

УДК 621.774.8

С. Н. Князев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Ю. О. Михайлов, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

В. В. Тарасов, доктор технических наук, профессор, Институт механики УрО РАН, Ижевск

## НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЕ PVD-ПОКРЫТИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ШТАМПОВОЙ ОПРАВКИ

В данной статье рассматривается влияние наноструктурированного PVD-покрытия, нанесенного на штамповую оправку, на изменение ее трибологических характеристик. В качестве конкретного примера был выбран технологический процесс изготовления деталей типа «корпус» с внутренними спиральными рифлениями, который включает редуцирование трубной заготовки за две последовательные операции. Каждую операцию осуществляют путем совместного продавливания через калибровочную матрицу трубной заготовки и оправки со спиральными выступами на боковой поверхности, прикладывая при этом усилие на торец заготовки. В этом случае на указанных операциях редуцирования используют оправки со спиральными выступами противоположного направления и калибровочные матрицы разного диаметра [1, 2, 3, 4]. Стойкость внутренней оправки составляет порядка 700 циклов (или 350 деталей), из-за чего периодически возникают простои штамповочного участка.

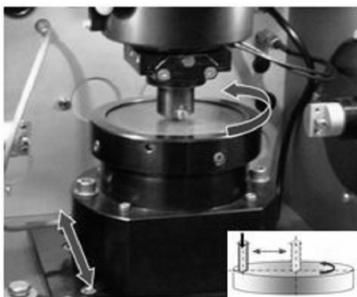
Одним из наиболее прогрессивных методов решения данной проблемы являются инновационные технологии нанесения наноструктурированных покрытий на оснастку (PVD – технологии Physical Vapour Deposition), позволяющих значительно улучшить ее технические характеристики, такие как износостойкость, прочность, ремонтпригодность, производительность.

В рамках тесного научно-технического сотрудничества ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» и ОАО «Воткинский завод» были изготовлены образцы для определения трибологических характеристик. Образцы представляют собой детали типа «палец», имеющие диаметр 8 мм и длину 15 мм, из разных марок стали: X12MФ (4 шт.), P6M5 (4 шт.), 9XC (4 шт.). На каждый из трех образцов разных марок сталей были нанесены наноструктурированные PVD-покрытия Balinit-Allnova (на основе AlCrN).

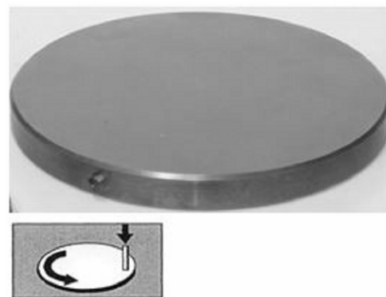
На оставшиеся образцы деталей типа «палец» было нанесено фосфатное покрытие и мыльный раствор. Кроме того, были изготовлены четыре образца типа «диск» из стали 20 ГОСТ 1050-88, имитирующие заготовку, на которые также было нанесено фосфатное покрытие и мыльный раствор. Все образцы были переданы в лабораторию ФГБУН «Институт механики» Уральского отделения РАН для выяснения трибологических характеристик (коэффициент трения, износ) на испытаниях на машине трения SRV-III.

Схема испытаний была выбрана «палец – диск», а вариант реализации способа испытания на относительную износостойкость при постоянных скоростях вращения по закрепленному образцу «кольцо» (см. рисунок).

Результаты испытаний на машине трения SRV-III показали, что образцы типа «палец», на которые нанесены PVD-покрытия, имеют более стабильные характеристики трения.



а

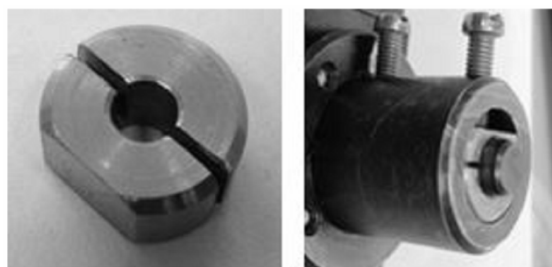


б

Схема испытаний «палец – диск»: а – наладка на машине трения SRV-III; б – нижний образец «диск» (см. также с. 5)



в



г

Схема испытаний «палец – диск» (окончание): в – верхний образец «палец»; г – держатель образца

В результате производства 600 деталей с использованием внутренней оправки с многозаходными спиральными выступами, на которые нанесено наноструктурированное PVD-покрытие, было определено, что износостойкость такой оснастки повышается в 1,5-2 раза, а вероятность ее поломки, соответственно, значительно снижается. Помимо снижения вероятности простоя штамповочного участка также снизилось и усилие выполнения технологического перехода (за счет снижения коэффициента трения между инструментом и заготовкой) на 10 %, что увеличило скорость выполнения операции и снизило процент брака в производстве изделий.

Получено 11.09.2015

#### Библиографические ссылки

1. Пат. РФ № 113189 МПК В21J5/12. Устройство изготовления деталей с внутренними спиральными рифлями / Ю. О. Михайлов, Д. Г. Дресвянников, С. Н. Князев. Оpubл. 10.02.2012.
2. Михайлов Ю. О., Дресвянников Д. Г., Князев С. Н. Способ получения трубчатых заготовок с нарезами // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 1. – С. 81.
3. Князев С. Н., Михайлов Ю. О. Методика расчета технологического усилия редуцирования трубной заготовки с оправкой // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1(25). – С. 45–47.
4. Князев С. Н., Михайлов Ю. О., Дресвянников Д. Г. Математическое и компьютерное моделирование технологического процесса редуцирования трубной заготовки с оправкой // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1(25). – С. 47–49.

УДК 536.24: 519.63

С. С. Макаров, кандидат технических наук, доцент, Институт механики УрО РАН, Ижевск  
 К. Э. Чекмышев, аспирант, Институт механики УрО РАН, Ижевск  
 Е. В. Макарова, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК КВАЗИСТАЦИОНАРНЫМ ПОТОКОМ ВОДЫ С ПУЗЫРЬКАМИ ВОЗДУХА\*

В ранее опубликованных работах [1, 2, 3] приводятся результаты математического моделирования процесса теплообмена при охлаждении высокотемпературной поверхности металла потоком воды. Проведенные исследования начальной стадии теплообмена при спрейерном охлаждении металлических изделий в [4] показали, что у поверхности закаливаемого изделия образующийся пар моментально сносится набегающим потоком жидкости. Теплота, затрачиваемая на парообразование, зависит от скорости потока жидкости и массы охлаждаемого металлического тела и составляет незначительную часть от всей отведенной теплоты в

начальный период охлаждения. При математическом моделировании движения пузырька в потоке жидкости около нагретой поверхности металла [5] установлено, что температура пузырька в потоке воды меняется также незначительно. Это объясняется малым временем его нахождения около нагретого металла – порядка долей секунды. Потоки испаряющегося пара и растворенного газа в пузырек малы, и роста пузырька от начального его размера не происходит. В процессе съема тепла активно участвует слой жидкости малой толщины – порядка долей миллиметра, а температура основной части потока практически не изменяется.