



*Advantages of technology of hardening by inert gases are considered. It is shown that use of unit ModulTherm7/1 at RUP «MTZ» allows to improve quality of chemical thermal processing of details and to provide decrease of expenses for manufacture.*

И. В. ФИРСОВ, РУП «МТЗ»

## ХИМИКО–ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРОВ В ВАКУУМЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКАЛКИ В СРЕДЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

В настоящее время на РУП «МТЗ» завершены работы по внедрению технологии химико-термической обработки деталей в вакууме с закалкой в среде инертного газа на установке «ModulTherm 7/1» фирмы «ALD Vacuum Technologies GmbH» (Германия) (рис. 1).

Данное оборудование смонтировано в механическом цехе № 5 в составе технологической линии для механической обработки. Таким образом, обеспечивается полный технологический цикл изготовления деталей от поковки до годной детали без дополнительных межцеховых транспортных перевозок.

Линия химико-термической обработки состоит из следующего основного оборудования: системы внешнего транспорта (устройства перемещения поддонов и стеллажи-накопители), моечной машины (используется для промывки деталей до химико-термической обработки), камеры предварительного окисления, семи камер нагрева/цементации,

камеры закалки (одновременно – транспортный модуль), трех печей низкого отпуска, места охлаждения садов и компьютера оператора с системой управления. Данная линия также укомплектована необходимым вспомогательным оборудованием: насосной станцией камер нагрева для создания вакуума, системой оборотного водоохлаждения с градирней, системой рециркуляции гелия, компрессором для подачи гелия, системой бесперебойного питания для системы управления, дизель-генератором для аварийной подачи электроэнергии, системой обеспечения технологическими газами (ацетилена, аммиака, водорода, гелия и азота). Имеется также лабораторное оборудование: устройства для подготовки микрошлифов, твердомеры и микроскоп с программным обеспечением по определению микротвердости и структуры.

Модульная вакуумная установка для термообработки «ModulTherm 7/1» представляет собой полностью автоматическую систему. Наличие штабелеров-накопителей на 36 поддонах позволяет проводить химико-термическую обработку деталей без участия основного производственного персонала до 24 ч. Большим преимуществом является то, что проведение ремонтно-профилактических работ на отдельных модулях возможно без остановки работы всей установки. Модульное построение всей системы дает возможность дооснащать ее в любое время дополнительными камерами или другими системными компонентами.

При вакуумной термообработке детали нагреваются до высоких температур в бескислородной атмосфере, что позволяет препятствовать окислению поверхности деталей.

Процесс химико-термической обработки в вакууме с закалкой в среде инертного газа имеет ряд

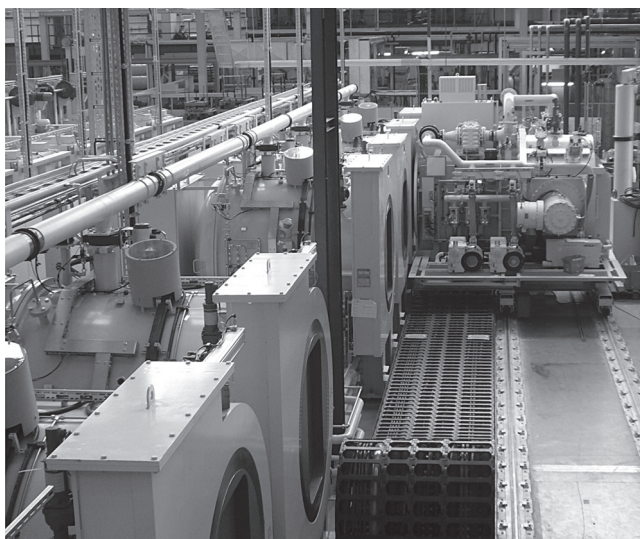


Рис. 1. Линия химико-термической обработки «ModulTherm 7/1»

преимуществ по сравнению с традиционной технологией химико-термической обработки:

- сокращение технологического времени химико-термической обработки;
- улучшение качества обрабатываемых деталей;
- снижение затрат на проведение химико-термической обработки;
- улучшение экологических условий;
- гибкость и легкая переналадка технологии;
- стабильная воспроизводимость результатов.

В качестве закалочной среды используется экологически безопасный инертный газ – гелий, тем самым, обеспечивается отсутствие отходов процесса. После проведения термообработки отпадает необходимость в очистке деталей дробью. Процесс регенерации гелия позволяет восстанавливать до 90% газа, используемого на закалку. Применение в высокотемпературных печах современных футеровочных материалов позволяет снизить затраты на расходование топливно-энергетических ресурсов.

На установке «ModulTherm 7/1» камера нагрева/цементации состоит из водоохлаждаемого корпуса печи, графитовой жестко-волоконной теплоизоляции с дополнительной внешней изоляцией из керамики, оснащена графитовыми нагревателями, датчиками-контроллерами расхода технологических газов, конвективным вентилятором, опорами для установки садки. Для предотвращения взаимодействия при температурах цементации выше 900 °С между опорой из карбида кремния и поддоном из жаропрочной стали опоры оснащены защитой из молибдена. В закалочной камере детали проходят закалку при помощи инертного газа высокого давления с высокой скоростью подачи газа. Давления закалки, как и другие технологические параметры, задаются в программе термообработки и выполняются автоматически.

Применение технологии науглероживания при низком давлении и закаливание под газом высокого давления в среде инертных газов позволяет значительно уменьшить деформации обрабатываемых деталей. Закалка газом обеспечивает постоянный коэффициент теплопередачи. Значительное снижение деформаций достигается в процессе «динамического закаливания», при котором степень закаливания варьируется в процессе последовательных этапов закаливания путем ступенчатого регулирования скорости газового потока. Науглероживание при низком давлении – процесс цементации стали, который проводится под давлением всего в несколько миллибар с использованием ацетилена как источника углерода.

Деформация деталей происходит в том случае, если напряжение в материале превышает предел текучести материала. При химико-термической обработке детали из цементуемых сталей подвергаются нагреву при температурах до 960 °С и предел текучести стали устойчиво снижается с повышением температуры. Выделяются три типа напряжения в материале:

- остаточные напряжения (образуются перед термообработкой при механической обработке);
- термические напряжения (вызваны перепадом температур при нагреве и охлаждении);
- напряжения структурных превращений стали (вызваны преобразованием структурных составляющих феррита/перлита в аустенит при нагреве и преобразованием аустенита в мартенсит/бейнит при охлаждении).

На величину деформаций влияют геометрия деталей, химический состав стали, режимы механической и термической обработки. Технология закалки инертными газами предлагает огромный потенциал по снижению деформации при термообработке. Обычные технологии закалки, такие, как закаливание в масле или в полимерной среде, демонстрируют очень неоднородные условия охлаждения. В процессе обычного охлаждения в жидких закалочных средах происходят три различных механизма: пленочное кипение, пузырьковое кипение и конвекция (рис. 2). Вследствие этих трех механизмов распределение внутренних коэффициентов теплопередачи на поверхности деталей очень неоднородно. Эта неоднородность условий охлаждения вызывает значительные тепловые и пре-

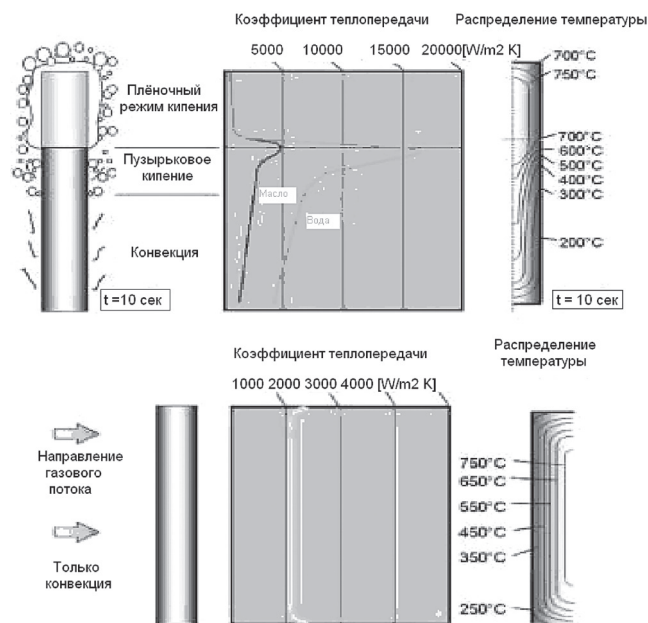


Рис. 2. Коэффициент теплопередачи и распределение температуры при закалке в жидкости и газе

образовывающие напряжения в деталях и, как следствие, приводит к деформации. При проведении же процесса закалки инертными газами происходит только конвекция, которая позволяет повысить однородность условий охлаждения.

Другое преимущество технологии закалки инертными газами – это возможность подобрать необходимую интенсивность закалки путем выбора давления и скорости закалки. Обычно давление при закалке варьируется от 2 до 20 бар (атмосфер). Скорость газового потока контролируется преоб-

разователем частоты и обычно скорости газового потока варьируются от 2 до 15 м/с в зависимости от геометрии деталей, марки стали, количества деталей в садке.

В настоящее время на закупленном оборудовании обрабатываются более 130 наименований деталей. Использование установки «ModulTherm 7/1» на РУП «МТЗ» позволило значительно улучшить качество химико-термической обработки деталей и обеспечить снижение затрат на производство.