

УДК 621.7.016.623

**Метод газовой закалки в вакуумных печах**

**Жуевская С. Е., студент**  
**Нехвядович М. Е., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Вегера И. И.*

Аннотация:

В данной статье рассмотрен метод газовой закалки в вакуумных печах, описаны его достоинства, а также способы улучшения технологического процесса.

Динамическое развитие машиностроительных предприятий невозможно без внедрения инновационных технологий. Все большую популярность в сфере машиностроения набирают вакуумные печи. Внедрение в производство вакуумных печей позволило проводить широкий диапазон промышленных процессов термической обработки, таких как закалка газом высокого давления, отпуск, отжиг, упрочняющая термообработка, и др.

Вакуумная печь представляет собой герметичную нагревательную камеру, в полости которой создается и поддерживается разрежение в течение процесса нагрева деталей.

Одним из самых широко применяемых методов термической обработки является закалка. Технологический процесс закалки давно известен, и описан множеством научных статей и патентов. В этом смысле, закалка в вакууме не отличается от уже привычных способов ее осуществления. Однако, следует отметить, что закалка в вакууме расширяет возможности технологического процесса с позиции охлаждения нагретых деталей. Так, помимо привычной закалки в масле, которая успешно применяется как при атмосферном давлении, так и в условиях разрежения, выделяют газовую закалку, в которой охлаждение деталей происходит при помощи инертных газов. Также применение инертных газов возможно в качестве «атмосферы» при нагревании деталей.

Газовая закалка используется для достижения предельной твердости практически всех марок сталей и обладает рядом существенных преимуществ, по сравнению с общепринятыми системами закалки в жидких охлаждающих средах (масло, вода, эмульсии). К ним относят возможность изменения скорости охлаждения за счет регулировки давления и скорости газа; лишь конвекционный теплоотвод по всей площади закаливаемых деталей; более точный контроль скоростей разогрева и закалки, что обеспечивает практически полное отсутствие деформаций закаливаемых деталей; улучшение экологических условий; отсутствие окислений, присущих закалке в жидких средах, и, как следствие, отсутствие затрат на последующую промывку и просушку закаленных деталей.

Газовая система охлаждения представлена соплами, расположенными по всей поверхности вакуумной печи. Охлаждающий газ подается равномерно на садку через графитные сопла, размещенные симметрично в стенках нагревательной камеры и в загрузочной двери. Уникальный профиль сопла и высокая скорость охлаждающего газа обеспечивают отличное проникновение в садку и однородное охлаждение. Горячие газы покидают зону нагрева через окно выхода газа в задней стенке, а тепловая энергия снимается в доохлаждаемом теплообменнике.

В качестве охлаждающего газа применяют, в основном, аргон и азот, реже гелий и водород.

Перспективным представляется смешивание инертных газов в определенных пропорциях для достижения наилучшего результата как в техническом, так и в экономическом плане. Экспериментальные исследования, проведенные авторами работы [1], указывают на повышение в 2 раза охлаждающей способности газовой смеси аргона и гелия (относительно применяемых инертных газов) в соотношении 80/20, соответственно, и, как следствие, уменьшение времени, затрачиваемого на процесс закалки. Также авторы данной работы предлагают использование смеси аргона и гелия не только как охлаждающей среды, но и как атмосферы при нагревании, что позволит добиться высокой степени чистоты поверхности, а значит полностью исключить последующие операции очистки и окончательной обработки деталей. Однако, существенным фактором, затрудняющим

применение такой смеси, является низкая теплопроводность аргона, что сказывается на скорости закалки, и высокая стоимость гелия.

Теоретический предел скорости охлаждения газовыми смесями весьма высок, за счет циркуляции и давления газа. Однако заманчивость создания сверхскоростных систем закалки неизбежно наталкивается на экономические ограничения и технические сложности. В будущем давление охлаждающих газов при закалке превысит 20 бар, но такое усложнение рано или поздно столкнется с вопросом целесообразности. Аргоно-гелиевые или азото-гелиевые охлаждающие смеси становятся популярными для все более расширяющегося круга применений. Разработка и коммерческое освоение относительно недорогих систем выделения гелия из воздуха существенно повысит масштабы его использования. Непрерывное конструкторское новаторство таит в себе большие возможности существенного улучшения характеристик газовой закалки. Изучаются новые подходы к оптимизации газовых потоков и теплопереноса с целью повышения скорости охлаждения и достижения максимальной однородности при газовой закалке в вакуумных электропечах.

### **Список использованных источников**

1. Способ закалки в инертных газах: пат. RU2164247 / Л. П. Карпов. – Опубл. 20.03.2001.

УДК 621.396

### **Беспроводная зарядка электромобилей с пневматическим подъемом**

**Журов К. А., студент**

*Белорусский национальный технический университет,*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Аннотация:

В 2022 году количество компаний, которые планируют перейти на разработку только электрических машин возросло в разы. За все