

**О.Г. Кокорева**  
**O.G. Kokoreva**

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО  
«Владимирский государственный университет»  
Murom Institute (Branch)  
"Vladimir State University

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ**

## **TECHNOLOGICAL CAPABILITIES STATIC PULSE PROCESSING**

Представлен один из инновационных способов упрочнения тяжело нагруженных поверхностей – статико-импульсная обработка особенностью которой является комбинированное статическое и динамическое нагружение очага деформации.

**Ключевые слова:** Статико-импульсная обработка, тяжело нагруженная поверхность, сердечник крестовин стрелочных переводов, грейдерные ножи, характеристики качества поверхностного слоя, износостойкость, деформационное упрочнение, поверхностно-пластическая деформация, долговечность, надежность.

Shows one of the innovative ways of hardening of heavily loaded surfaces. Static pulse-processing (CRD) is a new developed and patented by scientists of Murom Institute (branch), Vladimir State University method of surface-plastic deformation (SPD). Its feature is the combined static and dynamic loading of the deformation zone. The main effects of strain occurs due to the dynamic component of the load, which is formed in the shock system and reported in the deformation in the form of prolonged pulse. Preliminary static preload the tool to the work surface allows you to more fully harness the energy of the shock pulse. This feature distinguishes the SIO from the known dynamic method of hardening PPD.

**Keywords:** Static-pulse processing, heavy-duty surface cardiac nickname frog turnouts, grader blades, features in the quality of the surface layer, wear resistance, hardening, surface-plastic deformation, durability, reliability.

Статико-импульсная обработка (СИО) является новым, разработанным и запатентованным научным коллективом Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета способом поверхностно-пластической деформации (ППД). Ее особенностью является комбинированное статическое и динамическое нагружение очага деформации. Основное деформационное воздействие происходит за счет динамической составляющей нагрузки, которая формируется в ударной системе и сообщается в очаг деформации в виде пролонгированного импульса. Предварительное статическое поджатие инструмента к обрабатываемой поверхности позволяет более полно использовать энергию ударного импульса. Эта особенность выгодно отличает СИО от известных динамических способов упрочнения ППД.

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

Установлена целесообразность использования СИО для упрочнения поверхности катания сердечников крестовины стрелочных переводов, галтелей крупных валов, валков прокатных станов, ножей и зубьев исполнительных органов строительно-дорожных машин, крупной резьбы, шлицев и зубчатых колес, формообразования резьбы и шлицев. Возможно использование СИО ППД для снятия внутренних напряжений в сварных конструкциях и литых заготовках, местного восстановления размеров изношенной детали и т.д. Результаты СИО ППД могут найти применение на железнодорожном транспорте, заводах тяжелого машиностроения, в метрополитене и т.д.

СИО рекомендуется в первую очередь для упрочнения тяжелонагруженных 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.

При эксплуатации стрелочных переводов (рис. 1) на железных дорогах срок службы сердечника крестовины в 6–10 раз меньше срока службы рельсов и в 3–6 раз меньше срока службы стрелочного перевода в целом. При этом износ клина и усовиков сердечника крестовины составляет до 80 % всех видов разрушения литых частей и определяет долговечность крестовины в целом. Износ клина и усовиков сердечника носит местный характер. Сердечник изнашивается в вертикальном направлении на 4–6 мм и больше, ширина площадки износа составляет около 40 мм.

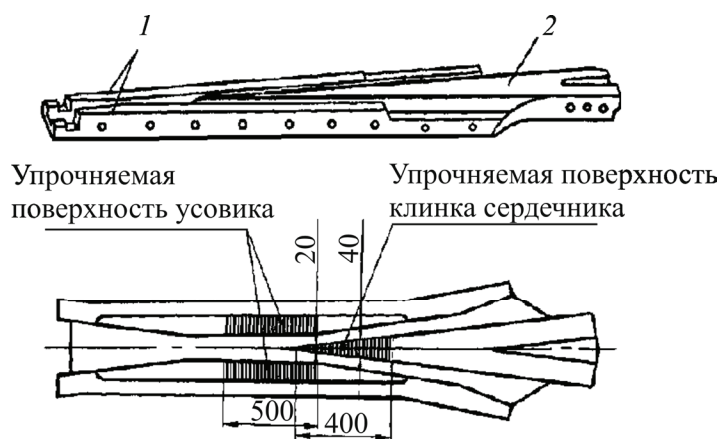


Рис. 1. Сердечник крестовины стрелочного перевода:  
1 – клин сердечника; 2 – усовик сердечника

Зона интенсивного изнашивания составляет менее 20 % рабочей поверхности катания. Причиной износа является контактно-усталостное выкрашивание сердечника в зоне перекатывания колес железнодорожных вагонов.

Допускаемая величина износа поверхности катания сердечника в течение всего срока службы составляет 5–6 мм. Повышение износостойкости сердечников крестовин имеет большое производственное значение. В целях повышения износостойкости в качестве материала сердечников используется склонная к деформационному упрочнению высокомарганцовистая сталь марки 110Г13Л. Долговечность сердечников из стали 110Г13Л в 3–4 раза выше, чем сердечников из углеродистой стали. Существует опыт повышения износостойкости сердечника упрочнением термической обработкой, горячим изостатическим прессованием (ГИП) или деформацией взрывом.

Термическая обработка и ГИП относятся к объемным способам упрочнения сердечника крестовины. Поскольку наиболее изнашиваемая поверхность катания сердечника составляет 40×400 мм, при минимальных габаритных размерах сердечника 200×1800×300 мм, целесообразно использовать местное упрочнение. При упрочнении взрывом получается неравномерно упрочненный слой, часты сколы краев упрочняемой поверхности, обработка отличается повышенной производственной опасностью и высокой себестоимостью.

Для повышения срока службы крестовин на наиболее изнашиваемой поверхности сердечников необходимо создавать упрочненный поверхностный слой с повышенной твердостью и остаточными напряжениями сжатия, глубина которого должна превышать допустимую величину износа.

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-импульсной обработкой [1, 8, 9].

В результате проведенных исследований установлено, что СИО стали 110Г13Л позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя в три раза, обеспечить глубину упрочненного 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.

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.

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

По статистическим данным сердечники крестовин Р65 типа 1/11, установленные на средненагруженную ветку (средний тоннаж проходящих поездов в год составляет 60 млн т брутто), выдерживают пропущенный тоннаж до 80 млн т брутто (гарантийный срок эксплуатации составляет 5 млн т брутто).

Упрочненная СИО опытная партия сердечников крестовин железнодорожных стрелочных переводов была уложена на экспериментальную ветку под г. Одинцовом Московской железной дороги. В результате эксплуатации упрочненных сердечников после пропущенного тоннажа 100 млн т брутто износ составил:

- клина сердечника в сечении 40 мм – 0;
- клина сердечника в сечении 20 мм – 4 мм (предел износа 6 мм);
- усовиков против сечения клина 20 мм – 3 мм (предел износа 6 мм).

На основе статистических данных, полученных в результате эксплуатации упрочненных сердечников крестовин и обработки их в пакете Statistica 6.0, составлена модель износа клина и усовиков в зависимости от пропущенного тоннажа:

$$H_{\text{изм.кл}} = 0,3655 + \exp[-1,1721 + 1,197 \log(M_t)],$$

$$H_{\text{изм.ус}} = -68,2648 + \exp[4,1533 + 0,0576 \log(M_t)],$$

где  $H_{\text{изм.кл}}$ ,  $H_{\text{изм.ус}}$  – глубина износа соответственно клина и усовика сердечника крестовины стрелочного перевода, мм;  $M_t$  – пропущенный тоннаж по крестовинам стрелочного перевода, млн т брутто.

В результате анализа полученных зависимостей (рис. 2) установлено, что более интенсивно происходит износ поверхности катания клина сердечника, чем усовиков. Следовательно, износ всего сердечника будет определяться в основном износом клина. Прогноз зависимости  $H_{\text{изм.кл}} = f(M_t)$  показывает, что максимально допустимый износ сердечника наступит при износе клина 6 мм при пропущенном через него тоннаже 250 млн т брутто, что в 3 раза больше, чем установленные нормы работы сердечника.

Другим объектом применения СИО ППД могут быть рабочие элементы строительно-дорожных машин: в частности ножей грейдерных машин (рис. 3), используемых для уборки улиц, укладки щебня при асфальтировании дорог и т.д.

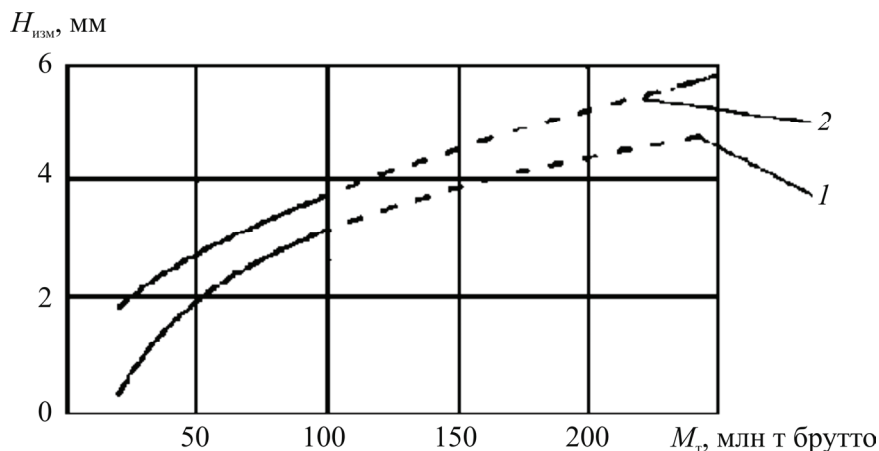


Рис. 2. Износ сердечника крестовины в зависимости от пропущенного тоннажа: 1 – износ усовика; 2 – износ клинка; — — — — износ в результате эксплуатации; - - - - прогнозируемый износ

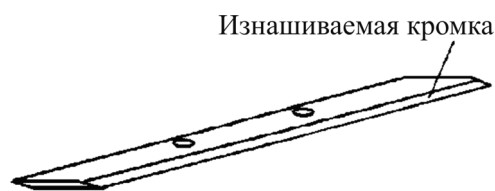


Рис. 3. Нож грейдерной машины

Нож с двумя рабочими кромками крепится на отвале грейдерной машины и имеет возможность линейного и кругового перемещения. При достижении предельного износа одной режущей кромки нож переворачивается и используется вторая. Ресурс работы

одного грейдерного ножа составляет в среднем 4–5 смен. Поэтому повышение стойкости грейдерных ножей является весьма актуальной задачей.

Заготовкой для грейдерного ножа служит сортовая полоса либо горячекатаный лист толщиной 16 мм, материал – сталь 65Г. Размеры наиболее изнашиваемой части грейдерного ножа (рабочей кромки) следующие: ширина площадки 40 мм, длина 1800 мм, толщина 16 мм. Желательным является упрочнение ножа по всей толщине.

Характер работы грейдерных ножей обуславливает интенсивное изнашивание рабочей кромки вследствие трения и контактно-усталостных нагрузок. Это предполагает использование упрочнения с целью повышения твердости режущих кромок.

Для упрочнения грейдерных ножей на практике иногда используется поверхностная закалка ТВЧ. Твердость, достигаемая в результате термической обработки, достигает 40–48 HRC при исходной 18–20 HRC.

СИО позволяет получить твердость не менее 35–40 HRC по всей ширине рабочей кромки грейдерного ножа. Расчет экономической эффективности упрочнения ножей грейдерных машин ТВЧ и статико-импульсной обработ-

кой показал, что упрочнение СИО увеличивает производственные затраты, а следовательно, стоимость изделия по сравнению с неупрочненными ножами, на 15 %, а упрочнение ТВЧ – на 26 %. При этом характеристики качества после упрочнения СИО практически не уступают характеристикам после упрочнения ТВЧ.

Обработка производилась за один проход стержневого ролика диаметром  $D_p = 10$  мм, шириной  $b_p = 40$  мм при частоте ударов  $f = 6$  Гц, скорости подачи  $s = 70$  мм/мин, энергии ударов  $A = 165$  Дж. В результате обработки микротвердость поверхностного слоя грейдерного ножа повысилась в 2–2,5 раза. Долговечность ножа при этом увеличилась в 1,5–1,8 раза.

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

Таким образом, несомненным достоинством СИО по сравнению с большинством известных способов упрочнения ППД является более близкое к поверхности расположение максимально упрочненных слоев.

### **Список литературы**

1. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. – М.: Машиностроение, 1974. –136 с.
2. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение и формообразование поверхностей статико-импульсной обработкой // Точность технологических и транспортных систем: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 1998. – Ч. 2. – С. 124–126.
3. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение статико-импульсной обработкой // Новые материалы и технологии в машиностроении и приборостроении: материалы науч.-техн. конф. – Пенза, 1996. – С. 26–31.

Получено 21.02.2011