

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/332

**ВЫБОР СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОЛОЧЕНИЯ ФИЛАМЕНТОВ ИЗ
СПЛАВА 55Ni-10W-9,5Co-8,5Cr, ПРИМЕНЯЕМЫХ В АДДИТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННО-
ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Попелюх А.И., Тюрин А.Г., Руктуев А.А, Корниенко Е.Е., Рашковец М.В.
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск

На основе оценки триботехнических свойств проведен выбор смазочного материала для изготовления металлических филаментов из сплава 55Ni-10W-9,5Co-8,5Cr (проволока, прутки), применяемых для высокопроизводительного аддитивного производства с использованием мультитручковой электронно-лучевой технологии.

Аддитивная технология высокопроизводительного мультитручкового электронно-лучевого производства основана на принципе одновременной подачи в рабочую область электронного луча и исходного материала в виде металлических филаментов (проволока, прутки). Одними из наиболее перспективных материалов в аддитивном производстве являются жаропрочные никелевые сплавы, широко применяемые в производстве ответственных деталей газотурбинных двигателей в самолето- и ракетостроении [1]. Сплав системы 55Ni-10W-9.5Co-8.5Cr, являющийся аналогом Inconel 625, обладает высокой прочностью и усталостной долговечностью при повышенных температурах, высокой стойкостью к горячей коррозии, износостойкостью и хорошей свариваемостью [2-3]. Один из прогрессивных способов получения цилиндрических филаментов малого диаметра из сплава системы 55Ni-10W-9.5Co-8.5Cr заключается в пластической деформации металла при его волочении через твердосплавные фильеры. При данном типе производственного процесса правильный выбор смазочного материала играет ключевую роль.

Испытания по оценке зависимости коэффициента трения от удельной нагрузки на пару трения при смазывании различными проводили на машине трения ИИ5018. Скорость вращения диска составляла 150, 300 и 700 об/мин, что соответствует скорости волочения проволоки 23,5; 47,1; и 109,9 м/ мин. Нагрузка на колодку изменялась в диапазоне от 100 до 700 Н. Время испытания каждой пары при различных условиях составляло 5 минут

Предварительно тип смазочных материалов был выбран исходя из данных литературных источников [4, 5]. Были использованы следующие смазочные материалы: минеральное масло Лукойл 10W-40, экспериментальная смазка РГ 25 (экспериментальный смазочный материал на основе минерального масла с добавлением углеродных наночастиц), консистентная литиевая смазка марки «Литол 24», воск пчелиный, а также смеси из масла и технической серы, «Литол 24» и графита.

Величина коэффициента сухого трения пары «сплав ВК15 – сплав 55Ni-10W-9,5Co-8,5Cr» находится в диапазоне 0,32 - 0,37, при этом на поверхности трения никелевого сплава наблюдаются глубокие каверны, возникшие в результате процессов схватывания с материалом индентора с последующим вырывом значительных объемов материала.

Применение смазочных материалов любого типа в 1,5 – 2 раза снижает показатели коэффициента трения и уменьшает повреждаемость поверхности филамента. В исследуемом диапазоне нагрузок наилучшие триботехнические свойства пары трения зафиксированы при использовании минерального масла, модифицированного 10 % технической серы (рис. 1 г). Коэффициент трения в этом случае составляет 0,13, что почти в два раза меньше по сравнению с условиями сухого трения (коэффициент 0,37), при этом величина шероховатости поверхности изнашивания меньше в 2,3 раза: 1,119 мкм по сравнению с 2,563 мкм.

Установлено, что при значительном силовом воздействии на пару трения коэффициент трения существенно не изменяется, что позволяет деформировать проволоку с большими степенями пластической деформации и малым количеством технологических проходов. Низким коэффициентом трения 0,14 - 0,19 пара трения «сплав ВК15 – сплав 55Ni-10W-9,5Co-8,5Cr» обладает при смазывании чистым (без добавок) минеральным маслом и при использовании смазочных материалов на основе минерального масла, а так же

Секция 7. Аддитивные технологии формирования материалов, изделий и конструкций с иерархической структурой

экспериментальной смазки РГ 25. В то же время использование консистентных смазочных материалов, в том числе содержащих графит, рекомендуемых литературными источниками [4, 5] и позволяющих проводить волочение при различной пространственной ориентации проволоки, не показало положительных результатов.

Интенсивно протекающие процессы схватывания с материалом диска, приводящие к повреждению поверхности колодки не позволяют рекомендовать использование смазочных материалов на основе «Литол 24» и пчелиного воска при волочении никелевой проволоки (рис. 1 б, в).

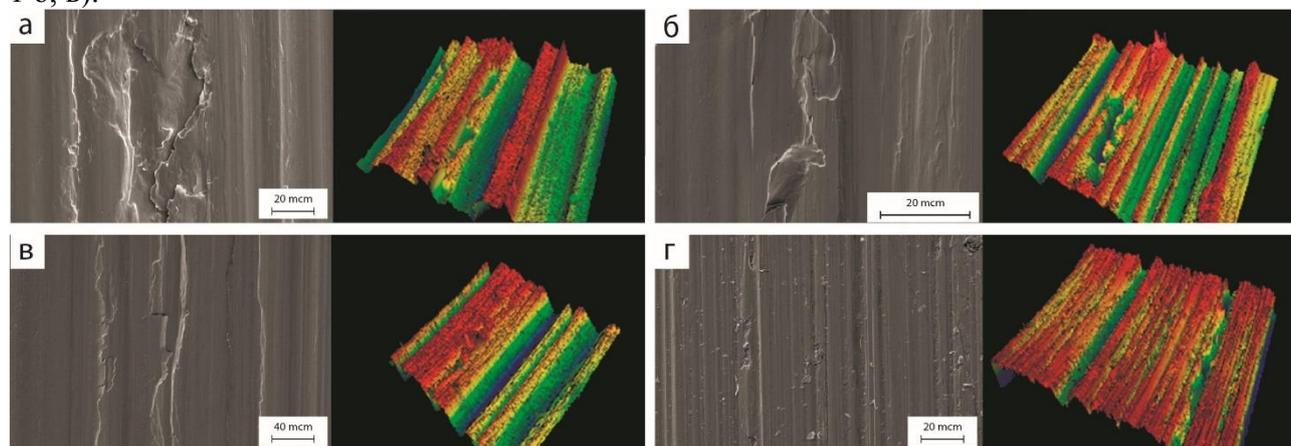


Рис. 1. Поверхность изнашивания колодки из сплава 55Ni-10W-9.5Co-8.5Cr и трехмерная модель шероховатости поверхности при использовании различных смазочных материалов: а) без смазочного материала; б) воск; в) «Литол 24»; г) минеральное масло с добавлением технической серы.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наилучшими триботехническими свойствами в исследуемом диапазоне нагрузок пара трения «сплав ВК15 – Сплав 55Ni-10W-9,5Co-8,5Cr» обладает при смазывании минеральным маслом с добавлением технической серы. В этом случае коэффициент трения находится в диапазоне 0,15 – 0,16 при величине нормальной нагрузки 500 – 700 Н. Шероховатость поверхности колодки минимальна и составляет 1.199 Ra. Низким коэффициентом трения 0,14 – 0,19 обладают никелевые сплавы так же при смазывании минеральным маслом.

Работы выполнены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение № 14.610.21.0013, идентификатор проекта RFMEFI61017X0013).

1. Kolachev BA, Elagin VI, Livanov VA. Metallurgy and heat treatment of non-ferrous metals and alloys // Textbook for Universities. 3rd Ed. M.: MISiS, 1999. P. 416.
2. Chester Thomas Sims, N. S. Stoloff, William C. Hagel. The Superalloys // Wiley, 1987. – 615 с.
3. Логунов А. В., Шмотин Ю. Н. Современные жаропрочные никелевые сплавы для дисков газовых турбин // Москва. Наука и технология, 2013. – 256 с.
4. Горловский М.Б., Меркачев В.Н. Справочник волочильщика проволоки. М.: Metallurgy, 1993. 335 с.
5. Перлин И.Л., Ерманок М.З. // Теория волочения. М.: Metallurgy, 1971. 448с.