

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ ГАЗОВОЙ ЦЕНТРИФУГИ K4110

©2016 Л.А. Кривина, И.Н. Царёва, Ю.П. Тарасенко

Институт проблем машиностроения РАН - филиал Федерального исследовательского центра
«Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород

UPGRADING SMALL-SIZED TRIBOCOUPPLING ON GAS CENTRIFUGE K4110

Krivina L.A., Tsareva I.N., Tarasenko Y.P. (Institute of problems of mechanical engineering of the Russian Academy of Sciences - branch of Federal public budgetary scientific institution "Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences", Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Has been investigated the influence of technological factors (arch current, partial pressure of nitrogen) on structure, physicomachanical, tribological properties, and also size of wear of an ion-plasma coating of titanium nitride, applied on regular details as a plug of friction couple "shaft - bearing" of the gas centrifuge K4110. Has been revealed regularities of the above-stated sizes at reduction of parameters of an ion-plasma dusting.

Подшипник скольжения, внутри которого вращается вал ротора центрифуги, служит для ограничения резонансных колебаний, возникающих во время его разгона до номинальной скорости. Ротор центрифуги проходит резонансную частоту в режиме квазистатического перехода в течение 5...10 минут. При стабильной работе пары «полуось–подшипник» имеет увеличенный зазор до такого значения, при котором отсутствует механический контакт до и после резонанса. В процессе взаимодействия пары повышается коэффициент трения из-за явления схватывания. В результате увеличивается сила трения, риск непрохода центрифугой резонансной частоты, не выполняется требование выдерживать многократные разгоны. Наблюдается дисбаланс работы пары «вал–подшипник», что может привести к зависанию ротора и невыхода его на заданную частоту вращения.

В качестве антифрикционных покрытий широко применяются нитридные покрытия. Повышение их качества и надёжности является одной из главных задач при разработке и внедрении упрочняющих ионно-плазменных технологий.

Результаты исследований

Износостойкое покрытие TiN наносили методом ионно-плазменного напыления (на установке ВУ-2МБС) на детали типа втулки (размером $\varnothing 4,9 \times \varnothing 3,5 \times 22,5$ мм) из инструментальной стали ХВГ по следующим режимам: напряжение смещения $U_{см} = 140$ В,

ток дуги I_d : 120 А, 140 А, 180 А; парциальное давление азота P_{N_2} в вакуумной камере: 0,04 и 0,06 Па. Напыление покрытия проводили при фиксированных временах обработки: очистка и активация поверхности деталей методом ионной бомбардировки Ti^+ в циклическом режиме – 5 с (обработка) +5 с (пауза) и т.д. до полного окончания процесса; нанесение подслоя $\alpha-Ti$ – 10 мин; нанесение покрытия TiN – 50 мин.

Микроструктуру покрытия TiN исследовали методами оптической металлографии (микроскоп «Неофот 32») и электронной микроскопии (растровый микроскоп VEGA/TESKAN).

Микротвёрдость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 50 г. Испытания износостойкости и коэффициента трения выполняли на лабораторных установках. При исследовании фрикционных свойств материала использовали сферический индентор из сапфира. Величину износа определяли при сухом поперечном контакте вращающегося стального стержня диаметром ~8 мм с нагрузкой $N=3$ Н в течение различного времени.

Методом электронной микроскопии установлено, что при всех режимах напыления получено покрытие TiN со столбчатой микроструктурой зёрен. Установлена тенденция формирования наноструктурированных зёрен TiN с уменьшением давления реакционного газа и тока дуги.

Полученные зависимости изменения микротвёрдости покрытия TiN от тока дуги

при разных парциальных давлениях азота в камере показали, что максимальное значение H^{50}_{μ} покрытия получено при токе дуги $I_d=120$ А и составляет ~ 1820 кгс/мм². С увеличением тока дуги до 160 А наблюдается снижение микротвёрдости покрытия.

Нанесение нитридного покрытия способствует понижению коэффициента трения (рис. 1). Напыление покрытия TiN, по режиму $U_{cm}=140$ В, $P_{N_2}=0,04$ Па, $I_d=120$ А приводит к уменьшению коэффициента трения рабочей поверхности полуоси в $\sim 1,4$ раза.

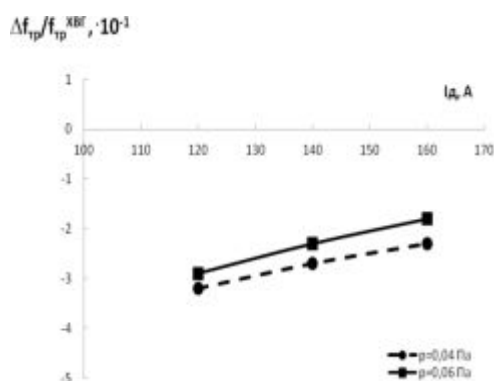


Рис. 1. Изменение коэффициента трения

На рис. 2 приведены зависимости относительного изменения величины износа от тока дуги при разных парциальных давлениях азота в камере (для времени воздействия на полуось в течение 5 минут). Наибольшей

износостойкостью (в ~ 4 раза) обладают покрытия нитрида титана, полученные при токе дуги 120 А.

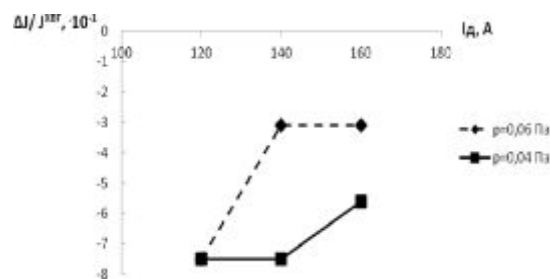


Рис.2. Зависимости относительного изменения величины износа от тока дуги при разных парциальных давлениях азота в камере

Выводы

На основании результатов проведенных исследований разработан оптимальный режим напыления покрытия TiN – $P_{N_2}=0,04$ Па, $I_d=120$ А, $U_{cm}=140$ В, при котором происходит формирование наноструктурированного столбчатого покрытия TiN, обладающего оптимальным сочетанием микротвёрдости, коэффициента трения и износостойкости.

Разработанная технология внедрена для повышения ресурса пары трения «вал-подшипник» в машиностроительной отрасли.

УДК621.1

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЕТАЛИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ ГАЗОВОЙ ЦЕНТРИФУГИ K4110

©2016 Л.А. Кривина, И.Н. Царёва, Ю.П. Тарасенко

Институт проблем машиностроения РАН - филиал Федерального исследовательского центра «Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород

MODIFYING THE SLIDING SURFACE OF THE DETAIL FROM THE HIGH-SPEED FRICTION COUPLE IN THE GAS CENTRIFUGE K4110

Krivina L.A., Tsareva I.N., Tarasenko Y.P. (Institute of problems of mechanical engineering of the Russian Academy of Sciences - branch of Federal public budgetary scientific institution "Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences", Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Has been investigated the structure, physicomechanical and tribological properties of a surface of sliding of the needle which is a responsible detail of high-speed couple of friction of the gas K4001 centrifuge after ion-beam processing. Ionic implantation of C+ leads to modification of material at the expense of what microhardness increases and the coefficient of friction of working part of a detail decreases.