

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ГАЗОВОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ СТАЛИ

**Левин Е.А., Курганов А.В., Жукова Е.С., Юршев В.И.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Процесс цементации широко применяют в промышленности благодаря его высокой эффективности и доступности. Он позволяет создавать на рабочей поверхности детали слой, обладающий высокой твердостью после закалки, износостойкостью, эрозионной стойкостью, контактной выносливостью и усталостной прочностью при изгибе. Эти свойства обеспечиваются при относительно мягкой и вязкой сердцевине, придающей необходимую конструктивную прочность обрабатываемым изделиям [1].

Цементация применяется к деталям и изделиям в машиностроительных производствах. В основном это детали машин, которые работают в условиях повышенного трения и необходимо, чтобы их поверхностный слой был устойчивее к износу при минимальных затратах. Цементации подвергаются изделия из низкоуглеродных конструкционных сталей. Существуют несколько методов цементации, но наиболее актуальной на сегодняшний день является цементация в газовом карбюризаторе.

Газовая цементация в России впервые была применена в 1837 г. Известным металлургом П. П. Аносовым на Златоустовском заводе. Однако лишь в начале двадцатого столетия этот процесс нашел практическое применение в США, а в двадцатых годах его начали изучать в Центральном научно-исследовательском институте технологии машиностроения в Москве [2].

Газовая цементация стали широко распространена в массовом производстве деталей, т.к. данный процесс можно легко оптимизировать, сокращая при этом время и затраты. При такой цементации герметично закрытая камера печи наполнена цементирующим газом и осуществляется в стационарных или методических (непрерывно действующих) конвейерных печах. В таких случаях цементирующий газ приготавливается отдельно в генераторах и автоматически, согласно системе, подается в цементационную реторту. Цементирующими газовыми карбюризаторами являются предельные углеводороды: пропан, бутан и естественный газ – метан. Нередко в качестве карбюризатора используют жидкости богатые углеводородами: керосин, бензол, пиробензол, синтин и некоторые масла.

При цементации в газовом карбюризаторе можно получить, в поверхностном слое металла, строго заданную концентрацию углерода, сокращается длительность процесса, так как отпадает необходимость прогревания ящиков, наполненных малотеплопроводным карбюризатором, обеспечивается возможность полной механизации и автоматизации процессов и значительно упрощается последующая термическая обработка изделий.

Температура цементации обычно составляет 880...920 °С, но при увеличении температурного режима до более высокой температуры 1000...1050 °С длительность процесса сокращается до 30 %. Продолжительность выдержки зависит от температуры процесса и типа карбюризатора и в среднем

оценивается из расчета скорости насыщения 0,15...0,18 мм толщины слоя за 1 час.

Если в процессе закалки после цементационного нагрева произвести подстуживание деталей до 800 – 840 °С (в зависимости от марки стали) произойдет значительное уменьшение коробления и снизится количество остаточного аустенита в цементованном слое.

При использовании в качестве карбюризаторов жидкости можно оптимизировать интенсивность подачи количества капель жидкости подаваемых в реторту в единицу времени. В 1 см³ жидкости содержится около 25...30 капель. Скорость подачи в печь можно регулировать от 60 до 70 капель, в минуту задавая тем самым нужную концентрацию газа. Цементацию с использованием жидких карбюризаторов выполняют, главным образом, в специальных шахтных, реже ретортных печах. В этом случае температуру насыщения ограничивают 870...890°С из-за возможного сажеобразования. В настоящее время для ускорения процесса применяют цементацию в вакуумных печах.

Отличительной особенностью газовой цементации является возможность регулирования процесса путем изменения цементующей активности газовой атмосферы. Наиболее лучшим и перспективным является процесс цементации в эндо- и экзогазовой атмосфере путем изменения соотношения количества природного газа и эндо- или экзогаза, вводимых в печь. При цементации необработанным природным газом, а также жидкими карбюризаторами регулирование производится путем изменения режима подачи карбюризатора. Высокая науглероживающая способность подобных смесей, условия надежного контроля углеродного потенциала, слабые его колебания при изменении температуры и давления, возможность проведения процесса науглероживания при высоких температурах обеспечивает широкое применение данного метода [1]. Использование для цементации эндо- или экзогаза позволяет сравнительно легко осуществить автоматическое регулирование состава печной атмосферы.

Преобразование и улучшение цементуемых сталей, разработка новых марок мелкозернистых сталей (18ХГТ, 30ХГТЦ, 12Х2Н4А и др.) с использованием соответствующих цементующих атмосфер и оборудования позволяет осуществлять процесс цементации при высоких температурах без снижения механических свойств изделия при условии закалки деталей с повторного нагрева и подстуживания.

Это обеспечивает повышение производительности оборудования и сокращает продолжительность процесса в 1,5 – 2 раза. Эффективность газовой высокотемпературной цементации значительно повышается, если использовать высокоскоростной нагрев токами высокой частоты (ТВЧ), контактного нагрева, нагрева тлеющим или коронным разрядом. Использование тлеющего или коронного разряда значительно влияет на скорость формирования науглероженного слоя в 1,5 – 2 раза.

В процессе газовой цементации может происходить внутренне окисление. Оно оказывает очень вредное влияние на качество цементуемых деталей,

особенно если они изготовлены из легированных сталей, содержащих в своем составе хром, марганец и титан. Практически при цементации в атмосфере печи всегда содержится некоторое количество кислорода. Этот кислород проникает в сталь на глубину до 0,03мм и, соединяясь с легирующими элементами, образует окислы. В результате небольшой по глубине слой обедняется легирующими элементами и его закаливаемость ухудшается. Вместо мартенсита в нем получается структура троостита. Это резко снижает работоспособность детали. Для того чтобы этого избежать внутреннего окисления достаточно ввести в конце процесса в атмосферу печи 10% аммиака.

Схема микроструктуры диффузионного слоя цементованной низкоуглеродистой стали представлена в сопоставлении с диаграммой железо-углерод на рисунке 1. Часть слоя, прилежащая к поверхности детали и имеющая концентрацию углерода больше 0,8 %, имеет структуру заэвтектоидной стали: перлит, окруженный сеткой вторичного цементита. Средняя часть слоя, имеющая концентрацию, близкую к эвтектоидному, состоит из перлита. Далее вглубь слоя структура становится доэвтектоидной.[4]

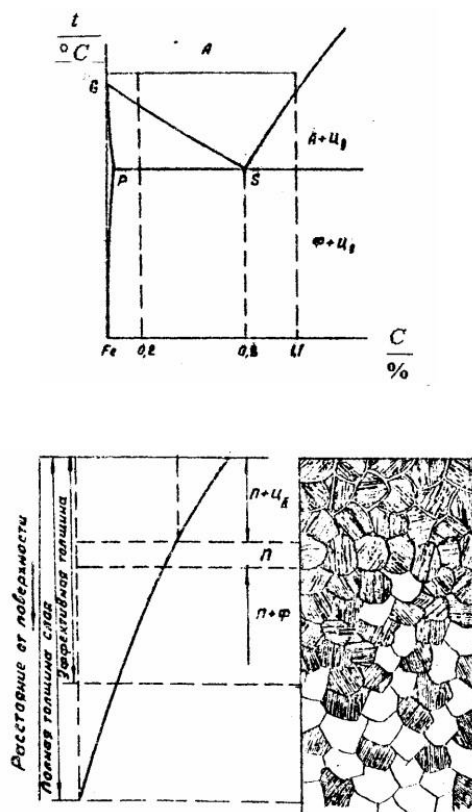


Рисунок 1 - Схема микроструктуры диффузионного слоя в сопоставлении с диаграммой железо-углерод

Исходя из выше сказанного, следует сделать вывод, что газовая цементация это широко применимый и широкоуниверсальный метод науглероживания конструкционной стали. Он легко подвергается оптимизации режимов повышающих качество цементирующего слоя и ускоряющих его получения, а также автоматизации и механизации что незаменимо на

современном производстве. Наиболее перспективным на сегодняшний день является цементация в контролируемых атмосферах с использованием эндо- или экзогаза в сочетании с высокоскоростным нагревом токами высокой частоты.

Список использованной литературы

1. Ляхович, Л.С. *Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник/ Под ред. Л.С. Ляховича, Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошинин и др. М.: Металлургия, 1981. 424с.*

2. Ассонов, А.Д. *Газовая цементация с индукционным нагревом: учебное пособие/ А.Д. Ассонов, К.З. Шепеляковский, П.А. Ланкин М: Машигиз 1958. 90с.*

3. Дубинин, Г.Н. *Прогрессивные методы химико-термической обработки: учебное пособие/ Под ред. Г.Н. Дубинина, Я.Д. Когана М: Машиностроение, 1979. 184с.*

4. Богодухов, С.И. *Материаловедение и технологические процессы машиностроительного производства: Лабораторный практикум/ С.И. Богодухов, В.И. Юршев, А.Д. Проскурин и др. часть 1. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 210с.*