

Это дает возможность отказаться от проведения отпуска в случае закалки из МКИТ и снизить энергозатраты при термообработке.

С повышением температуры нагрева под закалку в МКИТ при постоянной выдержке прочностные свойства возрастают, а пластичность и ударная вязкость снижаются из-за увеличения в структуре количества мартенсита и снижения доли феррита. Закалка строительных сталей с температур нагрева в МКИТ  $A_{c3}$ -(20...30 °С) позволяет получить в сечении до 25 мм уровень свойств соответствующий таковому у среднеуглеродистых сталей после улучшения. Увеличение выдержки с 30 до 90 мин. при выбранной температуре в МКИТ снижает прочностные свойства и неоднозначно влияет на пластичность и ударную вязкость.

Предварительная аустенитизация перед выдержкой в МКИТ или кратковременная аустенитизация после нее при проведении закалки повышает прочностные характеристики и сохраняет на требуемом уровне пластичность и ударную вязкость.

Изотермическая закалка из МКИТ исследуемых сталей с переохлаждением в воде до определенной для каждой из них температуры и выдержкой при ней в печи до 1 ч с последующим охлаждением на воздухе позволяет получить хорошее сочетание механических свойств, соответствующее Х70. Важно подчеркнуть, что после закалки из МКИТ формируется многофазная микронеоднородная структура, состоящая из мартенсита или бейнита с различным содержанием углерода, небольшого количества феррита и тонких прослоек аустенита.

**Малинов Л.С., Малышева И.Е.**

**(ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь)**

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

**E-mail: malinov\_l\_s@pstu.edu**

Показано, что высокая абразивная износостойкость сталей и чугунов достигается, в частности, получением у них многофазной структуры, включающей высокоуглеродистый отпущенный мартенсит, карбиды и метастабильный остаточный аустенит. У среднеуглеродистых сталей такую структуру можно получить после цементации и соответствующего режима термообработки.

Следует подчеркнуть, что цементации обычно подвергают малоуглеродистые стали, поскольку это позволяет сочетать высокую твердость поверхности и большую вязкость сердцевины. Для сталей со средним и повышенным содержанием углерода цементация

практически не используется, поскольку в этом случае не обеспечивается необходимое сочетание механических свойств сердцевины и поверхности, характерные для малоуглеродистых цементуемых сталей. Однако при абразивном изнашивании в отсутствие динамических нагрузок важную роль играют свойства лишь поверхности. В данной работе изучалось влияние цементации и последующей термообработки на твердость, структуру и абразивную износостойкость образцов сталей 45ГЛ и 55Г. Их цементировали в твердом карбюризаторе 9 ч при температуре 920 °С, после чего закаливали в масле с различных температур в диапазоне от 800 до 1000 °С с шагом 50 °С. Заключительной термообработкой был низкий отпуск при 180 °С, 1 час. Относительную абразивную износостойкость определяли по методу Бриелля-Хаурта. Эталоном служили образцы отожженной стали 45.

Согласно полученным данным, с повышением температуры нагрева под закалку с 800 до 1000 °С увеличивается доля остаточного аустенита в структуре поверхностного слоя с 10 до 35%, а количество карбидов и отпущенного мартенсита, соответственно, уменьшается. Это сопровождается укрупнением зерна и снижением твердости с 60...62 до 50...53 HRC. При повышении температуры нагрева под закалку от 800 до 900 °С абразивная износостойкость исследованных сталей возрастает, соответственно, с  $\epsilon = 1,7$  и 1,9 до 2,8 и 2,9. Это обусловлено тем, что после закалки от 900 °С и низкого отпуска в поверхностном слое сталей формируется наиболее благоприятная многофазная структура: углеродистый мартенсит отпуска, нерастворенные карбиды и метастабильный остаточный аустенит (20...25%), претерпевающий динамическое деформационное мартенситное превращение (ДДМП) оптимальной интенсивности. Более высокий нагрев под закалку до 950 °С и особенно до 1000 °С снижает износостойкость. Наиболее низкий ее уровень ( $\epsilon = 2,2$  и 2,3) имеет место после закалки с 1000 °С. Однако он заметно выше, чем после закалки с 800 °С, обеспечивающей получение наиболее высокой твердости (60...62 HRC) и в основном мартенситнокарбидной структуры (количество остаточного аустенита составляет 10...15%).

Повышение температуры нагрева под закалку от 950 до 1000 °С приводит к почти полному растворению карбидов в аустените, и как следствие, увеличивает количество остаточного аустенита в структуре стали после закалки и низкого отпуска. При этом его стабильность по отношению к ДДМП возрастает. Соответственно существенно уменьшается в структуре термообработанной стали не только доля карбидов, но и мартенсита отпуска, играющих важную роль в повышении сопротивления абразивному изнашиванию. Полученные результаты представляют интерес в связи с тем, что в учебной, справочной литературе и заводских инструкциях для получения высокой абразивной износостойкости сталей предусматривается их термообработку после цементации проводить на максимальную

XI Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2019

твердость, когда в структуре содержится минимальное количество остаточного аустенита, рассматриваемого как нежелательная структурная составляющая. Между тем, при оптимальном количестве и стабильности он полезен.

**Малинов Л.С.**

**(ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь)**

**ДИФФУЗИОННАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НА НАСЫЩАЕМОЙ  
ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ЖИДКОЙ ФАЗЫ**

**E-mail: malinov\_1\_s@pstu.edu**

Диффузионная металлизация давно применяется в промышленности для легирования поверхности металлов другими элементами для повышения их износо-, жаро-, коррозионной стойкости. Распространенной является диффузионная металлизация сталей с применением газового контактного метода, использующего для легирования порошковые смеси. Процесс насыщения проводят при температурах аустенитной области. При этом требуется большая продолжительность процесса для получения легированных слоев сравнительно небольшой толщины, не превышающей десятых долей миллиметра. В условиях интенсивного внешнего воздействия при эксплуатации они могут быстро срабатываться.

В связи с этим автором предложена и реализована с сотрудниками технология получения диффузионных покрытий большой толщины, структура которых соответствует таковой у легированных белых чугунов. В основу технологии положен принцип, заключающийся в том, что на поверхности обрабатываемой детали создается жидкая фаза, в которой протекает диффузия легирующих элементов, поступающих из насыщенной среды. Сама жидкая фаза, обогащенная требуемыми элементами, после кристаллизации становится покрытием. Поскольку в жидкой фазе процесс диффузии идет с большой скоростью, за относительно непродолжительное время удаётся легировать слой в несколько раз большей толщины, чем при обычной технологии насыщения. Для создания на поверхности обрабатываемой детали жидкой фазы используется сплав, содержащий необходимые для покрытия компоненты и имеющий более низкую температуру плавления, чем легируемая сталь и насыщающая смесь. Температура диффузионной металлизации должна быть выше температуры плавления легкоплавкого сплава и ниже температуры плавления металлируемой стали. Могут быть реализованы многочисленные варианты предложенного способа, так как применимы разнообразные источники нагрева, методы нанесения легкоплавких сплавов, различные составы их и насыщающих сред. Одним из простых способов получения на сталях диффузионных покрытий большой толщины является рас-