

С. П. Ошкадьоров

Мартенсит

МАРТЕНСИТ – загальна назва проміжних метастабільних структурних складових між термодинамічно стабільними високо- та низькотемпературними фазами, отриманих під час швидкого охолодження перших від температури, яка є більшою їхнього фазового переходу при рівноважних умовах. Походить від прізвища нім. металознавця А. Мартенса.

Утворюються у сталях і безвуглець. сплавах на основі заліза, міді, титану та ін. металах з металами і домішками проникання, розчинність яких у високотемператур. рівноваж. фазі перевищує розчинність у низькотемператур. фазі при умові охолодження високотемператур. фаз зі швидкостями вищими критичних до t -ри меншої точки M . (t -ри початку мартенситоутворення). Критич. швидкістю охолодження називають найменшу швидкість охолодження від t -ри нагрівання високотемператур. фази до t -ри M , яка визначає мін. час, достатній для подавлення процесів дифузій. перерозподілу легуючих елементів у високотемператур. фазі під час її переохолодження до t -ри M . Точкою M визначають t -ру, при якій термопружні напруження, які розвиваються при швидкому переохолодженні високотемператур. фази, розпад якої був зупинений, стають співрозмірними з пруж. властивостями цієї фази при тій же t -рі. M . з'являється унаслідок дисторсій. фазового переходу II роду, при якому дифузійні зміщення атомів легувал. елементів можна не враховувати через їхню незначущість. Іноді помилково до мартенситних, унаслідок лише спостережень за наявністю кристалогем. відповідності між взаємоперетворювал. фазами, відносять фазові реконструктивні перетворення I роду (напр., реверсивні перетворення при нагріванні й охолодженні чистих металів і сплавів). У цих випадках зміщення атомів при фазовому переході досить великі, можливе вимірювання швидкостей перетворення, а саме пряме та зворотнє перетворення характеризується конкрет. величинами енергій активації та постій. теплотою фазового переходу. Розрізняють M , які утворюються в перенасич. твердих розчинах з елементами заміщення, та у розчинах з елементами проникання (вуглець, азот). Вони схожі за генезисом, однак значно відрізняються механізмами релаксац. процесів при переході у стабіл. низькотемператур. стан. Цей перехід відноситься до фазових перетворень I роду. Зворотність, існування гістерезису при прямому та зворот. переході, ефект пам'яті форми, надпружність та ін., які спостерігаються у M . заміщення, у M . проникання принципово

неможливі. Явище утворення мартенсит. структур при гартуванні та їхній розпад при нагріванні є теор. основою багатьох видів термозміцнень метал. матеріалів. Опис осн. характер. ознак мартенситоутворення узагальнено у працях рос. і укр. вчених: у сталях – С. Штейнбергом, у безвуглец. сплавах і сплавах на основі кольор. металів – Г. Курдюмовим. Мартенситоутворення є типовим фазовим переходом II роду, в основі якого лежить пружне двійникування. Мартенсит. точкою є T_c , при якій термopружні напруження, що виникають під час гартування перенасич. твердих розчинів, стають співвимірними з пруж. характеристиками металу при тій же T_c , що сприяє їхній релаксації шляхом бездифуз. зсуву двійникування. Цим пояснюється вплив вмісту легованих і вуглецю на точку M_s , а також вплив на неї розмір. фактора. У серед. 1950-х рр. введено термін «мартенситне перетворення», який відображав існуючу на той час невизначеність, пов'язану з недостатньо повним знанням. Цей термін водночас використовували для позначення перетворення при охолодженні аустеніту в M_s , розпаду вуглец. M_s на ферит і цементит або зворот. переходу M_s заміщення в аустеніт при нагріванні безвуглец. сплавів та ін. Нині аналіз робіт, присвяч. мартенситоутворенню, дозволяє характеризувати M_s як продукт релаксац. процесів, які відбуваються при гартуванні перенасич. твердих розчинів проникання та заміщення. M_s утворюється при охолодженні зі швидкістю звуку та бездифузійно і завжди є наслідком атерміч. релаксації. Мартенситоутворення відбувається зсувовим шляхом у високотемператур. фазі, переохолодженої до T_c нижче точки M_s , з утворенням у її об'ємі пруж. лінзоподіб. двійників, які можна розглянути у полі шліфа у вигляді голок і пластин як результат їхнього перерізу при його підготовці для металогр. дослідження. Пружні двійники M_s виникають за 10–6 сек. і не можуть бути продуктом фазового термічно активованого перетворення I роду, який відбувається унаслідок утворення зародків і їхнього подальшого розростання зі зменшенням поверхневої питомої енергії границь, як, напр., при кристалізації металів. M_s проникання при нагріванні понад 100 °C зазнає неконвертов. розпаду на α -залізо та карбіди. Цим M_s , який виникає в аустеніті, відрізняється від M_s заміщення, які утворюються, напр., у загартов. безвуглец. сталях, сплавах на основі титану та цирконію тощо. M_s у сплавах з елементами заміщення зазнають зворотності при нагріванні з поміт. температур. гістерезисом при прямому та зворот. переходах. Під час впливу ін. зовн. факторів (мех. деформування з різними схемами навантаження та величинами навантажень у пруж. і непруж. зонах, при накладанні магніт. полів) їхнього поведження можна описувати за допомогою теорії пруж. двійникування. Це стосується явищ зворотності, надпружності, роздвійникування або переддвійникування при зміні знака навантаження. Тут пруж. деформуванням можна збільшувати кількість мартенсит. структур, пришвидшуючи розвиток релаксац. процесів, або зменшувати їх унаслідок роздвійникування. M_s , які утворюються у сталях з вуглецем або азотом, зворотність не властива. Їхнє поведження при нагріванні залежить від низки взаємопов'язаних незворот. релаксац. процесів, обумовлених дифузією вуглецю під впливом T_c та пруж. полів, динаміч. зміни дислокац. структури, кінетики утворення та

росту фаз проникання (карбіди й нітриди). Пружна деформація перенасич. твердих розчинів вуглецю в аустеніті при T -рах побл. точки M . може у певних межах інтенсифікувати мартенситоутворення, але повністю виключає передвійникування мартенсит. ліній. Це слугує підтвердженням релаксац. моделі мартенситоутворення, фізика якої найпоспідовніше розроблена С. Штейнбергом (експериментально підтвердив на вуглець. сталях). Мартенситний політипізм – утворення метастабілі. мартенсит. політипів у метал. перенасич. твердих розчинах заміщення з низькою енергією пакування. Його відкрив укр. металознавець Б. Николин. Особлива форма утворення M . у вигляді двовимірних з еквідистатним розташуванням шарів M . у зерні матрич. фази в однакових кристалогеом. площинах. Найґрунтовніше вивчений у подвій. і потрій. сплавах на основі заліза та кобальту, легуваних хромом, нікелем, марганцем та ін. елементами. Для політип. структур характерна шаруватість мартенсит. структур, при яких подібність параметрів у двох вимірюваннях не відповідає параметру у третьому. Мартенсит. політипізм не залежить від природи легувал. елементів, вони є карбідоутворювал., графітоутворювал. або індиферентними. Спільним для них є обмежена розчинність у рівноваж. матрич. металі. Мартенсит. політипізм, як і утворення M . в об'ємі одного зерна, виникає унаслідок релаксації термопруж. напружень, але у різних формах її прояву. Мартенсит. політипізм принципово не відрізняється від M . ін. морфології, утворюється при однакових T -рах і зовн. тисках. Появі мартенсит. політипізму сприяють виникаючі при зовн. деформуванні автохвильові процеси, при яких фронт пластич. деформації, що рухається зі швидкістю звуку в металі, тобто зі швидкістю утворення M ., розділяється зонами пруж. і пластич. деформації. У місцях локалізації достат. пруж. напружень розтягуванням відбуваються процеси релаксації двійникуванням, які спричиняють мартенситоутворення. Причина їхньої різної періодичності й еквідистантності між шарами мартенсит. політипів пояснюється розподілом напружень при деформації, яка відбувається в стиснених умовах. Мартенситні політипи утворюються вибухоподібно при однаковій T -рі, не мають зони термодинаміч. стійкості, характеризуються однаковою концентрацією легувал. елементів і подіб. фіз. властивостями. Їх описують тими ж ознаками, які притаманні мартенсит. двійникам у перенасич. твердих розчинах заміщення. Кількість шарів у мартенсит. політипах обумовлено розмір. фактором так само, як і утворення M . при відсутності пруж. хвиль зміщення. Мартенситні політипи мають характерні ознаки, які притаманні всім мартенсит. структурам у сплавах заміщення, напр., властивість до роздвійникування або передвійникування при накладанні зовн. навантаження, володіють надпружністю та ефектом запам'ятовування форми.

Рекомендована література

1. Николин Б. И. Многослойные структуры и политипизм в металлических сплавах. К., 1964;

2. Курдюмов Г. В., Утевский Л. М., Энтин Р. И. Превращения в железе и стали. Москва, 1977;
3. Лысак Л. И., Николин Б. И. Физические основы термической обработки стали. К., 1978;
4. Вовк Я. Н., Ошкадеров С. П. Кристаллографические характеристики мартенсита, возникающего в условиях воздействия упругой деформации // ФММ. 2003. № 13;
5. Ошкадеров С. П. К вопросу о природе мартенситообразования в углеродистых сталях // Успехи физики металлов. 2011. Т. 12;
6. Його ж. К вопросу о мартенситном политипизме в сплавах замещения // Там само.

Бібліографічний опис:

Мартенсит / С. П. Ошкадьоров // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018. – Режим доступу:

<https://esu.com.ua/article-63821>

2001-2024 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).