

П. А. ТОПОЛЯНСКИЙ, канд. техн. наук, А. П. ТОПОЛЯНСКИЙ, Н. А. СОСНИН, д-р техн. наук, С. А. ЕРМАКОВ, канд. техн. наук (Санкт-Петербургский ГПУ), e-mail: topoljansky@mail.ru

Формирование нанопокрyтия на деталях трубопроводной арматуры путем финишного плазменного упрочнения

Установлено влияние шага параллельных полос на параметры упрочняющего нанопокрyтия на примере финишного плазменного упрочнения деталей трубопроводной арматуры.

Ключевые слова: плазменная технология, нанопокрyтие, толщина покрyтия.

An influence of the step of parallel strips on the parameters of reinforcing nano-coating has been ascertained by the example of the finish plasma hardening of parts of pipeline valves.

Keywords: plasma technology, nano-coating, the coating thickness.

Одним из самых распространенных видов технологического оборудования, применяемого практически во всех отраслях промышленности, является запорно-регулирующая арматура. Поэтому повышение ее надежности и конкурентоспособности является актуальной задачей.

Новым направлением повышения качества и долговечности деталей трубопроводной арматуры является применение современных нанотехнологий, обеспечивающих нанесение упрочняющих нанопокрyтий. ОАО "Благовещенский арматурный завод" выпускает запорные задвижки DN 300, изготавливаемые из сталей 14X17H2 и 20X13 с вакуумным ионно-плазменным нанопокрyтием из нитрида титана [1]. Новая технология финишного плазменного упрочнения (ФПУ) [2] обеспечивает нанесение износостойкого нанопокрyтия на основе Si—O—C—N с использованием малогабаритной и мобильной аппаратуры на базе специальных электродуговых плазмотронов. Технология ФПУ не требует разрядки, может проводиться как в автоматическом, так и в ручном режимах, отличается минимальным расходом жидких средств упрочнения ($\approx 0,5$ л в год) и низким

энергопотреблением (до 5 кВА). На рис. 1 (см. обложку) показано нанесение покрyтия методом ФПУ на клин шиберной задвижки. Уплотняющие поверхности запорно-регулирующей арматуры деталей типа седло, диск, кольцо имеют типичную форму рабочих поверхностей шириной 5÷50 мм.

Толщина износостойких нанопокрyтий, наносимых методом ФПУ, при скоростях перемещения плазменной струи 10÷100 мм/с составляет соответственно от 30 до 3 нм. Толщина покрyтия, наносимого за один проход плазмотрона, в поперечном сечении распределяется неравномерно. На рис. 2 (см. обложку) показаны распределения толщин покрyтий в поперечном сечении при скорости перемещения плазменной струи 10 мм/с и $b = 0$ для разного числа N полных проходов плазмотрона. Расчетную ширину полосы наносимого покрyтия можно принять равной 8 мм. При этом на границах толщина покрyтия будет не менее 72 % от максимальной толщины.

При нанесении полосы шириной от 10 мм и более решается задача оптимизации процесса с учетом перекрытия наносимых параллельно полос с определенным шагом. Определим влияние

шага параллельных полос на параметры упрочняющего нанопокрyтия при ФПУ. Производительность P ФПУ при нанесении нанопокрyтия толщиной F прямо пропорциональна расчетной площади S_p и обратно пропорциональна времени t нанесения:

$$P = S_p/t. \quad (1)$$

С другой стороны производительность можно выразить через коэффициент K_{Π} производительности, определяемый по опытными данными, и толщину F покрyтия:

$$P = K_{\Pi}/F. \quad (2)$$

На некоторой условной длине L обрабатываемой поверхности расчетная площадь находится по формуле

$$S_p = L(8 + b), \quad (3)$$

где b — шаг наносимых параллельных полос.

С уменьшением шага b при постоянных длине L и времени t нанесения покрyтия уменьшаются площадь S_p и производительность P .

Рассмотрим, как меняется при этом толщина покрyтия по оси симметрии полос. При постоянной длине L полос и неизменной скорости движения плазмотрона (например $v = 10$ мм/с) за 10 полных проходов будет формироваться одиночная полоса покрyтия по оси толщиной 0,277 мкм (см. рис. 2). При наложении параллельных полос с шагом $b \neq 0$ (рис. 3, F_1 и F_2 , см. обложку) получим в результате суммарное распределение $F_{1,2}$.

Различные варианты распределений толщин покрyтий при разных значениях b показаны на рис. 3—6 (рис. 3—5, см. на обложке). При нанесении полос с шагом 8 мм (см. рис. 5) происходит суммирование семи ($7F$), пяти ($5F$), четырех ($4F$) и трех ($3F$) полос, получаем толщину покрyтия

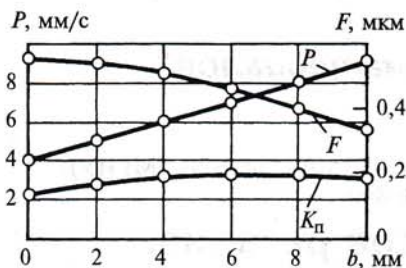


Рис. 6. Зависимости изменений производительности P , коэффициента $K_{п}$ производительности и толщины F покрытия от шага b

$F = 0,430 - 0,003$ мкм, а для двух параллельных полос с шагом 8 мм толщина покрытия составляет 0,4 мкм, т. е. всего на 7 % меньше. В таблице приведены значения параметров нанопокрытий при разных b , рассчитанные по формулам (1)–(3). Максимальный коэффициент $K_{п}$ производительно-

ности получаем при $b = 6,5$ мм, он превышает $K_{п}$ для шага 8 мм всего на 1 %.

При одинаковом времени нанесения покрытия с увеличением шага от 0 до 8 мм толщина покрытия уменьшается с 0,554 мкм до 0,4 мкм, а производительность P возрастает в 2 раза (см. рис. 6 и таблицу).

При постоянной толщине F покрытия увеличение шага от 0 до 8 мм приводит к росту площади S_p и к увеличению, но в меньшей степени, времени t нанесения покрытия, так как возрастает $K_{п}$: $t = S_p F / K_{п}$, в результате производительность увеличивается примерно в 1,5 раза.

Оптимальным можно считать шаг $b = 8$ мм, так как в этом случае достигается достаточно высокая производительность при вы-

сокой равномерности толщины покрытия на всей обрабатываемой поверхности. Увеличение шага свыше 10 мм ведет к появлению провалов по границам полос.

Таким образом, при ФПУ с увеличением шага нанесения параллельных полос упрочняющего нанопокрытия от 0 до 8 мм и сохранении времени нанесения имеет место уменьшение толщины покрытия на 28 %, но повышается производительность в 2 раза. При сохранении толщины покрытия производительность повышается в 1,5 раза. При большем шаге снижается термическое воздействие на упрочняемое изделие, что уменьшает опасность перегрева. Оптимальным можно считать шаг $b = 8$ мм. При $b > 10$ мм существенно возрастает неравномерность толщины покрытия.

Значения параметров износостойкого нанопокрытия в зависимости от шага b параллельных полос ($L = \text{const}$, $t = \text{const}$)

Параметр	b , мм					
	0	2	4	6	8	10
S_p/L , мм	8	10	12	14	16	18
F , мкм	0,5540	0,5425	0,5104	0,4616	0,4000	0,3320
P , мм ² /с	4	5	6	7	8	9
$K_{п}$, км · мм ² /с	2,216	2,7125	3,0624	3,2312	3,200	2,988

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Тополянский П. А. Использование нанотехнологий при изготовлении деталей трубопроводной арматуры // Арматуростроение. 2010. № 2(65). С. 70–75.
2. Соснин Н. А., Ермаков С. А., Тополянский П. А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2008. 406 с.



АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА: справочник

И. Х. Стратиевский, В. Г. Юрьев, Ю. М. Зубарев

2010 г. 352 с.: ил.

ISBN 978-5-94275-522-5

Цена 700 р.

Содержит данные об основных видах современных абразивных инструментов, выборе их характеристик и подготовке к эксплуатации. Для наиболее распространенных способов абразивной обработки приведены рекомендации по режимным параметрам, применяемому оборудованию и технологической оснастке, смазывающим технологическим средствам, оценке эксплуатационных свойств инструментов. Учтены изменения в стандартах, произошедшие в последние годы.

Предназначен для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, конструкторов и технологов, студентов и преподавателей высшего и среднего профессионального образования.

107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; факс: (499) 269-48-97; e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98
и на сайте WWW.MASHIN.RU