



МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Авторы: М. А. Штремель

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ, наука о строении и свойствах материалов на основе металлов (металлических сплавов); раздел *материаловедения*. Осн. задачи М. – создание металлич. материалов с заданными свойствами и технологий их получения. Требования М. к структуре и чистоте сплавов определяют пути развития совр. *металлургии*.

В сер. 19 в. для изучения структуры металлов и сплавов металлурги начали применять микроскоп, что поспособствовало возникновению *металлографии* (впоследствии – раздела М.). В 1868 Д. К. *Чернов* установил зависимости структуры и свойств стали от её механич. и термич. обработки, что впоследствии определило становление М. как науки, основанной на законах термодинамики, физич. химии, физики и химии твёрдого тела. В 1-й трети 20 в. открыты фазовые и структурные превращения в твёрдом состоянии [Н. С. *Курнаков*, У. Робертс-Остен (Великобритания), Э. Бейн (США)], изучены процессы кристаллизации [Г. Тамман (Германия)], систематизированы связи «состав – свойства» сплавов [Н. А. Минкевич, Э. Гудремон (Германия), А. А. *Бочвар*, Г. Закс (Германия), У. Юм-Розери (Великобритания)], обнаружено существование кристаллич. решётки (М. *Лауэ*) и её дефектов (Я. И. *Френкель*), выявлены атомные механизмы фазовых превращений [Г. В. *Курдюмов*, А. Гинье (Франция)] и явлений пластич. деформации [Э. Орован (Великобритания)], установлены закономерности упрочнения металлич. материалов [А. Ф. *Иоффе*, Н. Н. Давиденков, С. Т. *Конобеевский*, Э. Шмид (Австрия), В. Боас (Швейцария)] и др.

М. исследует структуру металлов и их сплавов, состоящую из зёрен (кристаллов неправильной формы). Внутри зёрен могут быть частицы иных фаз (напр., структура белого чугуна может быть представлена зёрнами аустенита с вкраплениями фазы цементита). Микроструктуру (в масштабах 100–0,1 мкм) и наноструктуру (100–0,1 нм) образуют зёрна и частицы разных размера, формы и ориентации; их неоднородность в масштабах 1000–0,1 мм – макроструктура. Каждый тип зёрен или частиц составляет термодинамич. фазу, имеющую свой химич. состав, свою кристаллич. решётку. В сплавах существуют фазы со структурой металла, интерметаллида или соединения металл–неметалл (бориды, карбиды, оксиды, нитриды, гидриды, сульфиды). Металл может включать некоторое количество иных элементов в свою кристаллич. решётку, образуя твёрдый раствор замещения (в котором примесный атом замещает атом растворителя) или внедрения (примесь занимает междоузлия решётки). Диаграммы состояния описывают температурную зависимость фазовых превращений от состава сплава. Кинетику превращений изучают по зависимостям «температура – время – количество новой фазы».

Структурные превращения при неизменном фазовом составе меняют строение, размеры, форму зёрен (рекристаллизация) и частиц (коалесценция). Пластич. деформация (скольжением, двойникованием и перемещениями в границах зёрен) осуществляется движением *дислокаций* с упрочнением за счёт их размножения, а рекристаллизация – за счёт их уничтожения. Для наблюдения и изучения структур с размером элементов более 1 мкм применяют световые микроскопы; для структур размером от 1 нм – атомно-силовые,

туннельные, электронные микроскопы, а также ионные проекторы. [Фрактография](#) (макро- и микроскопия поверхности излома) используется для анализа процессов разрушения и диагностики эксплуатац. повреждений и разрушений, технологич. дефектов металла. Параметры решетки и объёмную долю фаз измеряют с помощью методов рентгенографии, характер связи в соединениях – мёссбауэровской спектроскопии и спектроскопии рассеяния нейтронов. Химич. состав элементов структуры выявляют локальным спектральным анализом.

М. изучает свойства металлов и их сплавов: механические (твёрдость, упругость, сопротивление пластич. деформации и распространению трещин, хладноломкость, жаропрочность и др.), физические (электрические, магнитные, тепловые), химические (способность к окислению, приводящая к формированию поверхностных плёнок, возникновению коррозионных микродефектов и др.), а также технологич. и эксплуатационные. Для изменения структуры и свойств сплавов в нужном направлении применяют [термическую обработку](#). Превращения в циклах «нагрев – выдержка – охлаждение» при закалке, отпуске, отжиге и др. создают в сплаве необходимую конечную структуру. Для каждого конкретного изделия размерами от 10 мкм (фольга, проволока) и до 10–40 м (корпуса реакторов, роторы генераторов, гребные валы супертанкеров) режимы термич. обработки проектируют на основе законов теплопередачи и диаграмм превращений сплава. [Термомеханическая обработка](#) (сочетание нагревов и деформаций) изменяет структуру и свойства материала. [Химико-термическая обработка](#) изделий нагревом в газовой или жидкой среде создаёт в материале поверхностный слой глубиной 0,01–10 мм иного состава с особыми свойствами (твёрдый или особо мягкий, антифрикционный, износостойкий, коррозионно-стойкий и т. п.). Технологич. свойства сплавов характеризуются совокупностью литейных свойств (для изготовления отливок), способностью к обрабатываемости давлением (ковкой, экструзией, горячей и холодной прокаткой, штамповкой, волочением), свариваемости, обрабатываемости резанием. На разных стадиях изготовления металлич. материала (для обеспечения заданного состава и не менее 10 нормируемых показателей свойств и структуры) необходимо поддерживать ок. 100 параметров технологии. По всей технологич. цепочке обосновываются нормы контроля, выявляются причины сбоев и потерь. Исходя из заданных [долговечности](#), [надёжности](#) и [безотказности](#) металлич. изделия нормируется потеря [несущей способности](#), допустимая за время «жизни» конструкции. М. изучает изменения эксплуатац. свойств, проводит диагностику состояния материала (и причин его разрушения) при испытаниях и эксплуатации конструкции. Для мониторинга конструкций и сооружений используются дефектоскопия, тензометрия, видеозапись полей напряжений, перемещений и температур, виброспектральный анализ, течеискание, статич. и гидравлич. испытания. Прогнозируя развитие докритич. повреждений, М. обосновывает принятие решений об остаточном ресурсе, продлении эксплуатации или объёмах ремонта.

Помимо металлич. сплавов, к объектам М. также относятся [композиционные материалы](#) на основе металл–металл (напр., армированные проволокой отливки, биметаллич. листы), металл–карбид ([твёрдые сплавы](#) типа WC-Co) и металл–оксид (Mo-SiO_2 ; $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$). Впоследствии методы М. распространились на создание композитов с неметаллами (магний–углеродное волокно, вольфрам–нитевидные кристаллы сапфира, металлич. фольга–стекловолокно), а также металлич. материалов, форма или свойства которых изменяются под действием задаваемого силового, теплового, светового или магнитного полей (см. [Интеллектуальные материалы](#), [Функционально-градиентные материалы](#)).

Литература

Лит.: Курдюмов Г. В., Утевский Л. М., Энтин Р. И. Превращения в железе и стали. М., 1977; ASM handbook. 10th ed. Materials Park, 1990–2009—. Vol. 1–22—; Смирнов М. А., Счастливец В. М., Журавлев Л. Г. Основы термической обработки стали. М., 2002; Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов. 4-е изд. М., 2005.

Processing math: 0%