

УДК 621.8

## СТАТИКО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА – ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Кокорева О.Г.**

*Муromский институт ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет», Муrom, e-mail: kaftexmex@yandex.ru*

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. Отличительная особенность метода – это комбинированная обработка, в процессе которой обеспечиваются необходимые характеристики качества поверхностного слоя обрабатываемой детали, а также необходимая твердость и остаточное напряжение сжатия за счет применения упрочняющих технологий. Данный способ упрочнения является одним из наиболее эффективных, энергосберегающих и легко реализуемым в производстве.

**Ключевые слова:** упрочнение, характеристики качества поверхностного слоя, тяжело нагруженная поверхность, напряжение, статико-импульсная обработка, поверхностно пластическая деформация

## STATIC PULSE PROCESSING – INNOVATIVE METHOD OF HARDENING SURFACE HEAVY DUTY MACHINERY PARTS

**Kokoreva O.G.**

*Murom Institute GOU VPO «Vladimir State University», Murom, e-mail: kaftexmex@yandex.ru*

Proposed for practical use in the production of a new method for the static-pulsed hardening of heavily loaded surfaces has a number of significant advantages over currently used. A distinctive feature of the method – it is a combined treatment, during which ensured the necessary quality characteristics of the surface layer of the work piece, and the necessary hardness and residual compressive stress due to application of reinforcement technology. This method of reinforcement is one of the most effective, energy-efficient and easily implemented in production.

**Keywords:** hardening characteristics of the surface layer quality, heavy-duty surface tension, static-pulse processing, surface plastic deformation

Для получения заданного качества поверхности деталей используется комбинированная обработка, в процессе которой одним проходом обеспечивается упрочнение основного несущего слоя на требуемую глубину, а другим – высокая твердость тонкого поверхностного слоя и большие остаточные напряжения сжатия. Для создания гетерогенных слоев приходится использовать трудоемкие технологические приемы, вводить в технологический процесс дополнительные операции. Усложнение технологического процесса сильно ограничивает область применения наукоемких упрочняющих технологий, делает их непривлекательными для реального производства.

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. Тем не менее вследствие недостаточной глубины упрочнения и невысокой управляемости процесса известные статические и дина-

мические способы находят ограниченное применение.

В результате выполненного теоретического и экспериментального комплекса исследований установлено, что резервы повышения эффективности обработки ППД кроются в изменении способа сообщения энергии в очаг деформации. Разработан способ статико-импульсной обработки, сочетающий в себе достоинства статических и динамических способов ППД.

За счет использования ударных систем с промежуточным звеном появилась возможность резко увеличить количество энергии, сообщаемой в очаг деформации в процессе статико-импульсной обработки (СИО), 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.

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.

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.

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

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 в разработке рекомендаций по назначению конструктивных параметров, рациональных технологических режимов для конкретных условий и видов обработки различных деталей и их поверхностей.

Установлена целесообразность использования СИО для упрочнения поверхности катания сердечников крестовины стрелочных переводов, галтелей крупных валов, валков прокатных станков, ножей и зубьев исполнительных органов строительного-дорожных машин, крупной резьбы, шлицев и зубчатых колес, формообразования резьбы и шлицев. Возможно использование СИО поверхностно-пластическая деформация (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 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.

Износ клина и усювков сердечника носит местный характер. Сердечник изнашивается в вертикальном направлении на 4...6 мм и больше, ширина площадки износа составляет около 40 мм.

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

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.

В результате проведенных исследований установлено, что СИО стали 110Г13Л позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя в 3 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 усювиков сердечников повысилась в 2,5 раза (от 260 до 640 НV), а глубина упрочненного слоя составила 8...9 мм.

Упрочненная СИО опытная партия сердечников крестовин железнодорожных стрелочных переводов была уложена на экспериментальную ветку под г. Одинцово 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);
- усювиков против сечения клина 20 мм – 3 мм (предел износа 6 мм).

Установлено, что более интенсивно происходит износ поверхности катания клина сердечника, чем усювиков. Следовательно, износ всего сердечника будет определяться в основном износом клина. Прогноз зави-

симости Низм.кл =  $f(МТ)$  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.

Известно, 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. Усложнения кинематики движения инструмента, разделения общей нагрузки на статическую и динамическую составляющие, использование для создания динамической нагрузки в очаге деформации волновых эффектов позволили 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 гомогенноупрочненных 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.