

Список использованной литературы

1. Толочко Н.К. Изготовление металлических деталей машин и формообразующей оснастки с помощью аддитивных технологий / Н.К. Толочко, П.В. Авраменко, В.Б. Кравцов // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 24–25 нояб. 2022 г.) / редкол.: Л. М. Акулович [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 39–44.

2. Толочко, Н.К. Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности / Н.К. Толочко, О.В. Сокол // Агропанорама. – 2019. – №2. – С. 12–16.

Summary. The results obtained indicate the prospects of further development of CSB-SL technology and its application for relatively fast and cheap manufacture of metal machine parts for both production and repair needs.

УДК 631.3.02:621.785.5

Анискович Г.И., кандидат технических наук, доцент;

Шевчук М.А., ассистент;

Шукан М.М., аспирант

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

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА
УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКОЙ**

Аннотация. В статье приводятся сведения о необходимом технологическом оснащении термических производств агросервисных и машиностроительных предприятий, осваивающих упрочняющую технологию импульсной закалки при изготовлении сменных быстроизнашивающихся деталей сельскохозяйственных машин.

Abstract. The article provides information about the necessary technological equipment for thermal production at agroservice and machinery enterprises that are adopting the strengthening technology of impulse hardening in the manufacture of replaceable, rapidly wearing parts for agricultural machinery.

Ключевые слова. Упрочнение, импульсная закалка, технологический модуль, термические печи, закалочные устройства.

Keywords. Hardening, pulse hardening, technological module, thermal furnaces, hardening devices.

Реализация технологического процесса упрочнения сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин импульсной закалкой на машиностроительных и ремонтно-обслуживающих предприятиях республики требует разработки и внедрения комплекса основного и вспомогательного оборудования, на основе которого будут организованы новые или дооснащены существующие термические производства.

Технологическая схема упрочнения деталей с применением импульсной закалки разрабатывалась для условий печного нагрева заготовок [1,2]. Поскольку условия нагрева заготовок до закалочной температуры влияют на размер зерна аустенита, то в реальных условиях производства стадию нагрева стальной заготовки до температуры аустенитной области и стадию выдержки следует строго соблюдать. Параметры (температура и длительность) режима аустенитизации важны для развития последующих этапов технологии, так как с ними связаны конечные результаты продуктов распада переохлажденного аустенита (размер зерна) и механические свойства.

Упрочнения стальных заготовок с использованием технологии импульсной закалки жидкостью, предшествуют две стадии: стадия нагрева до температуры аустенитизации; стадия выдержки при температуре аустенитизации.

Принимая во внимание, что от размера зерна аустенита в большей мере зависят свойства изделия после термической обработки, нагрев изделия осуществлялся до определенной температуры, при которой сохраняется мелкозернистый аустенит. Продукты превращения мелкозернистого аустенита, как равновесные, так и метастабильные, имеют более высокую вязкость и пластичность, меньшую чувствительность к концентраторам напряжений, чем соответствующие продукты превращения крупнозернистого аустенита [3].

Мартенситное превращение интенсивно протекает при непрерывном охлаждении стальной заготовки. Минимальная скорость охлаждения, при которой аустенит превращается в мартенсит, принято называть критической скоростью закалки.

В этой связи система закалочного охлаждения стальных заготовок должна обеспечивать скорость охлаждения не менее 1200–1500 °С. Из производственной практики известно, что для охлаждения высокотемпературных поверхностей в качестве наиболее интенсивных тепловых процессов применяются установки струйного охлаждения, либо потоком жидкости. Интенсивность охлаждения высокотемпературной поверхности может достигать 10000 °С/с и более. Такое охлаждение стальных поверхностей при закалке создает возможность получить на поверхности изделия напряжения сжатия около 800 МПа, что препятствует возникновению закалочных трещин [4].

Охлаждение высокотемпературных поверхностей заготовки с требуемой скоростью при упрочнении импульсной закалкой реализуется с помощью технологического модуля (рисунок 1), укомплектованного закалочными устройствами [5, 6].

В соответствии с номенклатурой изделий, подлежащих упрочнению импульсной закалкой, специальные закалочные устройства (ЗУ) разрабатываются для деталей простой формы (рисунок 2) и сложнопрофильных (рисунок 3). На каждую деталь с учетом её размеров и конфигурации должны создаваться индивидуальные закалочные устройства. Макси-

мальные размеры ЗУ предопределяются размерами закаливаемого изделия и устройств подвода и отвода охлаждаемой жидкости.

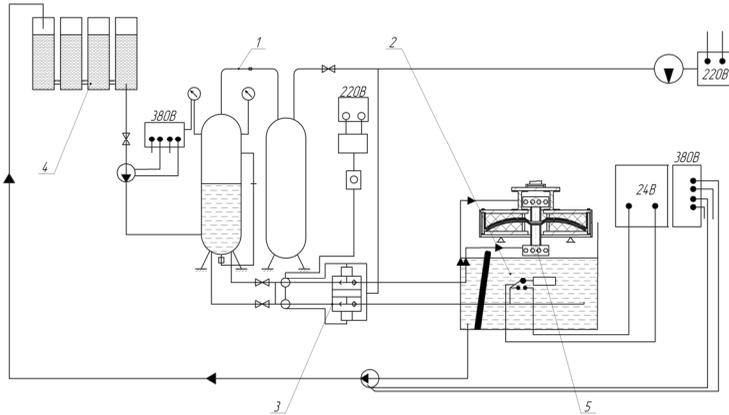


Рисунок 1 – Принципиальная схема технологического модуля для охлаждения высокотемпературных поверхностей заготовки при их импульсной закалке
1 – блок управления подачей охлаждающей жидкости; 2 – блок управления отводом охлаждающей жидкости; 3 – система управления клапанами «Бабочка»;
4 – емкости для охлаждающей жидкости; 5 – закалочное устройство

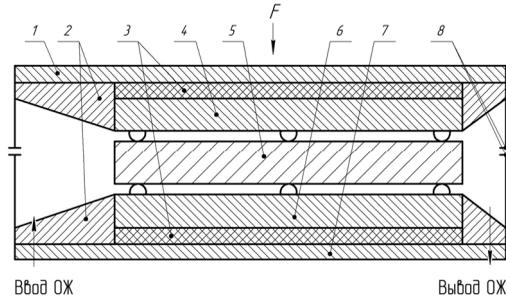


Рисунок 2 – Принципиальная схема закалочного устройства для импульсной закалки деталей простой формы
1 – крышка; 2 – детали компенсатора; 3 – прокладки; 4 – пуансон;
5 – заготовка; 6 – матрица; 7 – корпус основания; 8 – уплотнение

Термообработка деталей в закалочных устройствах приведенных конструкций позволяет исключить коробление, особенно длинномерных и сложнопрофильных деталей и избежать последующей их рихтовки.

Секция 1 – Технический сервис машин и оборудования

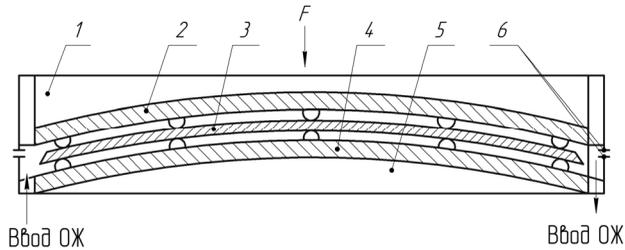


Рисунок 3 – Принципиальная схема закалочного устройства для импульсной закалки сложнопрофильных деталей
 1 – крышка; 2 – пуансон; 3 – заготовка; 4 – матрица;
 5 – основание корпуса; 6 – уплотнение

Закалочные устройства используются в комплекте с приспособлением, для осуществления их открывания-закрывания и фиксирования деталей в процессе закалки. Принципиальная кинематическая схема приспособления приведена на рисунке 4.

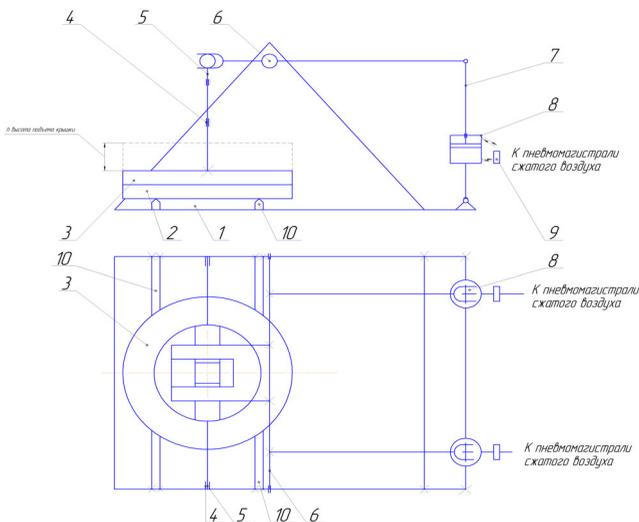


Рисунок 4 – Принципиальная кинематическая схема приспособления для открывания и закрывания закалочного устройства
 1 – боковины (левая и правая); 2 – основание закалочного штампа;
 3 – крышка закалочного штампа; 4 – направляющая вертикального штока;
 5 – вертикальный шток; 6 – ось с рычагами; 7 – шток пневмоцилиндра;
 8 – пневмоцилиндр; 9 – распределитель сжатого воздуха;
 10 – поперечины для крепления основания закалочного штампа

Нагрев стальных заготовок осуществляется в печах 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, стрелчатая лапа) рекомендуется нагревать в печах типа СНО 4.8.3/11. Мощность такой печи составляет 18 кВт.

Для нагрева крупных деталей (диски луцильников и дискаторов, полевые доски, лемехи) в производственных условиях апробированы нагревательные печи типа СНО 8.8.4/11. Мощность печей этого типа печей может составлять 35–70 кВт.

Применением нагревательных печей сопротивления соответствующих типов обеспечивается скорость нагрева заготовок в пределах 1,5–2,5°С/с. Температура в заданном интервале нагрева заготовок контролируется микропроцессорным контроллером «Термодат-14». Точность измерения температуры нагрева заготовок составляет ± 2 °С.

Заданный объем охлаждающей жидкости для охлаждения заготовки обеспечивается конструкцией технологического модуля (рисунок 1), с помощью которого подача заданного объема охлаждающей жидкости осуществляется для условий, когда отношение избыточного давления жидкости в начале и конце цикла охлаждения составляет около 0,95 (допускается 0,8).

Функционирование взаимосвязанных технических систем технологического модуля позволяет охлаждать детали при их закалке с учетом требуемой критической скорости охлаждения, регламентируемой для данной марки стали. Скорость охлаждения обеспечивается в диапазоне от 400°С/с до 5000°С/с и более. Продолжительность цикла охлаждения изменяется в зависимости от марки материала и формы детали и обеспечивается системой, укомплектованной быстродействующими клапанами с пневмоприводами и реле времени с интервалом регулирования 0,1с.

Дополнительно контролируются: температура заготовки в начале и конце охлаждения пирометрическим прибором «Кельвин 200ЛЦМ», расход охлаждающей жидкости за один цикл охлаждения, температура жидкости исходная и конечная.

Технологический модуль (ТМ) для реализации импульсной закалки состоит из серийно изготавливаемых комплектующих отечественного производства. Для различных производственных условий реализованы два его варианта. В одном случае работа ТМ осуществляется с использованием системы оборотного водоснабжения предприятия. Второй вариант ТМ базируется на применении автономной системы водоснабжения (рисунок 1). В этом случае создаются отдельные емкости для воды объемом

от 5 до 15 м³. Охлаждающая жидкость циркулирует по замкнутому контуру. В качестве охлаждающей жидкости применяется проточная вода или водные растворы кальцинированной соды.

Заключение

Для реализации технологического процесса импульсной закалки деталей сельскохозяйственной техники требуется оснащение термических производств следующим оборудованием и контрольно-измерительными приборами: электрическими нагревательными печами (тип определяется размерами и формой детали); технологическим модулем в составе индивидуального для каждого типа деталей закалочного устройства, механизма зажима в ЗУ детали, системы подачи и отвода в ЗУ требуемого объема охлаждающей жидкости; измерительным комплексом для регистрации и регулирования температуры нагрева деталей, давления и температуры охлаждающей жидкости, продолжительности цикла закалочного охлаждения.

Список использованной литературы

1. Бетень, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники / Г.Ф. Бетень [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета/ – 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С. 46–51.
2. Бетень, 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.
3. Структурная теория конструктивной прочности материалов: Монография/Л.И. Тушинский. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 400 с.
4. Материаловедение: Учебник для вузов/Б. А. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин [и др.]; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – М.: МГТУ им. Н. Э.Баумана, 2008. – 648с.
5. Технологический модуль для закалки деталей: патент № 2139 РБ / Бетень Г. Ф. [и др.]; УО БГАТУ. Опубл. 16.05.2005//Дзяржаўны рээстр карысных мадэляў/Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай маёмасці.
6. Закалочное устройство для быстрого охлаждения тонкостенных заготовок: патент №19291 РБ на изобретение /Бетень Г.Ф. [и др.], 2015.

Summary. To implement the technological process of pulse hardening of parts, the following equipment is required: electric heating furnaces; a technological module consisting of an individual hardening device for each type of part, a mechanism for clamping the part, a system for supplying and discharging the required volume of coolant.