

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УСИЛИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ УП- РОЧНЕНИИ ЭМО+ППД

*А.Н. Болдов, 4 курс, автотранспортный факультет,
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.Г.Дудкина
Волгоградский государственный технический университет*

Современные комбинированные методы поверхностного упрочнения деталей машин являются эффективными технологиями обеспечения требуемого качества изделия, позволяющими наиболее полно реализовать потенциал механических и эксплуатационных характеристик материала за счет формирования в его поверхностном слое уникальных структурно-фазовых состояний. В работе рассматривается влияние комбинированной технологии поверхностного упрочнения (ЭМО+ППД) на усталостную прочность деталей.

Целью работы является расчетно-экспериментальная оценка усилия деформирования при финишном поверхностном пластическом деформировании комбинированной технологии электромеханической обработки (ЭМО) + поверхностного пластического деформирования (ППД) стальных изделий с различной предварительной термической обработкой.

Испытанию подвергали среднеуглеродистую сталь 45 в нормализованном и закаленном состояниях (закалка + отпуск: высокий $H_{\mu} = 2,2$ ГПа, средний $H_{\mu} = 3,5$ ГПа и низкий $H_{\mu} = 5,0$ ГПа).

Последующая за закалкой и отпуском электромеханическая обработка, состояла в одновременном воздействии на вращающийся образец импульсного электрического тока плотностью $j=400$ А/мм² и механического усилия на инструмент $P=300$ Н (напряжение $U=4-5$ В; скорость обработки $V=9$ м/мин; подача $S=0,8$ мм/об). Параметры финишной обработки поверхностного пластического деформирования: усилие на инструмент варьировали в диапазоне $P=0,4-1,2$ кН; подача $S=0,25$ мм/об; число проходов $n=1$. В результате такого воздействия формировался специфический высокопрочный поверхностный слой бесструктурного мартенсита толщиной 0,15 мм и твердостью $H_{\mu} = 8,0$ ГПА.

Исследование усталостной прочности проводилось на цилиндрических образцах согласно ГОСТ 25.502-79 на машине НУ-3000 по схеме чистого изгиба при вращении.

Авторами ранее было установлено, что поверхностное упрочнение ЭМО среднеуглеродистой стали 45 в нормализованном состоянии и закаленном после высокого отпуска ($T_{от} = 600-700$ °С) ведет к увеличению усталостной прочности. Так предел выносливости увеличивается на 15 - 20

%, а долговечность в пределах ограниченной выносливости, увеличивается более чем в 5 раз. Проведение ЭМО низкоотпущенных образцов ($T_{om}=200-300$ °С) дает принципиально иной результат. Предел выносливости снижается с 650 МПа до 500 МПа [1-2].

Сопоставление результатов усталостных испытаний закаленной низкоотпущенной и высокоотпущенной стали с особенностями структуры и распределения микротвердости в поверхностном слое [3] позволяет предположить, что одной из причин, снижающих эффективность применения ЭМО для закаленных низкоотпущенных сталей, является наличие значительной разупрочненной зоны (зоны вторичного отпуска). Как известно процессы отпуска протекают с изменением объема, что способствует появлению дополнительных неблагоприятных растягивающих напряжений, интенсифицирующих процесс усталостного разрушения.

Проведение операции ППД, как финишной после электромеханической обработки (ЭМО+ППД) позволяет существенно повысить циклическую прочность как низкоотпущенных, так и высокоотпущенных углеродистых сталей. Поверхностное пластическое деформирование, проведенное после электромеханической обработки, позволяет, не изменяя структуры и свойств белого слоя, воздействовать на материал, ликвидируя неблагоприятные, с точки зрения усталостной прочности, остаточные напряжения в приповерхностных слоях.

Полученные экспериментальные зависимости влияния нагрузки на инструмент и температуры отпуска на усталостную прочность были описаны аналитически в виде выражения, аппроксимирующего опытные данные. В качестве характеристики усталостной прочности рассматривается коэффициент поверхностного упрочнения K_v , представляющий собой отношение предела выносливости упрочненного материала σ_{-1} к пределу выносливости исходного образца без поверхностного упрочнения $\sigma_{исх}$:

$$K_v = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{исх}}.$$

По результатам усталостных испытаний стальных образцов с различной предварительной термической обработкой (закалка+отпуск от различных температур), подвергнутых ЭМО+ППД, усилие деформирования P при ППД, необходимое для достижения заданного коэффициента поверхностного упрочнения K_v , может быть аппроксимировано следующей зависимостью:

$$P = \left(c - \left(c^2 + 4 \cdot d \cdot T_{om} \cdot (a + b \cdot T_{om} - K_v) \right)^{0,5} \right) \cdot (2 \cdot d \cdot T_{om})^{-1}.$$

На рис.1 показана номограмма, которая позволяет оценить величину усилия деформирования финишного поверхностного пластического де-

формирования P для достижения максимального эффекта упрочнения (K_v) для закаленной и отпущенной стали после комбинированного упрочнения ЭМО+ППД.

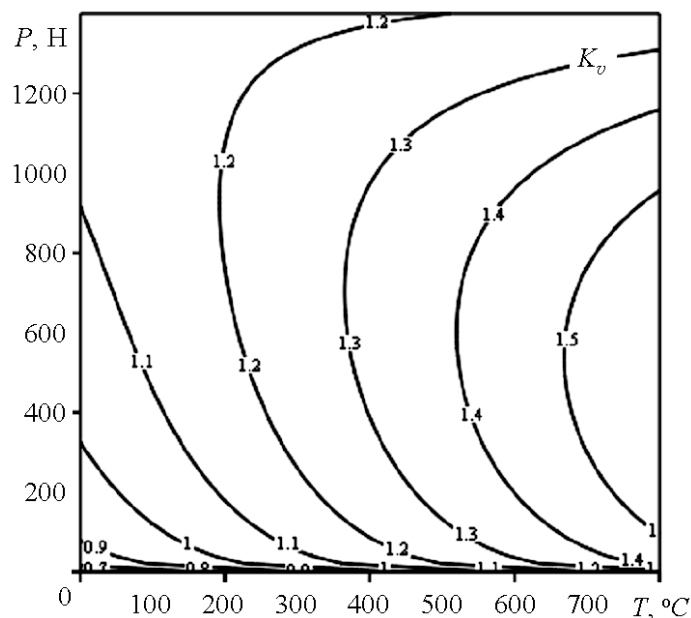


Рисунок 1 - Номограмма для определения коэффициента поверхностного упрочнения K_v для закаленной стали 45, упрочненной ЭМО+ППД, в зависимости от температуры предварительного отпуска T_{om} стали и деформирующего усилия на инструмент P при ППД

Согласно результатам экспериментов, операция ППД наиболее эффективна при рабочей нагрузке на инструмент $P= 1000$ Н для стали со средним и высоким отпуском ($T_{om} 400$ °С) и $P= 1200$ Н для низкоотпущенных ($T_{om} 400$ °С) стальных деталей.

Таким образом, разработан способ рационального определения величины рабочей нагрузки на инструмент при финишном пластическом деформировании для достижения максимального эффекта упрочнения стальных изделий с различной предварительной термической обработкой. Полученные результаты могут служить основой оптимизации режимов комбинированного упрочнения деталей.

Литература:

Багмутов, В. П. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация / В. П. Багмутов, С. Н. Паршев, Н. Г. Дудкина, И. Н. Захаров – Новосибирск: Наука, 2003. – 318 с.

2. Дудкина Н.Г. Оценка усталостной прочности термообработанной среднеуглеродистой конструкционной стали после комбинированного упрочнения (ЭМО+ППД)// Механика, 4, 1998, с. 28-31.

3. Дудкина Н.Г., Бурминская Л.Н., Свитачев А.Ю. Влияние термических процессов при ЭМО на формирование структуры поверхностного

УДК 631.4

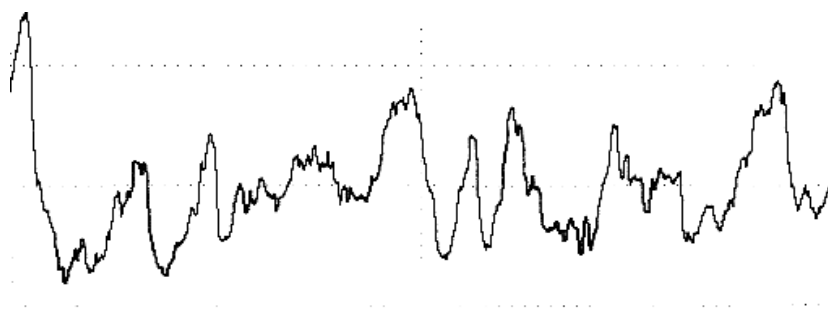
АНАЛИЗ ШЕРОХОВАТОСТИ И ПРОЧНОСТИ ПРЕССОВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ДОРНОВАНИЕМ ВТУЛКИ ВЕРХНЕЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА

*А.Р. Валитов, 3 курс ССО, инженерный факультет
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Морозов
Ульяновская ГСХА*

Важными параметрами характеризующими качество обработки втулки верхней головке шатуна электромеханическим дорнованием (ЭМД) является шероховатость обработанной поверхности и прочность прессового соединения [1].

Для исследования параметров шероховатости использовался профилометр модели 170622, тип II, степень точности 2 по ГОСТ 19300 – 86

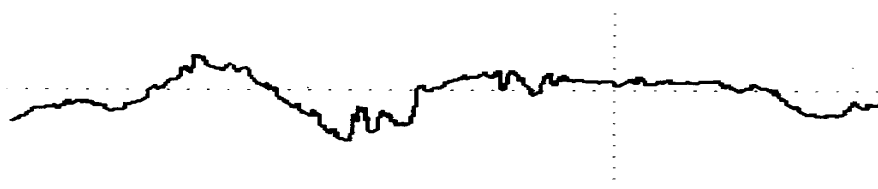
В результате профилирования поверхности втулки до обработки и после, были получены следующие результаты, которые представлены на рисунке 1.



а) $R_a = 8,092$ мкм; $R_z = 47,2$ мкм; $R_{max} = 57,0$ мкм



б) $R_a = 0,414$ мкм; $R_z = 3,76$ мкм; $R_{max} = 6,20$ мкм



в)