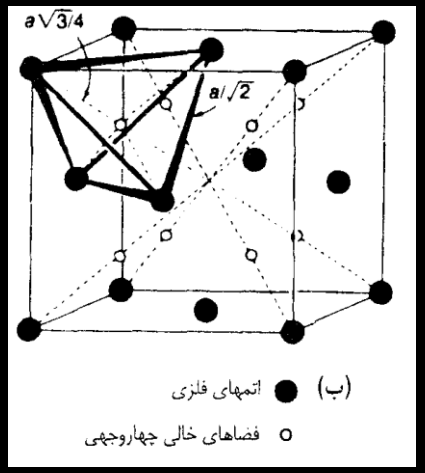
الف) هشت وجهي: اتم كربن اگر در يك فضاي هشت وجهي قرار گيرد داراي ١۶ اتم آهن درمجاور خود می باشدو يك فضاي هشت وجهي قادر است اتمي به شعاع ٥٣/٠ انگستروم را درخود جاي دهد .

ب)چهاروجهي : اتم كربن در اين حالت داراي ١۴ اتم آهن در مجاور خود خواهد بود. و مي تواند اتمي به شعاع ٢٨/٠ انگستروم را درخود بپذيرد.

با توجه به اينكه شعاع اتمي كربن برابر با ٧/٠ انگستروم است، پس فضاي هشت وجهي راحت تر از فضاهاي چهاروجهي مي تواند اتمهاي كربن را درخود جاي دهد .

# شکل شماره ۴




فضاهای خالی بین‌نشینی هشت‌وجهی (الف) و چهاروجهی (ب) در شبکهٔ fcc

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

## 6-فازْاي حاصم ازاضافّ كردٌكربٍ:

۲- فريت:

محلول جامد بين نشيني كربن در آهن با شبكه بلوري مكعب مركز دار(b.c.c) به فريت موسوم است.

نيز دو نوع فضاي بين نشيني وجود دارد (شكل شماره b.c.c درشبكه ۵).

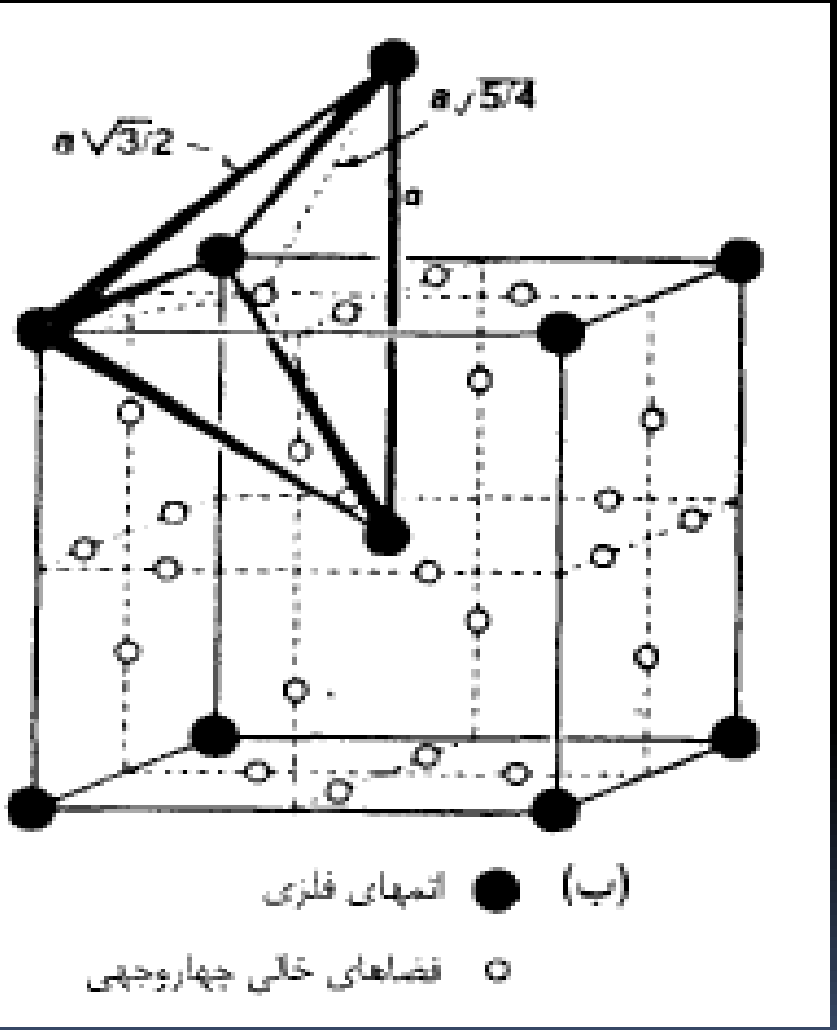
الف) هشت وجهي :اين فضا مي تواند اتمي به شعاع ۱۹/۰ انگستروم را درخود جاي دهد . فضاهاي هشت وجهي در فريت متقارن نيستند

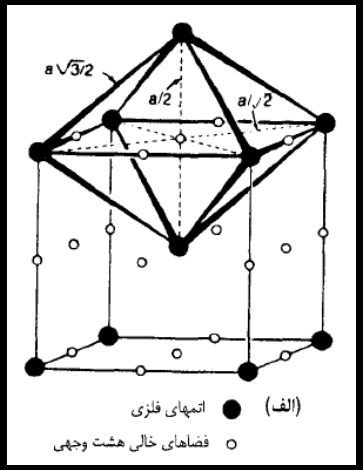
ب) چهاروجهي: اين فضا مي تواند اتمي به شعاع ۳۵/۰ انگستروم را درخود جاي دهد .

نتيجه:در فريت اتمهاي كربن ترجيح ميدهند كه در فضاهاي هشت وجهي قرار گيرند از آنجايي كه فضاهاي بين نشيني در فريت بسيار بسيار كمتر (b.c.c)كوچكتر از آستنيت اند، حد حلاليت كربن در فريت از آستنيت (f.c.c) است .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# شکل شماره ۵




فضاهای خالی بین‌نشینی هشت‌وجهی (الف) و چهاروجهی (ب) در شبکهٔ bcc

# 6-فازهاي حاصل از افزودن كربن به آهن:

۳- كاربيد آهن(سمانتيت)

اين فاز تركيبي با نسبت ثابت ومشخص يك اتم كربن و سه اتم آهن است كه داراي ۶۷/۶ درصد كربن بوده و به صورت نشان داده مي شود.

ساختار بلوري سمنتيت بسيار پيچيده است وروشهاي مختلفي جهت نمايش ترسيمی آن وجود دارد كه يكي ازآنها را در شكل شماره ۶ مشاهده مي كنيد . همچنانكه در اين شكل مشاهده مي كنيد سمنتيت داراي شبكه بلوري مكعب مستطيل با پارامترهاي شبكه a=0/452 nm و b=0/509 nm و c=0/674 nm است . واحد شبكه سمنيت داراي ۱۲ اتم آهن و ۴ اتم كربن است.

در سمانتيت كربن و آهن هر دو شبيه فلزات عمل مي كنند ومجموع اين شرايط است كه به سمنيت خواص خوب هدايت الكتريكي وحرارتي وجلاي فلزي مي دهد.

دماي ذوب سمانتيت درحدود ۱۲۵۰ درجه سانتيگراد است.

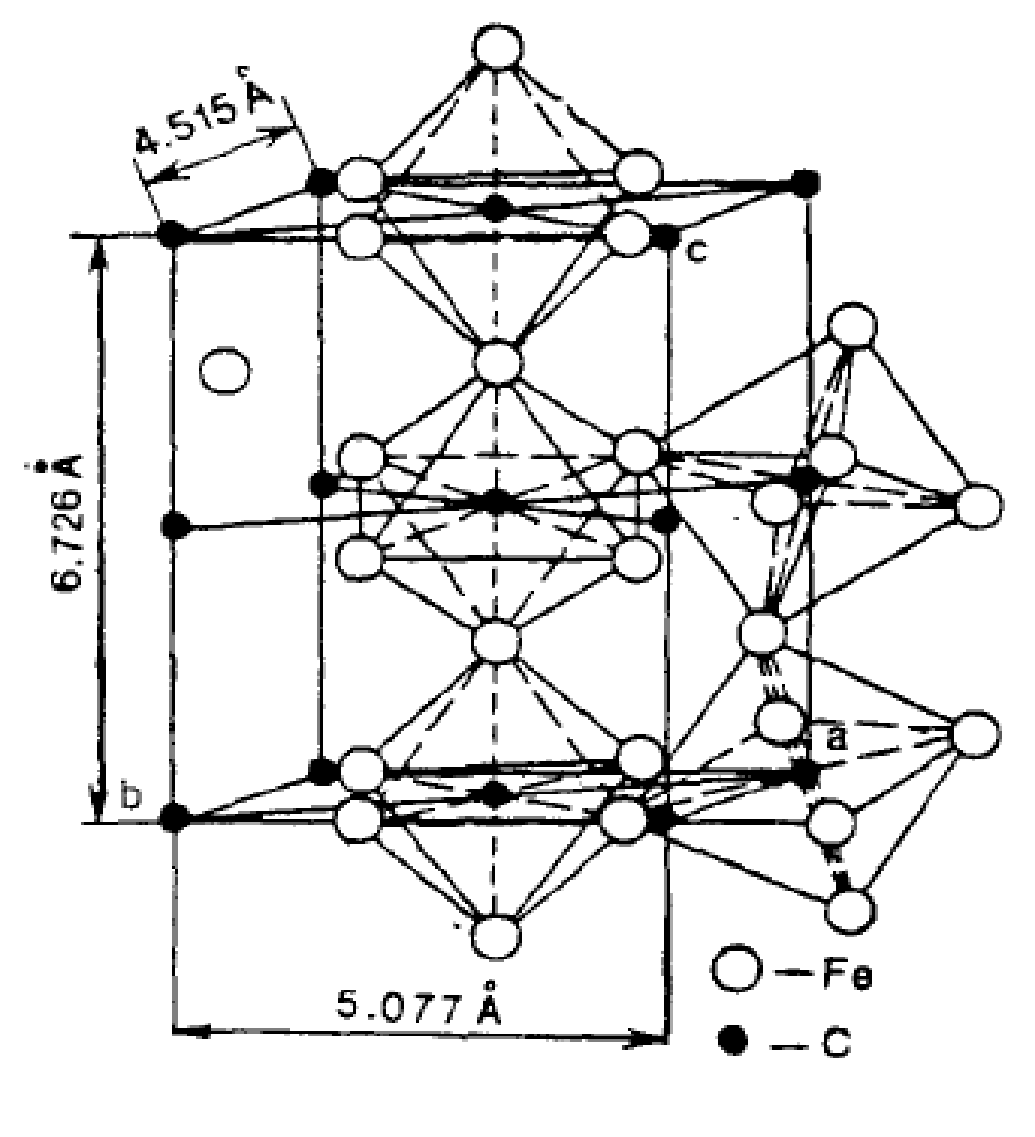
تغييرات آلوتروپيك ندارد.

در دماهاي پايين به مقدار بسيار كم داراي خاصيت آهنربايي بوده اما در اثر حرارت دادن تا ۲۱۷ درجه سانتي گراد خاصيت آهنربايي خود را از دست مي دهد .

سختي سمنتيت بسيار بالاست( بيشتر از ۸۰۰ برينل) و انعطاف پذيري آن فوق العاده كم (عملاً صفر) است .

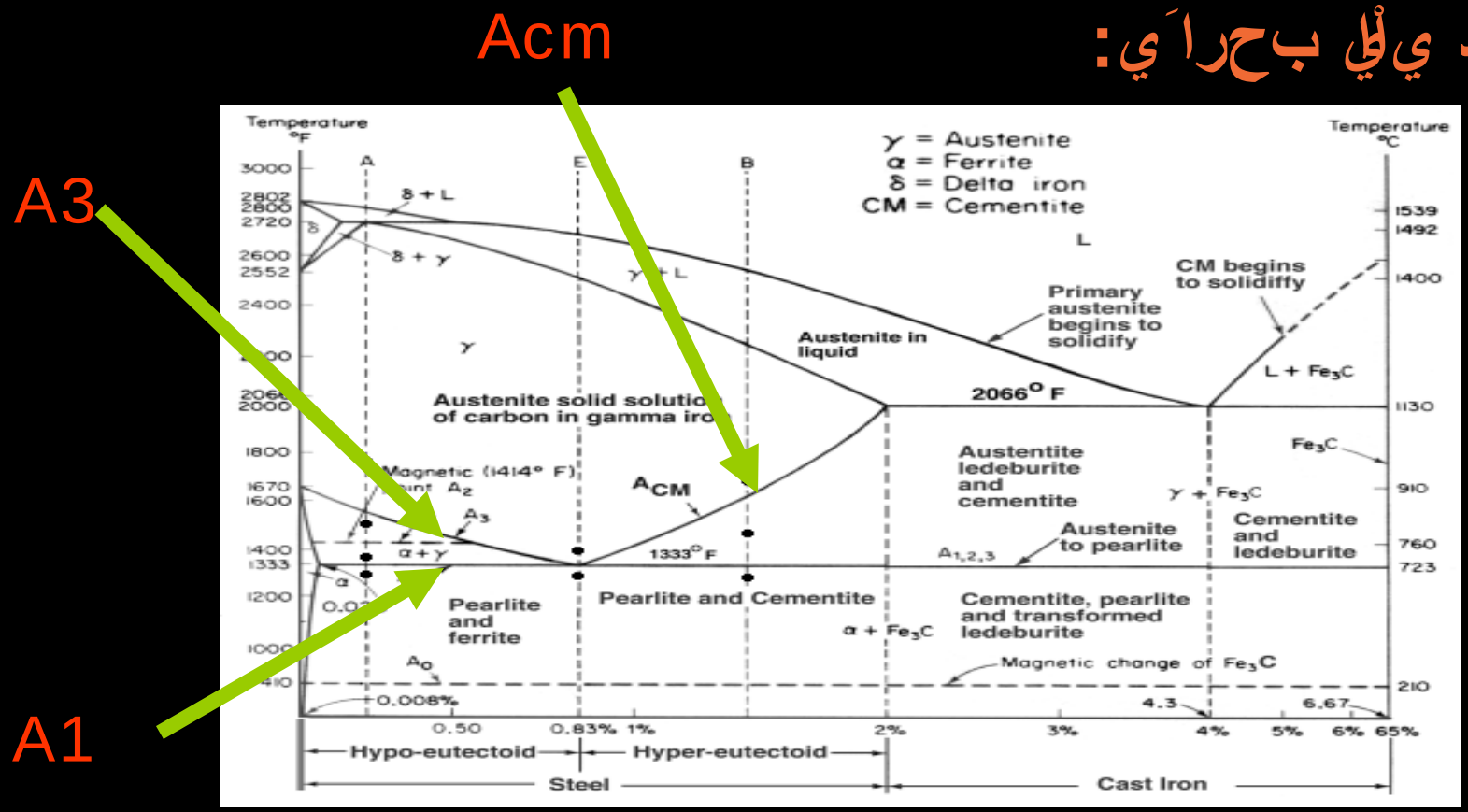
سمانتيت تركيبي ناپايدار است و تحت شرايط خاصي تجزيه شده و كربن آزاد(گرافيت) توليد مي كند.

# شکل شماره ۶




شبکهٔ بلوری سمنتیت
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# 7-دیاگرام بحرانی:

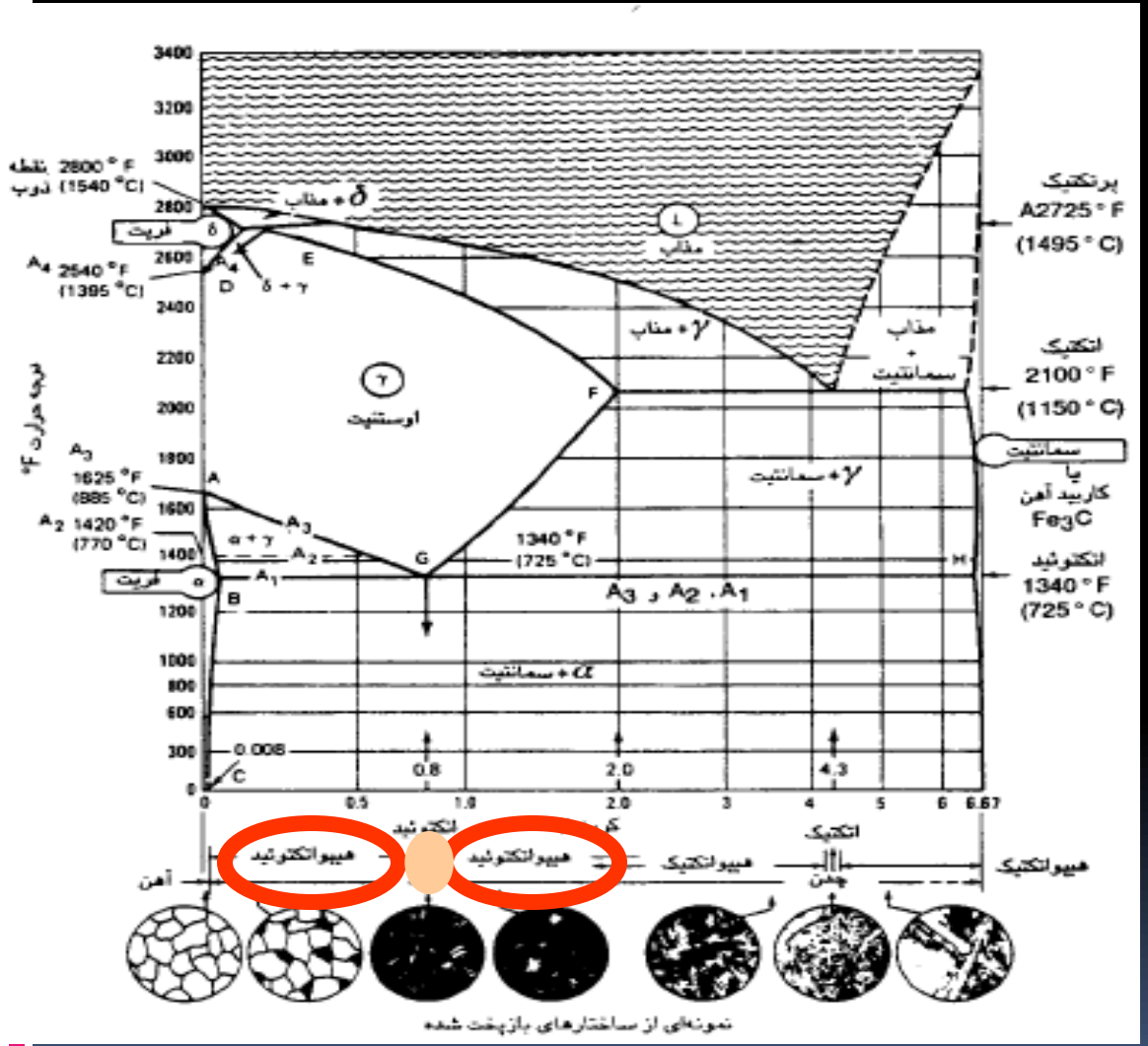



A1: مرز ناحیه صفحه‌ی فشیت- سمنتیت و ناحیه تکفازی فشیت- آستنیت و سمنتیت- آستنیت

A3: فصل مشترک ناحیه دوفازی فشیت- آستنیت و ناحیه تکفازی آستنیت است.

Acm: فصل مشترك بين ناحيه دوفازي سمنتيت- آستنيت و ناحيه تكفازي آستنيت.

# 8دستّ بُذيفالدْا براساش درصذ كربٍ:



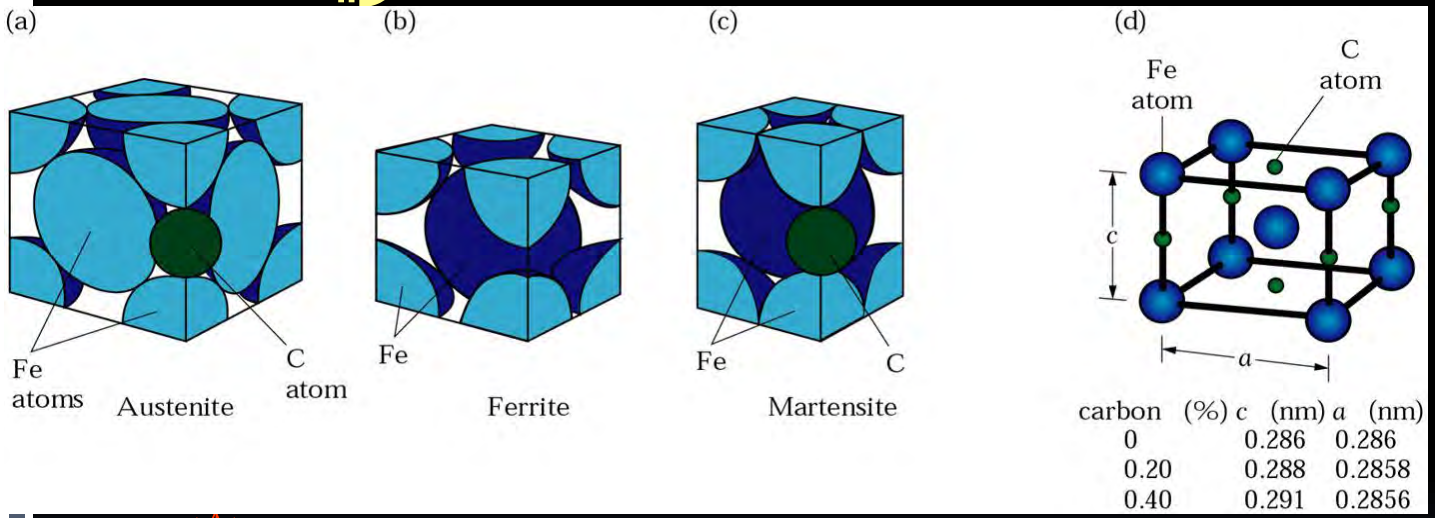

ٱلدإيٱيٱتنتٱئىذ: ف الدإىي إغتْذ مه مَتشطر 8/0دسفذ مشتِ داسّذ.

ٱلدإي اتنتئىذ: ٱلدشمتْي اعتقمشىثأ 77/0دسفذ مشتِداسّذ

فولادهاي هيپراتكتوئيد: اين فولاد تقريباً ۸/۰ درصد تا ۲درصد كربن دارد

# 9- سیستم ساختاری پخته فولاد:

- فریت



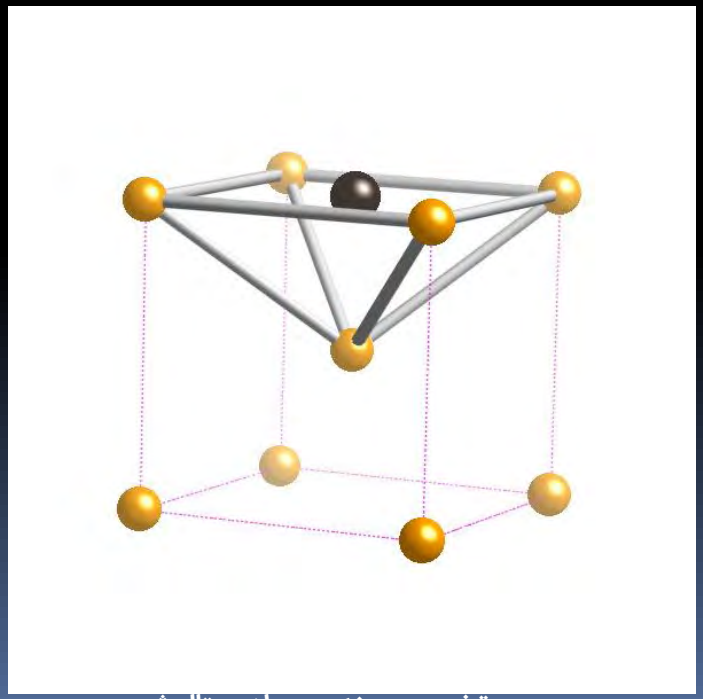

| carbon (%) | c (nm) | a (nm) |
|---|---|---|
| 0 | 0.286 | 0.286 |
| 0.20 | 0.288 | 0.2858 |
| 0.40 | 0.291 | 0.2856 |

- بینیت
- مارتنزیت

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# فِریت:

- به محلول جامد از نوع بین‌نشینی کربن در آهن آلفا α- فِریت گفته می‌شود.Fe
- حداکثر غلظت کربن در فریت حدود۰.۲ درصد وزنی و در دمای۷۲۷ درجه سانتیگراد است.
- مقاومت کششی فریت در حدود ۴۰۰۰۰ ( psi.است )



# آستنیت:

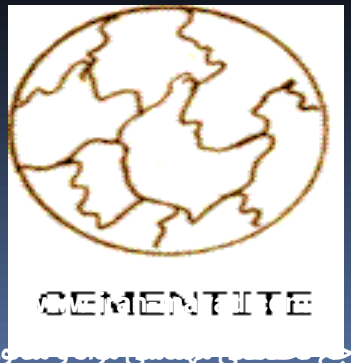
به محلول جامد از نوع بین نشینی کربن در آهن گاما آستنیت گفته می‌شود.

حداکثر حلالیت کربن در آهن گاما، ۲ درصد در دمای ۱۱۴۷ درجه سانتیگراد است. آستنیت در دمای محیط پایدار نیست.

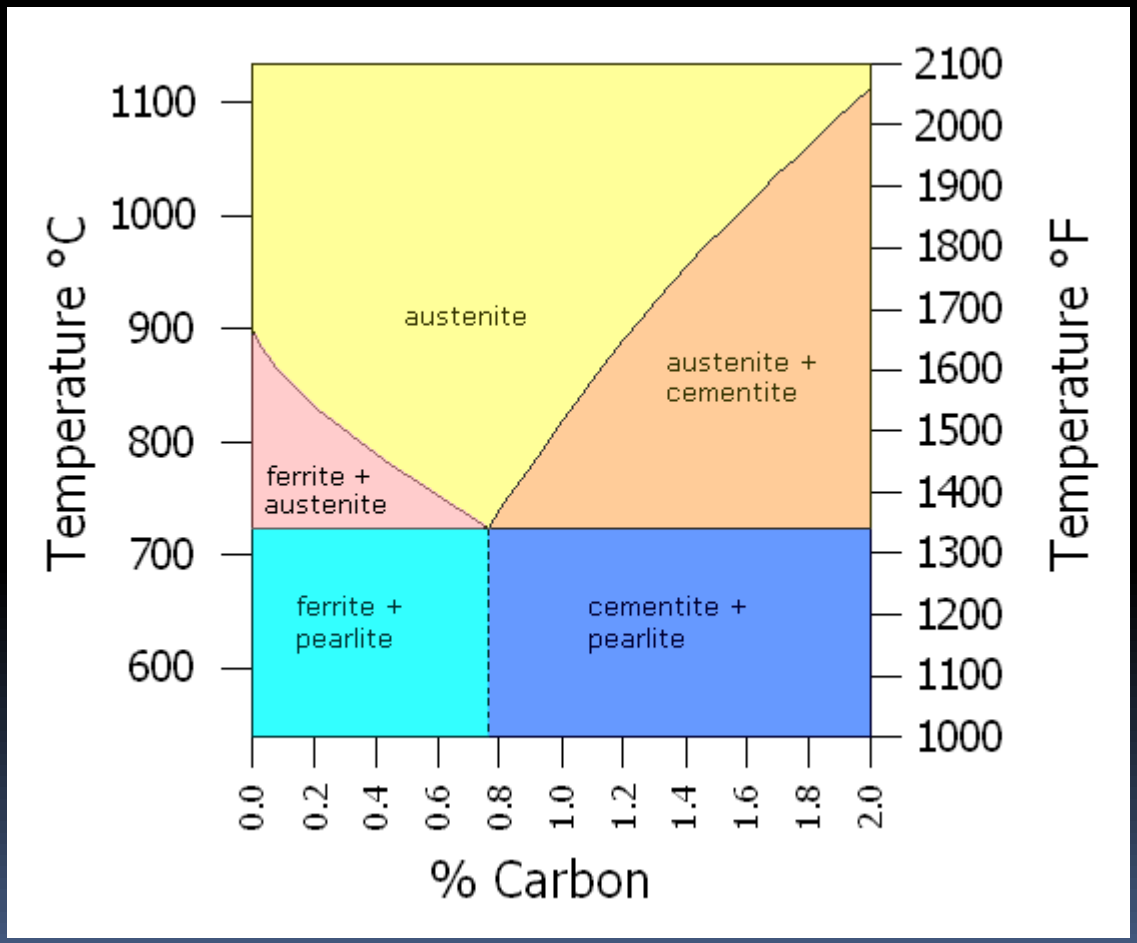
# سِمِنتیت:

سِمِنتیت یا کاربید آهن یک ماده مرکب شیمیایی به فرمول شیمیایی $Fe_3C$ درصد کربن است. سمنتیت فازی بسیار سخت و شکننده 6.67 دارای است.

در حین انجماد ابتدا گلبولها یا سلولهای آهن تشکیل شده و رشد می کنند و باقیمانده مذاب به صورت کاربید آهن منجمد می شود. بدین ترتیب کاربید تشکیل شده با قرار گرفتن در اطراف سلولهای قبلی شکل گرفته، آنها را به هم می چسباند.



# فریت - آستنیت - سمانتیت



# لدبوریت:

به مخلوط یوتکتیکی آستنیت و سمنتیت، لدبوریت گفته می‌شود که از مذابی با ۴.۳ درصد کربن در دمای ۱۱۴۷ درجه سانتیگراد تحت یک واکنش یوتکتیکی حاصل می‌شود.

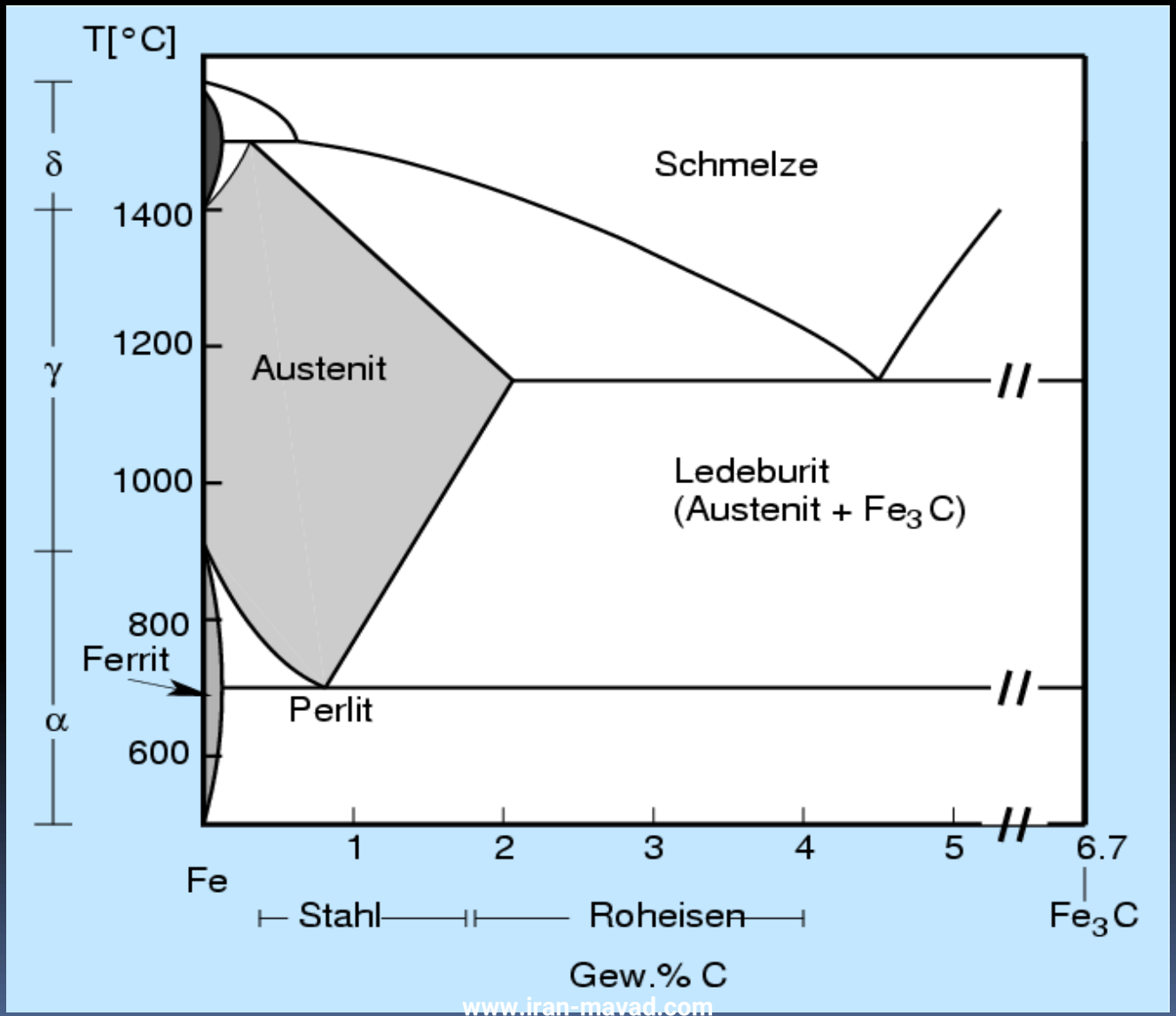
از آنجایی که اوستنیت در دمای محیط پایدار نیست و بر اساس یک واکنش یوتکتوئیدی به پرلیت تبدیل می‌شود، لذا ساختمان لدبوریت در دمای محیط بصورت پرلیت و سمنتیت خواهد بود.

# پرلیت:

**به مخلوط یوتکتوئیدی فریت و سمنتیت، پرلیت گفته می‌شود. پرلیت تحت یک تحول یوتکتوئیدی از آهن گاما با ۰.۸ درصد کربن در ۷۲۳ درجه سانتیگراد حاصل می‌شود.**

120000 psiمقاومت کششی پرلیت سه برابر فریت یعنی برابر است ، پرلیت ساختمان لایه ای دارد .

# لدبوریت - پرلیت

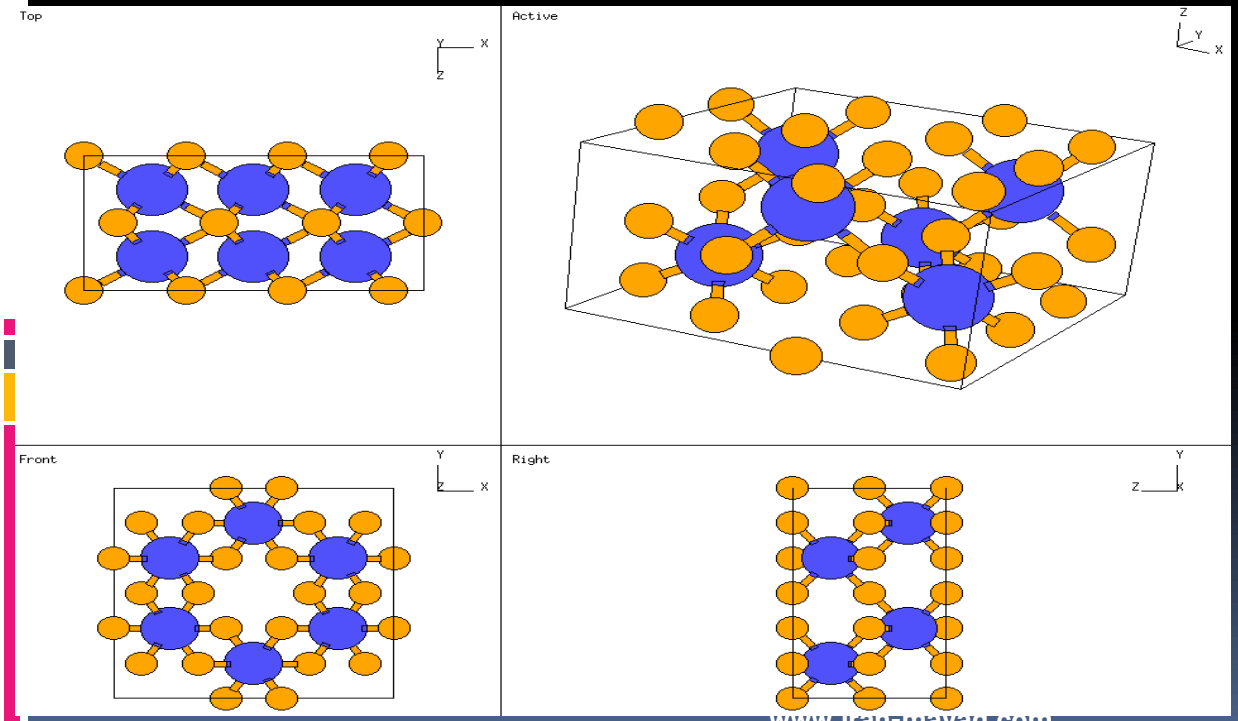



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# بینیت:

شیمیدان آمریکایی نامگذاری شده است.E.C. Bainاین فاز به یادبود

با ساختارهای معمول متالورژیکی فریت، پرلیت و Bain و Grossman مارتنزیت آشنا بودند. چیزی که آنها کشف کردند ساختار دیگری بود ) و پایین تر از دمای Msکه در بالاتر از دمای آغاز تشکیل مارتنزیت ( تشکیل پرلیت بود.



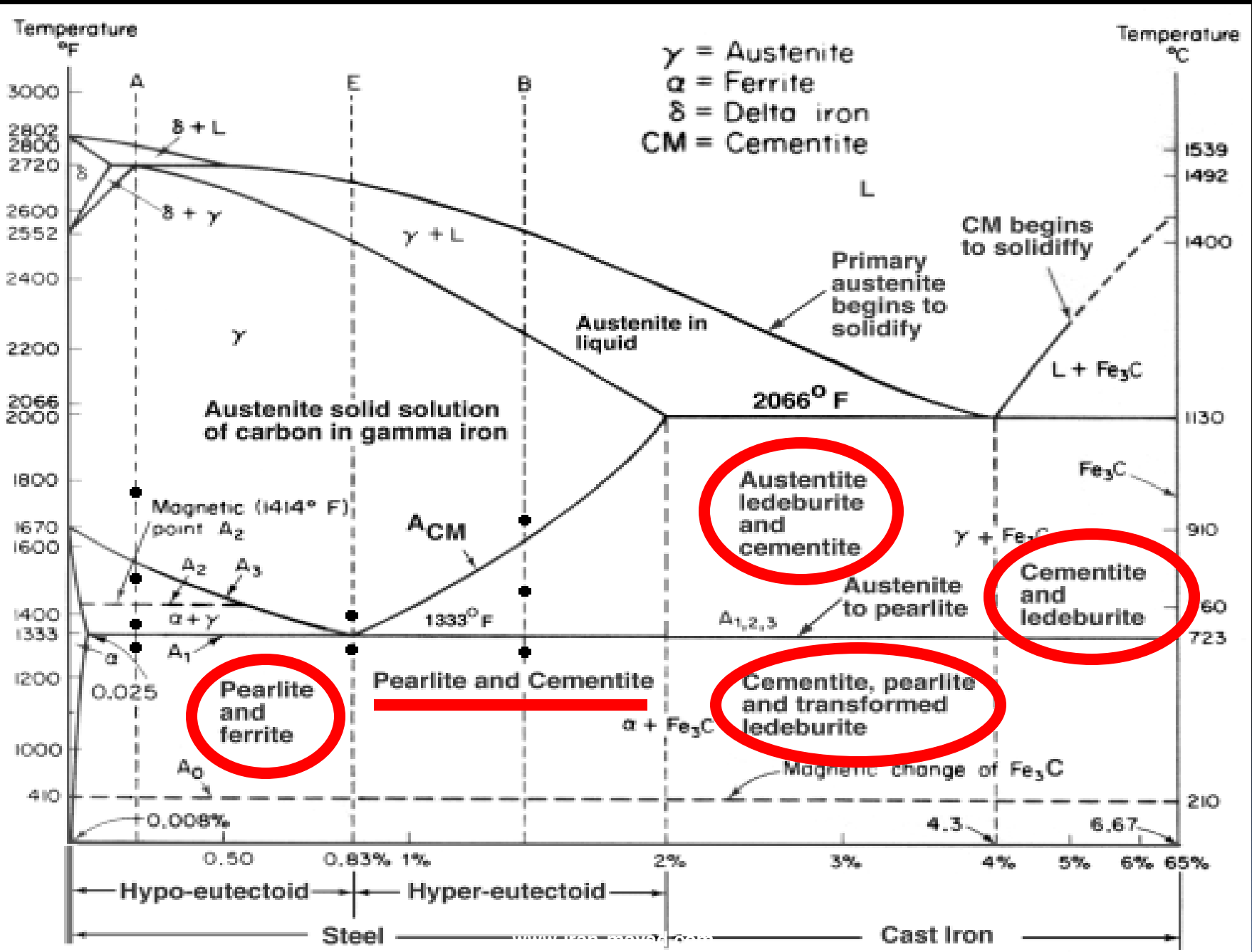

د فـّالدإا ای ِ عـاخـاس
ئکـو اخـتـاسإای عـّسّی
نـقـاتـی(تـا ظإشی
پـش ٍآنسـاداسـاعـت
حـقـیـقـات X ray تّـانُ
داد کـهـیْـت وئـفـإشـیـت
کـاسْـتـیـفـیـضـی اعـت.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# مارتنزیت:

اگر آستنیت به قدری سریع سرد شود که هیچ یک از استحاله‌های بر پایهٔ نفوذ در آن اتفاق نیافتد و فوق پایدار fccسرمایش تا حدی ادامه یابد که ساختار تبدیل bccنباشد، این ساختار بصورت پرشی به می‌شود که از کربن فوق اشباع شده است. فاز ارتنزیت می‌نامند.

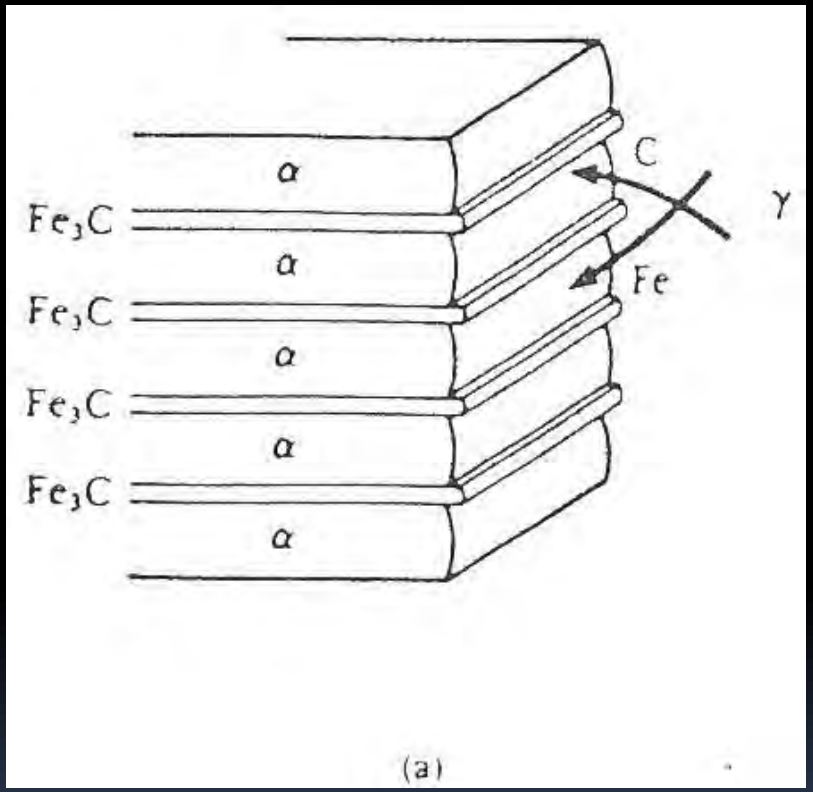
www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی


γ = Austenite
α = Ferrite
δ = Delta iron
CM = Cementite
Temperature °F
Temperature °C
A
E
B
δ + L
δ
δ + γ
γ + L
L
CM begins to solidiffy
Primary austenite begins to solidify
Austenite in liquid
γ
L + Fe3C
2066° F
Austenite solid solution of carbon in gamma iron
Austentite ledeburite and cementite
Fe3C
Magnetic (1414° F) point A2
ACM
γ + Fe3C
Cementite and ledeburite
A2
A3
α + γ
1333° F
A1,2,3
Austenite to pearlite
A1
α
0.025
Pearlite and ferrite
Pearlite and Cementite
α + Fe3C
Cementite, pearlite and transformed ledeburite
A0
Magnetic change of Fe3C
0.008%
4.3
6.67
0.50
0.83%
1%
2%
3%
4%
5%
6%
65%
Hypo-eutectoid
Hyper-eutectoid
Steel
Cast Iron
3000
2802
2800
2720
2600
2552
2400
2200
2066
2000
1800
1670
1600
1400
1333
1200
1000
410
1539
1492
1400
1130
910
760
723
210

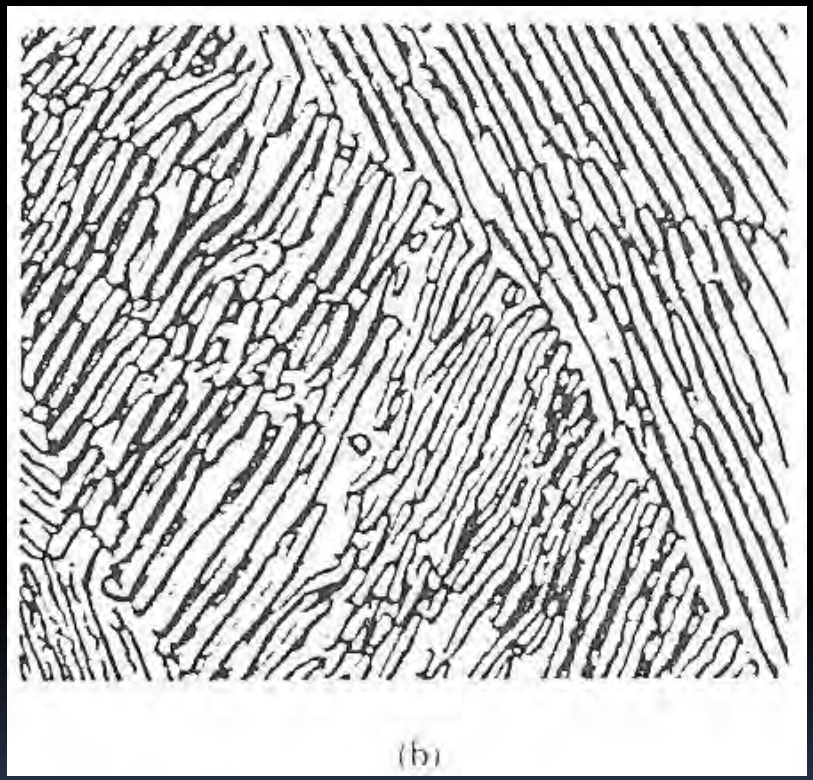
# تحالتی ضٔتشً سعیغتٌ آ ِ کشتِ

- 1- تحٔیشتکٔیکی
- 2- تحٔیٔتکیکی
- 3- تحٔیٔتکٔتئیذی

- دسدیاگشاً آ ِ کشتِ فیاص جذ ٍتیاصله فاص ٍای لایه ای ٍتف أت Fe3C ٔ γ به نام پرلیت Pearlite ٍکپشٔف اعت .



(a)

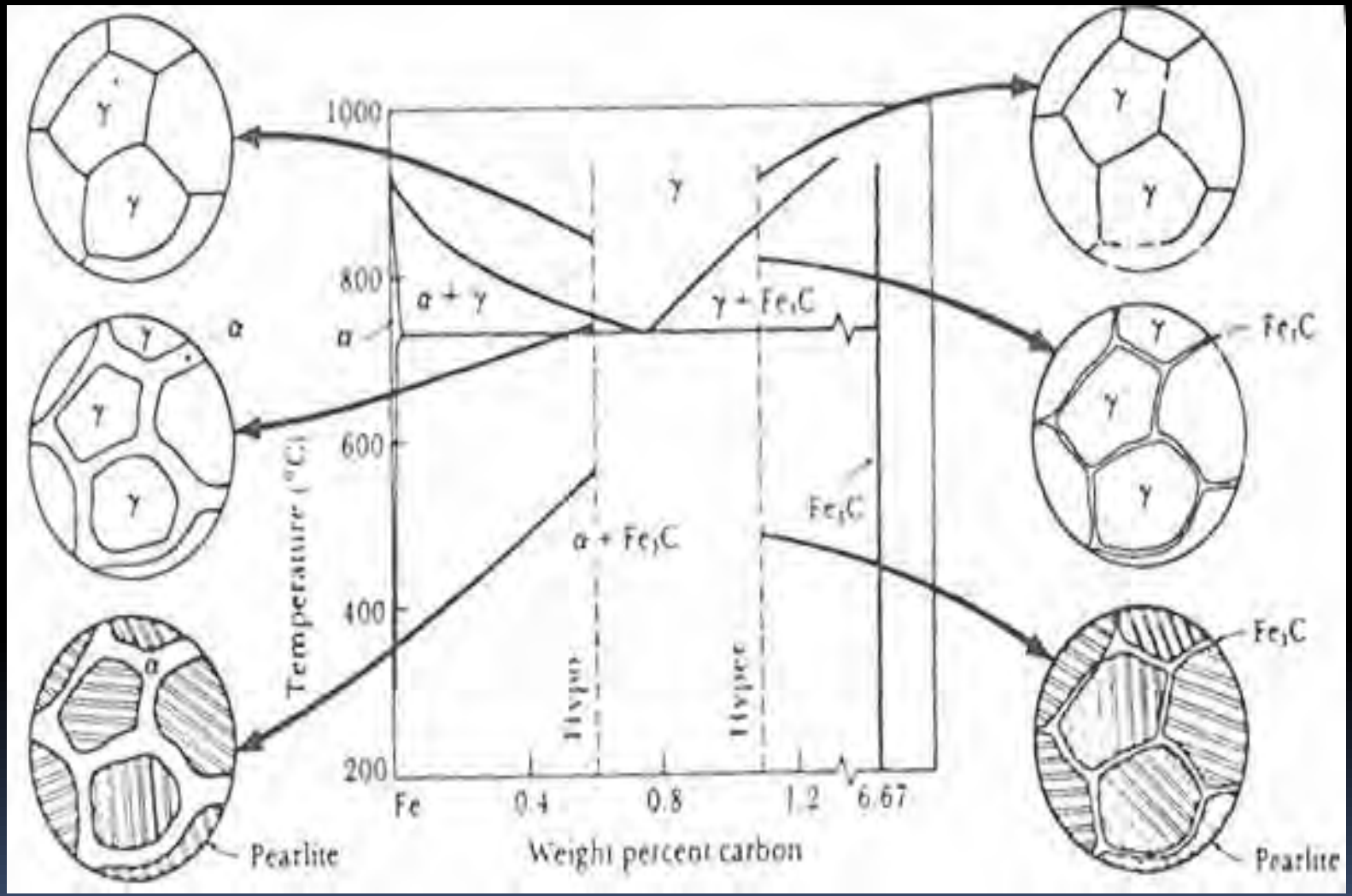

(b)

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

- با در نظر گرفتن قانون اهرم می توان مقدار فاز $\alpha$ و Fe3C را محاسبه نمود به عنوان مثال در فولاد 0.8%C مقدار $\alpha$ و Fe3C در فاز پرلیت در درجه حرارت 727 C مطابق ذیل خواهد بود .

$$\%\alpha = \frac{6.67 - 0.77}{6.67 - 0.0218} * 100 = 88\%$$

$$\%Fe_3C = \frac{0.77 - 0.0218}{6.67 - 0.0218} * 100 = 12\%$$




www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

## الد إ

- تسغٍکيي فٍالد لتلَی ازئِ لص إٓ ِ کشتٍ عایش کٌْاف شٍ ی تائٌْذ ٍ کپَالٍ قن ٍّال ک شٌ تٍ دس ف الدإطل 2 دس ف تج اٌص ٍّ ی کٌذ .

- سٌٍئإ ی گ ّاٍ گ ّی برای طبقه بندی فولاد إ ٌج ّد ا سد ٍ ئٌٍاخته ی ئٌٌذ تشٍ ی آٌإ ٍ شتطّ ٍ ی ئ ٌّد به ّ ح ت ّی ذ فٍالد

  سٌٍئای ئناخته شد ٌذ:

  تغ ٍ شٍ Bessemer صٍی ٌَ ٌطٌٍ ی ِ Siemens-Martin ٍ کٍ ّس ٌَ إای ٍ ٍ آلکتٍیکی Electrical سٌٍا ی ت ٌّ ٍ آشٍ د .

سٍکٌ َدٌ تٍ شٍ ری ٍلٍ اس تٍ شد فٍلاد و قطعات ٌّ ت ی ذی اص آٌ اع تلٌّ ا غ کٍ قطٍ س ای ٍ سٌٍکّصٌ ی ا ٍ ّیٍ ت طٍح ّ ی ت ف الدس ا ٍّ ت ٌّ ی داد به عنو ٌّ اٌٍ ٍ شٍاه ی ت ٌّ ا اص فٍالدإ ای عاخت ٍّی ٍ ت طٍ سٍ قٍات ی ٍی ت تسٍ ئٍ ک ا سی خٍ ی اد ٍّ دٌ سٌد ت ٍ اً ی طٍ ح ٍّ ی ئات ٍ خ ٍّ اٌف ٍ ال د صٍ ی اد ٍ ی ت خ ٍّ خ ّ ٍ إ ذ ت ّد .

## ا ّاع فـ ّلادها از نقطه ظّش دس فـ کـ شتِ

- 1- ّالدإی ککُشتِ کـه درفـ کـ شتْ تُی ِ 0.07-0.15 اعت .
- 2- ّالدإیشً کـه درصد کـ شتْ تُی ِ 0.15-0.25 اعت .
- 3- ّال دإی ٍتّعظ کربن که دس فـ کـ شتْ تُ ت ی 0.25-0.5 اعت .
- 4- ّالدإی پشکـ شتِ کـه درفـ کـ شتْ تُی ِ 0.5-1.4 اعت .

## عثقه بذی فـ ّالإد تـ اثط ارعیض عاختاس

- 1- ّالدإی پیّتکـ تّئ ذی که درصد کـ شتْ تُی ِ 0.025<%C<0.8 اعت یض اختاس ای فـ الدإت قّست )α+P( اعت .
- 2- ّالدإی تکـ تّئ ذی که درصد کـ شتْ تُ مسٍغاٌی %C=0.8 اعت . یض اختاس ای فـ الدإت قّست 100% پیّت اعت وٌ .
- 3- ّالدإی پشّتکـ تّئ ذی که درفـ کـ شتْ تُ ت ی 0.8<%C<2 اعت فصاص ٍیْه این فـ الدإ عْتیت اعت فیزا مقٍ ٍکٌتیتی پیٌیْ خ اهٌإذ دائ تسی ضاختاس ای فـ الدها اثٌاو P+Fe3C اعت .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

- کیفیت خاص صرفه‌جویی است که به عکس‌ها و اشرافلاص ی اعاختاَ ُ دیگر را احاطه نَ ایذ ٔ إیت آ س ای است که چیی کْذ َ خ ا ث ٍ کلّی کیی کآی اژ ، خ ا ث ٍ کلّی فصل صرینه خو إذ تدّ .

- س فالدای پیّت کت ئی ذ افتضای کیکشت فِ الت ش ٍ قذ السّغث ی پشیت افضٔ دَ ئ ذ ٔ اص ٍ قذ السّغث ش ی ت کاعته می شدّ.
- خ ا ث ٍ کاّی ی فالدإی ی پیّلگی ْ ی طس خ ا ث فاص إی اعاخ تاَ إلتی کی و دْ ذ آ اعت .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# چدُ ِا Cast Irons

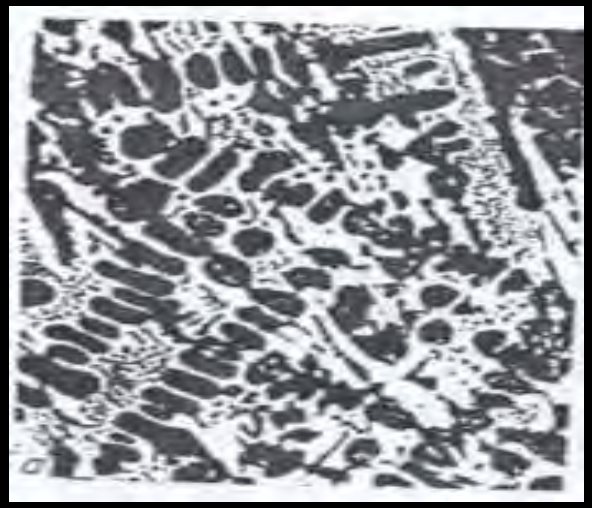
- تکشیف : ته آلیاژهایی از آه ِ ٔکشتِ چ دُ ا الق ٍگشدد که تی 2ی ی 67/6دس فکشتِ داشته باشته عبارت دیگر چ دُ ِآی اژای ی اص إ ٔ کشتِ ِغذ که غ ٍعشد کشد اص ٍغقه ک فاصکتس ّی کذ ٔ ی ا آی ی ازی ِ غتذ که مّق غعش کشد تُحت تحّت کتی قش اس ٍگی شّذ .

## ّا ع چدُ ِا

### 1- چدُ ِای فی ذ White Cast Irons

- در این ای ّع چدُ ِا ت اَ ِکش ت ٍج ّد س چدُ به صّست Fe3C س عّب مٍی کذ ٔ ی چ کشتِ اِص ادگ ش ای ت ( تّج ّد نمّی آی ذ . ٍق غغ ی کسته شد ذ ای نوّع چ دن دُ ِا ف ی ق ّش ٓ ای س ّگ اعت .

# آاّعچدُ ٕای عفیذ اصّقطهّظش ٍقاعٍیغکشٔعکپی



- ایف( چدُ ٕاعفیٕنپیٔتکیتکی :سفذ کشتِ ایٕ چدُ ٕتای ِ 2<%C<43 اعت یسض عاخاس ایٕ چدّا ٔیٕاو P+led اعت.

- ب( چدّإیعفیٕنیٔتکیتکی :دس ایٕ ّع چدّإدسفکش تِغ أی 4.3% اعت یسض عاخاس ایٕ چدُ ٔیٕاو 100% led (P+Fe3C) اعت .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

- ج) چدُ ای فیشذیّت کتی کی :
دس ایِّع چ دُ إ فسذ کشت ِ
تٍای ِ 4.3<%C<6.67 ٍی
تائذسضع اختاسای ِ چدّا ئ اٍو
(Fe3C + led) اعت . ئکو
(c)( فطصٍینه در هر سه نّع
چُ عفی ذ قّ Fe3C اعت .

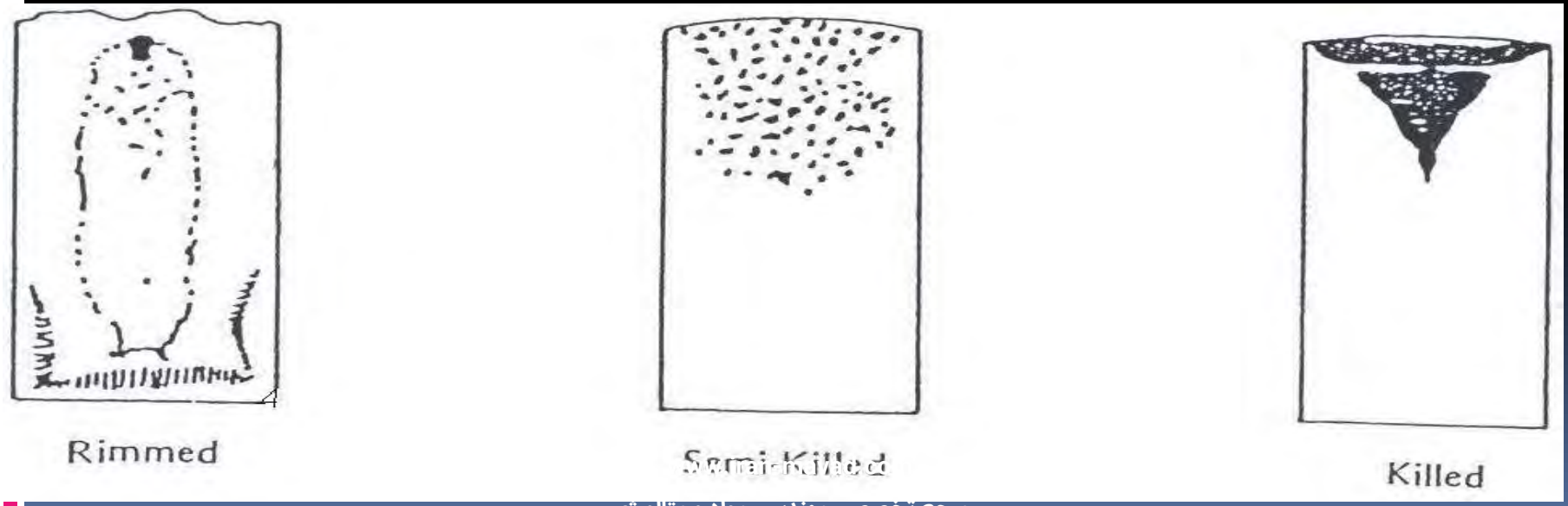
- توجه :اگش چ دُ ٍزات ی ٍحتّی Mn تالا و Si لپیتاِئذ ٔ عشد کشد ُ
عٔشی عّجاً گیشد دس ای فّست عاختاسٍتَو ته چدُعی ذ خ إّذ
تّد .

# انواع فولاد از نظر میزان ناخالصی اکسیژن

در مرحله حذف کربن وگوگرد در فولاد سازی درصد قابل توجهی گاز به ویژه اکسیژن در داخل مذاب باقی می مانند که قبل از ریخته گری نسبت به حذف آنان می بایست اقدام نمود. بر اساس میزان اکسیژن زدایی شمشهای فولادی، آنها را به سه دسته می توان تقسیم نمود:

۱- **نا آرام** (rimmed): اکسیژن زدایی نمی شوند که در نتیجه حفرات ایجاد شده به ویژه در حلقه میانی شمش بالا می رود. از اینها در ساخت سیم جوش و مغزه الکترود استفاده می شود.

۲- **نیمه آرام** (semi killed): با فرو سیسلیس گاززدایی می شوند. حفرات باقی مانده در مرکز شمش مجتمع می شوند. از اینها در ساخت ورق فولادهای ساده کربنی کم ضخامت و با کربن کمتر از ۰/۳ ٪ استفاده می شود.



۳- آرام (killed): با کمک گاز آرگون، نیتروژن ویا توسط آلومینیم وتیتانیم تقریبا تمامی گازهای موجود و درنتیجه آن حفرات ازبین می رود. در این حالت برخلاف دو حالت قبل انقباض ایجاد قابل جبران نبوده و به دلیل انجماد جهت دار در مرکز وانتهای شمش نایچه (pipe)، ایجاد می گردد. از اینها در ساخت ورق فولادهای ساده کربنی ضخیم با کربن کمتر از ۰/۳٪، فولادهای با کربن بالا، کم آلیاژی و پرآلیاژی استفاده می شود.

# گروه بندی فولادها

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# تعریف فولاد

۱- تعریف علمی:

به آلیاژ آهن و کربن، فولاد گفته می شود.

۲- تعریف صنعتی:

آلیاژی است از آهن و کربن که حداقل چهار عنصر فسفر، گوگرد، سیلیسیم و منگنز به عنوان عنصر همراه، همواره در آن وجود دارند.

**استانداردهای معروف کد بندی فولاد عبارتند از:**

1-AISI / SAE (ترکیب شیمیایی)

2-ASTM / ASME (ترکیب شیمیایی، شکل، روش ساخت و...)

3-DIN (کاربرد)

# گروه بندی بر اساس استاندارد AISI / SAE

۱- درصد عناصر آلیاژی =۰ (ساده کربنی- plain carbon steel )

۲- درصد عناصر آلیاژی کاربیدزا ≥۱ ( میکرو آلیاژی- micro alloy steel)

۳- ۱> درصد عناصر آلیاژی ≥ ۵ (کم آلیاژی- low alloy steel)

٤- ۵> درصد عناصر آلیاژی ≥۵۰ (پر آلیاژی – high alloy steel)

# اصول کد گذاری در استاندارد AISI / SAE

۱- ساده کربنی وکم آلیاژی: 1 2 3 4

2= group type 3 4 = %c×100

۲- ابزاری: A 1 2

A= group type 1 2= alloy elements content

۳- زنگ نزن: 1 2 3

= group type 2 3= alloy elements content

www.iran-mavad.com

مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# فولادهای ساده کربنی وکم آلیاژی:

| First Digit - Major Class | |
|---|---|
| 1 | Carbon Steel |
| 2 | Nickel Steel |
| 3 | Nickel-Chromium Steel |
| 4 | Molybdenum Steel |
| 5 | Chromium Steel (not stainless) |
| 6 | Chromium-Vanadium Steel |
| 7 | Tungsten-Chromium Steel |
| 8 | Nickel-Chromium-Molybdenum Steel |
| 9 | Silicon-Manganese and Other Complex Steels |

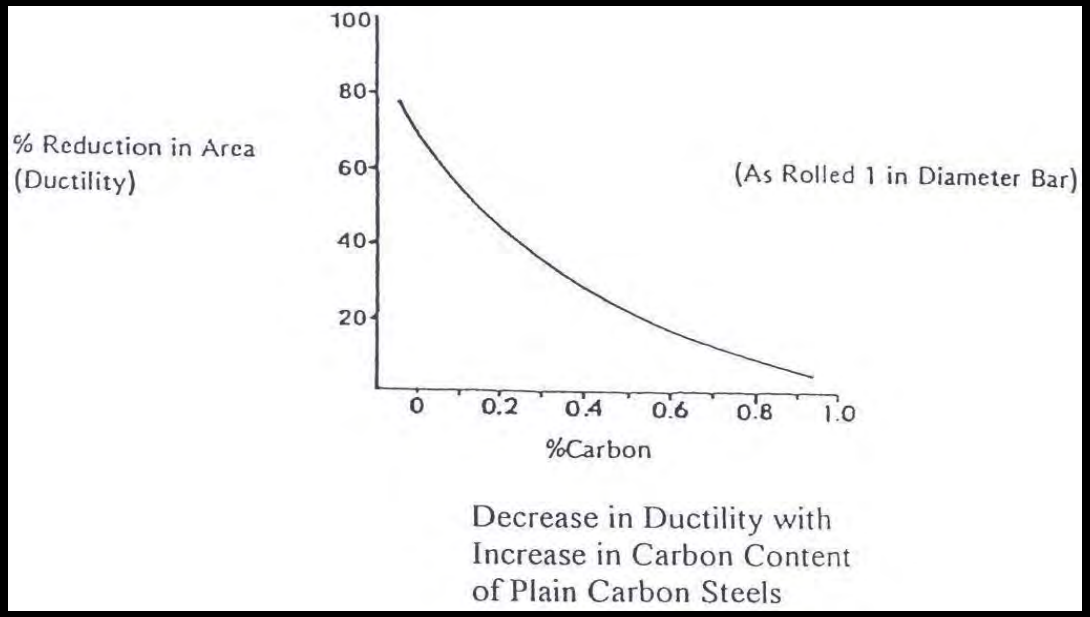
# انواع فولاد ساده کربنی

۱- درصد کربن ≤ ۰/۱ (کم کربن - low carbon steel )

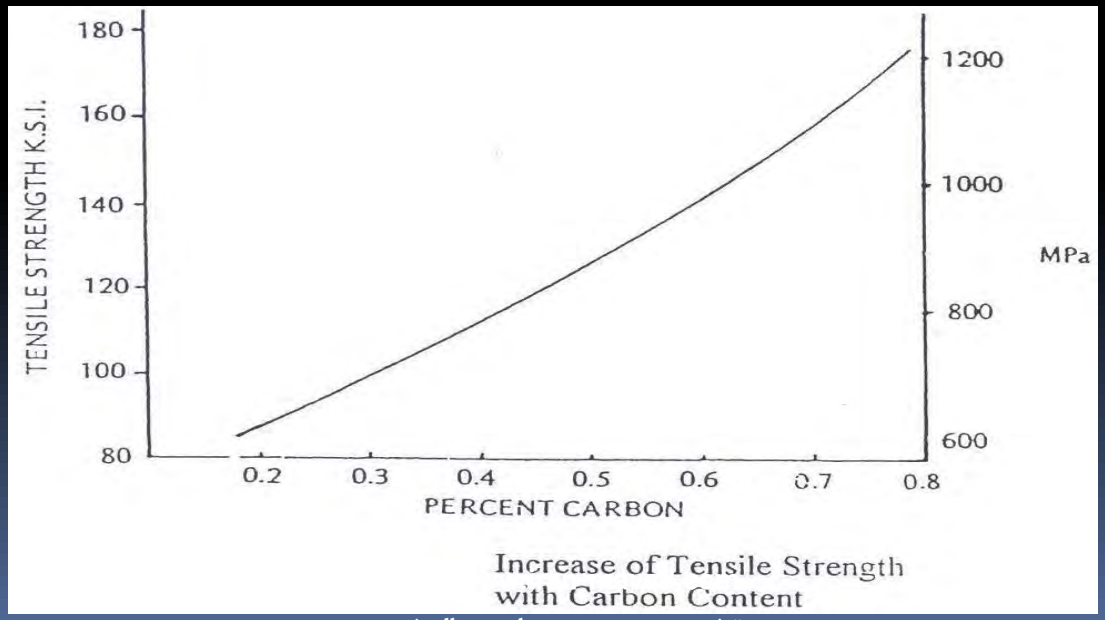
۲- ۰/۱< درصد کربن < ۰/۳ ( نرم (کربنی) - mild steel)

۳- ۰/۳ < درصد کربن < ۰/٦ (کربن متوسط - medium carbon steel)

٤- ۰/٦≤ درصد کربن ≤۱/۷ (پر کربن – high carbon steel)




Decrease in Ductility with Increase in Carbon Content of Plain Carbon Steels




Increase of Tensile Strength with Carbon Content

| Carbon Content % | Typical Uses |
|---|---|
| 0.05 - 0.15 | Sheet steel products, nails, tubing |
| 0.15 - 0.30 | Structural steel plates, forgings, screws |
| 0.30 - 0.50 | Crankshaft forgings, gears, axles |
| 0.50 - 0.80 | Rails, drop-forging dies, leaf springs, cold chisels, hammer, band saws |
| 0.80 - 1.0 | Coil springs, punches, dies |
| 1.0 - 1.2 | Twist drills, taps and dies, lathe tools |
| 1.2 - 1.4 | Files, razors, ball races |

Applications of Carbon Steels

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# انواع فولاد کم آلیاژی

| Sub-Classes | |
|---|---|
| 10 | Plain Carbon |
| 11 | Plain Carbon Resulphurized |
| 12 | Plain Carbon Resulphurized and Rephosphorized |
| 13 | Plain Carbon with Additional Manganese |
| 21 | 1% Nickel |
| 23 | 3.5% Nickel |
| 25 | 3% Nickel |
| 31 | 1.25% Nickel - 0.65% Chromium |
| 33 | 3.5% Nickel - 1.55% Chromium |
| 40 | 0.25% Molybdenum |
| 41 | Chromium-Molybdenum |
| 43, 47 | Nickel-Chromium-Molybdenum |
| 46, 48 | Nickel-Molybdenum |
| 50 | Low Chromium |
| 51 | 1% Chromium |
| 61 | Chromium-Vanadium |
| 81, 86, 87, 88 | Nickel-Chromium-Molybdenum |
| 92 | 0.85% Manganese - 2 % Silicon |
| 93 | Nickel-Chromium-Molybdenum |

# انواع فولاد ابزاری

| Group | | Letter symbol |
|---|---|---|
| 1. | Water-hardening tool steels | W |
| 2. | Shock-resistant tool steels | S |
| 3. | Cold-work tool steels | |
| | Oil-hardening | O |
| | Medium alloy, air-hardening | A |
| | High carbon, high chromium | D |
| 4. | Hot-work tool steels | H |
| | Chromium type | H1 to H19 |
| | Tungsten type | H20 to H39 |
| | Molybdenum type | H40 to H59 |
| 5. | High-speed tool steels | |
| | Tungsten type | T |
| | Molybdenum type | M |
| 6. | Special-purpose tool steels | |
| | Low alloy | L |
| 7. | Mold tool steels | P |

# انواع فولاد زنگ نزن

۱- آستنیتی:

۲۰۰= منگنزدار

۳۰۰= نیکل دار

۲- فریتی : ٤۰۰

۳- مارتنزیتی: ٤۰۰

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# گروه بندی بر اساس استاندارد
# ASTM / ASME

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# گروه بندی بر اساس  استاندارد

# DIN

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

۱- فولادهای کربوره- نیتروره- اتومات

۲- فولادهای  بهسازی - بلبرینگ

۳- فولادهای فنر– سخت کاری سطحی- اکستروژن سرد

٤- فولادهای چقرمه سرد - مخازن هیدروژناسیون تحَت فشار- فولادهای ساختمانی مقاوم به حرارت بالا

٥- فولادهای ساختمانی (دانه ریز - مقاوم به آب و هوا)

٦- فولادهای  ابزاری غیر آلیاژی - تندبر

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

۷- فولادهای ابزاری سرد کار

۸- فولادهای ابزاری گرم کار

۹- فولادهای سوپاپ - مقاوم به دمای بالا

۱۰- فولادهای نگیر- نسوز

۱۱- فولادهای  زنگ نزن

۱۲- فولادهای ریختگی زنگ نزن

www.iran-mavad.com

مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

# عیغتٌ إ ـ کشتاِپّیاذاس
# Metstable Fe-C Phase diagram

- سدای دیاگشاً ت کِیشت ِ ِجْ دْسد آیی اژ تقْسْت Fe3C س عْب ٍ ی کْذ اصاآئی که Fe3C ی کاص پّاایذا ت دْ ٔ دس ٍ حذْدْ دٍای 900 ی ی 950 درجّه سی گشتاجضی به گشدد ی زا به این دیاگرا ً، دیاگشاً إ ِ ـ کشتِپّاایذاس ٍ ی گْیْذ اِا خْتْخْتانه در شرایط کاس ی ٍ کِپّی ی ٔ ٍ ْذ ٍ عی ْغَیت به سهولت جضی ه شده و از نقطه نظر صنعتی تقْسْت ی کاص پّاایذاس ٍ ح غْعی کْوَ ّ ی کْذ .

# عیغتُکِشتِ پایلس
# Stable Fe-C phase diagram

- سِ ای عیغتُت َاِیکشتِ ٍ ّج دّسیاز تقّگشافیت(G) س عّب یٍ کْذسِصعاخت اس چدّاکخغتشی تلشفیت ُسقه اف)ِیغی(ات صٍیِهفاشیتفشتیپشیپیَیتیِهتی ة س ائکاه(a,b) ًیَاداًّ ئًّ اعت .

# 2- چدّ اخاکغتشی
# Gray Cast Irons

- دس ایِّع چدُ إ تَاِی ی ا قغَت کُّظکشتِ تقّستآصادگاشی(ت)
س عّ ی کِْذ ِقغغ ئکغته شذ ایِ ّع چدُإخاکغتشی سّگ اعت .

- دس عیغ تٌ آ ِ کشتپِای ذارت کِیشتِ ت قتّسگشافیت ظاِس ِی ئذ
اگش چ دُ ِزاب دسای Si االتش Mn ٔپیِ تائذ ٔ عشکّت انجماد آهسته
تش تائذ چدُ تقّستخاکغتشی حاف و خّ إذ ئذ .

# ا ّ عا چذخاکٌإعتشی اص ی حاکٔیگشلافی ت

1چدُ خاکغتشیگشلافیت ورقه ای اغی یا پّیکگیش) دس جائی چ دُ
اکخغتشی رکش ئدٍ ْظّس ٍَی چدُ اعت( .

2چدُ خاکغتشیگشلافیتکشٔی یا بچکتیوی ای SG ٔ ی ا چدُ ّتکِ :
دس ای ّ ع چگُلشافیت اٌکوکشٓ اتپّشغثتا ً ْظٌّظإشٍی
گشدّذ ای چدُإسلتطافه کردن Mg به ٍزا ب تقسّیلٍ آفشٔعیییکّ
ٍْیضی ٌ )Fe – Si – Mg( ٍتّئذٍ ی کْذ . از امتیازات برجسته این نو ع چدُ
إ خاٗث ٍکّلعکخییی خ ّب أقو سقبل فاّل آٍت تا إکشتْی اعت ؛
دس ضٍَ ای چدٕ اص ٓکفغاپزشّغثتاالیتشخّسدلسإغتْذ .

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

- 3- چڎاخاکتغشی گشافیت کیّخه ای یا شکوفه ای یا چکپ خ ڵس :

- ای ّع چڎ ا اص چڎ افیعذ تحتکَییاتحشراتی اشضآ کشد ُ اخته می ئ ّدس ای حایتتاغتیعکپی ئ ّد که چدن در وهله اٌمخته گش تقّست کاالعًفیذ ٍجگشدد . در مرحله دوم چڎ سا به مدت چل ئ ثاّه ٌص دس دٍای ح ذٌذ 900ی ی 950 درجه تیاگشاحشاست دا دَ ٍاچڎیثو تّیی ذی کٌذس اثتای ای کَییات FCC ٍج ّد س چڎیعذ تخضیه گوشافیت ئ کوفه ای یا کلوخه ای اص اٌس عّ ب ٍی کٌذ .

# آلاع صینه ها در چدنهای کاغذی

- 1- صینه فتی: یک صینه فتی سی یک چدن کاغذی گشاف ورقه ای است.
- 2- صینه فتی پشیتی: یک صینه فتی پشیتی سی یک چدن کاغذی تشگاف ورقه ای است.
- 3- صینه پشیتی: یک صینه پرلیتی در یک چدن کاغذی گشاف ورقه ای است.

- لازم به ذکر است که اخیراً چدن داکتیوس تا اکتاک کوحش است یعنی به آشتمپکشدن تا یک صینه بیتی «بیتذ» آذ که این چدنها به چدنهای ADI (Austempered Ductile Iron) مشهور است. خواص کاتیک تغییرات شجاعت و استقامت تا خواص فالدای کاتیاژی و مقاومت آلیاژی تشخیص داده شده است.