

2. Бережнов Н.Н. К вопросу влияния компоновки на агротехническую проходимость почвообрабатывающего посевного МТА // Современные тенденции развития АПК в России: матер. V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых Сибирского федерального округа. – Ч. 2 / КрасГАУ; сост. Ю.В. Платонова. – Красноярск, 2007. – С. 23-28.

3. Красовских В.С., Бережнов Н.Н., Щербинин В.В., Красовских Е.В. Посевной комбайн как средство повышения эффективности посева зерновых культур // Вестник АГАУ. – 2012. – № 7(93). – С. 74-79.

4. Бережнов Н.Н. Использование тягово-транспортных энергосредств в составе комбинированных посевных агрегатов // Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России: матер. X Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: Кузбасская выставочная компания «Экспо-Сибирь», 2011. – С. 177-179.

5. Добродомова Т.В. Обоснование параметров и режимов работы почвообрабаты-

вающего посевного комплекса на базе МТ-5 ОАО «Алттрак»: автореф. дис ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2007. – 22 с.

6. Прокопович А.И., Писак Ю.Х., Комаров А.А. и др. О создании почвообрабатывающего посевного комплекса ППК со штатным энергетическим средством // Вестник АГАУ. – 2002. – № 2. – С. 12-16.

7. Красовских В.С. Обоснование рационального почвообрабатывающего агрегата // Обоснование рациональных параметров сельскохозяйственных тракторов и режимов работы машинно-тракторных агрегатов в условиях Западной Сибири: сб. науч. тр. / Алт. с.-х. ин-т. – Новосибирск, 1982. – С. 3-22.

8. Красовских В.С., Бережнов Н.Н. Повышение эффективности работы почвообрабатывающего посевного комплекса за счет выбора рациональной компоновки, параметров и режимов работы // Вестник АГАУ. – 2006. – № 2 (22). – С. 55-58.



УДК 621.77.04

С.К. Федоров,
А.В. Морозов

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА ВТУЛОК ТРАКА БУЛЬДОЗЕРА KOMATSU

Ключевые слова: втулки, износ, электромеханическая поверхностная закалка, микротвердость, глубина упрочнения.

Значительная доля специальной техники, используемой для проведения строительных и ремонтных работ, имеет гусеничный ход. Как показывает статистика, на ремонт элементов и деталей гусеничного хода приходится большая часть всего объема ремонтных работ, производимых за весь срок эксплуатации той или иной гусеничной машины.

Звенья гусениц – наиболее массовые детали в тракторах. На ремонт и замену указанных деталей затрачиваются существенные денежные средства. Поэтому повышение износостойкости рассматриваемых деталей является очень важной задачей ремонтного производства.

В последнее время все большее предпочтение, в том числе и в строительной сфере, отдается технике зарубежного производства. Большое распространение среди техники строительного назначения получили бульдозеры KOMATSU.

Экономическая эффективность использования такой техники требует максимальной ее загрузки. В процессе эксплуатации изнашиваются наиболее нагруженные детали ходовой части, работающие непосредственно с грунтом: звенья, пальцы, втулки.



Рис. 1. Виды износа деталей сопряжения «втулка-палец» трака бульдозера KOMATSU

Наиболее изнашиваемым узлом ходовой части этих тракторов являются пары трения «втулка-палец» гусеницы (рис. 1). На втулки и пальцы воздействуют значительные нагрузки (рис. 2), что способствует непосредственному абразивному изнашиванию.

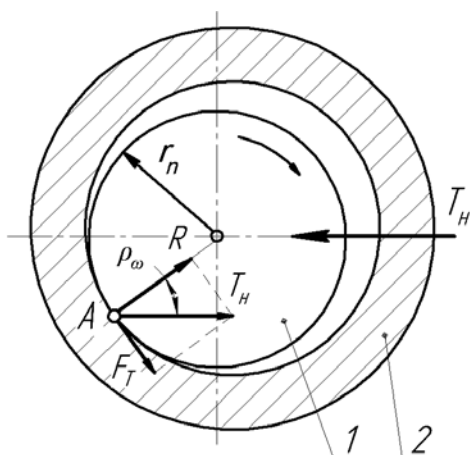


Рис. 2. Схема сил, действующих в шарнире на палец и втулку:
1 — звено; 2 — палец
(T_H — натяжение гусеничной цепи;
 ρ_{ω} — угол трения пальца во втулке)

Работу трения в шарнире можно выразить как

$$A = F_m \cdot r_n = R \cdot r_n \cdot \varepsilon \cdot \mu \quad (1)$$

где r_n — радиус пальца;
 ε — угол поворота втулки относительно пальца;
 F_T — сила трения;
 R — сила радиального давления;
 μ — коэффициент трения.

Удельная работа трения:

$$a_y = p \cdot r_n \cdot \varepsilon \cdot \mu \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что удельная работа трения в шарнире, следовательно, и износ его элементов при возрастании радиуса пальца увеличиваются.

Поскольку при увеличении диаметра пальца удельное давление p при неизменной величине силы радиального давления R во столько же раз уменьшается, работа трения и износ должны оставаться неизменными.

Конструктивные особенности пары трения «втулка-палец» гусеницы влияют на возможность проникновения к трущимся поверхностям абразивных частиц. Зазор между цилиндрической поверхностью пальца и внутренней поверхностью проушины по техническим условиям может быть в пределах 0,4-0,84 мм. Следовательно, частицы абразива, проникающие в пару трения в начальный момент, могут иметь размеры не более 0,4 мм. Так как зазор между по-

верхностью пальца и внутренней поверхностью проушины больше размера проникающих частиц, то происходит их накопление в кольцевом зазоре — своеобразной «полости» между поверхностями проушина-палец. По мере износа сопряжения «втулка-палец» в соединение попадают абразивные частицы размером больше 0,4 мм, что приводит к более интенсивному изнашиванию контактируемых поверхностей [1, 2].

В частности, ремонт ходовой части бульдозера KOMATSU производится по трем схемам:

- замена изношенных деталей комплектующими завода-изготовителя;
- восстановление деталей сваркой, наплавкой;
- установка новых деталей взамен изношенных.

На износ пары трения «втулка-палец» оказывает влияние целый ряд факторов. Ранее проведенные исследования [1, 2] показывают, что износ поверхности трения за один поворот на угол φ втулки или пальца определяется выражением:

$$\Delta = \frac{5,62 \cdot 10^3 \cdot C_a \cdot i \cdot \mu_1 \cdot \sqrt{K_w} \cdot \varphi \cdot N^{0,5}}{H_1 \cdot C_n} \quad (3)$$

где C_a — коэффициент, характеризующий свойства абразива;

i — размер абразивного зерна;

μ_1 — коэффициент трения в соединении;

K_w — коэффициент формы шарнира

$$K_w = \frac{R - r}{b_w};$$

R — радиус отверстия втулки;

r — радиус пальца;

b_w — ширина шарнира;

H_1 — поверхностная твердость пальца или втулки;

C_n — коэффициент, учитывающий периодичность смены поверхности контакта;

φ — угол поворота в соединении;

N — нормальное давление в шарнире

$N = P \cdot \cos \theta$;

P — натяжение ветви гусеницы;

θ — угол трения в шарнире.

Рассматривая данное выражение, можно указать на основные факторы, влияющие на значение износа. Их можно разделить на следующие группы:

- факторы, характеризующие воздействие внешней среды (свойство абразива, его зернистость);

- факторы, вытекающие из конструктивных особенностей пары трения «втулка-палец» гусеницы и технических характеристик всего трактора (форма и размеры шарнира, угол поворота шарнира, угол трения, тяговые характеристики);

- факторы, зависящие от свойств материала, из которого изготовлены детали (коэффициент трения, поверхностная твердость, угол трения).

Из всех параметров, которые влияют на срок службы рассматриваемых деталей, важнейшим является параметр, определяемый материалом трущихся поверхностей. Именно этим параметром можно управлять непосредственно в ремонтной практике при ремонте изношенных деталей, применяя эффективные упрочняющие технологии.

Одной из наиболее ответственных и быстроизнашивающихся деталей ходовой части бульдозера KOMATSU является втулка (рис. 1). В процессе эксплуатации износу подвергается как наружная поверхность втулки, так и поверхность отверстия, контактирующая с пальцем. Износ втулки по наружному диаметру происходит в средней части и связан с высокими контактными нагрузками со стороны зубьев ведущей звездочки. В сопряжении «внутренняя поверхность втулки-палец» изнашиваются обе детали.

При восстановлении гусеничного хода тракторов в условиях УМ-25 ЗАО «Мосстроймеханизация-5», г. Москва, производятся изготовление втулок из стали 20Г, предварительная их механическая обработка, цементация, закалка, низкий отпуск и окончательная механическая обработка. Несмотря на высокую трудоемкость технологического процесса изготовления втулки, требуемая твердость, прежде всего по внутреннему диаметру, не обеспечивается. Это связано с тем, что в процессе закалки при охлаждении детали не удается добиться оптимальных условий быстрого отвода тепла от внутренней поверхности. В результате внутри отверстия втулки образуются эффект «паровая рубашка» и, как следствие, низкая твердость поверхностного слоя.

С целью снижения трудоемкости при изготовлении втулок и повышения их долговечности решено применить технологию электромеханической поверхностной закалки (ЭМПЗ). ЭМПЗ производится на токарно-винторезном станке, дополнительно оснащенный установкой электромеханической обработки (рис. 3). Подвод электрического тока промышленной частоты производится посредством силовых токоподводящих кабелей на два инструмента. Глубина закалки определяется техническими требованиями и может составлять 0,5-2 мм на сторону, при высокой микротвердости поверхностного слоя.

ЭМПЗ наружной и внутренней поверхностей втулки основана на непрерывном контакте инструмента и изделия, через который пропускается электрический ток силой 800-1500 А, напряжением 2-4 В (рис. 4).

Зона контакта при этом нагревается до температуры 900-1000°C. Объем высокотемпературного нагрева ничтожно мал по сравнению с массой детали, следствием чего являются высокая скорость охлаждения поверхностного слоя за счет отвода тепла внутрь детали и, как следствие, его закалка. При закалке детали для охлаждения инструмента, токоподводящих кабелей и оснастки применяли эмульсию, подаваемую от гидропривода станка.

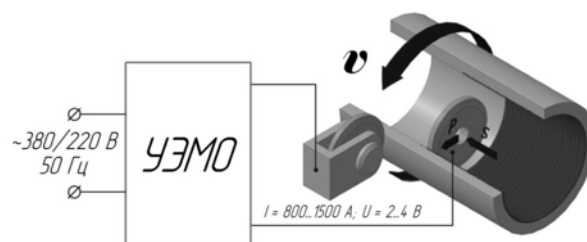
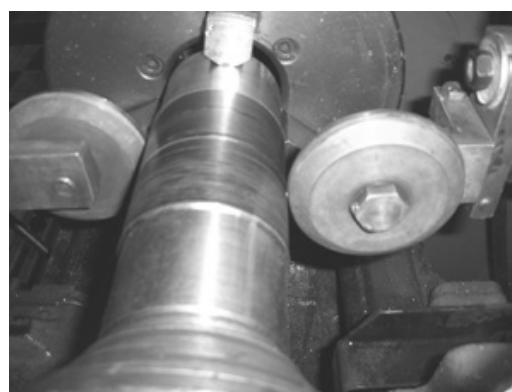


Рис. 3. Принципиальная схема электромеханической поверхностной закалки гладких цилиндрических отверстий



а



б

Рис. 4. ЭМПЗ втулки:
а — наружной поверхности;
б — внутренней поверхности

Результаты ранее выполненных исследований в области ЭМПЗ сталей свидетельствуют о высоких показателях качества по твердости, текстуре и структуре поверхно-

стного слоя металла [3]. Применяя для повышения износостойкости высококачественные инструментальные стали возможно получить поверхностную твердость HRC 65-68 и тем самым продлить срок службы деталей и обеспечить работу машин в нормальном режиме. Изучая структуру и свойства высококачественных и инструментальных сталей ХВГ, 9ХС, ШХ15, 60Г2С и других после электрохимической поверхностной закалки, можно отметить, что по характеристикам они соответствуют сталям 18ХГТ, 20Х, 25ХГМ, подвергнутым цементации или нитроцементации, закалке и последующему низкому отпуску.

Представляет практический интерес упрочнение стали 20 (рис. 5 а). В результате ЭМПЗ микротвердость поверхности соответствует HV4300 МПа, на глубине 0,02 мм. С удалением от поверхности твердость уменьшается до исходной HV1900 МПа. Малоуглеродистая сталь 20 относится к не закаливающейся в обычных условиях сталям, так как после нагрева ее выше линии фазовых превращений необходимо применение очень высоких скоростей охлаждения. При ЭМПЗ скорость охлаждения поверхностного слоя составляет 2600 град/с, вследствие чего происходит неполная закалка данной стали.

При ЭМПЗ максимальное значение микротвердости находится не на поверхности, а на некотором удалении от нее. Для сталей с хорошей прокаливаемостью (рис. 5, б) максимальное значение микротвердости находится на глубине 0,06 мм, а для стали 20 – на глубине 0,04 мм. Такое явление, по-видимому, можно объяснить тем, что поверхностные слои охлаждаются медленнее, чем нижележащие. При этом поверхностные слои имеют мелкозернистую структуру. Размер зерна увеличивается при переходе от закаленной зоны к исходной структуре металла.

ЭМПЗ также подвергались втулки трака, изготовленные из стали 45. Выбор данной стали обоснован широкой распространенностью и доступностью.

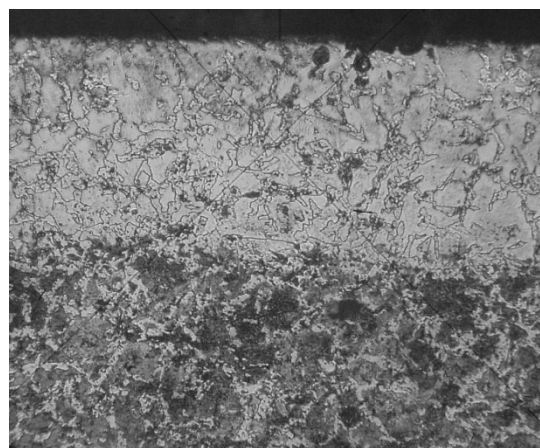
Так как основное влияние на твердость и глубину упрочненного слоя для процесса ЭМПЗ оказывает сила тока, на рисунке 6 представлены результаты распределения микротвердости по глубине втулок, изготовленных из сталей 20 и 45 в зависимости от изменения силы тока в диапазоне от 500 до 700 А. На рисунке 6 видно, что с увеличением силы тока наблюдается тенденция увеличения как твердости, так и глубины упрочнения втулок из исследуемых сталей.

Поскольку твердость поверхностного слоя стали 45 после ЭМПЗ на основании ранее выполненных исследований составляет до HV

= 8,1 ГПа (62 HRC), то для окончательной обработки посадочных мест втулки использовали точение резцом, оснащенным вставкой из кубического нитрида бора (КНБ). Припуск под последующую финишную обработку точением составлял 0,05-0,2 мм.



а



б

Рис. 5. Микроструктура поверхностного слоя после ЭМПЗ:

а – сталь 20; б – сталь 45 (×450)

На рисунке 7 представлена наружная поверхность втулки после точения проходным резцом из КНБ. Визуальное сравнение поверхностей без закалки и после ЭМПЗ указывает на высокую эффективность предлагаемой технологии закалки. Твердость поверхностного слоя втулок, изготовленных из стали 45, по результатам пяти замеров увеличилась с 18 HRC до 56-60 HRC. Шероховатость поверхностей после точения: без закалки – Ra 3,6 мкм, после ЭМПЗ – Ra 1,25 мкм.

Средняя часть втулки контактирует с приводной звездочкой, зубья которой механической обработке не подвергаются. Поэтому разработана схема ЭМПЗ наружной и внутренней поверхностей, при которых шероховатость поверхностей практически не изменяется (рис. 8).

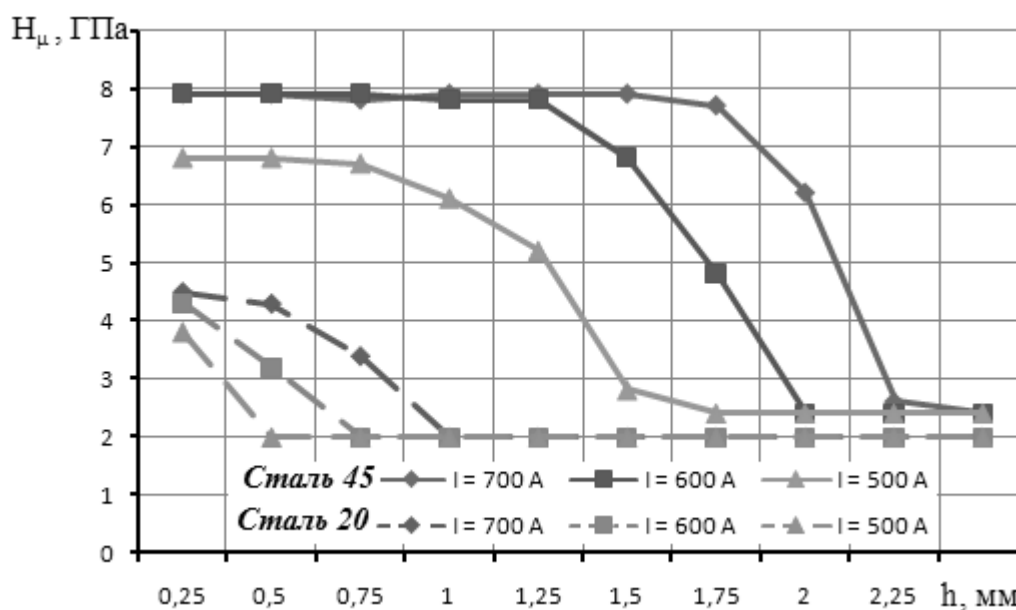


Рис. 6. Распределение средней микротвердости по глубине в зависимости от силы тока после ЭМПЗ на следующих режимах:
 $P = 20 \text{ Н}$; $v = 3,2 \text{ м/мин.}$; $s = 1,2 \text{ мм}^{-1}$

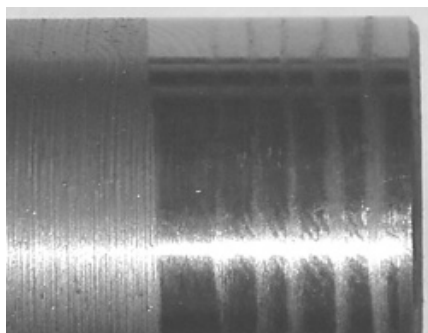


Рис. 7. Фрагмент наружной поверхности незакаленной и после ЭМПЗ при чистовом точении резцом из кубического нитрида бора



Рис. 8. Окончательный вид втулки после изготовления по предлагаемой технологии ЭМПЗ

При ЭМПЗ высокотемпературный точечный источник с шириной 2,6 мм движется по винтовой линии с шагом 2,5 мм. При замерах твердости на глубине (0,1-0,2 мм), а именно этот слой является рабочим, ее значение составило HV 7,6-7,8 ГПа (HRC 58-60) на длине 2,5 мм и зон твердости HRC 38-42 длиной 0,2 мм. Образование зон пониженной твердости связано с явлением отпуска вследствие повторного термического влияния закаленной боковой поверхности. С

учетом условий работы втулки всю нагрузку будут воспринимать участки с повышенной твердостью, что позволит повысить долговечность деталей. Аналогичная картина наблюдается в случае закалки наружных поверхностей деталей лучом лазера.

ЭМПЗ обработано девяносто втулок (рис. 9), которые установлены на эксплуатационные испытания, причем на одну гусеничную ленту бульдозера устанавливались втулки, изготовленные по стандартной технологии, а на другую — втулки, обработанные ЭМПЗ.



Рис. 9. Втулки трака бульдозера KOMATSU после ЭМПЗ

В результате производственных испытаний было установлено, что износ втулок трака, обработанных ЭМПЗ, на 28% меньше, чем у стандартных втулок. Исследования подвергались втулки, установленные на бульдозеры, ходовая часть которых по разным причинам поступила в ремонт.

Простота и незначительные материальные затраты, обеспечение требуемых эксплуатационных свойств деталей, экологическая чистота и электробезопасность процесса позволяют рекомендовать технологию электромеханической поверхностной закалки как прогрессивный технологический процесс изготовления втулок бульдозера KOMATSU, Caterpillar, Shantui, T-11, T-25, а также других тракторов и технологического оборудования.

Библиографический список

1. Повышение надёжности ходовых систем гусеничных тракторов // Труды НАТИ. – М.: ОНТИ-НАТИ, 1978. – 80 с.
2. Повышение долговечности гусениц тракторов // Серия «Ремонт и техническое обслуживание МТП». – М., 1971. – 142 с.
3. Густов Ю.И., Федоров С.К., Федорова Л.В. Электромеханическая закалка исполнительных поверхностей длинномерных цилиндрических деталей // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. – № 1. – С. 42-43.



УДК 534.2.26:620.22:677.017

А.Ф. Костюков

ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

Ключевые слова: льняное волокно, ультразвук, экспериментальные характеристики, физико-механические параметры.

В соответствии с Государственными программами «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы» и «Концепция обеспечения предприятий льняного комплекса техникой и технологическим оборудованием по выращиванию, уборке льна и его глубокой переработке на 2008-2012 годы и на период до 2020 года», утвержденными МСХ РФ в 2008 г., одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства является обеспечение текстильной промышленности отечественной сырьевой базой, ликвидация зависимости от хлопкосеющих стран. Наиболее перспективным в этом направлении представляется использование волоконного сырья – льна-долгунца, ненаркотической конопли и т.п.

Повышения эффективности производства льнопродукции и снижения её себестоимости можно достичь не только с помощью модернизации уборочного цикла и применения современных технических средств, но и путем совершенствования системы контроля качества растительного сырья.

В настоящее время качество продукции текстильных предприятий формируется на основе сортировок сырья, когда в исходное волокно, например, отборного или первого промышленного сорта, добавляется строго дозированное количество волокон более

низких сортов. Использование такой технологии переработки волоконного сырья предполагает наличие эффективного способа контроля качества продукции.

Однако существующие методы оценки и контроля физико-механических и метрологических параметров исходного сырья не позволяют с необходимой точностью формировать требуемые сортировки и на этой основе оптимизировать выпускаемый продукт по стоимости и потребительским свойствам (прочности, растяжимости, проницаемости, сминаемости, окрашиваемости и пр.).

В настоящее время при оценке качества льна-волокна преобладают такие внесистемные понятия и определения качества волокон, как цвет: зеленый (незрелые), желто-бурый (зрелые) и т.п.

Ранее сообщалось о разработке экспериментального ультразвукового устройства контроля метрологических параметров волокон в массе УЗКВ [1].

Целью работы является исследование соответствия качественных критериев элементарного льна-волокна, ныне применяемого в хлопчатобумажной промышленности метрологическим параметрам, с помощью устройства УЗКВ.

Задачами проводимой работы являются:

- разработка методики определения параметров волокна с помощью устройства УЗКВ;
- выявление характера функциональной зависимости ультразвукового сигнала от основных метрологических параметров волокон;