

О.Г. Кокорева, канд. техн. наук

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## СТАТИКО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Одним из наиболее эффективных, энергосберегающих и легко реализуемых в производстве способов повышения качества поверхностного слоя является деформационное упрочнение деталей в процессе обработки поверхностным пластическим деформированием. Использование поверхностно-пластической деформации (ППД) в качестве самостоятельного метода или в сочетании с другими способами позволяет добиться наилучших результатов.

Разработанный способ статико-импульсной обработки сочетает в себе достоинства статических и динамических способов ППД [1].

Изменение процесса механической обработки за счет усложнения кинематики относительно движения инструмента и обрабатываемой детали позволяет повысить эффективность процесса и получить новые, ранее неизвестные возможности. Статико-импульсная обработка (СИО) является характерным подтверждением этого. Усложнение кинематики движения инструмента, разделение общей нагрузки на статическую и динамическую составляющие, использование для создания динамической нагрузки в очаге деформации волновых эффектов позволило увеличить количество управляемых конструктивных, настроечных и технологических факторов, влияющих на результаты упрочнения.

В результате многократно возросли возможности управления процессом упрочнения обрабатываемого материала, появилась возможность создания гетерогенно- и гомогенноупрочненных поверхностных слоев всего лишь за счет варьирования значениями настроечных и технологических факторов.

Известно, что эффективным средством борьбы с интенсивным износом деталей является их упрочнение. Одна из важных задач исследования — определение твердости образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС), упрочненных СИО [2].

Лабораторные исследования твердости проводились на образцах, упрочненных в различных режимах нагружения. При этом изменялись:

- величина статического усилия на инструмент (ударник)  $F_{ст}$ ;
- величина энергии удара  $E$ ;
- соотношение длин бойка (ударника) и волновода  $l_1 / l_2$  [3, 4].

На рис. 1, 2 представлены зависимости, полученные в результате анализа измерения твердости от величины статического усилия и энергии удара [5].

Установлено, что твердость увеличивается как при возрастании статического усилия статико-импульсного упрочнения, так и при увеличении энергии удара. Максимальная величина твердости соответствует наибольшей деформации образца.

Наибольшая степень деформации наблюдается до глубины в 4...5 мм, которой соответствует твердость 470...480 НВ, далее степень деформации и твердость уменьшаются до величин, соответствующих исходному состоянию не упрочненной ВМС. Увеличению степени деформации образцов из ВМС соответствует повышение ее твердости. На рис. 3 приведены зависимости твердости от степени деформации образцов, упрочненных СИО, для сравнения с аналогичными зависимостями для образцов, упрочненных методом взрыва и накатки [3].

Таким образом, в результате лабораторных исследований установлено, что твердость при упрочнении статико-импульсной обработкой повышается по сравнению с исходной в 2,0...2,3 раза.

За счет использования ударных систем с промежуточным звеном появилась возможность резко

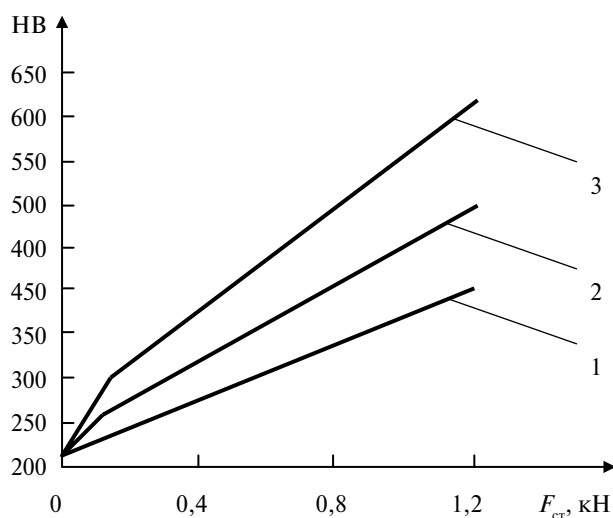


Рис. 1. Зависимость твердости образцов из ВМС, упрочненных СИО, от величины статического усилия при различной энергии удара:  
1 —  $E_1 = 6$  Дж; 2 —  $E_2 = 12$  Дж; 3 —  $E_3 = 18$  Дж

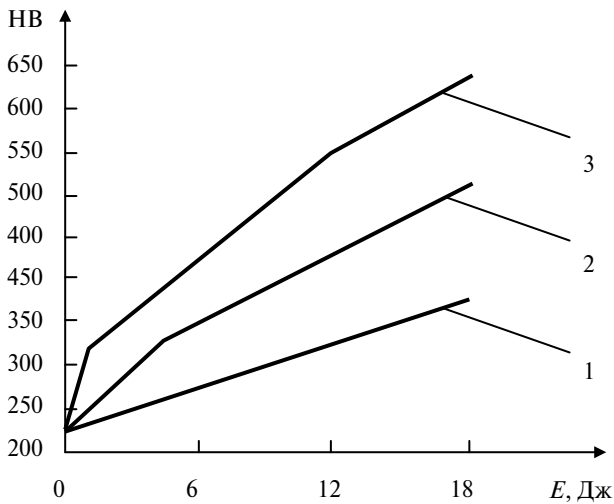


Рис. 2. Зависимость твердости от энергии удара образцов из ВМС, упроченных СИО, при различном статическом усилии обработки: 1 —  $F_{ст} = 0,4$  кН; 2 —  $F_{ст} = 0,8$  кН; 3 —  $F_{ст} = 1,2$  кН

увеличить количество энергии, сообщаемой в очаг деформации в процессе статико-импульсной обработки, что позволило в несколько раз увеличить глубину упроченного слоя. Теоретически и экспериментально установлено, что при СИО в очаге деформации формируются пролонгированные импульсы, энергия которых в 2...3 раза выше по сравнению с импульсами, возникающими при других способах динамического упрочнения ППД. При использовании инструмента с локализованным контактом удается максимально пролонгировать действие контактной нагрузки, обеспечить практически полную реализацию энергии импульса на осуществление упругопластической деформации [2].

Глубина упрочнения, достигаемая в результате СИО, составляет 6...10 мм в зависимости от марки стали. Эффективная глубина слоя, упроченного на 20% и более, возрастает по сравнению со статическим накатыванием в 1,8...2,7 раза, а глубина слоя, упроченного на 10% и более, — в 1,7...2,2 раза. Глубина и степень упрочнения после СИО и статического вдавливания индентора на прессе весьма близки и на много больше получаемых обычно при динамическом упрочнении, следовательно, длительность пролонгированного импульса достаточна для реализации всех механизмов упрочнения [6].

Глубина, степень и равномерность упрочнения поверхностного слоя при СИО определяются соотношением энергии и частоты импульсов с геометрическими параметрами деформирующего инструмента и технологическими режимами обработки, а обобщенной характеристикой их связи является коэффициент перекрытия единичных отпечатков [1].

Обработка каждой поверхности катания производится за один проход, производительность СИО достигает 460 мм/мин, обеспечивается снижение исходной шероховатости поверхности в 6 раз. Установлено, что статико-импульсное упрочнение сердечников отличается более высокой производительностью и низкой себестоимостью по сравнению с упрочнением термообработкой и взрывом [4].

В результате анализа вида возникающих связей разработана методика управления технологическими режимами статико-импульсной обработки и параметрами генератора импульсов, которая позволяет рассчитывать их из условия обеспечения требуемой глубины, степени и равномерности упрочнения поверхностного слоя [6].

Разработаны технологические рекомендации по направленному формированию заданных параметров качества поверхностного слоя в процессе СИО. Опытные образцы, технологическое оборудование и оснастка, генератор импульсов и технология СИО апробированы в действующем производстве.

Планируется продолжение исследований с целью выявления технологических режимов, обеспечивающих предельно низкие значения шероховатости и волнистости обработанной поверхности. Немалый интерес представляет расположение операции статико-импульсного упрочнения не только в конце, но и в начале технологического цикла обработки несущей поверхности деталей, отличающихся высокими требованиями к точности.

Задача состоит не только в исследовании разработанного способа, выявлении скрытых физических закономерностей нового вида обработки, но и разработке рекомендаций по назначению конструктивных параметров, рациональных тех-

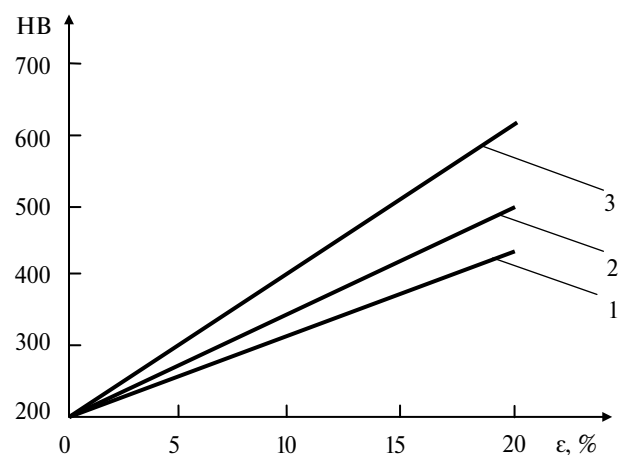


Рис. 3. Зависимость твердости стали 110Г13Л от степени деформации упроченных образцов: 1 — статико-импульсным методом; 2 — методом взрыва; 3 — методом накатки

нологических режимов для конкретных условий и видов обработки различных деталей и их поверхностей.

**Список литературы**

1. Статико-импульсная обработка и оснастка для ее реализации / А.В. Киричек [и др.] // СТИН. — 1999. — № 6. — С. 20–24.  
 2. Лазуткин, А.Г. Упрочнение и формообразование поверхностей статико-импульсной обработкой / А.Г. Лазуткин, О.Г. Кокорева // Точность технологических и транспортных систем: материалы Междунар. науч.-техн. конф. — Пенза, 1998. — Ч. 2. — С. 124–126.

3. Назначение технологических режимов статико-импульсной обработки / А.Г. Лазуткин [и др.] // Проектирование технологических машин: сб. науч. трудов. — Вып. 12. — М.: МГТУ «Станкин», 1998. — С. 85–88.  
 4. Кокорева, О.Г. Технологические возможности статико-импульсной обработки / О.Г. Кокорева // Техника машиностроения. — 2011. — № 2. — С. 12–15.  
 5. Кокорева, О.Г. Результаты исследования тяжело нагруженных поверхностей, упрочненных статико-импульсным методом / О.Г. Кокорева // Вестник машиностроения. — 2010. — № 3. — С. 26–31.  
 6. Киричек, А.В. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхности пластическим деформированием / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьёв, А.Г. Лазуткин. — М.: Машиностроение, 2004. — 288 с.

УДК 502/504:631.3.004

*К.О. Соколов, канд. техн. наук*  
 Московский государственный университет природообустройства  
*А.Д. Козлов*  
 Компания «Форд Соллерс Холдинг»

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРОВ «ФОРД» В РОССИИ**

Разработка методики оценки уровня профессиональной подготовки (УПП) технического персонала (ТП) связана с внедрением в дилерских центрах «Форд», обслуживающих грузовые автомобили в России, программы по техническому тренингу персонала «Форд мастерс» в 2009 году.

В 2010 г. методику применяли на этих предприятиях, а в 2011 г. появилась возможность снять необходимые показатели для обработки по методике оценки УПП.

Разработка методики оценки уровня профессиональной подготовки технического персонала дилерских центров включала в себя несколько этапов:

1. Анализ литературных данных, нормативных документов, фактического состояния подготовки технического персонала дилерских центров и выделения факторов, оказывающих влияние на качество подготовки.
2. Расположение выбранных факторов по иерархическим уровням, выявление основных факторов и определяющих (частных) факторов.
3. Проведение экспертного опроса с целью уточнения списка основных факторов и определения их весомости.

На основании анализа существующих методик подготовки [1–4], нормативных документов и фактического состояния подготовки технического персонала дилерских центров выявлены следующие ос-

новные факторы, оказывающие влияние на качество профессиональной подготовки:

- образование, базовая подготовка;
- стаж работы;
- мотивация;
- участие в программе «Мастерс»;
- культура производства.

Каждый из основных факторов определяется различными частными факторами. Так, например, базовая подготовка предполагает наличие профильного образования механика, высшего технического, среднего специального технического или другого базового образования.

Используя принцип иерархичности, перечень основных и частных факторов, оказывающих влияние на качество подготовки персонала, представлен в таблице.

Уровень профессиональной подготовки технического персонала оценивают по обобщенному показателю, вычисляемому из выражения

$$K_{УПП} = \frac{\sum_{j=1}^n K_j f_j}{\sum_{j=1}^n f_j}, \tag{1}$$

где  $K_j$  — значение  $j$ -го основного фактора в зависимости от уровня его реализации в эксплуатации;  $f_j$  — коэффициент весомости  $j$ -го основного фактора;  $n = 5$  — число основных факторов.