

Петр В. Решедъко

Новосибирский Электротехнический
Институт

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВАКУУМНОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

В настоящее время для изучения металлов и сплавов в сочетании с другими методами исследования (эмиссионной и электронной микроскопией, рентгеноструктурным анализом) все шире применяются методы температурной металлографии. К особенностям этого метода относится возможность прямого изучения микростроения и свойств металлов и сплавов, подвергаемых различным режимам теплового и механического воздействий. Такая возможность позволяет исследовать полиморфные превращения в стали под влиянием температурно-временного фактора, процессы рекристаллизации, механизмы внутри- и межзеренной деформации в зависимости от температуры испытания и режимов предварительной обработки.

Для проведения исследований в области температурной металлографии в институте машиноведения под руководством проф. М.Г. Лозинского создан ряд установок, три из которых ИМАШ-5С-65, ИМАШ-9-66, ИМАШ-10-68 выпускаются серийно [1].

Нами для исследования аустенитного состояния углеродистых и легированных сталей использовалась установка ИМАШ-5С-65, которая позволяет производить нагрев в вакууме (до $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст.) в интервале 20° - 1500° С, исследовать ми-

костроение поверхности образца с помощью высокотемпературного микроскопа МВТ и осуществлять нагружение растяжением с постоянной скоростью или с постоянной нагрузкой (до 500 кГс).

Для определения механических свойств аустенита в установке предусмотрено силоизмерительное устройство, представляющее собой упругий элемент, работающий на растяжение, с наклеенными на его поверхность проволочными тензодатчиками и измеритель статических деформации ИСД-3. С помощью этого устройства можно производить замеры только статических напряжений.

Малое сопротивление нагрузкам металлов и сплавов при высокотемпературных испытаниях на растяжение, требует повышенной точности измерения напряжений, возникающих в образце.

Исследование процесса растяжения в динамике на ИМАШ-5С-65 представляет интерес при изучении зависимости прочности металлов и сплавов от температуры, при исследовании влияния процессов, протекающих в ходе и после горячей деформации, на механические свойства.

Для решения этих задач нами было использовано устройство автоматической записи диаграммы усилие-время с повышенной точностью. В этой схеме в качестве датчика использовались полупроводниковые тензорезисторы Р-типа (ИТД-2, коэффициент тензочувствительности $K = 119,0$; $S = 220 \text{ см}^{-1}$ и диапазон измеряемых деформаций $-1,5 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-3}$) наклеенные с помощью высокотемпературного клея В-58 с двух сторон на поверхность упругого элемента и соединенные по мостовой схеме [2].

Полупроводниковые тензорезисторы повышают чувствительность схемы на два порядка по сравнению с проволочными (коэффициент тензочувствительности проволочных резисторов равен 2), наряду с этим, четырехплечий мост увеличивает чувствительность схемы в два раза по сравнению с полуно-

стом и предусматривает температурную компенсацию. Для согласования сигнала датчика и шкалы регистрирующего прибора применяли специальный масштабный усилитель, который выполнен на микросхеме УТ-402Б и является усилителем постоянного тока.

Высокочувствительные полупроводниковые тензореаисторы и масштабный усилитель позволили использовать при испытаниях на растяжение один упругий элемент во всем диапазоне нагрузок (0-500 кГс), повысить точность измерения и производить автоматическую непрерывную запись процесса растяжения с определением всех характеристик механических свойств аустенита.

При определении прочности аустенита была использована схема нагружения образца. Встроенный в цепь растяжения телескопический вал компенсировал тепловое расширение образца и вместе с вспомогательным и уравновешивающим грузами обеспечивал сохранение нуля шкалы регистрирующего прибора.

В установке ИМАШ-5С-65 образец нагревается пропусканием через него электрического тока промышленной частоты из-кого напряжения, в результате чегоineизбежно возникает градиент температуры по его длине. Для обеспечения контролируемой зоны нагрева в заведомо известном месте и повышения достоверности регистрации усилий, прилагаемых к образцу при данной температуре, на него наносился концентратор с радиусом в вершине 0,5 мм.

На точность и достоверность результатов, получаемых при высокотемпературных испытаниях на растяжение значительное влияние оказывает стабильность температуры рабочей зоны образца. Границы зерен при вакуумном травлении выявляются отчетливо только в том случае, если температура остается постоянной в течение определенного времени.

Для повышения точности регулирования температуры рабочей зоны образца в ИМАШ-5С-65 использовалась схема частич-

кой компенсации термоЭДС ХА-термонары; это мероприятие повысило точность регулирования температуры в четыре раза.

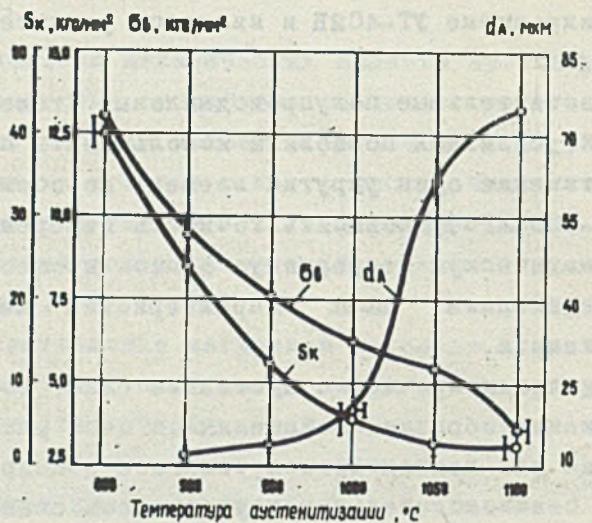


Рис. 1. Влияние температуры нагрева на величину зерна и прочность аустенита стали 5ХВ2С

На рис. 1 показаны результаты исследования микроструктуры и зависимости напряжения разрушения и истинного сопротивления отрыва аустенита инструментальной стали 5ХВ2С от температуры в интервале 850°–1100°С, проведенные на высокотемпературной вакуумной установке ИМАШ-5С-65.

Наряду с исследованием структуры и механических свойств сталей целесообразно использование высокотемпературных установок для моделирования технологических обработок, в частности термомеханических, что необходимо при решении практических задач. Проведение на установке ИМАШ-5С-65 высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) позволяет структурно оценить различные этапы обработки (процесс аустенитизации, фазовые превращения). Кроме того, можно количественно определить посредством механических испытаний наиболее важные этапы обработки – оптимальный

нагрев и выдержку стали в области стабильного аустенита, процесс горячей деформации аустенита и сопровождающие его динамическую полигонизацию и рекристаллизацию, а также последующую выдержку, в ходе которой развиваются процессы статической рекристаллизации. Важным звеном в этой обработке является установление количественных связей между горячедеформированным аустенитом и получаемым из него при ВТИО в результате фазового превращения мартенситом.

Для моделирования ВТИО и изучения отдельных ее этапов на ИМАШ-5С-65 было использовано программное нагружение образцов.

В результате исследования ВТИО на установке ИМАШ-5С-65 изучены процессы статической и динамической рекристаллизации углеродистых и легированных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лозинский М.Г. в сб. "Новые направления развития высокотемпературной металлографии", М., Машиностроение, 1971.
2. Сб. "Полупроводниковые тензодатчики", под ред. М. Дина М., Энергия, 1965.

ZASTOSOWANIE METOD METALOGRAFII PRÓŻNIOWEJ DO BADANIA STRUKTURY METALI I STOPÓW W WYSOKICH TEMPERATURACH

S t r e s z c z e n i e

Metody metalografii wysokotemperaturowej znajdują szerokie zastosowanie do badania struktury i właściwości mechanicznych stali węglowych i stopowych. Dla modelowania umacniających zabiegów technologicznych celem jest zastosowanie urządzeń próżniowych wysokotemperaturowych serii IMASZ. Podczas badania poszczególnych etapów wysokotemperaturowej obróbki cieplno-mechanicznej (WTMO) na urządzeniu IMASZ-55-65 wykorzystano specjalne oprzyrządowanie, pozwalające na programowane obciążenie próbek i dokładny zapis procesu rozciągania. Na podstawie wyników badań temperaturowej zależności wielkości ziarn i wytrzymałości austenitu wyznaczono optymalną temperaturę austenityzacji stali 5HW2S.