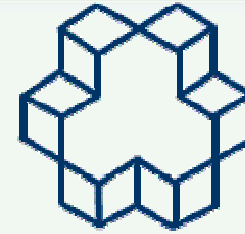




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد



آلیاژهای حافظه دار و مواد هوشمند

جلسه چهارم
(آلیاژهای حافظه دار - ۲)

دکتر رضا اسلامی فارسانی



آلیاژهای حافظه دار



فهرست مطالب

ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار
آلیاژهای حافظه دار یک طرفه و دو طرفه
بررسی اثر حافظه داری آلیاژ حافظه دار
بررسی اثر ابر کشسانی (سوپر الاستیک، شبه الاستیک) آلیاژ حافظه دار

آلیاژهای حافظه دار



ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار

- ✓ آلیاژهای حافظه دار گروهی از آلیاژهای فلزی هستند که تحت استحاله حالت جامد قرار گرفته و مقدار زیادی کرنش قابل بازیابی در اثر این استحاله در آنها ایجاد می شود.
- ✓ خاصیت حافظه داری در این آلیاژها به وسیله تغییر موقعیت فاز جامد است که در آن چیدمان مجدد مولکولی رخ می دهد.
- ✓ آلیاژهای حافظه دار دارای دو فاز ثابت هستند. فاز در دمای بالا که آستنیت نامیده می شود و فاز با دمای پایین که مارتنزیت نامیده می شود.



آلیاژهای حافظه دار



ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار

- ✓ فاز آستنیت دارای ساختمان مکعبی است و به علت دارا بودن تقارن بالا نسبتاً مستحکم است.
- ✓ فاز مارتنزیت ساختار منوکلینیک دارد و می تواند به حالت دوقلویی و غیر دوقلویی موجود باشد و نسبت به آستنیت تقارن کمتری دارد.
- ✓ فاز مارتنزیت از نوع فاز ترموالاستیک بوده که دو خصوصیت لغزنده بودن و انرژی کم فصل مشترک را داراست که با تغییر کوچک دما و تنش تغییر می کند.

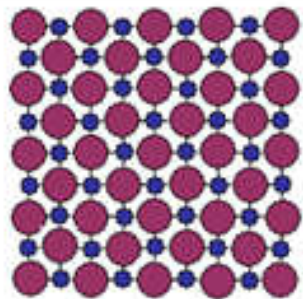


آلیاژهای حافظه دار



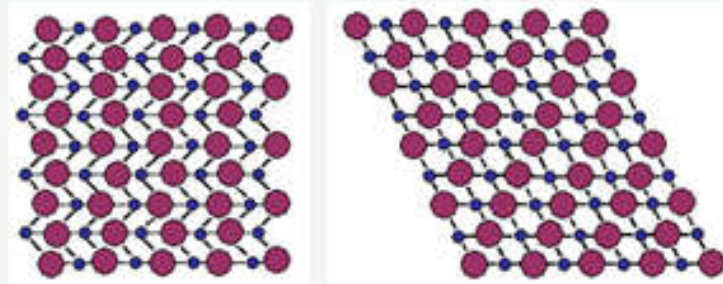
ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار

آستنیت (فاز دما بالا)



ساختار کریستالی مکعبی

مارتنزیت (فاز دما پایین)

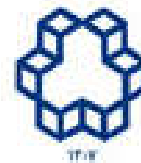


ساختار کریستالی مونوکلینیک

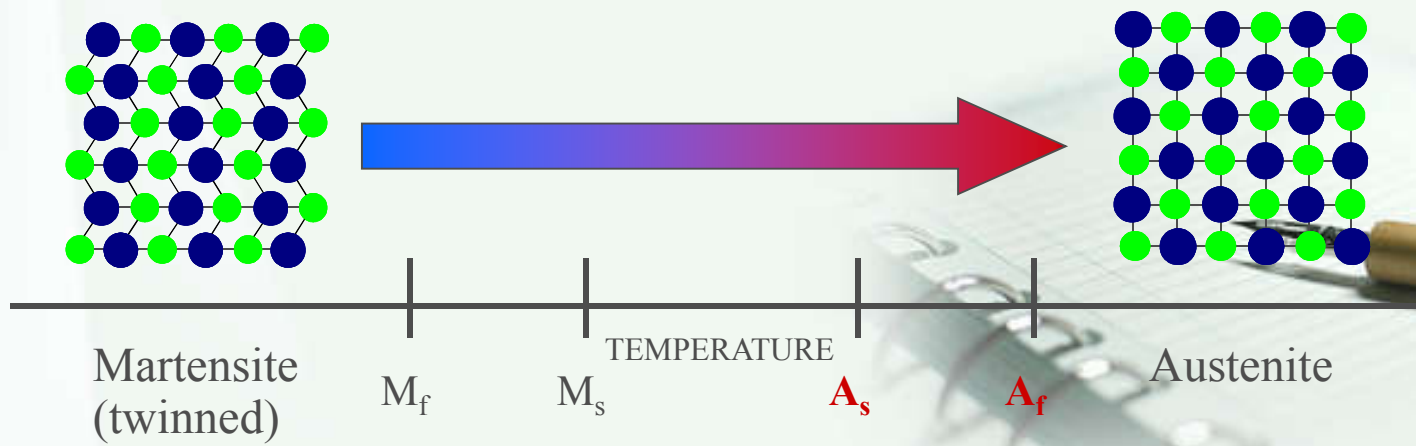
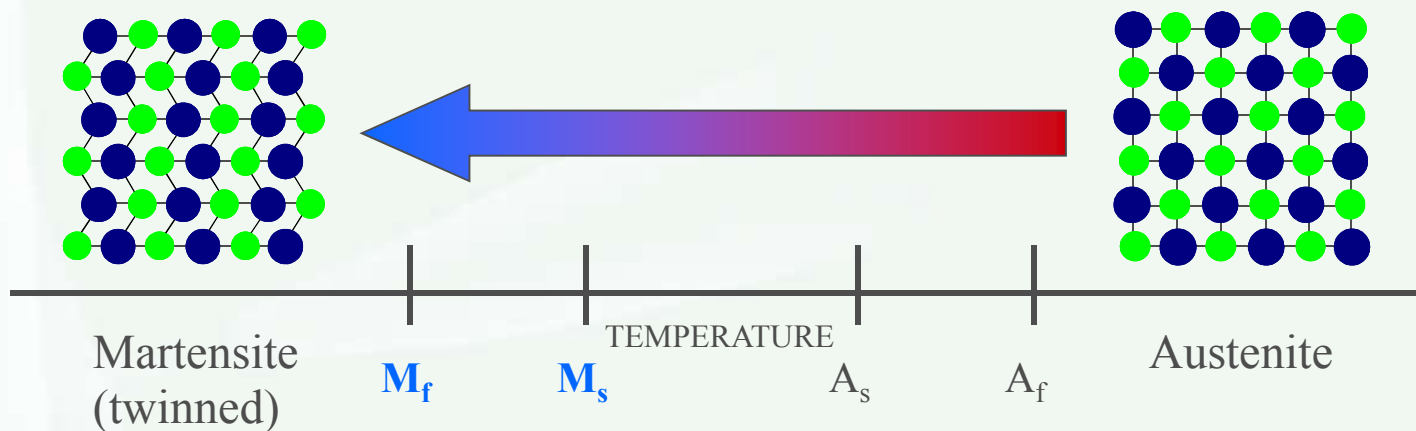
ساختار غیر دوقلویی و ساختار دوقلویی



آلیاژهای حافظه دار



ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار



ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار

در نمودار تغییر فاز چهار نقطه اختصاصی مشخص شده است:

✓ دمای آغاز تشکیل مارتنزیت (M_s) که در آن دما بسته های مارتنزیت شروع به بزرگ شدن می کنند.

✓ دمای پایان تشکیل مارتنزیت (M_f) که در این دما تغییر فاز از آستنیت به مارتنزیت به طور کامل صورت گرفته است و فاز مارتنزیت داریم.

✓ دمای شروع تشکیل آستنیت (A_s) که دمای شروع تغییر فاز از مارتنزیت به آستنیت بشمار می رود.

✓ دمای پایان تشکیل آستنیت (A_f) که در آن تغییر فاز از مارتنزیت به آستنیت کامل شده است.

آلیاژهای حافظه دار



ساختار و کریستالوگرافی آلیاژهای حافظه دار

به محض سرد کردن آلیاژ در نبود بار گذاری، تغییر فاز از آستنیت به مارتنزیت صورت می پذیرد که نتیجه این تغییر فاز قابل مشاهده ماکروسکوپیکی نیست.

به محض گرم کردن ماده در فاز مارتنزیت، برگشت فاز اتفاق می افتد.



آلیاژهای حافظه دار



طبقه بندی آلیاژهای حافظه دار بر اساس نوع حافظه داری

- ✓ آلیاژهای حافظه دار یک طرفه (مکانیکی - حرارتی)
- ✓ آلیاژهای حافظه دار دو طرفه (حرارتی)
- ✓ آلیاژهای حافظه دار دو طرفه سوپر الاستیک (مکانیکی)

آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار یک طرفه

در این حالت تغییر شکل ایجاد شده، فقط با گرم کردن به حالت اولیه قبل از تغییر شکل باز می گردد و چنانچه جسم را دوباره سرد کنیم تغییری در شکل آن حاصل نمی شود.

حافظه داری یک طرفه پس از طی چرخه ای شامل سرد کردن و تغییر شکل مکانیکی آلیاژ در حالت مارتنزیتی و سپس با گرم کردن آن جهت تبدیل به حالت آستنیتی رخ می دهد.



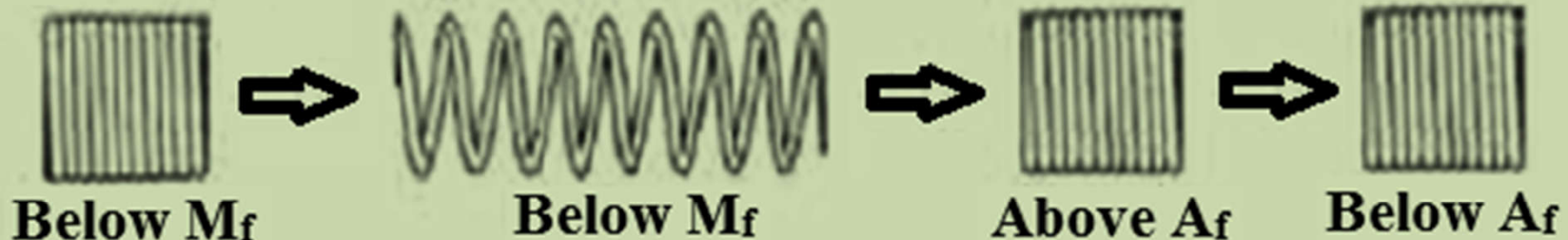
آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار یک طرفه

ابتدا فنر در زیر دمای M_f به مقدار معینی تغییر فرم داده می شود به صورتی که تغییر فرم دائمی در آن باقی بماند.

حال اگر فنر تغییر فرم داده شده را تا بالای دمای A_f حرارت دهیم مجدداً به شکل اولیه خود باز می گردد و در سیکل سرد شدن تا زیر دمای M_f هیچ گونه تغییر شکلی در فنر مشاهده نمی شود.



A_f دمای پایان تشکیل آستنیت

M_f دمای پایان تشکیل مارتنزیت

آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار دو طرفه

در حافظه داری دو طرفه با گرم کردن و سرد کردن به طور خود به خود فرآیند تغییر شکل صورت می گیرد.

این گروه در دو طرف محدوده تغییر دما، شکل مشخصی از خود به نمایش می گذارند.



آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار دو طرفه

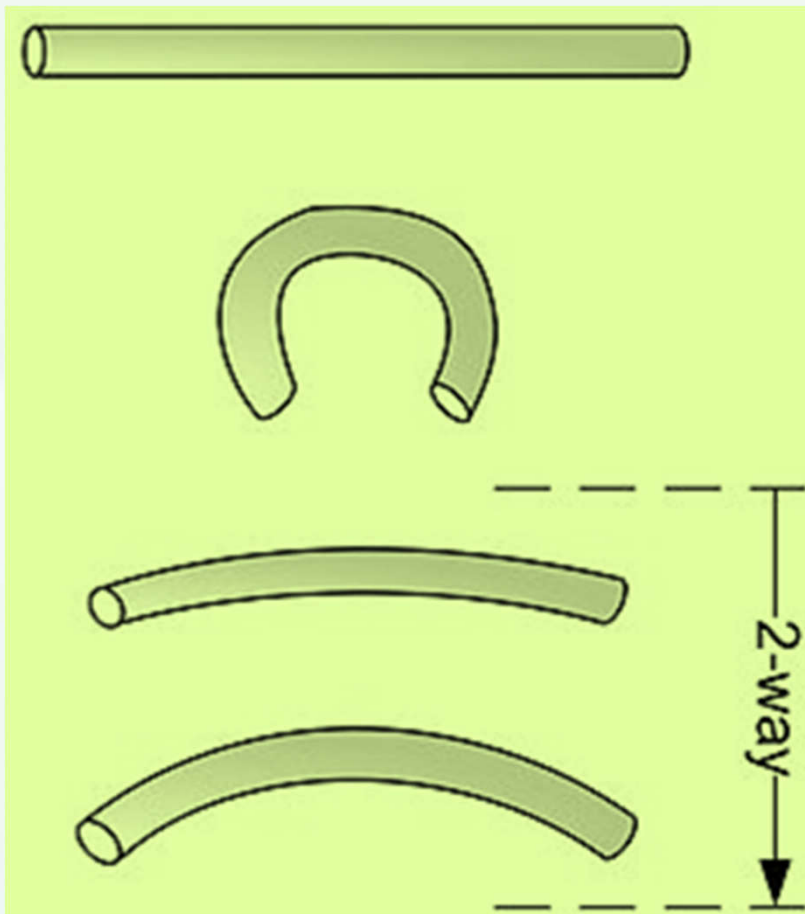
آلیاژهایی که در این گروه هستند، کاربردی متفاوت دارند؛
بدین گونه در این نوع کاربرد، نیازی به اعمال نیرو نمی باشد و **فقط**
با فراهم کردن شرایط دمایی معین، در دو سر بازه دمایی تعریف شده
برای آلیاژ حافظه دار دو طرفه، می توان به شکل معین و از پیش تعیین
شده ای برای این دسته از آلیاژها رسید.



آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار دو طرفه



آلیاژهای حافظه دار



آلیاژهای حافظه دار دو طرفه

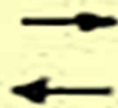
اگر فنر حافظه دار دو طرفه گرم شود، باز شده و در سیکل سرد شدن مجدداً به شکل جمع شده درمی آید.

آلیاژهای حافظه دار برای این که اثر حافظه داری دو طرفه از خود نشان دهند، نیاز به انجام عملیات ترمومکانیکی خاصی بر روی آنها است.

Two-way memory



Below M_s



Above A_f

آلیاژهای حافظه دار



رفتار آلیاژهای حافظه دار

همانگونه که پیشتر اشاره گردید، آلیاژهای حافظه دار دو مشخصه بی همتا از خود نشان می دهند:

✓ رفتار حافظه ای

Shape Memory Effect

✓ رفتار شبه الاستیک (سوپر الاستیک)

Pseudoelastic Behavior

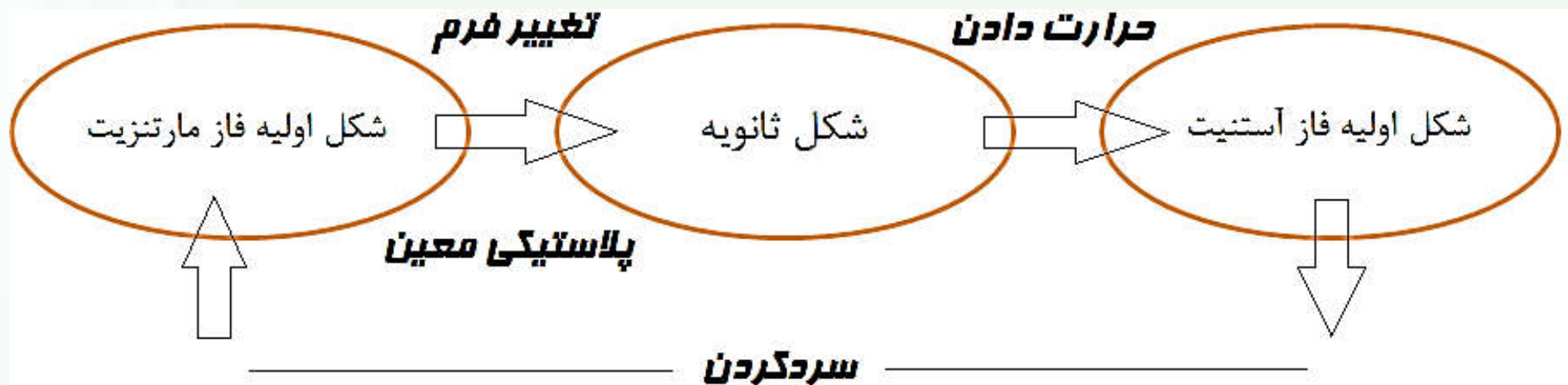


آلیاژهای حافظه دار



رفتار حافظه ای

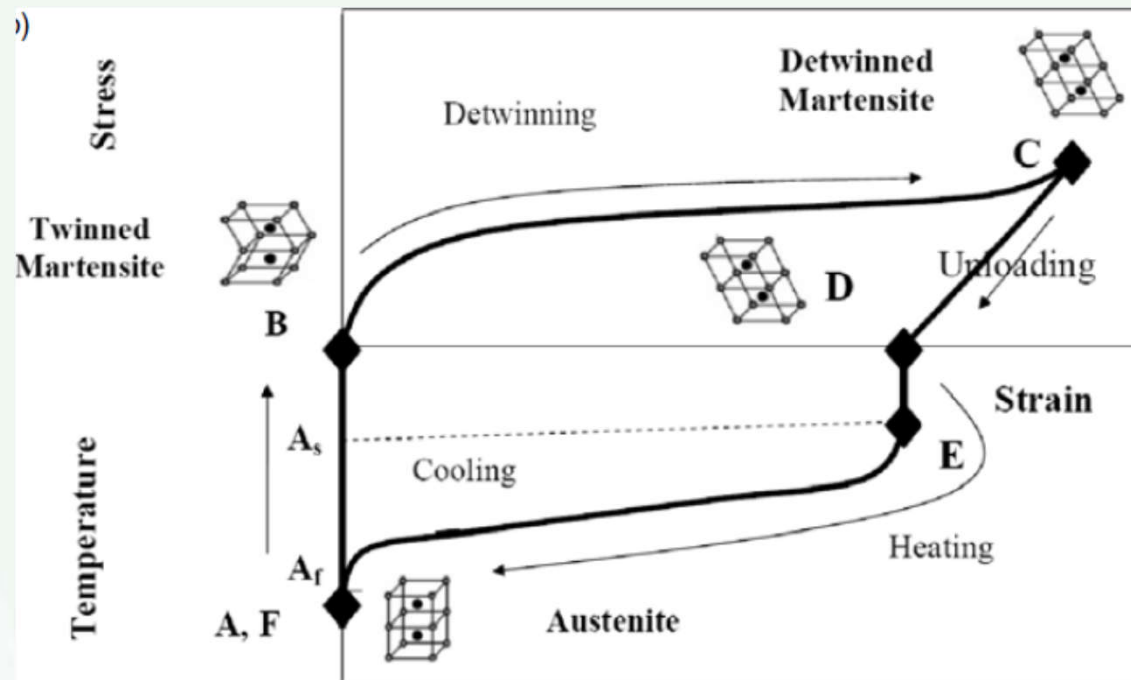
در پدیده حافظه داری، نمونه در حالت کاملاً مارتنزیتی به مقدار معینی تغییر فرم داده می شود و سپس با گرم کردن نمونه و برگشت آن به حالت آستنیتی، شکل نمونه نیز به حالت اول خود باز می گردد.

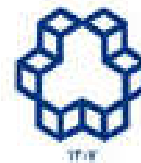


آلیاژهای حافظه دار



مراحل مختلف رفتار حافظه داری





آلیاژهای حافظه دار

مراحل مختلف رفتار حافظه داری

◆ A تا B: هنگامی که آلیاژ حافظه دار در فاز آستنیت سرد می شود تبدیل از طریق تبدیل مستقیم مارتنزیتی از فاز مادر به مخلوطی از مارتنزیت دوقلویی (بدون تغییر شکل) صورت میگیرد.

◆ B تا C: در دمای زیر M_f تحت تنش آلیاژ حافظه دار در فاز مارتنزیت با جهتگیری دوباره چند شکلی ها به یک شکل منفرد، تغییر شکل می یابد. این رفتار غیر دوقلویی شدن ناشی از تنش نامیده میشود. غیر دوقلویی شدن کرنشهای بزرگ غیر الاستیک ایجاد می کند.

◆ C تا D: زمانی که نیرو برداشته می شود دلیلی وجود ندارد که جامد به حالت قبل خود یعنی حالت اولیه برگردد. بنابراین جامد در حالت فاز مارتنزیت غیر دوقلویی باقی می ماند و کرنشهای غیر الاستیک بازیابی نمی شوند.

◆ D تا F: اگر جامد تا دمایی بیش از A_f گرم شود از طریق تبدیل معکوس انواع مختلف فاز مارتنزیت به آستنیت بر می گردند. این امر باعث می شود که جامد به شکل اولیه باز گردد و کرنشهای غیر الاستیک بازیابی شوند.

آلیاژهای حافظه دار



رفتار شبه الاستیک

چنانچه آلیاژهای حافظه دار در بالای یک دمای بحرانی (دمای پایان آستنیت) تغییر فرم دهند می توانند مقدار زیادی تغییر فرم الاستیک برگشت پذیر از خود نشان دهند.

این تغییر فرم برگشت پذیر ناشی از یک استحاله مارتنزیتی است که در ساختار این مواد رخ می دهد.



آلیاژهای حافظه دار



رفتار شبه الاستیک

این خاصیت زمانی رخ می دهد که آلیاژ در بالای دمای تشکیل مارتنزیت باشد و نیرو و تنش به اندازه کافی برای ایجاد تغییر استحاله آستنیتی به مارتنزیتی به ساختار وارد شود.

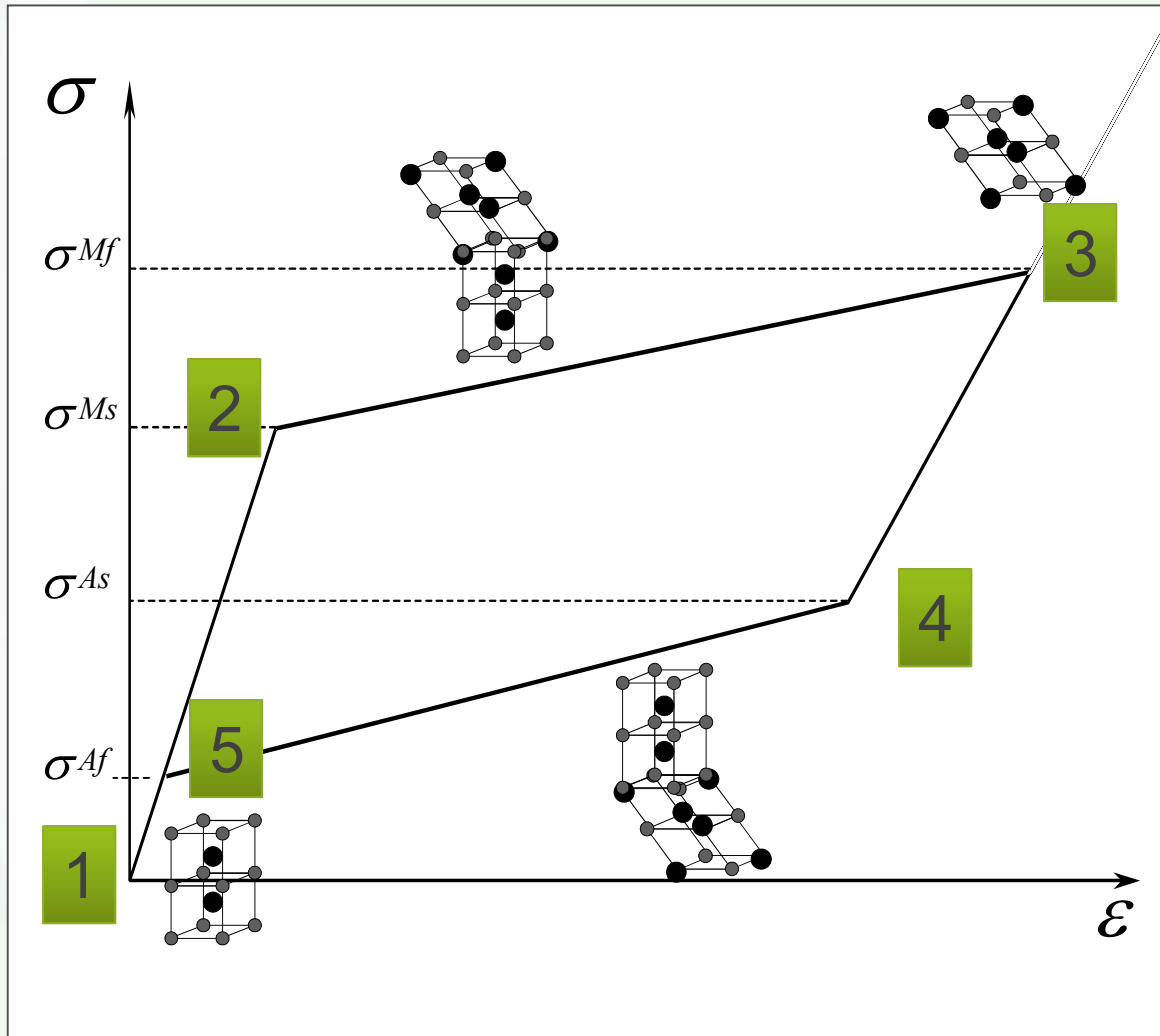
ساختار آلیاژ تنها در شرایطی مجدداً به آستنیت تبدیل می شود که بار کاهش یابد و یا تغییرات دمایی بالایی در ساختار ایجاد شود.



آلیاژهای حافظه دار



رفتار شبه الاستیک





آلیاژهای حافظه دار

مراحل رفتار شبه الاستیک

۱ تا ۲: در یک دمای ثابت بیش از دمای پایان آستنیت، تنش تک محوره از صفر تا تنش بحرانی که تنش تبدیل نامیده می شود افزایش می یابد. پاسخ تا تنش که ماده دچار تغییر فاز مستقیم می شود کاملاً الاستیک است.

۲ تا ۳: در این مرحله فاز مارتنزیت غیر دوقلویی مستقیماً از فاز آستنیت ایجاد می گردد و کرنش های غیر الاستیک بزرگی بوجود می آیند در پایان این مرحله تبدیل مستقیم پایان می پذیرد و ماده در فاز مارتنزیت کامل قرار دارد (نقطه ۳).

۳ تا ۴: در هنگام بار برداری تا هنگامی که تبدیل معکوس ناشی از تنش رخ دهد پاسخ کاملاً الاستیک است.

۴ تا ۵: با شروع تبدیل معکوس در نقطه ۴ و پایان آن در نقطه ۵ کرنش های بزرگ غیر الاستیک بازیابی میشوند.

آلیاژهای حافظه دار



رفتار شبه الاستیک

