

## УСТАНОВКА ДЛЯ ЗАКАЛКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШТАМПОВ ВОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ

*Канд. техн. наук ГЛАЗКОВ Л. А., докт. техн. наук ЖЕЛУДКЕВИЧ М. С.,  
инженеры ЖИЛЯНИН Д. Л., ТАБУЛИН А. А., ТАРБАЕВ В. В.*

*Белорусский национальный технический университет,  
Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси*

Создание установки для закалки крупногабаритных штампов с помощью водовоздушной смеси являлось частью выполнения работы по внедрению ресурсосберегающего технологического процесса закалки, исключающего применение минеральных масел в качестве закалочной среды. При разработке нового технологического процесса закалки крупногабаритных штампов с помощью водовоздушной смеси за основу был взят существующий на предприятии технологический процесс: закалка в минеральном масле – отпуск – отпуск хвостовика. Разработанный технологический процесс состоит из следующих операций: нагрев, закалка и выравнивание (осреднение) температуры. Нагрев полностью идентичен существующему технологическому процессу. Закалка осуществляется с помощью водовоздушной смеси. Выравнивание (осреднение) температуры производится в два перехода: после извлечения детали из установки ее помещают в теплоизолирующий кожух-экран или печь, имеющую температуру окружающей среды, и выдерживают в течение 1,5–3,0 ч; далее деталь выдерживается в течение 15–20 ч на спокойном воздухе (бессквозняковом пространстве). Размеры термообрабатываемых штампов: от 300×350×350 до 1500×1000×1000 мм.

Охлаждение в масле крупногабаритных штампов массой 1,0–1,5 т и более не позволяет получить высокие твердость и прокаливаемость [1], а также требует большого расхода масла. Водовоздушная смесь позволяет устранить эти

недостатки, поскольку возможно изменение охлаждающей способности в зависимости от размеров штампа и требуемой толщины закаленного слоя. Для изменения охлаждающей способности обычно регулируют степень увлажнения (расход воды), возможно изменение давления воздуха или расстояния охлаждаемой поверхности от распылителя. Согласно [2] штампы охлаждают смесью до потемнения поверхности (400–500 °С), а затем только сжатым воздухом до 300 °С и после этого сразу нагревают для отпуска.

По сравнению с традиционным технологическим процессом удаление операций отпуска штампа и отпуска хвостовика штампа позволяет уменьшить время проведения технологического процесса практически вдвое. Это позволяет сэкономить на каждом штампе массой 1,5 т 290 м<sup>3</sup> природного газа. Еще одним положительным эффектом является отсутствие расхода минерального масла в процессе закалки (экономия сырой нефти составляет 0,25 т на одну закалку штампа массой 1,5 т). Дополнительный экономический эффект – практически полная пожаробезопасность технологического процесса с использованием водовоздушной смеси. Необходимо отметить, что проделанная работа направлена в основном на модернизацию процесса закалки штамповых сталей марок 5ХНМ и 5ХНВ, не являющихся оптимальными для технологических операций, но широко применяемых в различных областях производства Республики Беларусь.

Проведенные исследования микроструктуры, твердости и глубины прокаливаемого слоя в образцах из штамповой стали позволили уточнить параметры процесса охлаждения деталей из штамповых сталей в водовоздушной смеси и подобрать требуемые значения по расходу смеси, направлению и продолжительности воздействия водовоздушной смеси на деталь. Осуществляемая закалка в водовоздушной смеси по твердости (HRC-40–41) и структуре (тросто-сорбит) аналогична закалке этих марок сталей в индустриальном масле И-20А.

Для дальнейших исследований была разработана техническая документация на оборудование для закалки штамповых вставок, использующее водовоздушную смесь. По данной документации была изготовлена и экспериментальная установка-модель для термической обработки штамповых вставок (детали из сталей 5ХНМ, 5ХНВ). Установка позволяет производить объемную закалку в водовоздушной смеси при различных параметрах времени закалки и состава смеси. За счет варьирования в процессе охлаждения количества и направления струй водовоздушной смеси можно достигнуть регулируемого процесса охлаждения, при этом легко получается требуемая скорость охлаждения в требуемый момент времени. На установке были проведены исследования процесса закалки при различных параметрах рабочей среды для оптимизации технологического процесса и экспериментального установления расчетных коэффициентов математического моделирования процесса охлаждения штампа.

При помощи экспериментальной установки-модели была изготовлена опытная партия штамповых вставок. Все режимы термообработки соответствовали требованиям технологической карты, состав водовоздушной смеси и временные параметры охлаждения были рассчитаны с целью максимального приближения скорости охлаждения штамповой вставки на установке к традиционному способу закалки в масле. Опытная партия вместе с термообработанными традиционным способом (закалка в масле) штамповыми вставками была отправлена в кузнечный цех Минского тракторного завода. Эксплуатация прошла успешно: все вставки отработали нормативный срок службы.

В основу проектируемого технологического процесса был положен способ закалки штампа по одной (рабочей) плоскости. Применение направленной закалки водовоздушной смесью позволяет охлаждать различные поверхности (стороны) деталей с различной скоростью и отказаться от некоторых операций – отпуска хвостовика и, во многих случаях, отпуска штампа в целом. Поскольку крупногабаритные молотовые штампы обладают большой массой и, следовательно, теплоемкостью, возможно импульсное охлаждение детали – водовоздушная смесь подается периодически. При этом поверхностный слой детали охлаждается с требуемой скоростью до температуры конца закалки, затем за счет внутренней теплоты происходит самоотпуск. По сравнению с вариантом объемной водовоздушной закалки данный принцип позволяет исключить отпуск штампа, а также уменьшить время процесса закалки и размеры установки.

Оборудованием, необходимым для реализации технологического процесса, явилась установка для закалки крупногабаритных штампов водовоздушной смесью. Основные технические данные: количество одновременно закаливаемых штампов – 2; параметры штампа: длина – от 300 до 1500 мм, ширина – от 350 до 1000 мм, высота – от 350 до 1000 мм; время закалки (в зависимости от размера штампа) – 0,1–4,0 ч; электропитание – 380/220 В; давление сжатого воздуха – от 0,4 до 0,7 МПа; давление воды – от 0,3 до 0,4 МПа; потребляемая пиковая электрическая мощность – 3,5 кВт; габариты установки – 6000×2500×2300 мм.

Установка представляет собой полуавтоматическое устройство, в котором закаливаемый штамп, нагретый до температуры закалки, охлаждается водовоздушной смесью по индивидуальной (зависящей от размеров и материала штампа) программе, регулируемой микропроцессором. До начала загрузки с пульта управления производится ручной контрольный запуск и проверка работоспособности установки, а также загрузка в память микропроцессора требуемой программы.

Закаливаемый штамп ставится на тележку и механизмом привода (в ручном режиме управления) подается в камеру закалки. С пульт

та управления включается программа на выполнение. Количество воды, воздуха и время заковки контролируются и задаются микропроцессорной системой управления по заданной программе автоматически. Схема реализации процесса управляемого теплообмена приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема реализации процесса управляемого теплообмена

Конструкция установки обеспечивает периодический принцип действия: в зависимости от размера штампа включается определенное количество блоков форсунок (всего установка имеет восемь блоков форсунок).

Системы подачи воды и воздуха предназначены для подачи воды и воздуха к блокам форсунок. Состоят из трубопроводов, расположенных на внешней стороне камеры заковки внизу и вверху, вентилей для ручного регулирования расхода и электромагнитного клапана СВМ для включения/отключения общей подачи воздуха.

В случае аварийного останова процесса или прекращения подачи воды и/или воздуха (из-за отказа оборудования или падения давления в системе) обязательно автоматически производится вывод тележки со штампом из камеры заковки для предотвращения перегрева и выхода из строя установки, кабельных соединений и исполнительных механизмов, расположенных на ней.

Система регулирования скорости охлаждения основана на постоянстве параметров водовоздушной смеси, при этом количество воды и воздуха, подаваемой на объект, определяется длительностью импульсов включения и периодом их следования.

Включение в систему управления микро-ЭВМ позволяет решать задачи, связанные с получением, обработкой и хранением информации. После анализа входных данных (времени) вырабатывается управляющее воздействие, которое изменяет течение процесса.

Основной составной частью автоматизированной системы является ее программное обес-

печение (ПО). Поэтому при создании ПО было предусмотрено диалоговое взаимодействие с программами анализа данных, при которых реализуется эффективная связь пользователя различной квалификации с системой. Структуру пакета прикладных программ можно представить следующим образом: управляющая часть, которая предназначена для организации вычислительных процессов в системе управления ее работой, связи с пользователем и операционной системой; функциональная часть, состоящая из модулей, предназначенных для решения конкретных задач или этапов задач. Программное обеспечение автоматизированной системы состоит из набора функциональных программ.

Установка для заковки штампового инструмента водовоздушной смесью УВВО-8000М смонтирована в термическом отделении Минского завода специального инструмента и технологической оснастки (МЗ СИИТО).

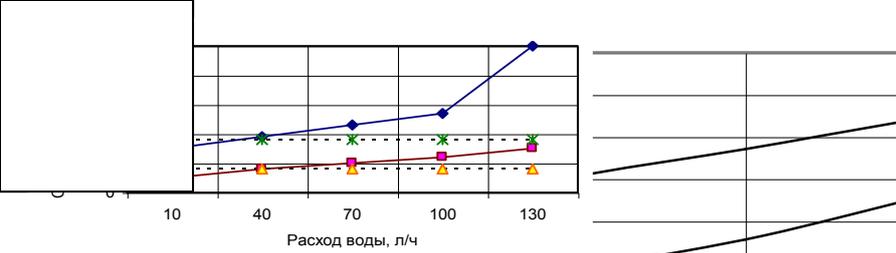
Для работы установки подведены: сжатый воздух (диапазон давлений – 0–0,7 МПа); вода техническая (диапазон давлений – 0–0,4 МПа); электропитание 380/220 В частотой 50 Гц. Также имеются: слив в заводскую канализацию через сливной колодец в цеху; вытяжка водяных паров в вентиляционную систему цеха производительностью  $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В процессе выполнения работы произведена поблочная отладка оборудования на стенде. Проверена работа электрооборудования в различных режимах. Испытания электрооборудования проводились после полного монтажа установки и проверки действия остальных систем.

Для испытаний и работы используется штамповая сталь 5ХНМ, применение другого металла должно быть согласовано с разработчиком и при необходимости скорректирована технология и введена новая программа работы установки. Весь комплект программного обеспечения установки рассчитан на сталь марки 5ХНМ.

Время окупаемости разработанного технологического процесса вместе с установкой – 1,5–2,0 года в зависимости от напряженности производственной программы (1000–1500 штампов в год).

## ВЫВОДЫ



менение установки для заковки крупногабаритных штампов водовоздушной смесью позволяет не нарушать общего процесса термической обработки, получать штампы нужной прокаливаемости и стойкости, улучшать экологическую обстановку в термическом цехе.

Конструкторская документация на установку для заковки с помощью водовоздушной смеси, рассчитанную на обработку крупногабаритных молотовых штампов размерами от 300×350×350 до 1500×1000×1000 мм, разработана в НИИЛ гидропневмосистем и нефтепродуктов БНТУ. Внедрение технологического процесса произведено на МЗ СИиТО. Изготовление установки производилось силами МЗ СИиТО.

полученные в процессе испытаний и эксплуатации результаты свидетельствуют о том, что установка соответствует требованиям, предъявляемым к ней со стороны внедряемого экологически чистого ресурсосберегающего технологического процесса. Все режимы термообработки соответствовали требованиям технологических карт, программы работы установки были составлены исходя из массо-геометрических параметров штампов. После термообработки штампы были приняты ОТК МЗ СИиТО и переданы для дальнейшего применения в технологическом процессе производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Штампы для горячего деформирования металлов / под ред. М. А. Тылкина. – М.: Высш. шк., 1977. – 496 с.
2. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.

Поступила 10.10.2008