

## ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

**Введение.** Повышение твердости и износостойкости инструментов является важной задачей машиностроения, так как позволяет повысить его работоспособность и, следовательно, снизить его себестоимость.

Азотирование — это технологический процесс химико-термической обработки металла, в результате которого в поверхностном слое образуются нитриды. Применение ионно-плазменного азотирования для обработки стали в плазме тлеющего разряда, горящего в среде аммиака, вследствие пульсирующего тока разряда и газотермических циклов насыщение поверхностных слоев способствует уменьшению времени азотирования в 1,5...2 раза, снижает энергозатраты, сокращает использование газов, обладает меньшей деформацией изделий и увеличивает эксплуатационные характеристики стали [1].

**Основная часть.** Ионно-плазменная обработка основана на взаимодействии ионов и других энергетических частиц, полученных в низкотемпературной плазме, с поверхностью стали. Ионно-плазменную обработку применяют для повышения износостойкости режущих инструментов, а также ответственных деталей машин, работающих при высоких температурах. Преобладающий вид изнашивания режущего инструмента связан главным образом с высокой температурой рабочей поверхности в местах контакта со стружкой. Тонкий защитный слой, наносимый на поверхность режущей пластины из быстрорежущей стали, обладает низкой теплопроводностью, снижает трение в местах контакта «инструмент—стружка» и повышает стойкость инструмента.

В процессе химико-термической обработки для управления структурой и механическими свойствами получаемого поверхностного слоя обрабатываемых деталей поддерживаются и контролируются следующие основные параметры процесса обработки: 1) состав газовой среды; 2) температура обработки; 3) длительность процесса обработки; 4) рабочее давление газов в реакторе; 5) основные параметры разряда, создающего плазму; 6) степень диссоциации и ионизации рабочих газов; 7) энергия ионов и плотность ионного тока на поверхности детали. Большинство из перечисленных выше факторов взаимосвязаны [2].

При плазменном азотировании деталь взаимодействует с плазмой разряда, основным компонентом которой является азот в чистом виде или с добавлением водорода. Наличие кислорода в реакторе во время азотирования существенно влияет на химический состав и структуру образующихся поверхностных слоёв, так как кислород увеличивает толщину слоя окисла на поверхности и снижает эффективность азотирования. Распространение азота в поверхность детали происходит под действием термически активной диффузии — это самая медленная стадия ионно-плазменного азотирования и, как правило, определяется температурой детали во время обработки. Таким образом, появление современных установок для ионно-плазменного азотирования, использующих в качестве рабочей среды регулируемые по составу смеси азота, водорода и аргона, а также плазму «пульсирующего» тока, позволяет более эффективно производить ионно-плазменное азотирование.

В качестве объекта для исследования влияния ионно-плазменного азотирования выбрана быстрорежущая сталь Р6М5, потому что эта сталь является основным материалом для изготовления режущих лезвийных инструментов для обработки углеродистых и легированных конструктивных сталей и имеет твердость до HRC65 и теплостойкостью до 620°C. Ионно-плазменное азотирование производилось на установке, расположенной в БарГУ. В качестве образцов использовались цилиндры из стали Р6М5, которые размещались на катоде камеры. Тлеющий разряд формируется между катодом — цилиндрическими образцами — и анодом, которым является сама камера. После загрузки образцов закрывается дверь камеры, производится откачка воздуха вакуумным насосом до давления 20 Па, затем производится включение разряда. Температура образцов регистрируется с помощью термопары, а скорость их нагрева определяется мощностью разряда, давлением и расходом рабочих газов. Управление нагревом и непосредственно насыщением на стадии выдержки осуществляется по заданной программе с помощью панели оператора. Контроль необходимых для проведения азотирования параметров и состояния энергоносителей проводится с помощью специализированного контролера. Стенки рабочей камеры охлаждаются водой с помощью водяного насоса, их температура не должна превышать 45°C. Система подачи и регулирования расхода рабочих газов обеспечивает необходимый расход и состав газовой смеси в процессе азотирования. После проведения процесса азотирования автоматически отключается разряд, прекращается подача газов в камеру. Разгерметизация камеры и ее открытие производится после остывания образцов до температуры 200°C.

Важным критерием износостойкости азотированных сталей является высокая твердость поверхностного слоя, которая повышает износостойкость инструмента, поэтому изучаем изменения микротвердости поверхностного слоя стали Р6М5.

В качестве оборудования для измерения микротвердости использовался микротвердомер ПМТ-3М. Обработка результатов измерения автоматическая с использованием фотоэлектрического окулярного микрометра ФОМ-2-16 и ЭВУ.

В целях оптимизации режимов формирования азотированного слоя при обработке образцов из стали Р6М5 варьировали концентрацию азота в газовой смеси с аргоном и водородом — 5...50%. При этом состав водорода оставляли неизменным, поскольку водород увеличивает глубину проникновения азота и поверхностную твердость, удаляя поверхностный слой оксида [3].

При проведении эксперимента все образцы выдерживались в два этапа: прогрев в смеси 50%  $H_2$  + 50%  $Az$  (15 мин) и насыщение газовой смесью (45 мин). Время нагрева до рабочей температуры составляло 7 ч. После процесса азотирования образцы оставляли остывать в камере до температуры 50°C. Измерение микротвердости поверхности азотированных образцов производили на микротвердомере ПМТ-3М — минимум пять замеров каждого образца.

На основе полученных значений построим график изменения микротвердости азотированных образцов в зависимости от состава газовой среды (рисунок 1).

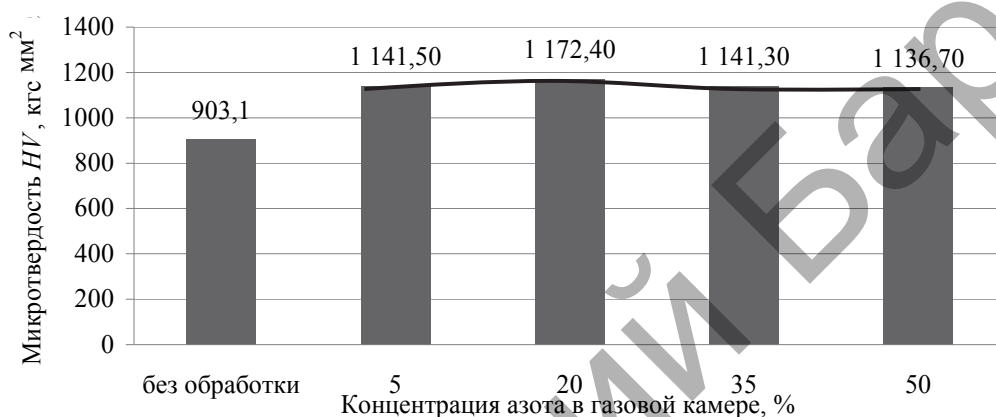


Рисунок 1 — Зависимость микротвердости от концентрации азота в газовой смеси

Наиболее оптимальной средой для ионно-плазменного азотирования стали Р6М5 получилось следующее соотношение газовой среды в рабочей камере: 20%  $N_2$  + 25%  $H_2$  + 55%  $Ar$ . Микротвердость образцов при различных режимах отличается незначительно.

Следующим этапом проведения исследований являлось изучение влияния температуры процесса на микротвердость поверхности. При анализе ранее проведенных опытов было решено варьировать температуру процесса от 450 до 550°C. Остальные параметры азотирования были аналогичны параметрам предыдущего исследования. Газовая смесь в камере: 35%  $N_2$  + 25%  $H_2$  + 40%  $Ar$ .

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что путем азотирования образцов из стали Р6М5 при концентрации  $N_2$  в газовой камере 20% можно повысить микротвердость поверхности в 1,3 раза. Микротвердость при различной концентрации  $N_2$  отличается незначительно. Ионно-плазменное азотирование образцов из стали Р6М5 при температуре 500°C позволяет увеличить микротвердость поверхностного слоя в 1,26 раза.

#### Список цитируемых источников

1. Арзамасов, Б. Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах / Б. Н. Арзамасов. — М. : Машиностроение, 1979. — 224 с.
2. Лахтин, Ю. М. Теория и технология азотирования / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган, Г. И. Шпис. — М. : Metallurgy, 1991. — 320 с.
3. Приходько, В. М. Металлофизические основы разработки упрочняющих технологий / В. М. Приходько, Л. Г. Петрова, Ю. В. Чудина. — М. : Машиностроение, 2003. — 384 с.