

Заключение. Применение инструмента ВТА с пластинами стружкоделителем и стружколомным порожком (подача 0,1 мм / об), режущей пластиной без стружкоделителя (подача 0,03 мм / об) позволяет с высокой эффективностью решать задачи обработки глубоких отверстий в материалах, применяемых в машиностроении.

Список цитируемых источников

1. Терехов, В. М. Исследование состояния поверхностного слоя глубоких отверстий в деталях ответственных теплообменных аппаратов / В. М. Терехов // Технология машиностроения. — 2001. — № 3. — С. 41—45.
2. Могутов, И. В. Особенности обработки глубоких отверстий / И. В. Могутов, Д. Н. Клауч, Е. Г. Ягуткин // Технология машиностроения. — 2013. — № 7. — С. 16—18.
3. Рагрин, Н. А. Научные основы повышения качества поверхности обработанной быстрорежущими спиральными сверлами / Н. А. Рагрин, А. А. Айнабекова, У. М. Дыйканбаева // Технология машиностроения. — 2017. — № 5. — С. 13—16.

УДК 621.785.5

Н. Н. Черкасов¹, С. А. Саханько¹,
Д. Канашка², кандидат технических наук, доцент,
М. В. Нерода³, кандидат технических наук, доцент

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

²Латвийский сельскохозяйственный университет, Елгава, Латвия,

³Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Брест

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЫШКА» МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКИХ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Введение. Важным фактором упрочняющей обработки методом ионно-плазменного азотирования (далее — ИПА), например, штамповой или литейной оснастки, является обеспечение высоких требований к шероховатости поверхности и твердости. Как известно из [1], ИПА изменяет качество поверхности — у деталей, имеющих поверхности с низкими значениями шероховатости происходит ухудшение качества, а у деталей с высокими значениями шероховатости поверхностей — наоборот, улучшение их качества. Причиной этого является температурное воздействие на поверхности изделия, которое может произойти как при разогреве садки в разряде, когда осуществляется процесс ионного бомбардирования поверхности, так и на стадии выдержки, в зависимости от режима обработки. Таким образом, уже на стадии разогрева происходит изменение шероховатости поверхности.

Различные условия эксплуатации требуют создания регулируемых технологий азотирования с получением диффузионных слоев различного фазового состава и структуры, что определяет работоспособность изделий в режиме износа, коррозии, знакопеременных нагрузок, сопротивления ползучести при повышенных температурах. В этой связи большое значение приобретает исследование режимов обработки, которые позволяют получить заданную структуру и фазовый состав азотированного слоя, обеспечивающие оптимальные характеристики изделий.

Целью настоящей работы является исследование процесса ИПА детали «Крышка» в зависимости от параметра процесса — химической активности тлеющего разряда.

Основная часть. Процесс ИПА состоит из нескольких последующих этапов, характеризующихся определенными технологическими и физическими особенностями. После вакуумирования рабочей камеры до некоторого остаточного давления на детали-катод подается напряжение (пульсирующее или постоянное), затем постепенно идет увеличение подаваемой мощности — это так называемый процесс очистки деталей ионной бомбардировкой. Для того чтобы этот процесс протекал эффективно, разрядное напряжение должно быть на уровне 600 вольт и более. В течение данного цикла (шага или сегмента процесса) происходит зарождение микродуг, которые очищают поверхности от остатков моющего средства, окислов и других загрязнений. Для эффективного управления процессом ИПА на промышленном оборудовании необходимо знать характер взаимосвязи мощности разряда и давления газа в рабочей камере в зависимости от степени ее загрузки. Рассчитав значение комплекса $S_{\alpha-Fe}^{лег*} \sqrt{D_{\alpha-Fe}^{лег}}$, где $S_{\alpha-Fe}$ — растворимость азота в легированном альфа-твердом растворе железа, $\sqrt{D_{\alpha-Fe}^{лег}}$ — коэффициент диффузии азота в легированном альфа-твердом растворе железа, можно определить состав насыщающей среды (процент азота) при разогреве и на первых шагах выдержки, чтобы не сформировался преждевременно «белый» нитридный слой, который затормозит диффузию азота в металл, т. е. плотность потока азота Π_{N_2} (л / ч · м²), обеспечиваемая разрядом.

Таким образом, рассчитанное значение растворимости азота и коэффициента диффузии позволяют выбрать время и величину плотности потока азота таким образом, чтобы ни при разогреве садки, ни в начальной стадии выдержки не образовывался нитридный слой.

Для стандартных параметров процесса азотирования на промышленном оборудовании величина плотности тока составляет обычно $2,5 \dots 12 \text{ A/m}^2$, а доля азота в смеси находится на уровне $25 \dots 75 \%$. Следовательно, плотность потока азота при данных величинах находится в пределах от $0,54 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$ до $7,78 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$. При ионном азотировании в начальной стадии обработки происходит активное поглощение азота поверхностью детали, на газовой среде не успевает концентрироваться достаточное количество активных атомов азота, которые проникают вглубь металла. В процессе последующей обработки снижается скорость диффузии атомов в металл вследствие снижения градиента концентрации атомов азота, поэтому концентрация активного азота в газовой фазе возрастает [2]. Поэтому для обеспечения требуемого качества поверхности по мере насыщения садки снижают долю азота относительно первоначального значения.

Для получения нужной глубины азотированного слоя необходимо правильно выбрать время обработки. При температуре обработки $540 \dots 545 \text{ }^\circ\text{C}$ за время $15 \dots 16 \text{ ч}$ на детали формируется азотированный слой глубиной более $0,25 \text{ мм}$, что соответствует требованиям конструкторской документации по глубине слоя для большинства изделий. Следует отметить, что повышенные эксплуатационные свойства детали обеспечиваются при наличии азотированного слоя с плавным распределением твердости от поверхности к сердцевине, что обеспечивается при температурах садки на уровне $540 \dots 560 \text{ }^\circ\text{C}$ [3].

Экспериментальные исследования проводили на деталях с шероховатостью поверхности $Ra = 0,26 \dots 0,32 \text{ мкм}$. Процесс азотирования проводился при температуре $540 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 14 ч , при этом обеспечивались такие показатели процесса, чтобы напряжение разряда не превышало 350 В . Изменение режима обработки проводилось по трем различным алгоритмам: стандартный режим, максимальное напряжение — до 650 В , максимальный ток разряда — до 20 А ; режим пониженного напряжения, максимальное напряжение — не выше 450 В , ток — не более 15 А ; режим низкого напряжения, максимальное напряжение — не выше 350 В , ток — не выше 10 А .

После выполнения упрочняющей обработки проводили измерения шероховатости поверхности участков образцов на приборе модели *Surtronic 25*.

На основании результатов расчетов плотности потока для детали «Крышка» был выбран следующий режим обработки (при значении температуры $545 \text{ }^\circ\text{C}$): шаг 1: плотность потока азота $\Pi = 3,32 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — $0,5 \text{ ч}$; шаг 2: плотность потока азота $\Pi = 2,07 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — $5,5 \text{ ч}$; шаг 3: плотность потока азота $\Pi = 1,48 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — 5 ч ; шаг 4: плотность потока азота $\Pi = 1,88 \text{ л/ч} \cdot \text{м}^2$, длительность — 5 ч .

Плотность тока определялась как частное значений тока разряда на площадь садки на последнем шаге разогрева либо первом шаге выдержки. Для более точного определения плотности тока на последнем шаге выдержки рекомендуется уменьшить интенсивность разогрева садки до значения $0,1 \dots 0,2$ градуса в минуту. Площадь садки определяется как сумма площадей загруженных деталей и площади оснастки (если таковая используется). Значения твердости азотированного слоя изменяются от поверхности к сердцевине.

Обработка при более низкой температуре ($490 \text{ }^\circ\text{C}$) формирует азотированный слой с более резким изменением значений твердости (рисунок 1).

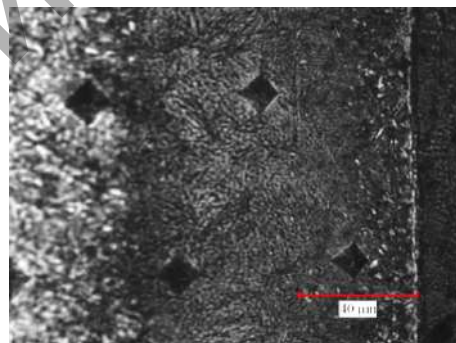


Рисунок 1 — Азотированный слой

Средние значения величины параметра J/p^2 на стадии разогрева в смеси аргона с небольшими добавками азота и водорода (доля аргона — 90%) в режиме ограничения напряжения на электродах составили $(4,5 \dots 9) \cdot 10^{-4} \text{ A/m}^2 \text{ Па}^2$, что соответствует значению катодного падения потенциала для аргона $200 \dots 250 \text{ В}$ при давлении в камере $130 \dots 200 \text{ Па}$. Расчеты показали, что ионы аргона при таких параметрах процесса приобретают энергию в катодном слое на уровне $15,8 \dots 21 \text{ эВ}$. Качество поверхности при данных режимах обработки должно соответствовать техническим требованиям.

Следует отметить, что обработка образцов в режимах пониженного и низкого напряжения при ограничении максимальных значений тока и напряжения привела к увеличению длительности разогрева садки до рабочей температуры более чем в два раза по сравнению с базовым режимом.

Заключение. При обработке образцов в режимах пониженного и низкого напряжения в силу ограничения максимальных значений тока и напряжения происходит увеличение длительности разогрева садки до рабочей температуры более чем в два раза по сравнению с базовым режимом.

При обработке методом ИПА в режиме пониженного напряжения шероховатость поверхности увеличилась в $1,6$ раза, при режиме низкого напряжения — в $1,2$ раза. При использовании стандартного режима обработки шероховатость увеличивается до двух раз.

Список цитируемых источников

1. Берлин, Е. В. Плазменная химико-термическая обработка поверхности стальных деталей / Е. В. Берлин, Н. Н. Коваль, Л. А. Сейдман. — М. : Техносфера, 2012. — 464 с.
2. Bosyakov, M. N. Nitrogen transfer during ion nitriding / M. N. Bosyakov, A. A. Kozlov, I. L. Pobol // Surface Engineering. — 2015. — № 3. — P. 3—10.
3. Азотирование и карбонитрирование / Р. Чаттерджи-Фишер [и др.] ; пер. с нем. ; под ред. А. В. Супова. — М. : Металлургия, 1990. — 280 с.