

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШТАМПОВ

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

Белорусский национальный технический университет,
Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси

Штамповые стали должны соответствовать определенным эксплуатационным, технологическим и экономическим требованиям.

Для изготовления крупногабаритных штампов применяются заготовки из сталей 5ХНМ, 5ХНВ, которые стали в соответствии с классификацией, принятой в СССР (СНГ) и США [1], относятся к группе штамповых сталей повышенной прокаливаемости (диаметр – 50–80 мм). Они закаливаются на мартенситную структуру при охлаждении в масле и горячих средах. Эта классификация относится к прокаливаемости на твердость до HRC 60. При потребности обеспечить твердость до 40–45 HRC сталь типа 5ХНМ является сталью высокой прокаливаемости (закаливается на мартенсит даже при охлаждении на воздухе).

Для определения качества термической обработки штампа используется оценочный критерий, позволяющий быстро и качественно установить прогнозируемую стойкость – твердость. Зависимость ударной вязкости от твердости для стали 5ХНМ при температуре закалки 850 °С приведена на рис. 1 [1]. Поэтому, используя данные о видах износа (разгарные трещины при большой твердости и истирание при малой), можно определить наиболее целесообразную с точки зрения стойкости твердость. Рекомендуемая твердость для сталей 5ХНМ в зависимости от массы падающих частей представлена на рис. 1.

Для сталей 5ХНМ и 5ХНВ оптимальный температурный интервал под закалку составляет 850–880 °С [1]. Получаемая твердость после закалки – 61–53 HRC для стали 5ХНВ и 62–63 HRC – для стали 5ХНМ при охлаждении в масле. В случае охлаждения стали 5ХНМ на воздухе твердость достигает 56–58 HRC. Величина

зерна аустенита, получаемого в данном интервале температур, составляет 8–12 баллов.

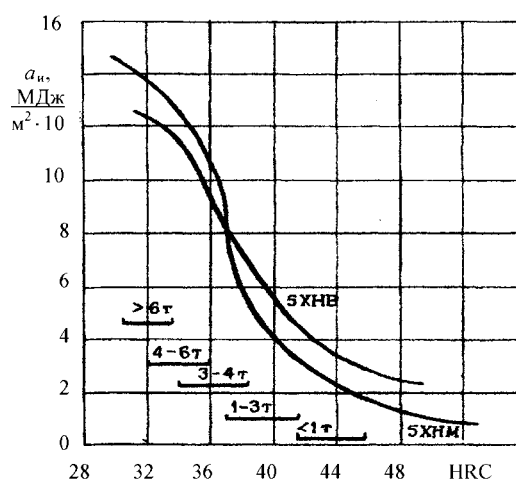


Рис. 1. Зависимость ударной вязкости от твердости для сталей 5ХНМ, 5ХНВ [1]

Закончив нагрев, штампы закаливают в масле: погружают в бак, производят их покачивание, а затем оставляют висеть при включенной циркуляции масла. Общее время выдержки штампа в закалочном баке, по данным [1], составляет 13–17 мин на каждые 100 мм наименьшего размера штампов. Важно, чтобы температура масла не превышала 70 °С, а температура штампов при охлаждении не опускалась ниже 150–200 °С.

Частым приемом является предварительное подстуживание на воздухе, охлаждая штампы до температуры 700–750 °С (в зависимости от размера время выдержки составляет 15–20 мин [1]) с последующим охлаждением в масле. Подстуживание позволяет снизить напряжение при закалке и предотвратить образование трещин.

Охлаждение в масле крупногабаритных штампов массой 1,0–1,5 т и более не позволяет получить высокие твердость и прокаливаемость, 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. 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.

Отпуск штампов производится сразу после закалки (разрыв во времени 0,5–2,0 ч). Наиболее часто применяемой схемой отпуска является двукратный отпуск: сначала отпускается штамп целиком до получения закалочной твердости гравюры, а затем в специальной печи происходит отпуск хвостовика. Реже применяется однократный отпуск, при котором одновременно происходят отпуск хвостовика штампа на пониженную твердость и отпуск гравюры штампа на высокую твердость. Отпуск хвостовика не производят в том случае, если штамп закаливают на пониженную твердость – не более 30–33HRC.

В процессе разработки технологического процесса были проведены исследования по подбору оптимального соотношения «вода – воздух» в смеси. В основу были положены данные, взятые из графиков на рис. 2 и 3 [3]. При этом для отработки отдельных элементов была изготовлена установка для закалки малогабаритных штамповых вставок.

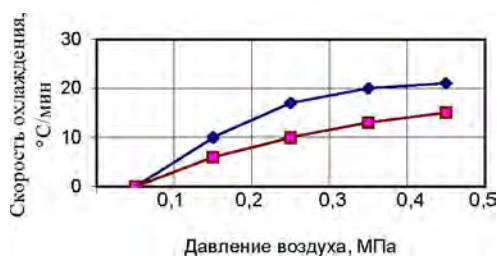


Рис. 2. Влияние давления воздуха на скорость охлаждения: —◆— — скорость охлаждения при 600 °С; —■— — то же при 400 °С

Проведенные исследования показали, что для деталей различных размеров возможно подобрать такой режим подачи воды и воздуха,

чтобы скорость охлаждения полностью соответствовала объемной закалке в масле. Кроме того, легко достижимы режимы различной скорости охлаждения отдельных поверхностей заготовки (гравюра и хвостовик) или варьирования скорости в зависимости от температуры. Эти режимы были опробованы на опытной установке с непрерывной подачей водовоздушной смеси. Термообработанные штамповые вставки полностью соответствовали требованиям чертежа и успешно отработали положенный ресурс в КТЦ МТЗ.

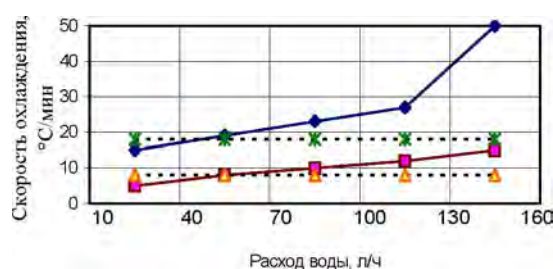


Рис. 3. Влияние степени увлажнения воздуха на скорость охлаждения водовоздушной смесью: —◆— — на глубине 20 мм, —■— — на глубине 125 мм, а также при объемной закалке в масле: --Δ-- — на глубине 20 мм, --*-- — на глубине 125 мм

Закалка в водовоздушной смеси позволяет обеспечить требуемые прокаливаемость и твердость крупногабаритных штампов, а также простоту кожухов для случая закалки хвостовика с меньшей скоростью охлаждения.

При разработке нового технологического процесса закалки крупногабаритных штампов с помощью водовоздушной смеси за основу был взят существующий на предприятии технологический процесс (длительность отдельных операций варьируется в зависимости от размера закаливаемого штампа): закалка – отпуск – отпуск хвостовика. Закалка включает в себя следующие подоперации: загрузку при температуре 450 °С (время выдержки – 2,5 ч), подогрев до температуры 650–700 °С (время – 4–5 ч), нагрев до температуры 860–20 °С в течение 8–10 ч, подсушивание на воздухе до 750 °С (5–10 мин), охлаждение в масляном баке (время охлаждения – 2 ч). Отпуск штампа производится в три стадии: загрузка при температуре 300–350 °С (время выдержки – 4–5 ч), нагрев в течение 9,0–15,5 ч при температуре 500–600 °С (в зави-

симости от марки стали и требуемой твердости штампа), охлаждение на воздухе. Отпуск хвостовика производится следующим образом: нагрев до температуры 680–700 °С в течение 4–5 ч и последующее охлаждение на воздухе. Размеры термообрабатываемых штампов: от 300×350×350 до 1500×1000×1000 мм.

Существующий технологический процесс требует наличия газовой печи для закалки и отпуска, печи-плиты для отпуска хвостовика и масляной ванны с системами перемешивания и отвода паров. Время термической обработки одного штампа составляет 63,5–85,0 ч в зависимости от размера закаливаемого штампа.

Таким образом, поставлены основные задачи, которые необходимо было решить при разработке нового техпроцесса: уменьшение времени термообработки, снижение расхода энергоресурсов (природного газа и минерального масла) и устранение пожароопасности процесса. Для решения этих задач в качестве закалочной среды использовали водовоздушную смесь.

Предварительно проведенные исследования показали, что водовоздушная смесь в качестве закалочной среды обладает неоспоримыми преимуществами перед минеральным маслом или эмульсиями типа «масло в воде» или «вода в масле». Так, образцы из штамповых сталей, термообработанные с помощью водовоздушной смеси, имели ту же структуру, что и закаленные в минеральном масле, чего не всегда удавалось добиться при использовании эмульсий. К тому же при эксплуатации происходило постоянное выпаривание масла из эмульсий, что вызывало практически те же расходы на их восстановление, что и при использовании минерального масла. 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. Применение направленной закалки водовоздушной смесью позволяет охлаждать различные поверхности (стороны) деталей с различной скоростью. Это позволяет отказаться от некоторых операций – отпуска хвостовика и во многих случаях – отпуска штампа в целом. Поскольку крупногаба-

ритные 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.

В основу проектируемого технологического процесса положен способ закалки штампа по одной (рабочей) плоскости. По сравнению с вариантом объемной водовоздушной закалки данный принцип позволяет исключить отпуск штампа, а также уменьшить время процесса закалки и размеры установки.

Разработанный технологический процесс состоит из следующих операций: нагрева, закалки и выравнивания (осреднение) температуры. Нагрев полностью идентичен ранее существующему технологическому процессу: загрузка при температуре 450 °С (время выдержки – 2,5 ч), подогрев до температуры 650–700 °С (время – 4–5 ч), нагрев до температуры 860⁻²⁰ °С в течение 8–10 ч. Закалка осуществляется с помощью водовоздушной смеси на специальной установке по ранее введенной программе в течение 20–60 мин. Выравнивание (осреднение) температуры производится в два перехода: после извлечения детали из установки ее устанавливают в теплоизолирующий кожух-экран или печь, имеющую температуру окружающей среды, и выдерживают в течение 1,5–3,0 ч; далее деталь выдерживается 15–20 ч на спокойном воздухе (бесквонзьяковом пространстве).

ВЫВОДЫ

Преимуществом нового технологического процесса является отсутствие операций отпуска штампа и отпуска хвостовика штампа. Удаление этих операций позволяет уменьшить время проведения технологического процесса практически вдвое: с 63,5–85,0 до 31,5–41,5 ч. Новый технологический процесс позволил демонтировать печь-плиту. Время работы основной печи с выдвижным подом во включенном режиме (при температурах от 450 до 800 °С) уменьшилось с 23,5–33,0 до 14,5–17,5 ч. Это

позволяет сэкономить 290 м³ природного газа на каждом штампе массой 1,5 т. Еще одним положительным эффектом является отсутствие расхода минерального масла в процессе закалки, а также устранение ванны для закалки. Экономия сырой нефти составляет 0,25 т на одну закалку штампа массой 1,5 т. Дополнительным экономическим эффектом является практически полная пожаробезопасность разработанного технологического процесса: при закалке в масле в случае ошибки персонала высока вероятность воспламенения масла при извлечении штампа. Обычно это вызывало несколько аварийных ситуаций в год, в том числе одну-две с вызовом пожарных бригад. Кроме того, следует отметить улучшение экологической ситуации, поскольку при закалке не происходит испарение нефтепродуктов в атмосферу.

Несмотря на необходимость подачи сжатого воздуха и малую потребность в электроэнергии ранее существующего технологического процесса, потребность в электроэнергии уменьшилась более чем на 10 кВт·ч на один штамп: так как для нового технологического процесса не

требуется вытяжная вентиляция большой мощности, а также отсутствует перемешивание масла в процессе закалки.

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

Технологический процесс разрабатывался в НИИЛ «Гидропневмосистем и нефтепродуктов» БНТУ в рамках ГНТП «Ресурсосбережение». Внедрение технологического процесса произведено на Минском заводе специального инструмента и технологической оснастки.

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.: Metallurgy, 1975. – 584 с.
3. **Закалка** водовоздушной смесью / М. Е. Блантер [и др.] // МиТОМ. – 1958. – № 12. – С. 29–31.

Поступила 10.10.2008