

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Эксплуатация технологической оснастки часто характеризуется значительными циклическими нагрузками. Такие условия требуют обеспечения высоких усталостных характеристик материалов для их изготовления. Однако, имеющиеся в литературе сведения по влиянию амплитудно-частотных параметров нагружения на усталостные характеристики и физико-механические свойства инструментальных сталей недостаточно систематизированы. В этой связи повышение точности и достоверности определения усталостных характеристик сталей, а также разработка методики проведения испытаний является актуальной задачей. Для решения данной задачи необходимо определить влияние частоты испытаний как на усталостные характеристики исследуемых сталей, так и на их структурно-чувствительные свойства.

Исследования влияния амплитудно-частотных и временных параметров нагружения на протекание процессов усталостного повреждения инструментальной стали 5ХНМ осуществлялись путем анализа изменений таких структурно-чувствительных свойств материалов как микротвердость и плотность дислокаций. Использование изгибных колебаний не только имитирует режим эксплуатационных нагрузок, но значительно повышает точность исследований ФМХ благодаря наличию циклических напряжений различной величины, закономерно расположенных вдоль оси образца. Изучение влияния частоты на кинетику процессов упрочнения–разупрочнения металлов и сплавов осуществлялось путем определения изменений микротвердости исследуемых материалов в процессе циклического нагружения с различными амплитудами напряжений. Для этого предварительно определялась величина исходной микротвердости ($H_{ц}$) перед испытанием, а затем проводились измерения $H_{ц}$ в зоне действия циклических напряжений выбранной величины по истечении времени вылеживания.

Из полученных результатов по влиянию амплитудно-частотных и временных параметров нагружения на кинетику физико-механических свойств стали видно, что наиболее интенсивно изменения струк-

турно–чувствительных характеристик для выбранных уровней переменных напряжений происходят при циклическом нагружении до 10⁷ циклов.

Увеличение микротвердости штамповой стали 5 ХНМ прошедшей упрочнение боросилицированием (температура процесса 920 °С, время 2, 5 часа) менялась уже после 10⁵ циклов нагружения (рисунок 1). Однако, при испытании стали прошедшей поверхностное упрочнение уровень возрастания микротвердости ниже, а разброс экспериментальных значений значительно больше чем при использовании однородных образцов, что связано с особенностями структуры поверхностных слоев, прошедших диффузионное насыщение.

Для тонкой структуры исследованных материалов также характерно наиболее существенное изменение относительной плотности дислокаций в течение первых циклов нагружения. В дальнейшем, с наработкой циклов наступает насыщение, сменяющееся на стадии развития микротрещин постепенным переходом через экстремум. Следует отметить, что в связи с более высокой чувствительностью величины плотности дислокаций к действию циклических напряжений, процесс упрочнения отмечается несколько ранее, чем при анализе микротвердости (на базе до 10⁶ циклов), и в последующем после 2·10⁶ циклов преобладают процессы разупрочнения.

Наблюдаемые эффекты кинетики ряда структурно–чувствительных свойств исследуемых материалов в зависимости от амплитудно–частотных и временных факторов воздействия определяются, в основном, характером распределения и взаимодействия дефектов кристаллической решетки. Плотность дислокаций на первой стадии испытаний возрастает на всех исследованных частотах, что свидетельствует о начале протекания процесса упрочнения материала.

В начальной стадии нагружения имеет место лишь колебательное перемещение сегментов закрепленных дислокаций около положения равновесия. Последующее наложение знакопеременных напряжений с высокой частотой полупериода колебаний приводит к активации имеющихся в материале дислокаций, подъему их из энергетических ям, способствует преодолению ими потенциальных барьеров и передвижению через препятствия, вызывая тем самым пластическую деформацию.