

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКИ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Студент – Галушко Е.В., 39 тс, 3 курс, ФТС

Научный

руководитель – Анискович Г.И., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье приведены сведения об использовании технологии импульсной закалки предприятиями республики при изготовлении сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин и необходимом технологическом оснащении термических производств для освоения отечественного производства конкурентоспособной продукции.

Ключевые слова: импульсная закалка, технологический модуль, закалочное устройство, сменные детали, ресурс, освоение технологии.

Освоение отечественного наукоемкого производства сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин, не уступающих по техническому уровню лучшим мировым аналогам должна сопровождаться сменой традиционных подходов на применение новых конструкционных сталей повышенной эксплуатационной надежности, при производстве и упрочнении которых реализуются элементы нанотехнологий [1].

Примером технического решения проблемы освоения отечественного производства конкурентоспособной продукции (сменных деталей) является использование технических решений и технологии импульсной закалки потоком воды или водного раствора кальцинированной соды [2,3,4]. Данная технология создана специалистами БГАТУ и прошла проверку в производственных условиях уже на целом ряде предприятий республики [5]. Импульсная закалка является объектом конструкторской и опытно-технологической разработки с высокой степенью завершенности [6,7,8].

В зарубежной практике аналогом такого технического решения наиболее распространенной является технология под названием «Conit» (интеллектуальная собственность норвежской фирмы «Kverneland») [9].

По аналогии с традиционными методами термической обработки импульсная закалка включает три основных этапа: нагрев; изотермическую выдержку; охлаждение заготовок в заданных параметрах этого режима.

В производственных условиях для нагрева стальных заготовок используются печи сопротивления камерного типа. Для мелких деталей (долото,

нож измельчителя, нож косилки) применяются нагревательные печи типа ПКМ 3.6.2/11 мощностью 12 кВт. Детали среднего размера (диск сошника, грудь отвала, стрельчатая лапа) рекомендуется нагревать в печах типа СНО 4.8.3/11. Мощность такой печи составляет 18 кВт. Для нагрева крупных деталей (диски лушильников и дискаторов, полевые доски, лемехи) в производственных условиях апробированы нагревательные печи типа СНО 8.8.4/11. Мощность этого типа печей может составлять 35–70 кВт.

Число нагревательных печей (n) с учетом размеров деталей (толщина составляет 4–14 мм) и их массы рекомендуется уточнять из следующего соотношения

$$n = \frac{M_{зм} \cdot t_{np}}{m_1 \cdot \Phi_{од} \cdot \eta_3 \cdot \eta_u}, \quad (1)$$

где $M_{зм}$ – годовая производственная программа, т;

t_{np} – продолжительность нагрева одной садки заготовок, ч;

m_1 – масса заготовок одной садки, т, (принимается с учетом паспортных данных нагревательного оборудования и рекомендуется в размере 1 кг на 1 кВт мощности печи);

$\Phi_{од}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при принятой сменности его использования;

η_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования по массе в зависимости от габаритов и конфигурации деталей (η_3 принимают в пределах 0,95–1,05);

η_u – коэффициент, характеризующий использование печи по времени (рекомендуется принимать $\eta_u = 0,85–0,95$).

На производственных термических участках используются нагревательные печи типа ПКМ, СНО, СНОЛ. Они комплектуются микропроцессорными контроллерами, точность выдержки температуры нагрева составляет в диапазоне $\pm 2^\circ\text{C}$.

В соответствии с технологической схемой импульсной закалки [7,8], нагретая до температуры аустенитизации и выдержка (около 10 мин) стальная ремонтная заготовка устанавливается в закалочное устройство и фиксируется.

После этого в зазоры между заготовкой и ограждающими поверхностями, формируемыми матрицей и пуансоном закалочного устройства,

подается быстродвижущийся (около 30–35 м/с) поток охлаждающей жидкости. Температура и скорость потока жидкости задается в определенном интервале. Матрица и пуансон являются основными конструктивными элементами закалочных устройств. Для сложнопрофильных деталей (лемех, сферический диск и др.) матрица и пуансон изготавливаются на копировально-фрезерных станках с ЧПУ по чертежам, выполненным в трехмерном изображении. В производственных условиях апробирован ряд закалочных устройств (к настоящему времени разработано около 20 типов конструкций). Они имеют, как правило, индивидуальное назначение и разрабатывается с учетом формы для каждого типоразмера деталей [4]. Закалочное устройство является сменяемым блоком технологического модуля для импульсной закалки.

Технологический модуль для реализации импульсной закалки [2,3] состоит из комплектующих отечественного производства. В производственных условиях реализованы их два варианта – с использованием системы оборотного водоснабжения предприятия (реализовано на ОАО «КЗТШ» и ОАО «Дрогичинский ТРЗ») и с применением автономной системы водоснабжения. Во втором случае создаются отдельные емкости для воды объемом от 5 до 15 м³. Охлаждающая жидкость циркулирует по замкнутому контуру (реализовано на ОАО «Минский Агросервис», ОАО «Витебский МРЗ», ПРУП «МЗШ», ТНПЦ БГАТУ, ОАО БЭМЗ).

С учетом накопленного опыта использования импульсной закалки в производственных условиях, установлено, что температура охлаждающей жидкости на входе в закалочное устройство может находиться в интервале 278 – 303 К. В случае двухстороннего охлаждения закаливаемой детали и при удельном расходе охлаждающей жидкости не менее 200 л/с м² ее температура на выходе из закалочного устройства повышается не более 10К. Это не приводит к ухудшению условий труда. В конструкции технологического модуля для импульсной закалки предусмотрен блок управления расходом охлаждающей жидкости, с помощью которого обеспечиваются условия реализации самоотпуска закаленной детали.

При охлаждении заготовки в потоке воды твердость закаленной поверхности детали достигается соблюдением основного параметра закалочного устройства – расхода охлаждающей жидкости (воды) в интервале её подогрева (Δt) от 5°С до 15°С). Изменение расхода (Q , л) охлаждающей жидкости для указанных условий охлаждения заготовок из стали 60ПП, 30ХГСА представлено графически на рисунке 1.

Плотность орошения является одним из параметров импульсной закалки. В каждом конкретном варианте ее применения следует уточнять плотность орошения Q стальной заготовки площадью внешней охлаждаемой поверхности S_f из соотношения

$$Q = \frac{M_1}{S_1 \cdot \tau_o}, \quad (2)$$

где M_1 – объем охлаждающей жидкости на охлаждение одной стальной РЗ, л;

τ_o – продолжительность цикла охлаждения, с.

Расчетные численные значения параметра Q должны быть не менее 200 л/м²·с.

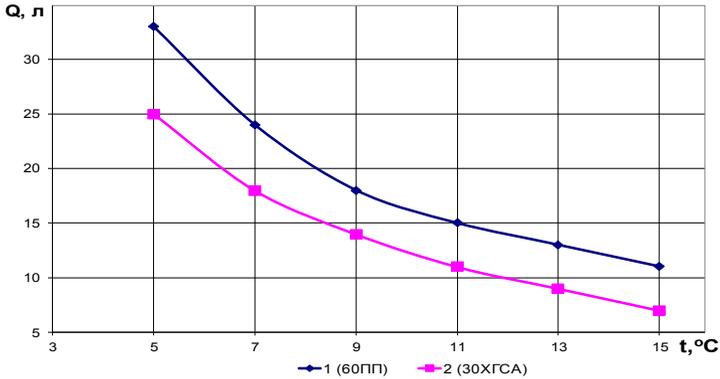


Рисунок 1 – Изменение расхода охлаждающей жидкости (Q, л) в зависимости от температуры её нагрева при охлаждении стальной заготовки из стали 60ПП и стали 30ХГСА толщиной 8мм (масса 1 кг.) в потоке воды при избыточном давлении 0,40 МПа

Технология импульсной закалки реализована на ряде предприятий Минпрома РБ и РО «Белагросервис»: на ОАО «КЗТШ» (г. Жодино) при производстве лемехов (рисунок 2а), на РУП «МЗШ» при производстве долот (рисунок 2г), на ОАО «БЭМЗ» при производстве дисков и других деталей (рисунок 1ж,и), на ТНПЦ БГАТУ при закалке представленной на рисунке 2 номенклатуры сменных ДРОМ, на ОАО «Дрогичинский ТРЗ» при производстве долот (рисунок 2б). Совместно с КУПП «Березарайагросервис» освоено изготовление ножей измельчителей кормоуборочных комбайнов «Ягуар-840» (рисунок 2д). В настоящее время осуществляется авторский надзор и сопровождение работ по освоению ТИЗОЖ на ОАО «Минский Агросервис» при изготовлении дисков сеялок, ножей роторных косилок, ножей измельчающих аппаратов, ножей жаток кормоуборочных комбайнов, долот, лемехов, полевых досок и других деталей (рисунок 2а,б,в,е), на ОАО «Витебский МРЗ» при производстве дисков дискаторов, дисков сошников сеялок (рисунок 2к,л).



a)



б)



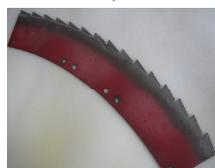
в)



г)



д)



е)



ж)



и)



к)



л)

Рисунок 2 – Сменные детали, изготовленные с применением импульсной заковки на предприятиях: *a)* – ОАО «КЗТШ» (г. Жодино), *б)* – ОАО «Дрогичинский ТРЗ», *в), г)* – ОАО «Минский Агросервис», *д)* – ПРУП «МЗШ», *д)* – КУПП «Березарайагросервис», *ж), и)* – ОАО «БЭМЗ», *к), л)* – ОАО «Витебский МРЗ»

Число потребителей технологии импульсной заковки для упрочнения сменных деталей сельскохозяйственных машин ежегодно увеличивается. В настоящее время ведутся работы по упрочнению дисков роторов и башмаков брусьев косилок с использованием импульсной заковки совместно с Холдинговой компанией «Бобруйскагромаш». При этом следует

отметить, что объект разработки (диск ротора) является не только сложным в геометрическом исполнении изделием, но и состоящим из трех разнородных конструкционных материалов (сталь 25ХГСА, сталь 35 и сварных валиков). Данная разработка относится к разряду пионерных. Она прошла апробацию на материально-технической базе БГАТУ, в результате которой впервые в практике термического производства реализована одна из сложных технических задач сельхозмашиностроения – закалка сварных пространственно сложных тонкостенных стальных заготовок.

Технология импульсной закалки является отечественной технологией. Для ее реализации используется отечественное оборудование, что значительно сокращает сроки освоения и расходы на техническое перевооружение действующих и вновь создаваемых термических производств. С ее использованием обеспечивается высокое качество изделий, надежность и стабильность закалочного процесса. Применение легко сменяемых закалочных устройств в составе технологического модуля позволяет быстро переходить на закалку деталей другой конструкции и размеров, что в свою очередь обеспечивает гибкость и экономичность производства.

Сменные детали сельскохозяйственных машин, изготовленные с применением импульсной закалки, характеризуются высокой работоспособностью [2,6,7,8], без использования дорогостоящих легированных сталей. В упрочненных деталях из стали 55 ПП и 60 ПП при достаточно высокой твердости (56–62 HRC) и прочности (σ_b более 2000 МПа) сохраняется повышенная ударная вязкость (KCU не менее 0,6 МДж/м²). Ресурс сменных деталей сельскохозяйственных машин нового поколения в 2 и более раза выше по сравнению с изделиями, изготовленными по традиционной технологии с использованием стали 65 Г. В зарубежной практике такими свойствами обладают сменные детали, изготовленные из легированных сталей [10].

Использование технологии импульсной закалки машиностроительными и ремонтными предприятиями республики соответствует инновационному пути развития, что позволяет производить экспортоориентированную продукцию (сменные детали сельскохозяйственных машин и др.) нового поколения.

Список использованных источников

1. Горынин, И.В. Экономнолегированные стали с наномодифицированной структурой для эксплуатации в экстремальных условиях / И.В. Горынин [и др.] // Вопросы материаловедения. – 2008. – №22. – С. 7–19.
2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.
3. Технологический модуль для закалки деталей: патент № 2139 РБ / Бетеня Г.Ф. [и др.]; УО БГАТУ. Оpubл. 16.05.2005 // Дзяржаўны рээстр карысных мадэляў/Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай маёмасці.

4. Закалочное устройство для быстрого охлаждения тонкостенных заготовок: патент №19291 РБ на изобретение /Бетенья Г.Ф. [и др.], 2015.

5. Бетенья, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/Г.Ф.Бетенья, Г.И. Анискович // Вестник БарГУ/ – 2013, вып. 1 – С. 152–159.

6. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники / Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.

7. Бетенья, Г.Ф., Анискович Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol. 15, №7 – С. 80–86.

8. Бетенья, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники /Г.Ф. Бетенья [и др.]/Вестник Полоцкого государственного университета/ – 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С. 46–51.

9. Landmaschinenwelt 97/98. // Technische Anberungen Vorbehalten, 1997. – 181 с.

10. Bulk nanokristalline steel//ironmaking and steelmaking. – 2005. – V. 32. – P. 1–24.

УДК 631.173.4(07)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ПОЛНОКОМПЛЕКТНЫХ МАШИН ПРИ НЕОБЕЗЛИЧЕННОМ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

*Студенты – Бобков В.Н., 19 рпт, 3 курс, ФТС;
Круглый П.С., 38 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;
Кашко В.М., ст. преподаватель*

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Приведена математическая модель оптимизации полнокомплектного резерва машин для обеспечения работоспособности технологических комплексов при необезличенном их использовании. Обоснованы величины полнокомплектного резерва машин для различных парков технологических комплексов при необезличенном их использовании.

Ключевые слова: работоспособность, полнокомплектный резерв, технологический комплекс, необезличенное использование машин.

Для моделирования процесса необезличенного взаимодействия работающих (основных) машин с резервными и системой ремонта так же