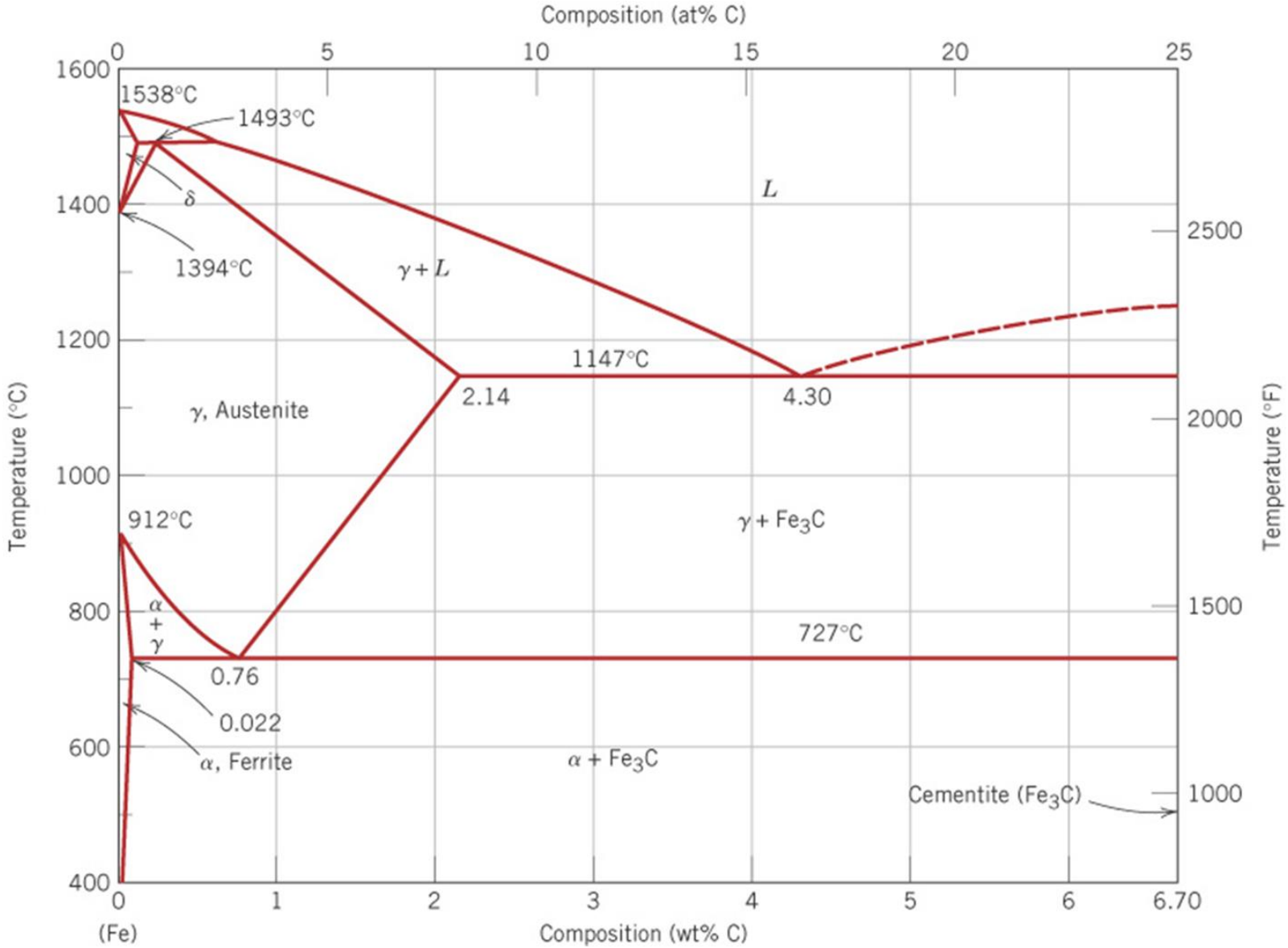
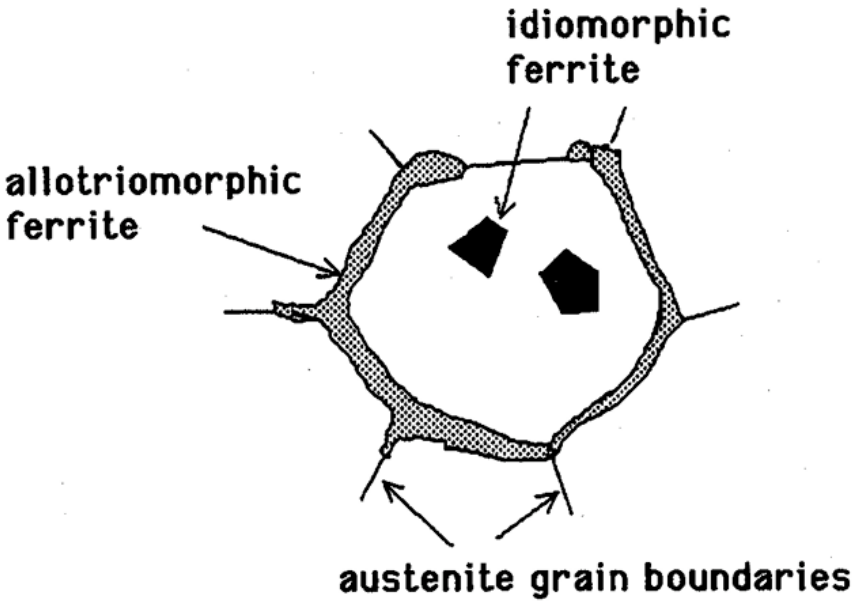
خواص فیزیکی ۲

تحولات نفوذی و غیر نفوذی

دیاگرام تعادلی آهن-کربن



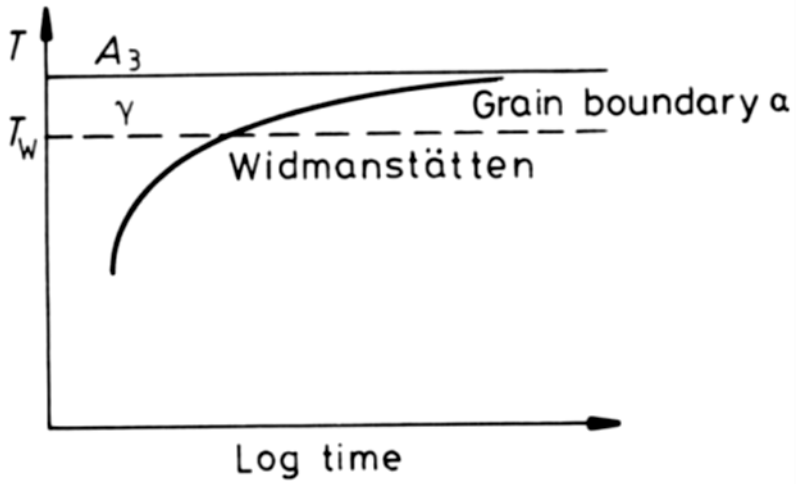
تشکیل فریت Ferrite Formation



با توجه به سد جوانه زنی بالای فریت از آستنیت این فاز معمولا بصورت غیر همگن یعنی در مرز دانه های آستنیت جوانه زنی می کند بدلیل اینکه ساختار ظاهری و بیرونی این دانه فریت با شکل کریستال و بلورین شابهت ندارد به آن فریت آلوتریمورف (GBAF) می گویند.

در مقابل فریت هایی که بصورت همگن درون دانه آستنیتی می توانند جوانه بزنند دارای مشابهت با شکل کریستالی خو هستند و صفحات عمود بر هم دارند که به این نوع فریت آدیومورفیک گویند.

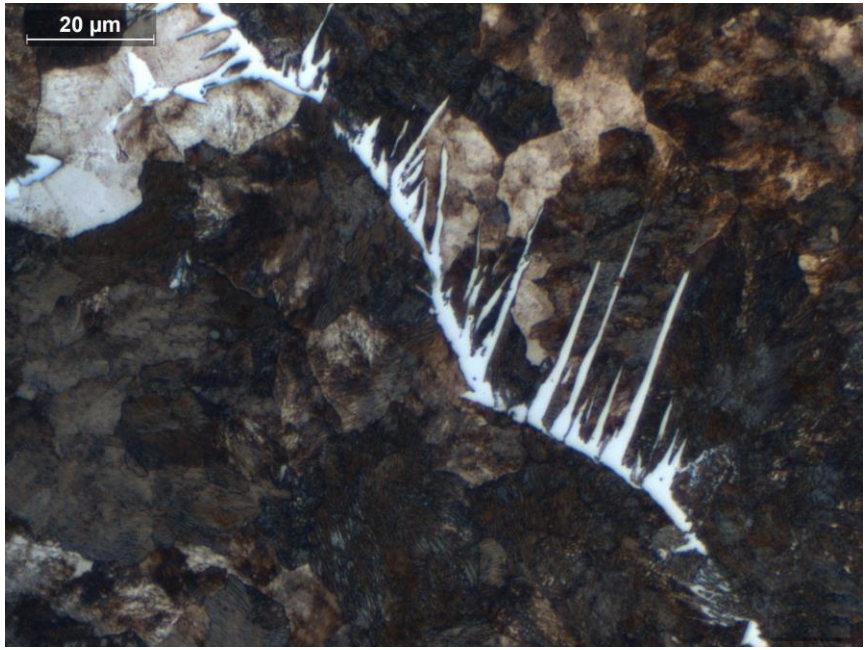
فریت ویدمن اشتاتن Widmanstatten Ferrite

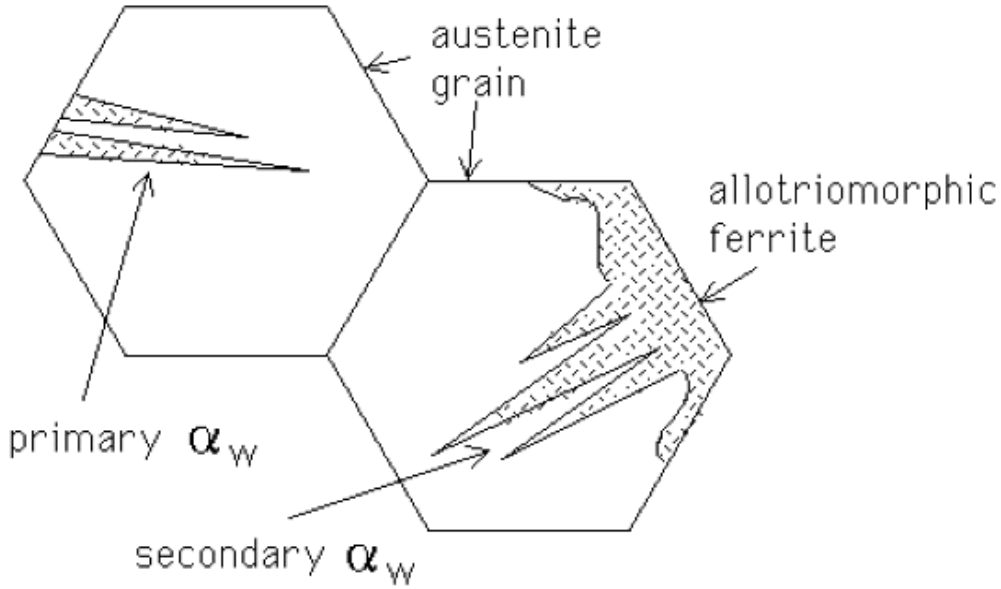


با افزایش سرعت سرد کردن نوع دیگری از فریت به نام ویدمن اشتاتن تشکیل می شود. این ساختار با آستنیت زمینه فصل مشترک شبه همدوس دارد.

$\{110\}_\alpha \parallel \{111\}_\gamma$

فریت ویدمن‌اشتاتن اولیه مستقیماً از سطح دانه‌های اوستنیت جوانه‌زده و رشد می‌کند ولی فریت ویدمن‌اشتاتن ثانویه از فریت آلوتریومورفیک موجود در ساختار حاصل می‌شود.





Pearlite پرلیت

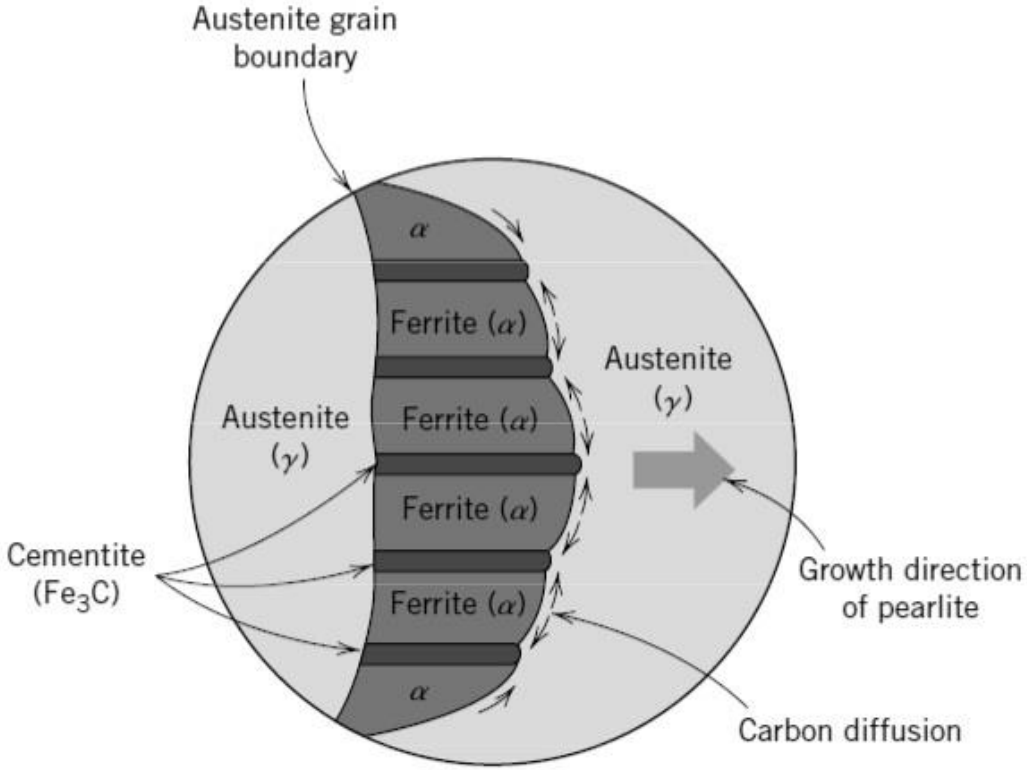
به ترکیب سمنتیت و فریت حاصل از سرد کردن تعادلی آستنیت پرلیت گویند. این فاز در زیر میکروسکوپ به صورت لایه لایه (همانند اثر انگشت) دیده می‌شود. در این ریزساختار لایه‌ها یک در میان به صورت سمنتیت و فریت هستند.

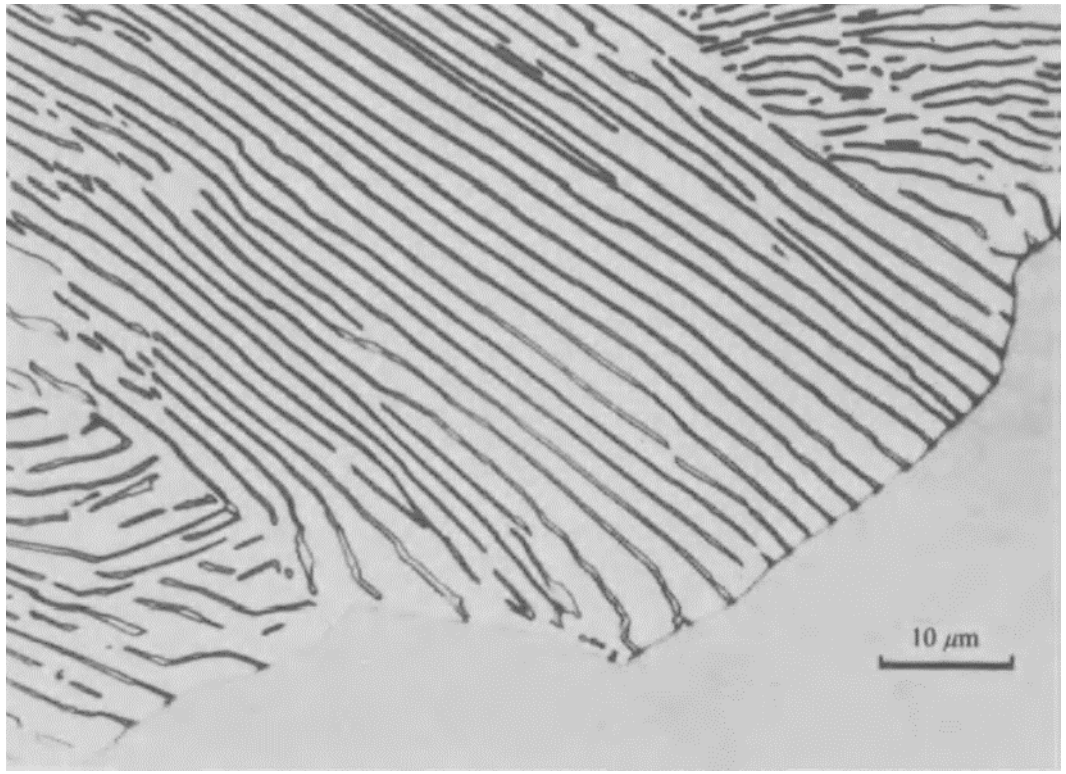
به عبارت دیگر پرلیت به مخلوط یوتکتوئیدی فریت و سمنتیت گفته می‌شود.

$$\text{austenite} \rightarrow \text{ferrite+cementite}$$

$$\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$$

100 wt% = 87.5 wt% + 12.5 wt%





پرلیت درشت Coarse Pearlite

پرلیت ریز Fine Pearlite

Microstructure of Pearlite

پرلیت درشت یا زبر یا خشن

در سرعت سرد کردن آهسته تر تشکیل می شود

فاصله لایه های فریتی و سمانتیت و ضخامت آنها بیشتر است.

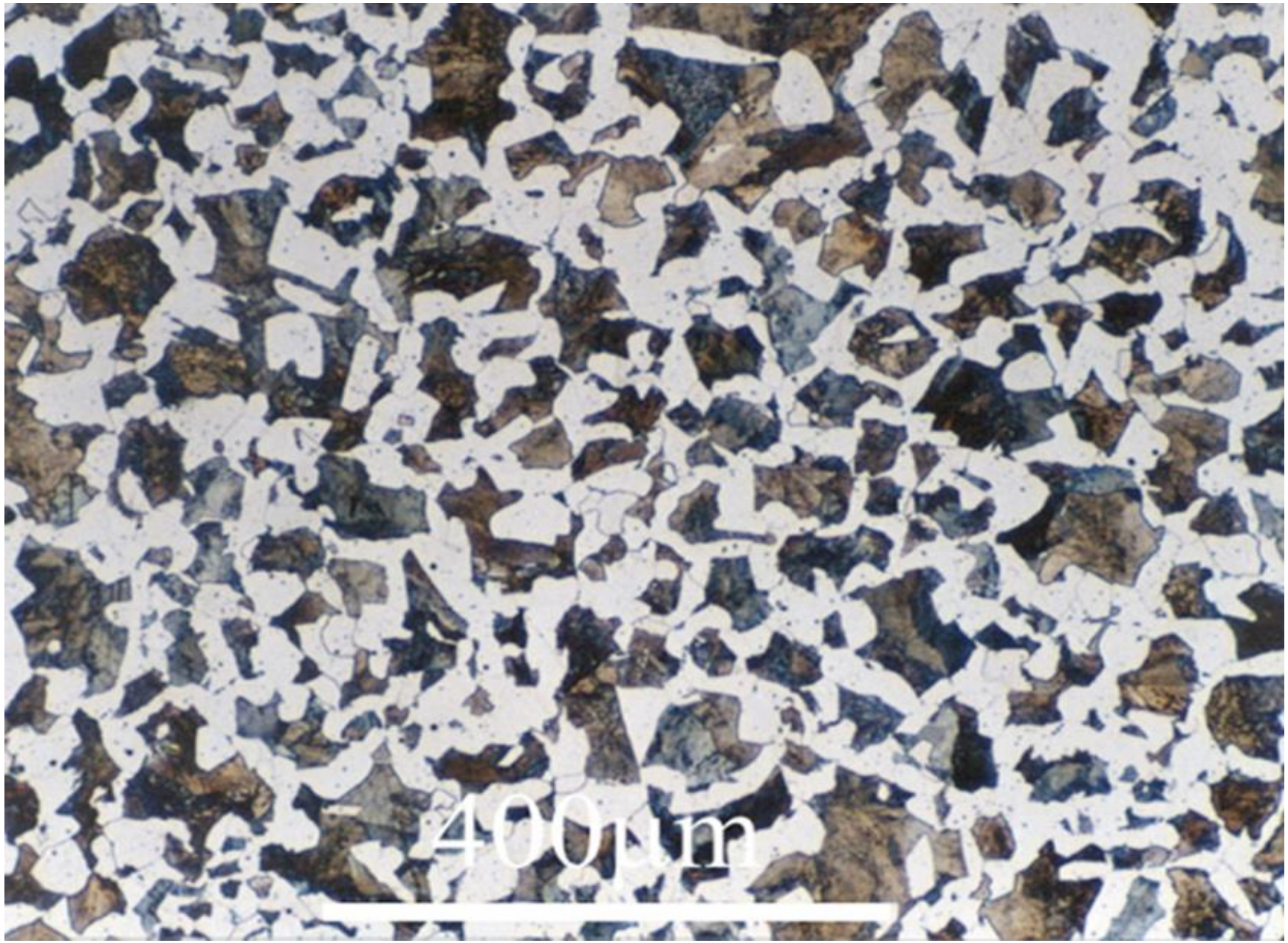
دارای داکتیلیتی و سختی کمتری هستند.

پرلیت ریز یا نرم یا فاین

در سرعت سرد کردن بیشتر تشکیل می شود.

فاصله لایه های فریتی و سمانتیتی و ضخامت آنها کمتر است.

میکروساختار ظریف تر با استحکام و سختی بیشتر دارند.

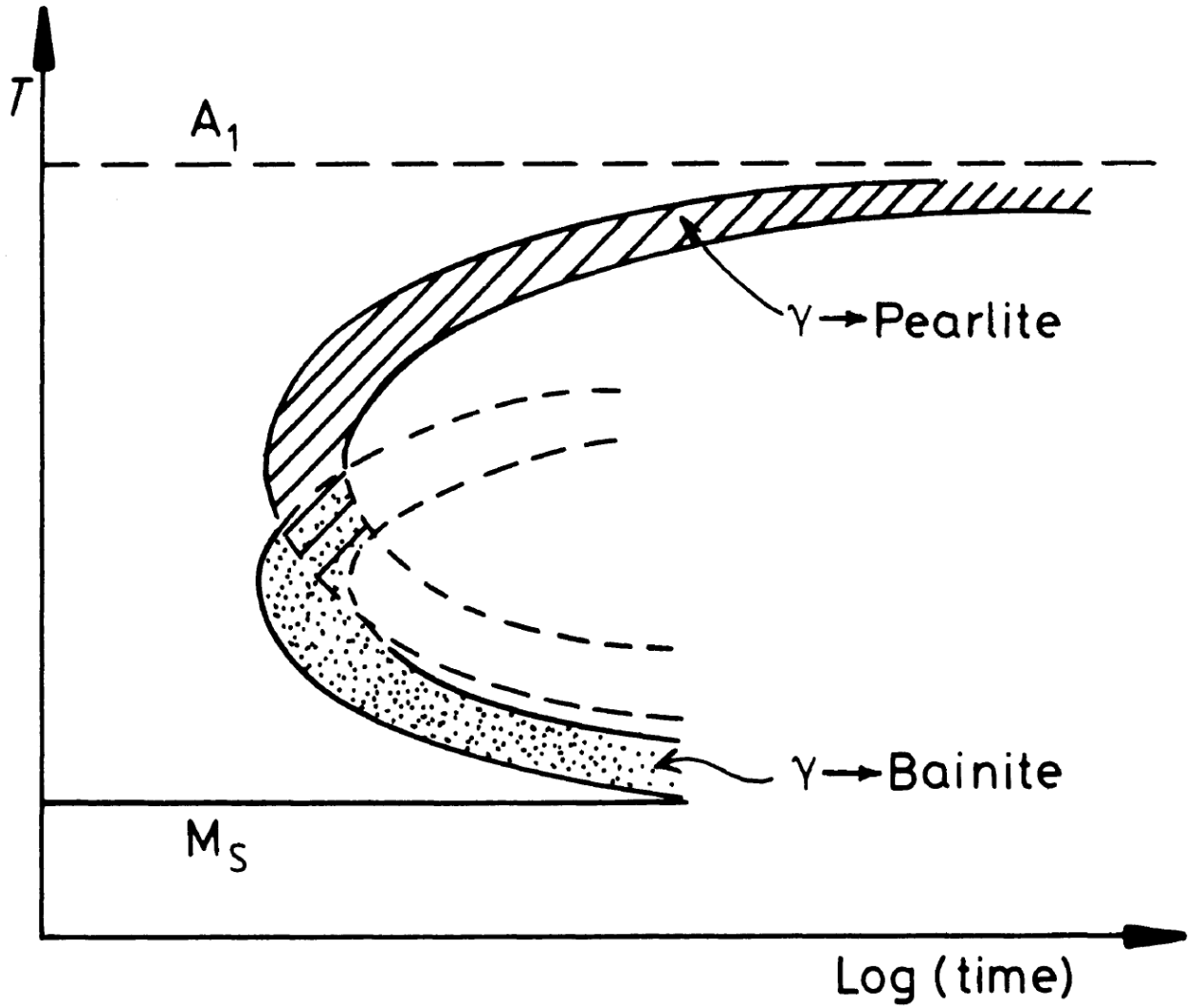

400 µm

باینایت Bainite

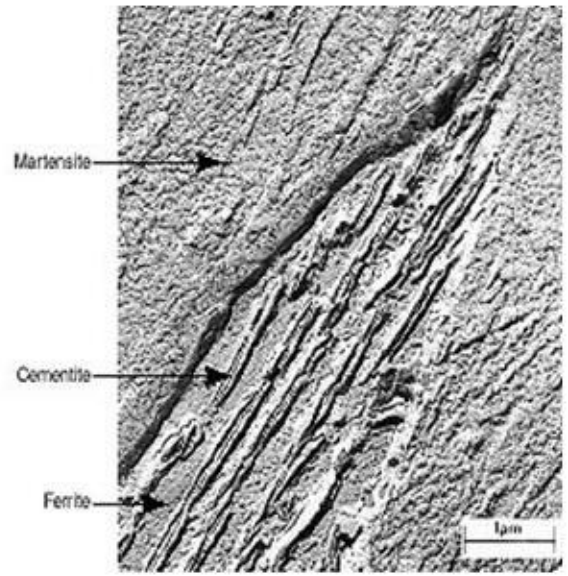
در سرعت های سرد کردن بالاتر به جای تشکیل پرلیت باینایت تشکیل می شود.

- ✓ از جمله مشخصه های عمده دگرگونی بینیتی که مطالعه آن را مشکل نموده طبیعت دوگانه آن است.
- ✓ دگرگونی بینیت از بعضی جنبه ها شبیه به دگرگونی پرلیتی و از برخی جنبه ها مشابه دگرگونی مارتنزیتی است.
- ✓ همانند پرلیت، محصول دگرگونی بینیتی که بینیت نام دارد یک فاز نیست بلکه مخلوطی از دو فاز فریت و سمنتیت است.
- ✓ بنابراین، دگرگونی بینیتی نیاز به تغییر ترکیب شیمیایی دارد و در نتیجه برای انجام آن نفوذ کربن لازم است.

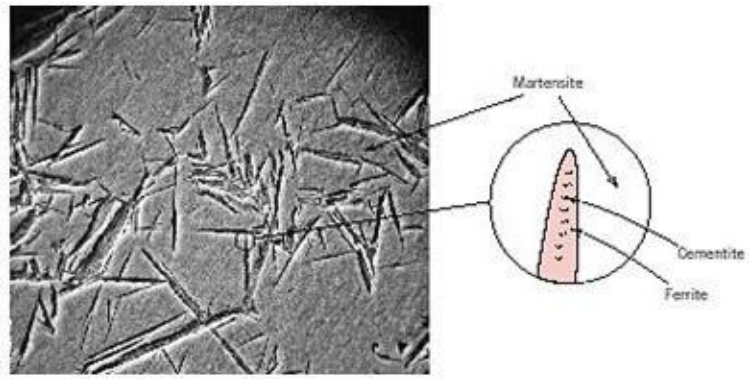
- ✓ برخلاف پرلیت، محصول حاصل از دگرگونی بینیتی شامل لایه های متناوب فریت و سمنتیت نیست.
- ✓ پرلیت در تمام جهات با آهنگ یکسان رشد و سرانجام به شکل کروی در می آید، در حالی که بینیت به صورت صفحه ای رشد می‌کند(که از جمله مشخصه‌های ویژه دگرگونی مارتنزیتی است) .
- ✓ در نمونه‌های متالوگرافی شده، بینیت به صورت سوزنی شکل (مشابه مارتنزیت) ظاهر می‌شود. همچنین، تشکیل صفحات بینیت همراه با اعوجاج سطحی است. بنابراین، احتمال زیاد می‌رود که تشکیل صفحات بینیتی شامل برش شبکه‌ای باشد.



Upper bainite

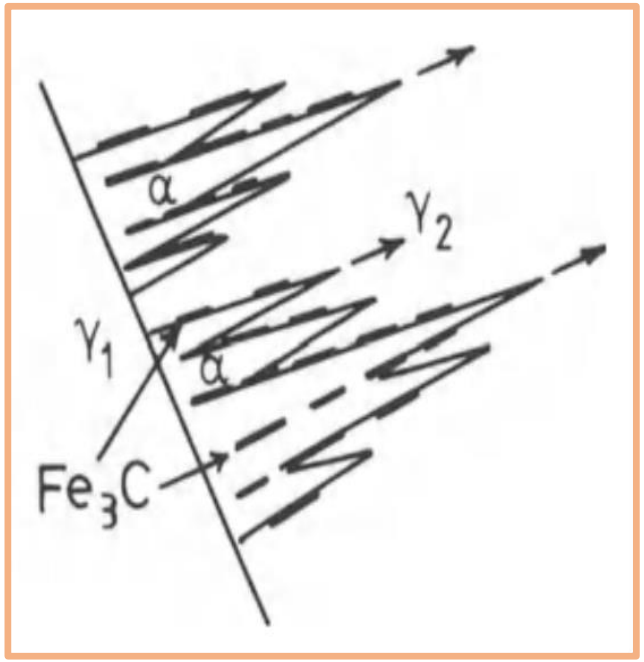


Lower bainite



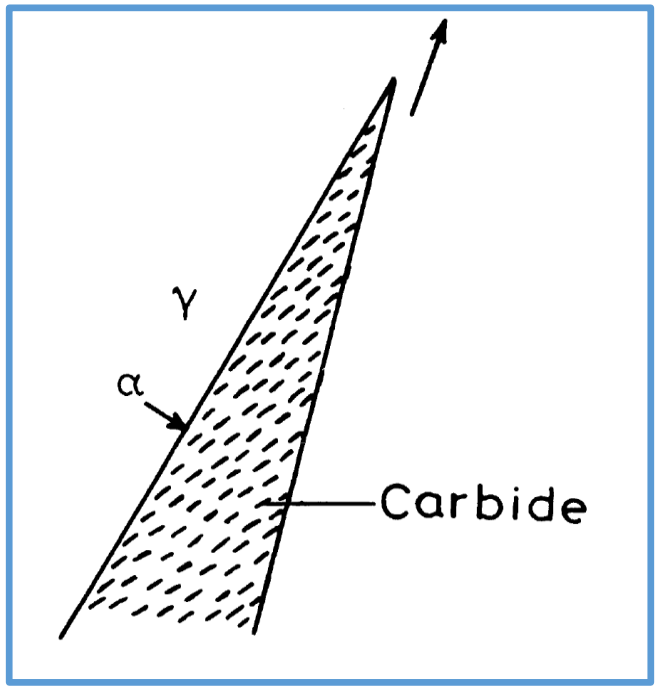
بایینایت بالایی Upper Bainite

- ✓ ظاهر پرشکل بینیت که از جمله مشخصه‌های ویژه و مهم بینیت بالایی است. فریت آن مشابه ویدمن اشتاتن است.
- ✓ اولین مرحله تشکیل بینیت بالایی، تشکیل صفحاتی از فریت است که در مقیاس کوچکتر کاملا شبیه به صفحات فریت ویدمن اشتاتن است.
- ✓ صفحات فریت می‌توانند در مرز دانه های آستنیت اولیه و یا در داخل دانه ها به وجود آیند.
- ✓ با رشد فریت و خروج کربن از آن آستنیت باقیمانده از کربن اشباع شده و در نتیجه سمنتیت در فصل مشترک فریت - آستنیت جوانه می زند.
- ✓ در پایان دگرگونی همدما، میکروساختار زمینه فریتی است که ذرات ریز سمنتیت در مرزهای فرعی و در جهت طولی رسوب کرده‌اند

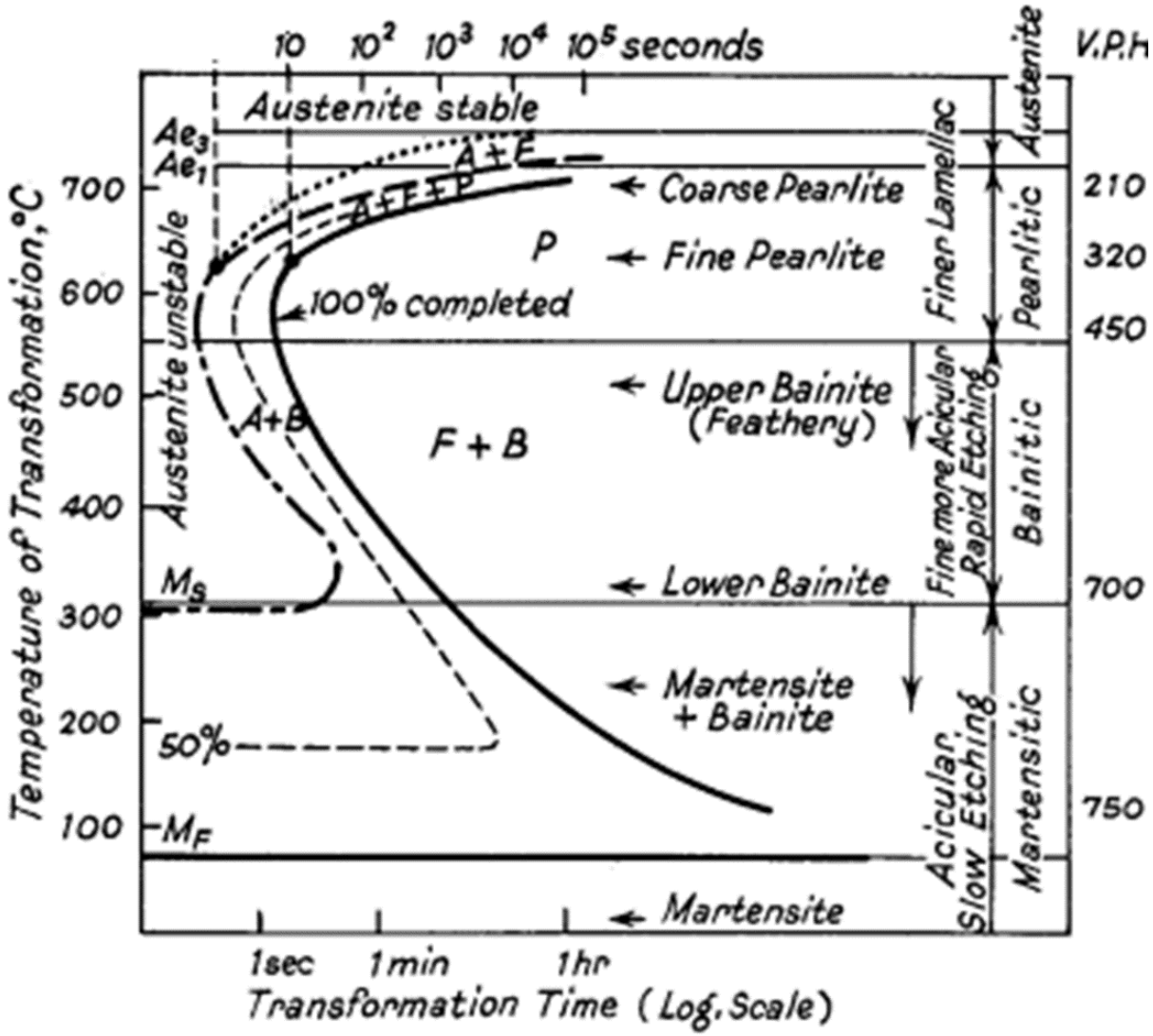


بایِنایت پایینی Lower Bainite

- ✓ از جمله مشخصه‌های ویژه بینیت پایینی ظاهر سوزنی شکل آن است. فریت آن ظاهر عدسی دارد.
- ✓ همانند بینیت بالایی در اینجا نیز اولین مرحله به وجود آمدن صفحات فریت از آستنیت است.
- ✓ از آنجایی که نفوذ کربن در گستره دمایی تشکیل بینیت پایینی کم است، صفحات فریت بسیار نازک‌اند.
- ✓ با رشد فریت، کربن در فصل مشترک های تیغه های فریت و آستنیت جمع شده و به حالت فوق اشباع رسید، سمنتیت تشکیل می‌شود.
- ✓ برخلاف بینیت بالایی، سمنتیت با صفحات فریت تحت زاویه ی ۵۵ درجه با محور طولی صفحات فریت تشکیل می‌شود.



Time-Temperature-Transformation (TTT) diagrams



مشخصه های استحاله مارتنزیتی

- این استحاله چون سریع انجام می شود فرصت کافی برای نفوذ وجود ندارد و بدون نفوذ است.
- استحاله در دمای M_s شروع می شود و در دمای M_f خاتمه می یابد.
- واکنش به زمان وابسته نیست و به دما وابسته است.
- پایین تر آمدن دما M_s یعنی بیشتر شدن مارتنزیت.
- مقدار مارتنزیت تشکیل شده با کاهش دما رابطه خطی ندارد.
- دمای M_s تابعی از ترکیب شیمیایی(مقدار کربن) است و تابع سرعت سرد کردن نیست.
- دمای M_s را با متالوگرافی- اندازه گیری حجمی و یا برخی خواص فیزیکی می توان تعیین نمود.
- طی تشکیل مارتنزیت حجم زیاد می شود زیرا مارتنزیت مشابه فریت است.
- سختی مارتنزیت به مقدار کربن وابسته است و با افزایش کربن میزان سختی افزایش می یابد.
- استحاله مارتنزیتی برگشت پذیر نیست یعنی با افزایش دما به فازهای مرحله قبل بر نمی گردد مگر اینکه به بالای دمای A_1 برویم.

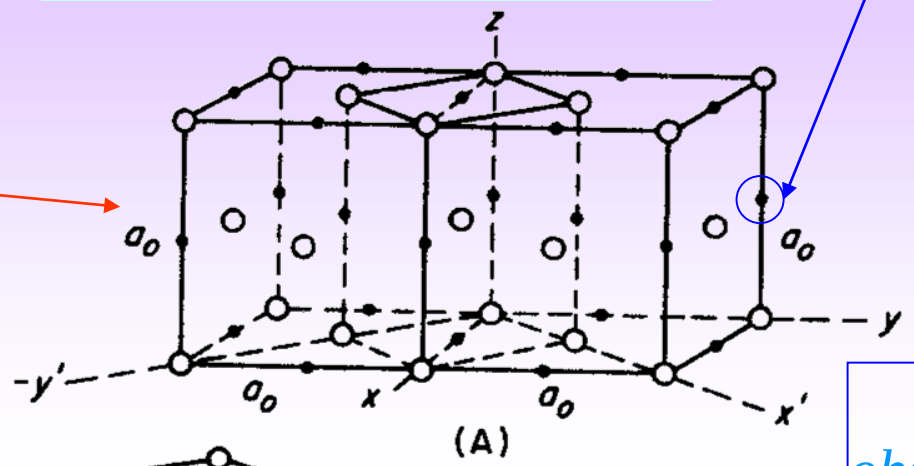
Martensite

$$\gamma\,(FCC)\ 0.8\,\%C \xrightarrow{\text{Quench}} \alpha'\,(BCT)\ 0.8\,\%C$$

Possible positions of Carbon atoms

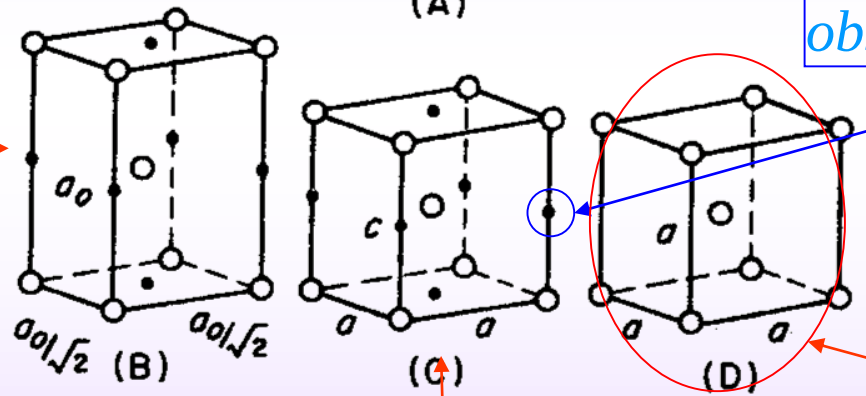
Only a fraction of the sites occupied

FCC Austenite



C along the c-axis obstructs the contraction

FCC Austenite Alternate choice of Cell



20% contraction of *c-axis*

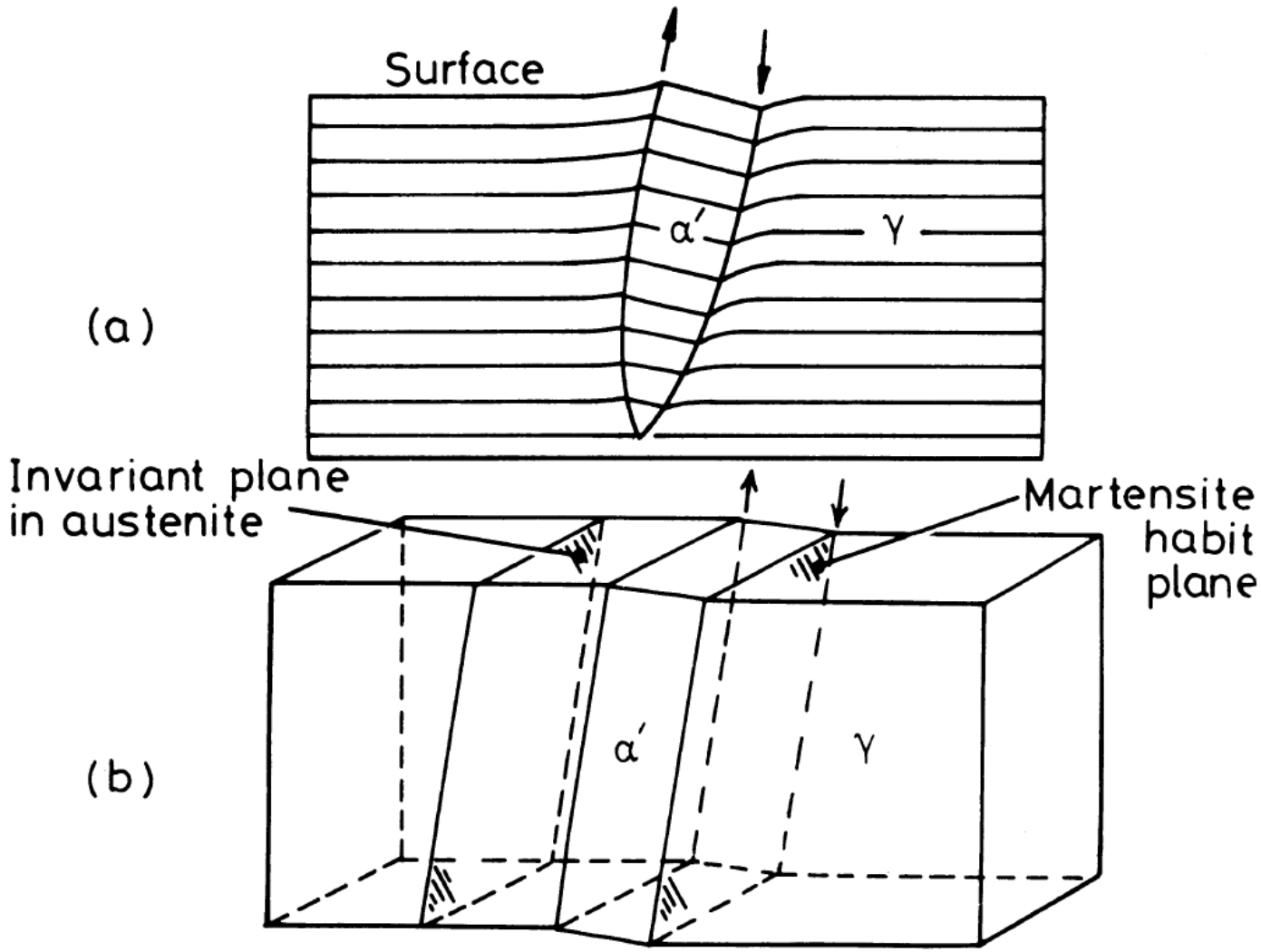
12% expansion of *a-axis*

Tetragonal Martensite

In Pure Fe after the Matensitic transformation

$c = a$

Austenite to Martensite → 4.3 % volume increase


Surface
α′
γ
(a)
Invariant plane
in austenite
Martensite
habit
plane
α′
γ
(b)

اثر مقدار کربن در نوع مارتنزیت تشکیل شده موثر است.

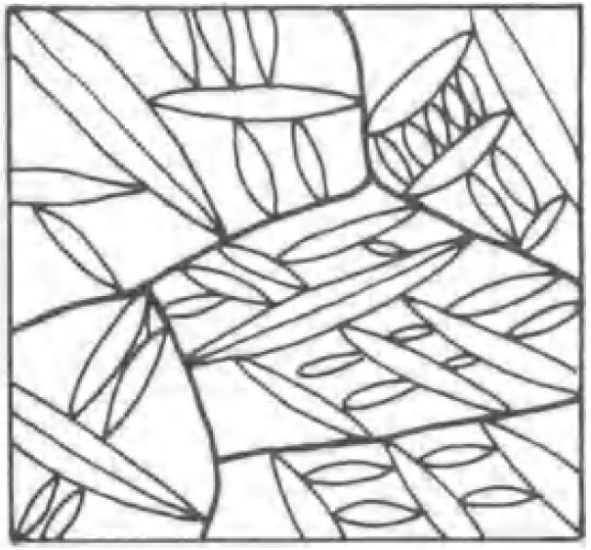
For 0–0.6% *carbon* the *Martensite* has the appearance of *lath.*

For steel greater than 1% *carbon* it will form a *plate* like.

اثر دما در مقدار مارتنزیت تشکیل شده موثر است.

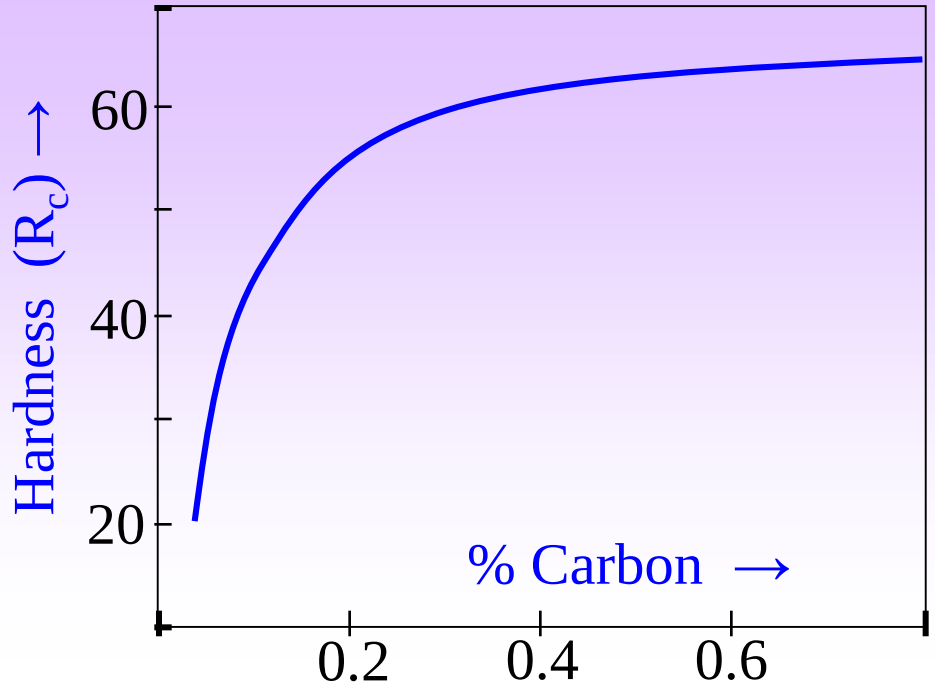
M_s-T_1 < M_s-T_2

T_1



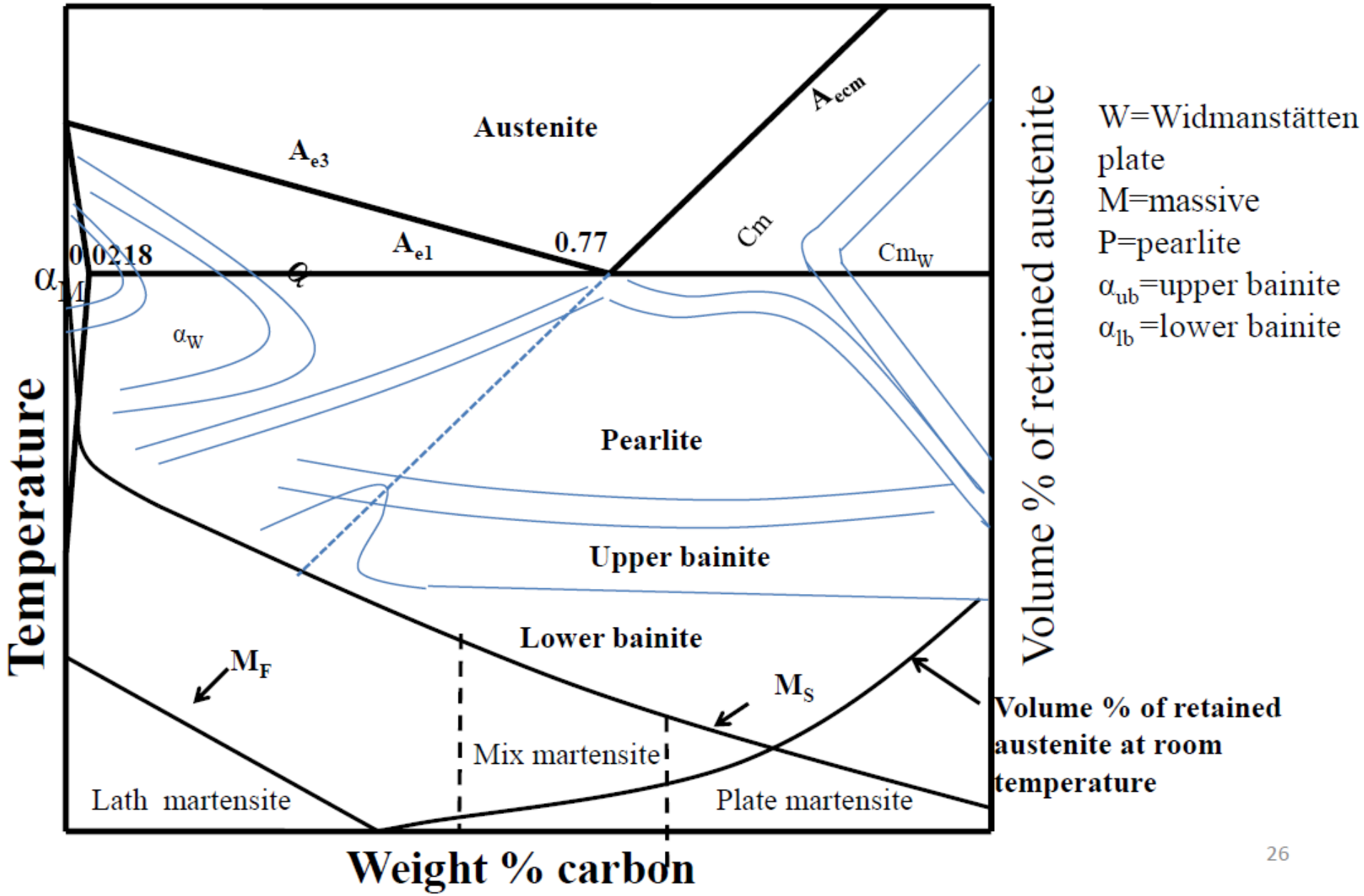
T_2

- The martensitic transformation occurs without composition change
- The transformation occurs by shear without need for diffusion
- The atomic movements required are only a fraction of the interatomic spacing
- The shear changes the shape of the transforming region
  → results in considerable amount of shear energy
  → plate-like shape of Martensite
- The amount of martensite formed is a function of the temperature to which the sample is quenched and not of time
- Hardness of martensite is a function of the carbon content
  → but high hardness steel is very brittle as martensite is brittle
- Steel is reheated to increase its ductility
  → this process is called TEMPERING



Harness of Martensite as a function of Carbon content

Properties of 0.8% C steel		
Constituent	Hardness (R_c)	Tensile strength (MN / m^2)
Coarse pearlite	16	710
Fine pearlite	30	990
Bainite	45	1470
Martensite	65	-
Martensite tempered at 250 ^oC	55	1990


Austenite
A_{e3}
A_{ecm}
A_{e1}
0.0218
0.77
α_M
α_W
Cm
Cm_W
Pearlite
Upper bainite
Lower bainite
M_F
M_S
Mix martensite
Lath martensite
Plate martensite
Temperature
Weight % carbon
Volume % of retained austenite
W=Widmanstätten plate
M=massive
P=pearlite
α_{ub}=upper bainite
α_{lb}=lower bainite
Volume % of retained austenite at room temperature