

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD)
6D072300- Техническая физика

РАХАДИЛОВ БАУЫРЖАН КОРАБАЕВИЧ

Электролитно-плазменное азотирование поверхностных слоев быстрорежущих сталей

Актуальность работы. Как известно, одной из важнейших проблем современного машиностроения является обеспечение максимальной износостойкости металлообрабатывающего инструмента. Долговечность инструмента зависит в значительной степени от свойств поверхности. В последнее время за счет применения защитных покрытий и поверхностного упрочнения, все больше применяются и производятся быстрорежущие стали, что позволило сократить расходы на дорогостоящие твердые сплавы. Для повышения износостойкости инструмента из быстрорежущих сталей широко применяются процессы химико-термической обработки, в частности азотирования. Наиболее перспективным, ресурсосберегающим методом является азотирование в электролитной плазме, которое позволяет интенсифицировать процесс насыщения. В связи с этим, совершенствование традиционных и разработка новых способов электролитно-плазменного азотирования, направленных на повышение износостойкости быстрорежущих сталей и изучение структурно-фазовых состояний, ответственных за трибологические характеристики азотированных слоев, представляется актуальным.

Объектом исследования является технология электролитно-плазменного азотирования и инструментальные быстрорежущие стали Р6М5, Р9 и Р18, подвергнутые стандартной для этих сталей термообработке.

Целью работы является разработка ресурсосберегающего способа электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей и исследование влияния электролитно-плазменного азотирования на структурно-фазовые состояния и трибологические свойства поверхностных слоев быстрорежущих сталей.

Для достижения поставленной в диссертации цели решались следующие **задачи**:

- изучить особенности образования низкотемпературной плазмы и формирования модифицированных слоев в быстрорежущих сталях при электролитно-плазменном азотировании в электролите на основе карбамида;
- разработать способ катодного электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей в электролите на основе карбамида, который обеспечит повышение трибологических характеристик поверхностного слоя быстрорежущих сталей;

- экспериментально установить зависимости между параметрами азотирования и структурно-фазовым состоянием азотированного слоя быстрорежущих сталей;

- исследовать влияние электролитно-плазменного азотирования на микротвердость, красностойкость и износостойкость поверхности быстрорежущих сталей Р6М5, Р9 и Р18;

- установить закономерности, связывающие особенности строения и фазового состава азотированного слоя с трибологическими свойствами азотированных быстрорежущих сталей;

- разработать технологический процесс упрочнения режущего инструмента из быстрорежущих сталей электролитно-плазменным азотированием в электролите на основе карбамида.

Методы исследования. В работе для изучения структурно-фазовых состояний азотированного слоя применялись следующие классические методы экспериментального исследования: металлографический анализ, электронная растровая и просвечивающая микроскопия, рентгеноструктурный анализ. Трибологические и механические характеристики азотированного слоя определялись путем измерения микротвердости и красностойкости, испытания на износостойкость по схемам «шар на диске», «штифт-диск», и методом скретч тестирования, а также испытаниями на абразивное изнашивание.

Научная новизна работы: впервые получены систематизированные экспериментальные данные о влиянии электролитно-плазменного азотирования на структуру, фазовый состав и трибологические свойства поверхностного слоя быстрорежущих видов стали. Для повышения износостойкости быстрорежущих сталей разработан новый способ азотирования, включающий в себя насыщение поверхности азотом электролитно-плазменным воздействием в электролите из водного раствора, содержащего 20% карбамида и 10% карбоната натрия, в катодном режиме двухступенчатым электролитно-плазменным нагревом. Установлено, что после электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей при температуре 550°C формируется модифицированный поверхностный слой, состоящий из азотированной α' -фазы с фрагментированной субструктурой, избыточных частиц γ' -фазы и мелкодисперсного нитрида хрома, который является износостойким и твердым.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Ресурсосберегающий способ катодного электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей, который заключается в интенсивном насыщении поверхности азотом в электролите на основе карбамида воздействием низкотемпературной плазмы. При этом низкотемпературная плазма интенсифицирует процесс диффузионного насыщения. Получение низкотемпературной плазмы при напряжениях 180-200 В, обеспечивает снижение энергоемкости процесса. Применение электролита на основе карбамида делает процесс модифицирования экологически безопасным. В целом, разработанный способ позволяет получить модифицированный поверхностный слой с высокими трибологическими характеристиками.

2. Установленные закономерности изменения структурно-фазовых состояний модифицированного поверхностного слоя быстрорежущей стали в зависимости от температуры азотирования. После электролитно-плазменного азотирования при температуре 450°С образуется модифицированный слой, состоящий из α' -фазы ($\text{Fe}_{\alpha(\text{N})}$) и карбидов, при повышении температуры азотирования от 450°С до 500°С в модифицированном слое образуются частицы γ' -фазы (Fe_4N), а при температуре азотирования 550°С образуются мелкодисперсные частицы нитрида хрома (CrN).

3. Установленные основные механизмы, обеспечивающие высокую износостойкость поверхностного слоя быстрорежущих сталей, азотированных электролитно-плазменным методом.

Научно-практическая значимость исследования. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований дают новые, более глубокие представления о процессе формирования модифицированного поверхностного слоя в легированных сталях при электролитно-плазменном азотировании, его структуре, составе и свойствах. Кроме того, закономерности формирования модифицированных слоев в быстрорежущих сталях при электролитно-плазменном азотировании, выявленные в настоящей работе, могут быть использованы исследователями при выборе режимов электролитно-плазменной обработки легированных сталей, а также при анализе структурных превращений быстрорежущих сталей.

Данная работа имеет важное практическое значение, так как разработанный способ электролитно-плазменного азотирования позволяет получить модифицированный поверхностный слой на быстрорежущих сталях с высокими физико-механическими свойствами. Внедрение разработанного способа, увеличивающего долговечность (ресурс) инструмента, в машиностроительное производство дает технико-экономический и экологический эффект за счет применения простого оборудования, не дорогого и экологически чистого электролита на основе карбамида, сокращения длительности процесса насыщения, повышения производительности труда и уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду.

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 21 публикации, в том числе в 4-х научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, в 3-х зарубежных научных изданиях, входящих в базу данных Scopus, 10-ти в материалах Международных конференций, в том числе 6-ти в материалах зарубежных конференций. А также по результатам диссертации получены 3 инновационных патента на изобретения и 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка использованных источников. Она изложена на 144 страницах, содержит 72 рисунка, 14 таблиц и список использованных источников из 202 наименования.