**Модификация поверхности инструментальной стали Р6М5 плазменно-электролитной нитроцементацией**

***Гапонов В.А.1, Петровичева А.С.1, Носова М.А.2, Маркина Л.М.2, Мамедова Ф.Г.2, Наумов И.М.2***

*Студент, 1 курс магистратуры*

*1Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия*

*2Костромской государственный университет, Кострома, Россия*

*E-mail: gaponov-vlad@inbox.ru*

Данная работа посвящена изучению структурно-фазового состава и трибологического поведения поверхности инструментальной быстрорежущей стали Р6М5 после анодной плазменно-электролитной нитроцементации с последующей закалкой в условиях нагрева до закалочной температуры при катодной полярности.

В научно-исследовательской работе для плазменно-электролитной обработки использовались цилиндрические образцы из стали Р6М5 диаметром 10 мм и высотой 15 мм. Водный раствор электролита содержал 10 % хлорида аммония и 20 % карбамида. Низкотемпературная анодная плазменно-электролитная нитроцементация (ПЭНЦ) проводилась при температуре 550 ℃ в течение 10 минут. Затем температура образца повышалась и поддерживалась в течение 2 минут равной 850 ℃, по истечении которых полярность образца изменялась на противоположную, объект обработки становился катодом и нагревался до закалочной температуры 1230 ℃. Продолжительность катодной нитроцементации при указанной температуре составляла 2 минуты. Далее осуществлялась закалка на воздухе. Половина образцов после закалки подвергалась трехкратному отпуску при температуре 550 ℃, длительность каждого этапа составляла 1 час.

Фазовый состав поверхности образцов из стали Р6М5 после ПЭНЦ определялся с помощью рентгеновского дифрактометра PANalytical Empyrean с излучением CoKa при сканировании в тета-2-тета-режиме с шагом 0,026° и скоростью сканирования 4,5°/мин. Трибологические испытания проводились по боковой поверхности цилиндрического образца из стали Р6М5 по схеме вал-втулка. Контртело было изготовлено из закалённой стали ХВГ. Скорость скольжения образца по контртелу составляла 1,555 м/с при нагрузке 10 Н.

По данным рентгеноструктурного анализа на поверхности модифицированных образцов обнаружены оксиды железа (Fe24O32, Fe12O18) и соединения кислорода, азота и углерода с легирующими элементами (Cr12O18, Cr4N4, V4C4, W1C1), что подтвердило диффузию насыщающих компонентов в стальную матрицу.

В результате трибологических испытаний определено, что коэффициент трения образцов после ПЭНЦ с закалкой без отпуска снизился в 1,5 раза (0,328), а после ПЭНЦ с закалкой и трёхкратном отпуском в 2 раза (0,229) по сравнению с необработанным материалом (0,494). Интенсивность изнашивания модифицированной поверхности коррелирует с коэффициентом трения и снижается вдвое после ПЭНЦ с закалкой и отпуском. Повышение износостойкости связано с образованием модифицированной структуры в поверхностном слое материала, что также подтверждается результатами металлографического анализа поперечных сечений образцов. В модифицированном слое наблюдаются зоны повышенной твердости.

Таким образом, плазменно-электролитная нитроцементация быстрорежущей инструментальной стали Р6М5 эффективна, обеспечивает насыщение поверхности азотом, препятствует обезуглероживанию при нагреве до закалочной температуры и повышает антифрикционные свойства материала. Возможность изменения полярности объекта обработки в процессе модифицирования объекта обработки позволяет провести насыщение при 550 ℃ с последующей закалкой от 1230 ℃ за один технологический цикл (без прерывания процесса и повторного нагрева).