

В.Д. Гончаров, канд. техн. наук,  
В.Н. Некрасов, канд. техн. наук, Барнаул, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ TiC + NiCr

*В статье представлены результаты исследований износостойких покрытий на основе TiC + NiCr. Установлены зависимости весового износа от скорости трения, усилия прижима и длины пути в результате взаимодействия поверхностей трения. Проведены сравнительные стойкостные испытания покрытий.*

*У статті представлені результати досліджень зносостійких покриттів на основі Ti + NiCr. Установлено залежності вагового зношування від швидкості тертя, зусилля притиску й довжини шляху в результаті взаємодії поверхонь тертя. Проведено порівняльні тривалісні випробування покриттів.*

V.D. Goncharov, V.N. Nekrasov

Research of wearproof properties of coverings on the basis of TiC + NiCr

*In article results of researches of wearproof coverings on the basis of TiC + NiCr are presented. Dependences of weight deterioration on speed of friction, effort of a clip and lengths of a way as a result of interaction of surfaces of friction are established. Are lead comparative wear resistant tests of coverings.*

В современном быстроразвивающемся мире создание материалов, отвечающих требованиям конкурентоспособного машиностроения, является одной из важнейших задач. Поэтому в данной работе ставится следующая цель: разработать покрытия из наноструктурированных композиционных материалов и установить их износостойкие свойства.

Задачи исследования:

- установить зависимость весового износа, от скорости трения, усилия прижима и длины пути в результате взаимодействия трущихся поверхностей;
- провести сравнительные стойкостные испытания покрытий.

Испытание проводилось на покрытии из наноструктурированного композиционного материала, полученного методом кумулятивного напыления. Покрытия отличаются друг от друга процентным содержанием компонентов: TiC + NiCr (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание NiCr в образцах

Номер образца	Содержание NiCr
1	20%
2	40%
3	60%

Сплав никель-хром имеет большую твердость и большую износостойкость, но и более высокую стоимость. Разбавление материала покрытия карбидом титана позволит снизить стоимость покрытия и увеличить его конкурентоспособность. Покрытия, впервые, полученные путем кумулятивного напыления имеют особую структуру: упорядоченное размещение частиц карбида титана в никельхромовой матрице. Такая структура позволяет сохранить твердость покрытия близкой к твердости никельхромового сплава с относительно высоким разбавлением карбида титана.

Основное назначение покрытий, увеличение износостойкости рабочих поверхностей седел запорной арматуры, деталей сцепок железнодорожных вагонов, котельных агрегатов, рабочих органов почвообрабатывающих машин, деталей экструдеров, поршневых колец, шеек коленчатых валов, втулок шатунов, кулачков и клапанов газораспределительного механизма и других деталей работающих в сложных условиях трения.

Выбор оборудования осуществлялся согласно точностным и динамическим характеристикам удовлетворяющим всем необходимым условиям проведения эксперимента. В качестве испытательного оборудования использовалась машина трения модели 2168 УМТ. Машина предназначена для испытаний различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н•м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин<sup>-1</sup>. Для определения весового износа использовались аналитические весы АДВ – 200.

Исследования проводились с использованием специально изготовленных образцов представляющих собой пару «вал – втулка». Роль втулки исполняла колодка (рис. 1), роль вала – диск.

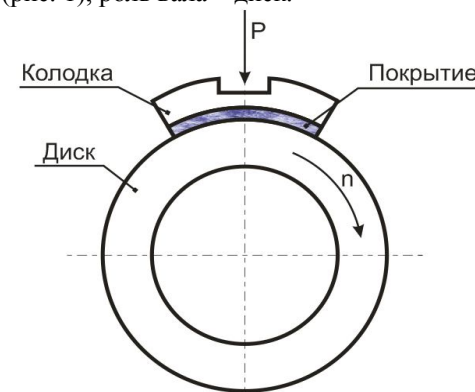


Рисунок 1 – Схема испытания

Покрытие наносилось на колодку изготовленную из стали 40X. На нерабочей поверхности колодка имеет паз для базирования в приспособлении машины трения (рис. 2). Перед нанесением покрытия колодка притиралась по

диску до формирования пятна контакта по всей площади колодки. Для снижения шероховатости поверхностей полученных напылением и достижения внутреннего диаметра равного диаметру диска, выполнялась их предварительная алмазно-абразивная обработка до значения  $Ra = 1,25$  мкм. Диск изготовлен из стали 40Х. Для проведения испытаний колодка устанавливалась в корпус, диск устанавливался на оправку из комплекта машины трения. Перед каждым циклом испытаний выполнялась промывка и просушка образца для удаления пыли и продуктов износа. Рабочие условия проведения эксперимента достигались на машине трения, путем сообщения втулке вращательного движения вокруг собственной оси, а колодке давления на диск соответствующего удельному давлению, согласно программе испытаний.



Рисунок 2 – колодка с покрытием до предварительной обработки  
Испытания проводились в следующей последовательности:

1. Промыть и высушить колодку;
2. Взвесить колодку, занести показания весов в таблицу.
3. Установить и закрепить диск на оправке машины трения;
4. Заправить бумагу в устройство записи машины трения;
5. Задать и зафиксировать установки устройства записи;
6. Установить и закрепить колодку в приспособлении машины трения;
7. Задать на панели управления машины трения требуемые параметры работы;
8. Провести цикл испытаний;
9. Снять колодку;
10. Промыть и высушить колодку;
11. Взвесить колодку, занести показания весов в таблицу результатов;
12. Повторить пункты 6...11 необходимое количество раз, согласно программе испытаний.

Для сравнительной оценки износостойких свойств исследуемых покрытий, такие же испытания были проведены на образцах без покрытия (тело – сталь 40Х, контртело – сталь 40Х).

В качестве изменяемых параметров при испытаниях выступают:

- состав покрытия (процентное содержание NiCr)
- окружная скорость вращения на поверхности диска ( $V$ ), м/с;
- усилие прижима колодки к диску ( $P$ ), Н;
- длина пути пройденного диском относительно поверхности колодки ( $L$ ), м.

Повторяемость три раза.

Для выбора параметров испытаний, опираемся на аналогичные испытания проведенные различными авторами с другими износостойкими покрытиями. [1,2]. Округляем до ближайших значений, которые доступны на машине трения. Путь для каждого образца составляет 1000 м. Параметры испытаний приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Нагрузка создаваемая на колодке

$p$ , МПа	1	2	3	4	5
$P$ , Н	190	380	570	760	950

Таблица 3 – Скорость создаваемая на диске

$V$ , м/с	0,2	0,5	1
$n$ , об/мин	100	250	500

Для оценки свойств покрытия в процессе износа были проведены дополнительные испытания. В таблице 4 приведены контрольные точки длины пути в метрах в которых образец снимался, промывался и взвешивался, для определения зависимости весового износа от пройденного пути.

Таблица 4 – Контрольные точки измерения весового износа

$L$ , м	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200
---------	-----	-----	------	------	------	------	------	------

Частота вращения диска  $n = 500$  об/мин

Нагрузка на колодку  $P = 760$  Н

На рисунке 3 представлены фотографии образцов после испытаний. На поверхностях колодок можно выделить темные и светлые участки. Светлым участкам соответствует покрытие, темным – металл основы.

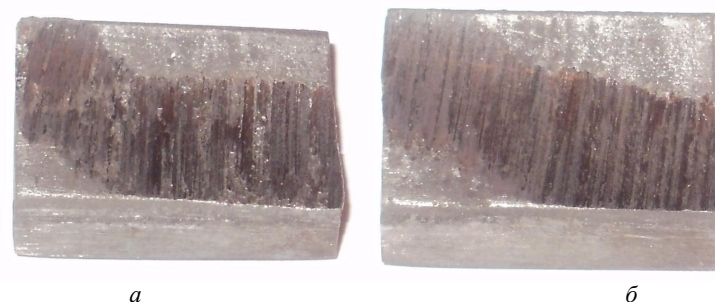


Рисунок 3 – Колодки после испытаний, светлые участки – покрытие, темные участки – металл основы: а) образец 1; б) образец 2.

Результаты испытаний приведены на рисунках 4...7.

**Весовой износ ( $V = 0,2$  м/с)**

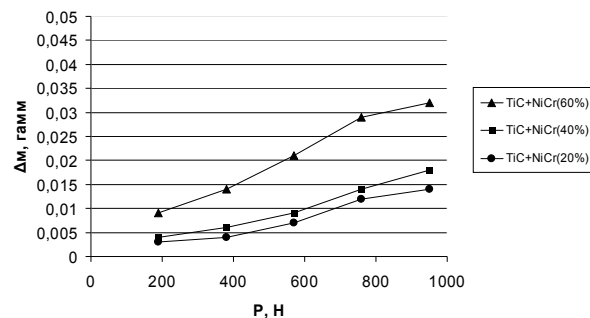


Рисунок 4 – Весовой износ образцов в зависимости от нагрузки при скорости 0,2 м/с.

**Весовой износ ( $V = 0,5$  м/с)**

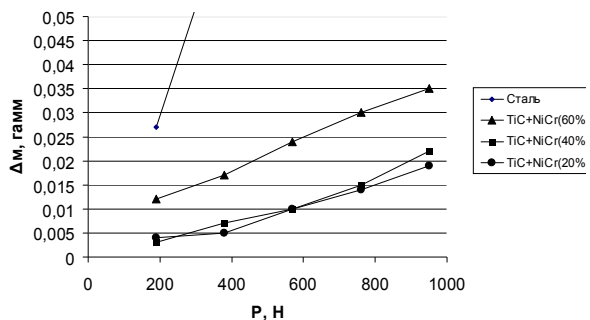


Рисунок 5 – Весовой износ образцов в зависимости от нагрузки при скорости 0,5 м/с.

**Весовой износ ( $V = 1$  м/с)**

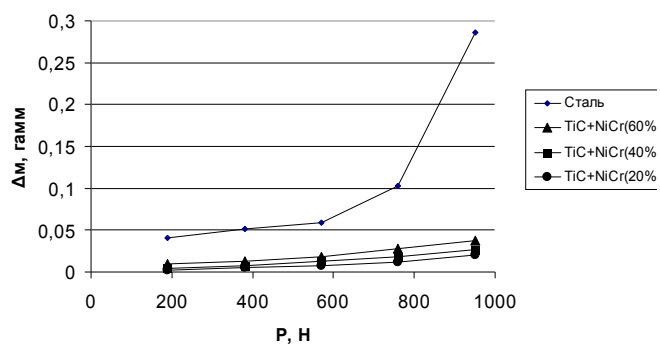


Рисунок 6 – Весовой износ образцов в зависимости от нагрузки при скорости 1 м/с

**Весовой износ ( $P = 760$  Н,  $V = 1$  м/с)**

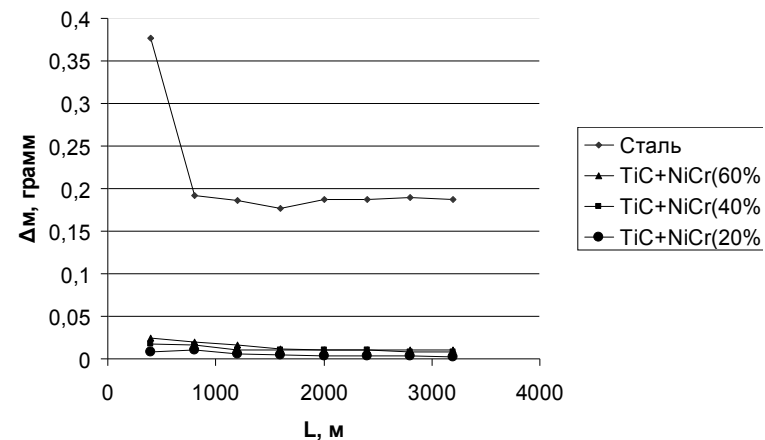


Рисунок 7 – Весовой износ в зависимости от длины пути

Как видно из рисунков 4 – 7, наблюдается значительное увеличение износостойких свойств образцов с покрытием по сравнению с образцами без покрытий. При увеличении нагрузки весовой износ также увеличивается. Что соответствует общей теории износа. На рисунке 7 можно наблюдать более высокий износ до 1500 м с последующей его стабилизацией. Очевидно, здесь происходит вначале окончательная приработка покрытия и далее его равномерный износ.

**Список использованных источников:** 1. Никитин М.Д., Кулик А.Я., Захаров Н.И. Теплозащитные и износостойкие покрытия для деталей дизеля. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1977. 168 с. 2. Дизели. Справочник. Изд. 3-е, перераб. И доп. Под общей редакцией В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова, «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1977. 480 с.

Поступила в редколлегию 12.03.2011

**Bibliography (transliterated):** 1. Nikitin M.D., Kulik A.Ja., Zaharov N.I. Teplozashitnye i iznosostojkie pokrytija dla detalej dizelja. L., «Mashinostroenie» (Leningr. otd-nie), 1977. 168 s. 2. Dizeli. Spravochnik. Izd. 3-e, pererab. I dop. Pod obwey redakciej V.A. Vanshejdta, N.N. Ivanchenko, L.K. Kollerova, «Mashinostroenie» (Leningr. otd-nie), 1977. 480 s.