

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРОШЕДШИХ МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ

Д.М. СВИРЕПА, Д.М. РЫЖАНКОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Известен эффективный метод магнитно-динамического упрочнения, при котором обеспечивают непрерывное взаимодействие или периодическое соударение деформирующих элементов с обрабатываемой поверхностью за счет энергии постоянного или переменного магнитного поля.

Однако рентгеноструктурные исследования обработанных поверхностей деталей до настоящего времени не проводились. Исследования проводились на двух образцах. В качестве образцов для исследования выбраны втулки размером ($D \times d \times h$): 130 x 110 x 50 мм.

Образец 1 – материал – сталь 45 (43HRC) после растачивания на токарном станке.

Образец 2 – получен после упрочнения образца 1 методом магнитно-динамического раскатывания. Упрочняющую обработку внутренней поверхности втулки осуществляли специальным магнитно-динамическим раскатником на вертикально-фрезерном станке модели ВФ 130. Режимы упрочнения: частота вращения инструмента $n=2240$ об/мин, подача $S=50$ мм/мин; охлаждение – масло индустриальное.

Рентгеноструктурные исследования проводили на автоматизированном рентгеновском комплексе на базе дифрактометра ДРОН-3М в $\text{CoK}\alpha$ -излучении с применением монохроматизации дифрагированного пучка. В качестве кристалла-монохроматора использовали пластину пиролитического графита. Для получения информации о структуре поверхностных слоев проводили запись дифракционных линий (110) и (220) матричной α -Fe фазы, расположенные в интервале углов рассеяния $2\theta = 49-56^\circ$, $2\theta = 118-130^\circ$ соответственно. Рентгеновская съемка выполнялась при напряжении $U=25$ кВ, токе $J=12$ мА в режиме сканирования (по точкам) с шагом $0,1^\circ$. Продолжительность набора импульсов в точке в случае линии (110) составляла 20 с, линии (220) – 30 с. Период кристаллической решетки образцов закаленной стали 45, а также напряженное состояние поверхностных слоев оценивали по результатам записи дифракционной линии (220). Физическое уширение β исследуемых линий определяли методом аппроксимации, при этом вводили поправки на геометрию съемки и неоднородность излучения. Размер субзерен D , сформировавшихся в поверхностных слоях стали после ее обработки по различным режимам находили по соответствующим дифракционным линиям из выражения

$$D = \lambda / (\beta \cdot \cos \theta),$$



где λ – длина волны рентгеновского излучения, θ – угол рассеяния.

Профиль анализируемых дифракционных линий закаленной стали заметно уширен, что связано с дефектами мартенсита. Магнитно-динамическое воздействие на поверхность закаленной стали приводит к дальнейшему росту ширины линий и смещению их углового положения.

В состоянии закалки дифракционные линии матричной α -фазы заметно уширены (β_{110} , β_{220} соответственно равны $9,92 \cdot 10^{-3}$ и $33,45 \cdot 10^{-3}$ рад), что указывает на относительно высокую плотность дефектов кристаллической решетки мартенсита. Последующая обработка магнитно-динамическим методом (образец 2) приводит к возрастанию β до $16,79 \cdot 10^{-3}$ рад для линии (110) и $35,39 \cdot 10^{-3}$ рад – для (220), что свидетельствует об увеличении плотности дефектов кристаллической решетки после указанной обработки.

Для образца 2 величина отношения β_{220}/β_{110} равна 2,11, что достаточно близко к величине $\sec\theta_{220}/\sec\theta_{110} = 1,91$. Такая зависимость свидетельствует о формировании в поверхностных упрочненных слоях фрагментированных структур, характеризующихся скоррелированным расположением дислокаций в виде стенок, образующих границы блоков, ячеек или субзерен.

Располагая данными по значению величины β для различных образцов стали, можно, с одной стороны, оценить размер D ячеек субзеренной структуры, который, как показал проведенный расчет, для образца 2 составляет 12 нм. Это свидетельствует о том, что в поверхностных слоях закаленной стали, прошедшей магнитно-динамическое упрочнение, формируется наноразмерная субзеренная структура. С другой стороны, имеющиеся данные по физическому уширению линий (110) и (220) матричной α -фазы позволяют провести оценку параметров дислокационных структур в поверхностных слоях исследованных образцов.

Проведенные расчеты показали, что увеличение плотности дислокаций после магнитно-динамического упрочнения для выбранных образцов составило 14,5 %.