

**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОМ  
УПРОЧНЕНИИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
СЕРДЕЧНИКОВ КРЕСТОВИН СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ**

*Анохина Е.И., Гоголева Е.А., Кокорева О.Г.*

*Муромский институт (филиал)*

*Владимирского государственного университета,*

*602254, г. Муром, ул. Орловская, 23,*

*кафедра «Технология машиностроения», Anohina-1993@yandex.ru*

**Аннотация**

Представлена оценка энергетического состояния поверхностного слоя при статико-импульсной обработке тяжело нагруженных поверхностей сердечников крестовин стрелочных переводов. Выполняется определение основных составляющих работы на инструменте и оценивается их процентное соотношение.

**Ключевые слова:** энергетическое состояние поверхностного слоя, характеристики качества, статико-импульсная обработка, поверхностно-пластическая деформация, составляющие работы.

**THE EVALUATION OF THE ENERGY STATE OF THE SURFACE  
LAYER IN THE STATIC-PULSE HARDENING OF HEAVY-DUTY  
SURFACES CORES FROGS POINTER TRANSLATIONS**

*Anohina E., Gogoleva E., Kokoreva O.*

*Murom Institute of Vladimir State University*

**Abstract**

The estimation of the energy state of the surface layer with the static pulse processing of heavy-duty surfaces cores frogs pointer translations. Is the definition of the main components of the work on the instrument and assesses their percentage.

**Key words:** the energy state of the surface layer, the characteristics of quality, static pulse processing of surface plastic deformation, components of the work.

Статико-импульсивная обработка (СИО) обладает широким диапазоном технологических возможностей, позволяет достигать предельно низких значений параметров шероховатости, значительной степени и глубины упрочнения обработанной поверхности.

СИО рекомендуется, в первую очередь, для упрочнения тяжело нагруженных деталей, имеющих глубину несущего слоя до 6...8 мм и более, работающих в условиях усталостного износа. Характерной деталью,

отвечающей указанным признакам, является сердечник крестовин стрелочного перевода.

Авторским коллективом под руководством профессора А.Г.Лазуткина на специализированном предприятии ОАО «Муромский стрелочный завод» выполнен комплекс работ по упрочнению сердечников крестовины стрелочного перевода статико-импульсивной обработкой [1,2].

В результате проведенных исследований установлено, что СИО стали 110Г13Л позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя до 8-9 мм и более. При использовании в качестве инструмента стержневых роликов ширина упрочняемой за один проход поверхности составляет 15-40 мм, при этом глубина остаточной вмятины не превышает 0,1-0,12 мм.

После упрочнения СИО опытной партии сердечников крестовины Р65 типа 1/11 железнодорожных стрелочных переводов микротвердость наиболее изнашиваемой части клина и усювиков сердечников повысилась в 2,5 раза (от 260 до 640 HV), а глубина упрочненного слоя составила 8-9 мм [2,3].

Известно, что изменение процесса механической обработки за счет 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, разделение общей нагрузки на статическую 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.

Степень пластического деформирования зависит от изменения энергетического состояния поверхностного слоя при статико-импульсном воздействии. Важно знать распределение энергии удара, которое позволяет оценить характеристики упругопластического контакта и процесса формирования свойств поверхностного слоя. При этом необходимо обосновать режимы СИО с точки зрения волновых процессов, протекающих в поверхностном слое металла, так как результат упрочнения будет зависеть от свойств материала, формы ударного импульса, геометрических параметров инструмента и энергии удара.

Суммарная работа на инструменте определится как

$$A = A_{пл} + A_{упр} + A_{тр} + A_{менл} + A_{волн} + A_{см} \quad (1)$$

где  $A_{пл}$  – работа на пластическую деформацию;

$A_{упр}$  – работа на упругую деформацию;

$A_{тр}$  – работа на трение;

$A_{менл}$  – работа на тепловые процессы;

$A_{волн}$  – работа на волновые процессы;

$A_{cm}$  – работа статического поджима;

Работа на пластическую деформацию прямо пропорциональна нормальному давлению и глубине внедрения инструмента

$$A_{nl} = \iiint P_n ds dn, \quad (2)$$

где  $P_n$  – нормальное давление на поверхности контура

$$P_n = P_o \sqrt{\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}} \cos \varphi; \quad (3)$$

$ds = \frac{dx dy}{\cos \varphi}$  – элементарная площадка поверхности контура,

$dn = \frac{dr}{\cos \varphi}$  – элементарное нормальное смещение поверхности контура.

Поверхность контакта при внедрении инструмента имеет форму эллиптического параболоида

$$Z = \frac{H}{abK} \left[ abK - \frac{b}{a} Dx^2 - \frac{a}{b} (K - D)y^2 \right], \quad (4)$$

следовательно

$$\frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{2HD}{a^2 K}; \quad \frac{\partial Z}{\partial y} = -\frac{2H(K - D)}{b^2 K}. \quad (5)$$

Тогда полная работа пластических деформаций, связанная с упрочнением поверхности определяется как

$$A_{nl} = P_o K \iiint \frac{\sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}} \sqrt{1 + \frac{H}{K^2} \left( \frac{H}{a} \right)^2 \left[ \frac{D}{a^2} X^2 - \frac{K - D}{b^2} \left( \frac{a}{b} \right)^2 y^2 \right]}}{2 \frac{H}{a} \sqrt{\frac{D^2}{a^2} X^2 + \frac{(K - D)^2}{b^2} \left( \frac{a}{b} \right)^2 y^2}} dx dy da$$

После преобразований, подстановки  $P_o$  и исключения малых величин получим

$$A_{nl} = \frac{a^2 H}{4\Theta K} \sqrt{\frac{2\sigma_T (K - D)}{EK}}. \quad (6)$$

Работа на упругие деформации

$$A_{ynp} = \iiint P_n ds dn K. \quad (7)$$

После замены переменных и интегрированных получим

$$A_{ynp} = \frac{\pi^2 P_o a_1^2 b_1 W_o K}{4mH_1}. \quad (8)$$

Величина работы на трение зависит от коэффициента трения, воздействия на инструмент, а также его геометрических параметров, и определяется по формуле

$$A_{mp} = \iiint f P_n ds dl, \quad (9)$$

где  $f$  – коэффициент трения;

$$dl = \frac{ds}{\sin \varphi} - \text{элементарное смещение.}$$

После замены переменных и интегрированных получим

$$A_{mp} = \int P_o \frac{K^2 a^2 b^2}{HD(K-D)} \int_0^1 \int_0^{2\pi} \sqrt{1 - (m_1^2 \cos^2 \varphi + n_1^2 \sin^2 \varphi)} \sqrt{1 - \rho} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{K} (D m_1^2 \cos^2 \varphi) + (K - D) n_1^2 \sin^2 \varphi \right] d\varphi d\rho. \quad (10)$$

Величина интеграла не зависит от полуосей эллипса и глубины, а зависит от их отношения, поэтому обозначаем для краткости через  $J$ . Окончательно получим

$$A_{mp} = J f P_o \frac{K^2 a^2 b^2}{HD(K-D)}. \quad (11)$$

Тепловая составляющая работы

$$A_{тепл} = \frac{m V^2}{2} (1 - K^2) \cdot q. \quad (12)$$

Волновая составляющая работы

$$A_{волн} = \rho \cdot c \cdot V \cdot h \cdot S. \quad (13)$$

Статическая составляющая работы определяется как

$$A_{ст} = F_{ст} \cdot n. \quad (14)$$

Определив все составляющие работы, можно оценить величину энергии при СИО, необходимую для получения требуемых характеристик поверхностного слоя детали.

### **Библиографический список**

1. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение и формообразование поверхностей статико-импульсивной обработкой // Точность технологических и транспортных систем: материалы междунар.науч.-техн.конф. – Пенза,1998. – Т. 2. – С. 124-126.

2. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение статико-импульсивной обработкой // Новые материалы и технологии в машиностроении и приборостроении: материалы науч.-техн. конф. – Пенза, 1996. – С.26-31.

3. Упрочнение тяжелонагруженных деталей методом статико-импульсного ППД / Д.Л.Соловьев [и др.] // СТИН, 2002. – № 5 – С.13-15.