

ТВЕРДОСТЬ ПО ЗАКАЗУ

Термообработка с целью поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента является важнейшей частью процесса их изготовления. В результате такой термообработки сталь приобретает необходимую твердость, прочность и пластичность. Заданную поверхностную твердость можно получить только при сложных химико-термических процессах – цементации или азотировании. Без этих процессов невозможно обеспечить требуемое качество, надежность и долговечность машин и оборудования.

ГАЗОВАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ И НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ

Газовая цементация проводится обычно в шахтных электропечах при температурах 900 – 950°С. Чем меньше углерода в стали, тем выше температура нагрева при цементации. Для получения науглероживающей атмосферы применяют метан, керосин, синтин, бензол и другие карбюризаторы, которые в результате диссоциации разлагаются с образованием атомарного углерода. При цементации стальных изделий происходит насыщение углеродом их поверхности. Полученный диффузионный слой имеет переменную концентрацию углерода по глубине, убывающую от поверхности к сердцевине.

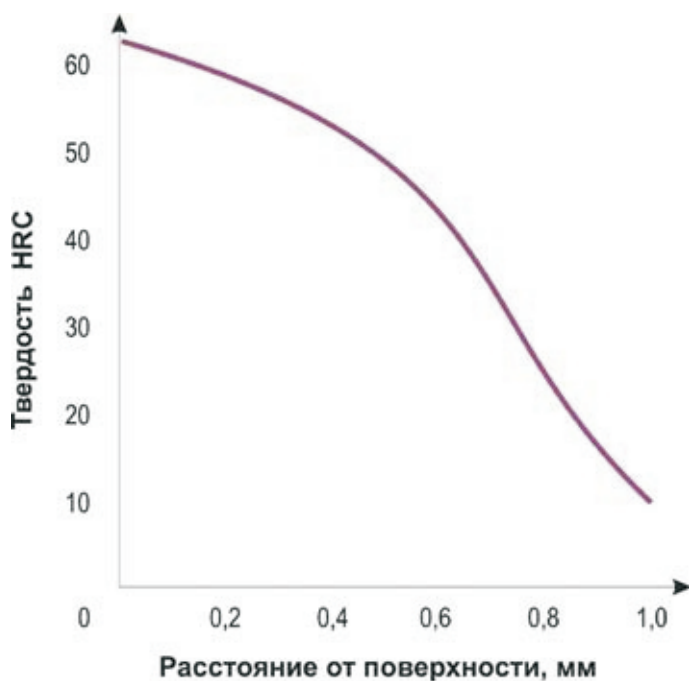


Рис. 1. Изменение твердости по глубине цементированного слоя

Цементации подвергаются детали из низкоуглеродистых сталей, а проводится она с целью получения высокой твердости на поверхности изделия при сохранении вязкой сердцевины. Твердость цементированного слоя после термической обработки постепенно снижается по глубине слоя. Соппротивление контактной усталости у цементированных сталей получается выше, чем у сталей, прошедших поверхностную закалку при индукционном нагреве, и у азотированных сталей. Газовая цементация является сегодня

основным процессом упрочнения поверхности при массовом производстве деталей.

Оснащение цементационной печи установкой, обеспечивающей контроль и регулирование печных атмосфер, значительно повышает технологические возможности такой печи. Такая установка обеспечивает регулирование углеродного потенциала путем нормированных подач карбюризатора и окислителя в соответствии с заданным содержанием CO_2 в атмосфере печи. При цементации и нитроцементации установка создает необходимые печные атмосферы непосредственно в герметичном муфеле электропечи, управляя этими процессами.

Регулирование углеродного потенциала печной атмосферы обеспечивает получение заданных величин цементированного слоя и создание диффузионного слоя с заданной микроструктурой. Управление цементационной атмосферой в печи позволяет исключить брак по микроструктуре слоя и получить стабильные свойства поверхности цементированных деталей.

При этом значительно ускоряется процесс цементации, увеличивается срок службы жаропрочных элементов печи и оснастки, а также значительно снижается сажеобразование в рабочем пространстве печи.

Для упрочнения поверхности деталей иногда применяют нитроцементацию – процесс одновременного насыщения поверхности деталей углеродом и азотом. Нитроцементация позволяет получить слои большей толщины, повысить усталостную прочность и снизить деформацию изделий, а также сократить продолжительность самого процесса.

ГАЗОВОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

Газовым азотированием называется химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя азотом в диссоциированном аммиаке. Процесс азотирования является очень эффективным методом упрочнения поверхности деталей из среднеуглеродистых легированных сталей и применяется во всех отраслях машиностроения. Азотирование чаще проводят при температурах 500 – 600°С. При этих температурах в результате диссоциации аммиака на катализаторе создается насыщающая атмосфера, состоящая из азота, водорода и, естественно, остатков аммиака. При азотировании в результате перехода азота из газовой фазы в металл происходит процесс поверхностного насыщения стальных изделий азотом. Азот образует с легирующими элементами устойчивые нитриды, которые придают поверхностному азотированному слою очень высокую твердость.

Термическая диссоциация аммиака на катализаторе представляет собой ионизационный процесс, сопровождающийся образованием очень активных ионов. Это новая технология низкотемпературной химико-термической обработки деталей машин и инструмента. Она радикально отличается от традиционной технологии и построена на исследованиях доказавших, что при азотировании активными компонентами в газовой среде являются не стабильные, равновесные компоненты печной атмосферы, а промежуточные – ионы и радикалы. Отсюда последовало создание новой технологии, при которой в печном пространстве на аммиачно-воздушной магистрали устанавливается диссо-

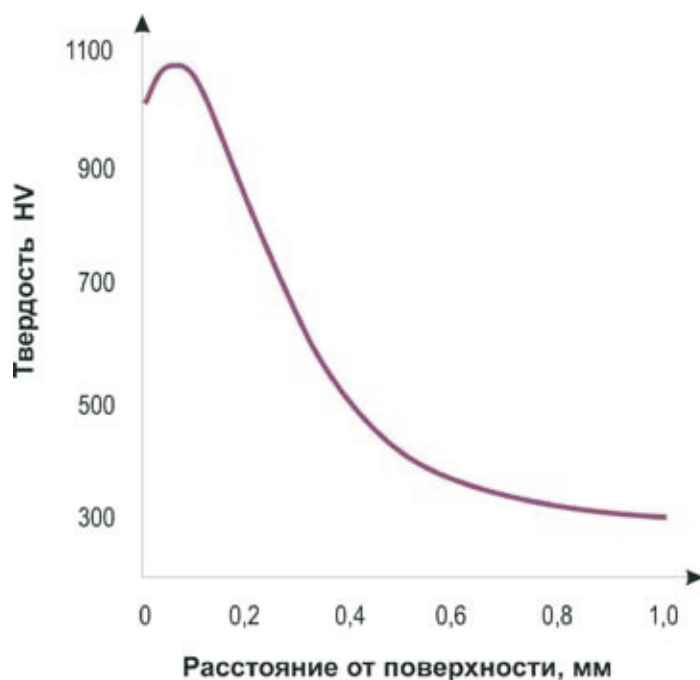


Рис. 2. Изменение твердости по глубине азотированного слоя

циатор с кремнеземным стекловолокнистым тканым катализатором, который обеспечивает высокую активацию печной атмосферы. Активированная атмосфера совершенно изменила характер взаимодействия аммиачно-воздушной среды со стальными поверхностями. Каталитическая диссоциация аммиака в рабочем пространстве печи приводит к принципиальным изменениям состава насыщающей атмосферы и характера реакций на границе газ-металл. После каталитической обработки аммиака характер и последовательность фазовых превращений совершенно изменяются.

Для оценки насыщающей способности печной атмосферы используется характеристика, называемая «азотный потенциал». Понятие «азотный потенциал» должно реально отражать процессы, проходящие на границе раздела (газ-металл). Такой полной характеристикой является концентрация азота в тонком поверхностном слое металла при достижении равновесия с газовой фазой. Это прямой метод определения азотного потенциала. Косвенный метод позволяет непрерывно контролировать ход процессов: насыщения-обеднения, окисления-восстановления на



Рис. 3. Кремнеземный стекловолокнистый тканый катализатор

границе раздела (газ-металл). Контроль этих процессов ведется по парциальному давлению кислорода. Именно такой контроль позволяет управлять процессом насыщения. Эффективность использования парциального давления кислорода для управления процессом азотирования объясняется тем, что в этом случае учитывается интегральное действие всех окислительных реакций, происходящих в поверхностном слое.

Парциальное давление кислорода определяется специальным зондом погружного типа с электрохимической ячейкой. Азотный потенциал печной атмосферы вычисляется по измеренному парциальному давлению кислорода и температуре процесса азотирования.

Азотирование наиболее эффективно для изделий испытывающих высокие циклические нагрузки и работающих в условиях трения скольжения. Одним из основных факторов, обеспечивающих максимальную износостойкость трущейся поверхности, является пластичность поверхностной зоны, имеющая пониженную прочность на сдвиг. Азотированная поверхность имеет высокую кавитационную стойкость и повышенное сопротивление коррозии углеродистых и малолегированных сталей в атмосферных условиях.



Рис. 3. Прибор контроля парциального давления в печной атмосфере

Диапазон технологических возможностей процесса азотирования достаточно широк и позволяет создать на металлах и сплавах разнообразные диффузионные нитридные покрытия с большим набором физико-механических характеристик.

Газовое азотирование с диссоциацией аммиака на катализаторе сокращает длительность процесса в 2 – 4 раза, а срок службы азотированных деталей повышается в 1,5 – 3 раза по сравнению с традиционным газовым азотированием.

ЗАКАЛКА И ОТПУСК

После газовой цементации используют закалку непосредственно из цементационной печи, предварительно сделав подстуживание деталей до температуры 830 – 850° С. Заключительной операцией термообработки цементированных деталей является низкий отпуск при температуре

160 – 180° С. Отпуск проводится для уменьшения внутренних напряжений и получения высокой ударной вязкости и пластичности деталей.

При отпуске сталь нагревают до температуры ниже температуры фазовых превращений, выдерживают при этой температуре, а затем медленно охлаждают с заданной скоростью обычно в воздушной атмосфере. Скорость охлаждения при отпуске влияет на величину остаточных напряжений. С повышением температуры отпуска твердость и прочность снижаются, а показатели пластичности увеличиваются. Отпуск в зависимости от интервала температур и скорости охлаждения в значительной мере влияет на конечные результаты термообработки.

Низкий отпуск в интервале температур 100 – 200° С применяется для режущего и мерительного инструмента, деталей после цементации. Мерительный инструмент с целью стабилизации размеров подвергают отпуску с более длительными выдержками. Средний отпуск в диапазоне 350 – 500° С применяется для отпуска рессор, пружин, штампов и т.д. Высокому отпуску в диапазоне 500 – 650° С подвергаются детали, которые испытывают в работе высокие напряжения и ударные нагрузки. После высокого отпуска сталь имеет более высокие показатели прочности и пластичности.

Перед азотированием детали подвергаются закалке. После чего закаленные детали необходимо отпустить. Термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением. Так как улучшение проводят до азотирования, то в данном случае высокий отпуск

является промежуточной операцией, но важность его трудно переоценить.

Требования к отпускным режимам очень жесткие. Высококачественный отпуск можно произвести только в специальных отпускных электропечах. Такие электропечи предназначены для проведения режимов термообработки, требующих равномерного прогрева деталей, поддержания температуры с высокой точностью и охлаждения с заданной скоростью. Отпускные электропечи обычно оснащаются системой принудительного перемешивания печной атмосферы с помощью циркуляционного вентилятора и должны иметь несколько зон нагрева, что позволяет получать высокую точность и равномерность температуры по всему объёму печи. В термообработке не бывает второстепенных операций, но бывает брак – при нарушениях технологии на любом этапе.

Твердость, прочность, износостойкость сталь приобретает, когда правильно проведены режимы цементации, азотирования, закалки и отпуска. Строго определенные свойства сталь приобретает, когда соблюдены режимы термообработки и имеется возможность эффективно управлять этими процессами. Высококачественное упрочнение поверхности стальных деталей можно получить только после проведения термообработки в электропечах, специально предназначенных для этих целей и оснащенных средствами контроля и управления термическими процессами.