

УДК 621.8

## Повышение долговечности тяжело нагруженных поверхностей деталей машин статико-импульсной обработкой

Кокорева О.Г.

Предложенный для практического использования в производстве новый метод статико-импульсного упрочнения тяжело нагруженных поверхностей имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время. Отличительной особенностью метода является сочетание статических и динамических процессов обработки, в результате которой обеспечиваются необходимые качества поверхностного слоя обрабатываемой детали, а также необходимая твердость и остаточные напряжения сжатия. Данный способ упрочнения является одним из более эффективных, энергосберегающих и легко реализуемых в производстве. Статико-импульсное упрочнение позволяет увеличить количество управляемых конструктивных, настроечных и технологических факторов, влияющих на результат упрочнения. В результате статико-импульсной обработки обеспечивается снижение шероховатости поверхности, увеличение износостойкости и твердости поверхностного слоя за счет увеличения глубины упрочнения и изменения микроструктуры металла. Для статико-импульсного упрочнения характерна высокая производительность и низкая себестоимость по сравнению с термообработкой и упрочнением взрывом.

*Ключевые слова:* статико-импульсная обработка, упрочнение поверхности, характеристики качества поверхностного слоя, долговечность, надежность.

### Введение

Одним из наиболее эффективных, энергосберегающих и легко реализуемых в производстве способов повышения качества поверхностного слоя является деформационное упрочнение деталей в процессе обработки поверхностно-пластическим деформированием. Использование поверхностно-пластической деформации (ППД) в качестве самостоятельного метода или в сочетании с другими способами позволяет добиться наилучших результатов. Вследствие недостаточной глубины упрочнения и невысокой управляемости процессом известные статические и динамические способы находят ограниченное применение.

Известно, изменение процесса механической обработки за счёт усложнения кинематики относительного движения инструмента и обрабатываемой детали позволяет повысить эффективность процесса и получить новые, ранее не известные возможности. СИО является характерным подтверждением этого. Усложнение кинематики движения инструмента, разделения общей нагрузки на стати-

ческую и динамическую составляющие, использование для создания динамической нагрузки в очаге деформации волновых эффектов позволило многократно 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 гомогенно упрочнённых поверхностных слоёв всего лишь за счёт варьирования значениями настроенных и технологических факторов.

Цель работы - определить и исследовать характеристики качества поверхностного слоя образцов, упрочнённых статико-импульсной обработкой.

### Результаты исследования

Разработанный способ статико-импульсной обработки сочетает в себе достоинства статических и динамических способов ППД. Известно, что эффективным средством борьбы с интенсивным износом деталей явля-

ется их упрочнение. Одна из важных задач исследования - определение твердости образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС), упрочненных СИО. Лабораторные исследования твердости проводились на образцах, упрочненных в различных режимах нагружения (таблица 1.). При этом изменялись:

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

Таблица 1.

Твердость образцов НВ			Глубина по сечению, мм	Ударная вязкость, КСУ МДж/м <sup>2</sup>
1	2	3		
608	603	610	1	2,27
587	581	585	2	-
563	557	562	3	-
524	518	528	4	2,15
502	464	493	5	-
476	465	470	6	-
438	432	435	7	2,03
392	398	402	8	-
376	363	377	9	-
334	326	330	10	1,84

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.

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 со-

стоянию не упрочненной ВМС. Увеличению степени деформации образцов из ВМС соответствует повышение её твердости. На рисунке 1 приведены зависимости твердости от степени деформации образцов, упрочненных СИО, для сравнения с аналогичными зависимостями для образцов, упрочненных методом взрыва и накатки.

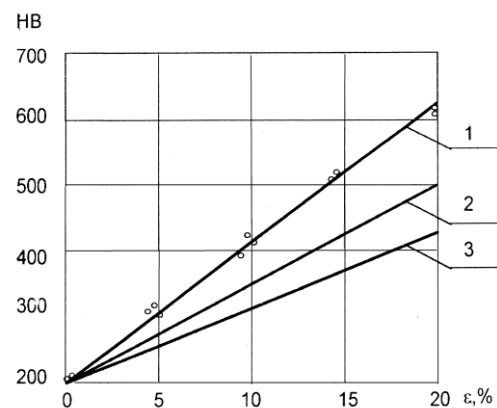


Рис. 1. Зависимость твердости стали 110Г13Л от степени деформации образцов упрочненных: 1) статико-импульсным методом; 2) методом взрыва; 3) методом накатки.

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 увеличить количество энергии, сообщаемой в очаг деформации в процессе статико-импульсной обработки, что позволило в несколько раз увеличить глубину упрочненного 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, упрочненного на 20 % и более, возрастает по сравнению со статическим накатыванием в 1,8 ... 2,7 раза, а глубина слоя, упрочненного 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 много больше получаемых обычно при динамическом упрочнении, следовательно, длительность пролонгированного импульса достаточна для реализации всех механизмов упрочнения [9].

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 [9].

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 [10].

### Заключение

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 [9].

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

### Литература

1. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. - М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
2. Киричек А.В., Кокорева О.Г., Лазуткин А.Г., Соловьев Д.Л. Статико-импульсная обработка и оснастка для ее реализации // СТИН. 1999, № 6. – С. 20–24.
3. Киричек А.В., Соловьев Д.Л. Способы динамического упрочнения поверхностным пластическим деформированием // Кузнечно-штамповочное производство. 2001, № 7. – С. 28–32.
4. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
5. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение и формообразование поверхностей стати-

ко-импульсной обработкой // Точность технологических и транспортных систем: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 1998. Ч. 2. – С. 124–126.

6. Лазуткин А.Г. Назначение технологических режимов статико-импульсной обработки // Проектирование технологических машин: Сб. научных трудов. Вып. 12. – М.: МГТУ «Станкин», 1998. – С. 85–88.

7. Кокорева О. Г. Технологические возможности статико-импульсной обработки // Техника машиностроения, 2011, №2. – С. 12-15.

8. Кокорева О. Г. Результаты исследования тяжело нагруженных поверхностей, упрочненных статико-импульсным методом // Вестник машиностроения, 2010, №3.

9. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхности пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2004.

10. Кокорева О. Г. Производственные испытания упрочнения сердечников крестовин стрелочных переводов статико-импульсным методом // Вторая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: Сборник трудов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

### References

1. Balter M.A. Hardening of parts of machinery. – М.: Mashinostroenie, 1974. – 136 p.  
2. Kirichek A.V., Kokoreva O.G., Lazutkin A.G., Soloviev D.L. Static-pulse treatment and

equipment for its implementation // STIN. 1999, № 6. – P. 20-24.

3. Kirichek A.V., Soloviev D.L. Ways of strengthening the dynamic surface plastic deformation // Forging and stamping production, 2001, № 7. – P. 28-32.

4. Smelyansky V.M. Mechanical hardening of surface plastic deformation. – М.: Mashinostroenie, 2002. – 300 p.

5. Lazutkin A.G., Kokoreva O.G. Strengthening and shaping surfaces static-pulse processing // Precision technology and transport systems: Proceedings of the International scientific and engineering Conference – Penza, 1998. Part 2. – P. 124-126.

6. Lazutkin A.G. Appointment of technological regimes static-pulse treatment // Designing technological machines, Vol. 12. – М: Moscow State Technical University «Stankin», 1998. – P. 85-88.

7. Kokoreva O.G. Technological opportunities static-pulse processing // Engineering technique, 2011, № 2. – P. 12-15.

8. Kokoreva O.G. Results investigations of heavy-duty surfaces, hardened static-pulse method // Bulletin of mechanical engineering, 2010, № 3.

9. Kirichek A.V., Soloviev D.L. Lazutkin A.G. Technology and equipment to static-width surface treatment of plastic deformation. – М.: Mashinostroenie, 2004.

10. Kokoreva O.G. Production tests hardening core crosses switches static-pulse method // Second Conference of Young Scientists and Specialists «The Future Engineering of Russia». – М.: MGTU Bauman, 2009.

**Статья поступила в редакцию 30 сентября 2012 г.**

Offered for practical use in production the new method of static-pulse hardening of hard loaded surfaces has a number of essential advantages in comparison with applied now. Distinctive feature of a method is the combination of static and dynamic processes of processing as a result of which necessary qualities of a blanket of a processed detail, and as necessary hardness and residual tension of compression are provided. This way of hardening is one of more effective, energy saving and easily realized in production. Static-pulsed hardening increases the number of controlled design, tuning, and technological factors that affect the result of hardening. As a result, the static-pulse processing provides reduced surface roughness, increased wear resistance and hardness of the

surface layer by increasing the depth of hardening and changes in the microstructure of the metal. For the static-pulsed hardening is characterized by high performance and low cost compared with heat treatment and explosion.

*Keywords:* static-pulse treatment, hardening the surface, quality characteristics of the surface layer, reliability, durability.

---

*Кокорева Ольга Григорьевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»