

# МАРТЕНСИТ

Авторы: М. А. Штремель

МАРТЕНСИТ, структурная составляющая кристаллич. твёрдых тел, возникающая в результате бездиффузионного сдвигового полиморфного превращения при охлаждении; названа по имени нем. металловеда А. Мартенса (1850–1914). Известен в чистых металлах (

Fe, Co, Ti, Zr, Li и др.) и твёрдых растворах на их основе, в интерметаллидах (напр., CuZn, Cu Al, NiTi, AuCd) и соединениях типа

$\text{SiC}$ ,  $\text{ZrO}_2$ .

Возникновение и рост кристаллов М. создают в объёме исходного кристаллич. тела внутр. напряжения, вызываемые деформацией; кристаллы М. приобретают форму пластин-реек или линз (на поверхности – рельеф в виде выступов и впадин).

Объёмная доля М. лимитирована количеством зародившихся кристаллов и растёт с переохлаждением. Образование М. в большинстве металлич. сплавов (при наличии упругой и пластич. деформации) обусловлено процессами скольжения или (при низких темп-рах) [двойникования](#). Форма кристаллов при деформации скольжением – пакет кристаллов-реек, лежащих в общей плоскости мартенситного сдвига; рейки толщиной 0,1–1 мкм содержат  $10^{10}$ – $10^{11}$  дислокаций на  $1 \text{ см}^2$ . Дислокации и границы реек – осн. источник упрочнения низкоуглеродистых сталей и сплавов

Ti со структурой пакетного М. Низкотемпературный двойникованный М.

образует зигзаги-«молнии» из крупных линз (0,01–1 мм), разбитых на стопки двойников толщиной 10–100 нм. Если деформация только упругая, то кристалл принимает форму линзы в плоскости сдвига (иголки – в рельефе и на шлифе). Чисто упругая деформация возможна в высокопрочной среде (обычно в интерметаллидах).

В этих условиях образуется т. н. термоупругий М., который при нагреве («обратный сдвиг») исчезает, превращаясь в исходную фазу; явление получило назв. эффект

памяти формы.

М. в стали – осн. структурная составляющая закалённой стали (по традиционной в металловедении структурной классификации мартенситными называют стали со структурой М., образующейся после охлаждения расплава на воздухе); представляет собой пересыщенный раствор внедрения

С в

$\alpha$ -

Fe, получающийся при закалке из аустенита, в котором упорядоченное размещение атомов углерода в кубич. решётке

$\alpha$ -железа превращает её в тетрагональную. Искажения решётки от внедрённых атомов углерода вызывают упрочнение, растущее с концентрацией С (твёрдость по Виккерсу – до 1000 HV), но одновременно и хрупкость. Для повышения пластичности из М. углерод переводят (полностью или частично) в карбиды, применяя отпуск металла, т. е. такой нагрев, при котором сохраняется субзёрненная структура (пакетный М. в конструкц. сталях, двойникованный М. – в инструментальных).

Образование «М. деформации» из аустенита используют в ходе пластич. деформации для дозированного упрочнения стали, повышающего её пластичность (ПНП-эффект – «пластичность, наведённая превращением», или трип-эффект – «transformation induced plasticity»). Для получения наилучшего сочетания высокой прочности и вязкости низкоуглеродистые стали со структурой пакетного М. дополнительно упрочняют наночастицами карбонитридов

Nb, Zr, V, Ti или интерметаллидов

Fe Mo, NiAl и др., а для безуглеродистого М. – проводят совместное карбидно-<sup>2</sup>интерметаллидное упрочнение.

В сер. 20 в. Г. В. Курдюмов обнаружил термоупругий М. и установил природу М. в стали как раствора внедрения

С в

$\alpha$ -

Fe, открыл сдвиговые полиморфные превращения (и как их частный случай – мартенситное).

## Литература

Лит.: Курдюмов Г. В. Явления закалки и отпуска стали. М., 1960; Счастливцев В. М., Мирзаев Д. А., Яковлева И. Л. Структура термически обработанной стали. М., 1994; Штремель М. А. Прочность сплавов. М., 1997. Ч. 2: Деформация.