

УДК 621.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ, СТЕПЕНИ И СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА НАКОПЛЕННУЮ ЭНЕРГИЮ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ СТАЛИ 45

Калашников А. И., Прокофьев М. А.

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева, г. Рыбинск

Накопленная энергия деформации – это комплексный показатель поверхностного слоя, определяющий энергию, накапливаемую в теле при его пластических деформациях. Накопленная энергия деформации играет значительную роль при оценке прочности конструкций и деталей машин, пребывающих в сложном напряженном состоянии. Так, величина накопленной энергии несет информацию о свойствах и состоянии деформированного (упрочненного) материала, поскольку она почти полностью определяет энергию дефектов кристаллической структуры (вакансий, внедренных атомов, дислокаций и др.), образовавшихся при деформации. Свойства и состояние поверхностного слоя материала определяют показатели качества поверхностного слоя. Они, в свою очередь, характеризуют эксплуатационные характеристики деталей машин. Изучение закономерностей накопления и выделения накопленной энергии деформации в значительной мере способствует развитию представлений как о процессах, происходящих в материале во время деформирования, так и о характере возникающих при этом остаточных искажений решетки.

Расчетные методы определения уровня накопленной энергии деформации в поверхностном слое материала при механической обработке, применительно для жаропрочных сплавов, разработаны В. К. Старковым. В. М. Грешновым разработаны дислокационные представления о пластической деформации при обработке металлов давлением.

При обеспечении требуемых параметров качества поверхностного слоя во время лезвийной обработки, большую роль играет накапливаемая в поверхностном слое материала детали энергия упруго-пластических деформаций. При механической обработке она проявляет себя в виде локального деформационного упрочнения – наклепа поверхности детали.

В экспериментальных работах по изучению деформационного упрочнения ряда металлов отражается зависимость приведенного напряжения сдвига от плотности дислокаций. Но поскольку в этой зависимости не присутствует какое-либо из прочностных свойств, то для расчетов используется зависимость между условным пределом текучести и плотностью дислокаций, которая также учитывает параметр междислокационного взаимодействия.

Данная зависимость может быть представлена в виде формулы (1):

$$\sigma = \sigma_{0,2} + \alpha Gb\sqrt{\Lambda}, (1)$$

где σ – напряжение, необходимое для перемещения подвижных дислокаций, т.е. осуществления пластической деформации;

$\sigma_{0,2}$ – напряжение, имеющее смысл предела текучести материала;

α – параметр междислокационного взаимодействия

В. М. Грешновым получена эмпирическая температурная зависимость коэффициента α для группы сталей 10кп, 20кп, 20Г2Р и 38 ХГНМ

$$\alpha = 0,159 \exp\left(\frac{100}{T}\right), (2)$$

где T – температура, К.

Накопленная энергия деформации рассчитывается по следующей зависимости:

$$W_{уд} = \frac{Q}{\alpha^2 G} (\sigma - \sigma_{0.2})^2, (3)$$

где Q – коэффициент пропорциональности, $Q = 0,5 - 1$;

G – модуль сдвига материала детали, Па;

α – параметр междислокационного взаимодействия;

σ – напряжение, необходимое для движения подвижных дислокаций, Па;

$\sigma_{0.2}$ – напряжение начала пластического течения материала, Па.

Для определения искомой зависимости параметра междислокационного взаимодействия от температуры необходимо провести экспериментальное исследование.

Сущность исследования заключается в следующем: на предварительно подготовленных образцах конструкционной стали марки Сталь 45 создается наклеп поверхностного слоя путем деформирования материала образцов на разрывной машине при различных режимах, включающих в себя степень, скорость и температуру деформации, которые изменяются в следующих пределах: скорость от 1 мм/мин до 500 мм/мин, температура от 20 до 750 °С, относительное удлинение от 2 до 30%.

Из полученных образцов изготавливаются шлифы, которые в дальнейшем исследуются на автоматическом микротвердомере модели DURASCAN 20/20 и анализируются зависимости изменения микротвердости в образцах от степени деформации и температуры деформации.

На основании полученных зависимостей можно будет сделать выводы о влиянии температуры на параметр междислокационного взаимодействия и, как следствие, на параметры наклепа поверхностного слоя детали. В связи с тем, что степень наклепа материала поверхностного слоя определяется количеством накопленной энергии деформации, то можно будет проанализировать влияние температуры деформации на накопленную энергию деформации через температурную зависимость параметра междислокационного взаимодействия.

Библиографический список

1. Старков, В. К. Дислокационные представления о резании металлов [текст] / В. К. Старков. – М.: Машиностроение, 1979. – 160 с.
2. Лебедев В. А. Энергетические аспекты упрочнения деталей динамическими методами поверхностного пластического деформирования: монография / В. А. Лебедев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007. – 156 с.
3. В.Ф. Безъязычный, М.А. Прокофьев, Н.В. Виноградова. Исследование влияния технологических условий механической обработки на накопленную энергию деформации в поверхностном слое детали [текст] – Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, 2015. – 14 с.