

УДК 621.785

Разработка технологии получения наноструктурированных покрытий на высокохромистых сталях

Галынская Н. А., Кухарева Н. Г., Петрович С. Н.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на предприятиях Беларуси для изготовления вырубных, вытяжных и гибочных штампов, режущего и мерительного инструмента, деталей насосов, буровой и топливной аппаратуры и т.п. используются высокохромистые стали типа X12. Для снижения их импорта необходимо увеличить эксплуатационные характеристики изготавливаемых из них изделий, что может быть достигнуто методами поверхностной обработки, в частности, диффузионной карбидизацией.

Карбидизация высокохромистых сталей типа X12 с последующей термической обработкой даст возможность создать благоприятный комплекс механических свойств: достаточно прочную и пластичную сердцевину с твердым износостойким, нехрупким поверхностным слоем.

Основной недостаток известных технологий – окисление поверхности изделий и наличие в диффузионном слое зоны разветвленных карбидных образований, отрицательно влияющих на эксплуатационные характеристики упрочненных изделий.

Целью работы явилось изучение возможности получения в карбидоупрочняемых диффузионных слоях на стали типа X12 мелкодисперсных равномерно распределенных карбидных включений при отсутствии внутреннего окисления.

В настоящем исследовании при проведении процесса карбидизации высокохромистых сталей в порошковую насыщающую среду помимо угля вводили хлористый аммоний, бикарбонат натрия, и хромирующую порошковую насыщающую смесь, приготовленную с использованием элементов технологии внепечного металлотермического производства. Насыщение проводили при 950-1050 °С в течение 3-6 час.

Проведен гранулометрический, рентгеноструктурный и микрорентгеноспектральный анализ хромирующей смеси.

Установлено, что данная смесь после восстановления состоит из отдельных зерен металлического хрома, зерен, состоящих из смеси металлического хрома и окиси алюминия, и зерен твердого раствора окиси хрома в окиси алюминия, где растворено до 6% окиси хрома, в то время как в традиционно используемых смесях это легирование отсутствует. Микроструктурные исследования алюмотермических и традиционных смесей показали, что однотипные по цвету зерна одинакового фракционного и фазового состава различны по строению (рисунок 1).

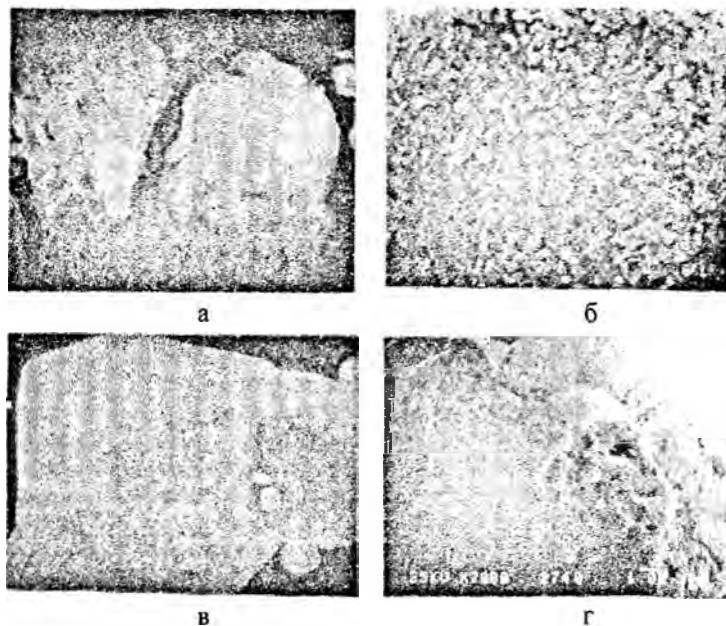


Рисунок 1 - Микроструктуры зерен Al_2O_3 (а, б) и Cr (в, г)
а, в – в традиционных смесях;
б, г - в металлотермических смесях

В результате насыщения в разработанной смеси на стали Х12Ф1 формируется диффузионный слой, состоящий из двух зон: верхней, так называемой активной, имеющей повышенную

травимость и более высокое содержание мелкодисперсных равномерно распределенных карбидных включений, и переходной, по травимости мало отличающейся от сердцевины, с карбидными включениями, концентрирующимися преимущественно по границам бывших аустенитных зерен. Легированный хромом цементит и карбиды Cr_7C_3 и Cr_{23}C_6 расположены в $\alpha\text{-Fe}$. Присутствие оксидов железа и хрома в слое не обнаружено.

Исследовано влияние температуры насыщения на распределение карбидов по толщине диффузионного слоя на стали X12Ф1. Исследования выполняли на анализаторе "Mini Magiscal" фирмы "Joesse Loebl" (Англия) на шлифах по специальной методике с учетом направления прокатки прутка.

Термохимическая обработка при $900\text{ }^\circ\text{C}$ (4 ч) в разработанной насыщающей среде приводит к формированию слоя толщиной 450 мкм, в котором на глубинке 30, 90 и 200 мкм до 75-80 % от общего числа карбидов приходится на мелкие карбиды с площадью до 1 мкм^2 (рисунок 2). Причем, размеры самых мелких карбидов (>30 %) лежат в наноразмерном диапазоне. Увеличение температуры свыше $950\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к снижению количества карбидов с минимальной площадью.

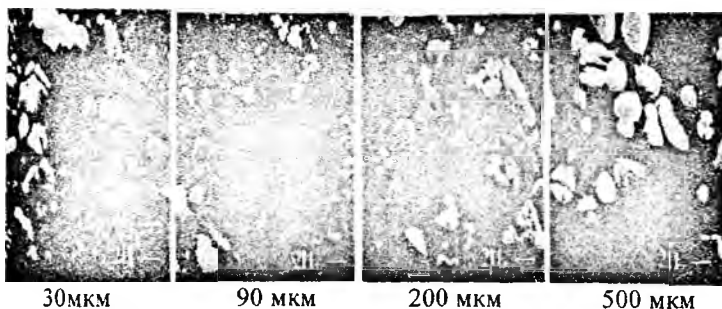


Рисунок 2 – Микроструктуры исследуемых на различном удалении от поверхности участков слоя на стали X12, подвергнутой карбидизации по режиму $900\text{ }^\circ\text{C}$ (4 ч). Травитель – реактив "Мураками". $\times 5000$

Твердость диффузионного слоя после обработки в порошковой среде составляет 36-38 HRC, поэтому после карбидизации изделия подвергали одинарной закалке с повторного нагрева в диапазоне температур 750-1050 °С и отпуску - 200-500 °С в течение 2-4 часов с последующим охлаждением на воздухе. Для защиты от окисления и обезуглероживания изделия нагрев под закалку осуществляли в контейнерах под слоем древесного угля.

Установлено, что максимальная твердость 66-68 HRC поверхностного слоя, при твердости сердцевины 48-50 HRC, достигалась при обработке в разработанных средах при температуре закалки 850 °С и отпуска - 200 °С. Микротвердость плавно уменьшается по толщине карбидизированного слоя. Высокая поверхностная твердость подтверждает отсутствие зоны внутреннего окисления.

Определены составы насыщающих сред для карбидизации, при использовании которых формируются слои с максимальным количеством мелкодисперсных равномерно распределенных карбидных частиц.

Выводы:

- разработана активированная металлооксидная среда и режимы термохимической обработки высокохромистых сталей, использование которых позволило получить карбидоупрочняемые слои заданной структуры и фазового состава;

- изучены строение и фазовый состав карбидизированных покрытий на стали X12Ф. Установлено, что при обработке в разработанных средах на поверхности высокохромистой стали формируется зона мелкодисперсных равномерно распределенных карбидных включений, >30 % из которых представляют собой наноразмерные частицы, зоны разветвленных крупных карбидов и внутреннего окисления поверхности отсутствуют.

- исследовано влияние условий последующей термообработки на твердость предварительно карбидизированной стали X12Ф1. Максимальная твердость HRC достигает на поверхности упрочненной стали 65-67 HRC, при закалке с 850-900 °С, отпуске – 200 °С, 2 ч.