

ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН
ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В 2021 ГОДУ

1. Научные основы создания инновационных технологий формообразования изделий из жаропрочных сплавов и суперсплавов

(авторы: Сухоруков Р.Ю. – к.т.н., зав. лаб. ИМАШ РАН, Колесник А.В. – к.т.н., ведущий инженер ИМАШ РАН, Утяшев Ф.З. – чл.-корр. АН Башкортостана, Валитов В.А. – д.т.н., профессор)

Разработана высокоэффективная технология интенсивной пластической деформации суперсплавов на основе никеля и железа методом кручения с одноосным сжатием или растяжением в изотермических условиях воздушной среды. **Установлен механизм снижения в десятки раз радиальной составляющей силы и накопления необходимой степени деформации для формирования ультрамелкозернистых (УМЗ) структур материала в деталях из суперсплавов [1,2].**

Показано, что в этом случае существенно снижается критически важная нагрузка на инструмент и обеспечивается однопереходный процесс накопления деформации, необходимой для однородного измельчения зерен в материале крупногабаритных изделий из суперсплавов [5].

Новизна и значимость подтверждаются патентами [4], результатами выполненных ИМАШ РАН конкурсных проектов Минпромторга, Минобрнауки (Рис.1) в интересах предприятий АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», АО «Ступинская металлургическая компания», выпускающих изделия из суперсплавов для газотурбинных двигателей.

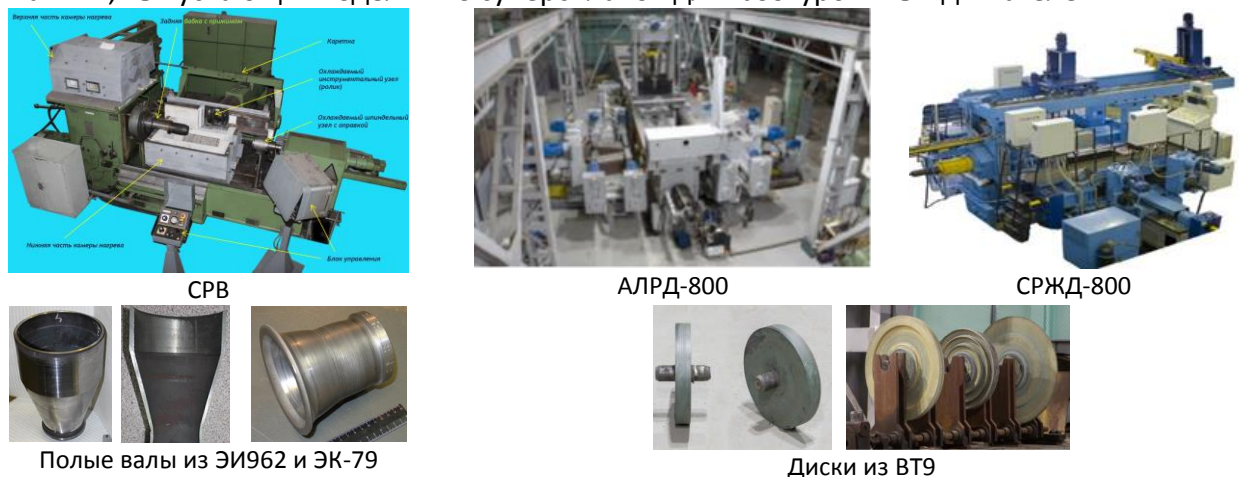


Рис.1. Уникальные экспериментальные станы и образцы изделий из жаропрочных сплавов с УМЗ структуры

Публикации:

1. Утяшев Ф.З., Сухоруков Р.Ю., Валитов В.А. Теоретические основы использования интенсивной пластической деформации для формирования ультрамелкозернистой структуры в суперсплавах//Проблемы машиностроения и автоматизации. 2021. № 3. С. 72-79.
2. Utyashev F.Z., Sukhorukov R.Yu., and Valitov V.A. Theoretical Foundations of the Use of Severe Plastic Deformation for Formation of Ultrafine Grain Structure in Superalloys//Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2021, Vol. 50, No. 9, pp. 15–22.
3. Петров П.А., Тоан Н.Х., Бурлаков И.А., Сухоруков Р.Ю. Управление процессами формообразования заготовок из титановых сплавов (на примере сплава ОТ4-1) с использованием моделирования реологии и режимов деформирования//Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 6. С. 88-95.
4. Сухоруков Р.Ю., Кощавцев Н.Ф., Утяшев Ф.З., Колесник А.В., Кощавцев А.Н., Гаврилина Л.В. Способ изготовления полых валов из жаропрочных сплавов и сталей и устройство для его осуществления. Номер патента: RU 2725455 С1. Опубл. 02.07.2020.
5. Исследования и разработка инновационных технологических процессов и интеллектуальных систем управления для изготовления деталей газотурбинных двигателей (ГТД). Под ред. к.т.н. Сухорукова Р.Ю. – Москва: ИМАШ РАН, 2019. –137 с.

2. Разработана волновая валковая мельница для помола остаточных продуктов нефтеперерабатывающего производства, повышающая производительность на 63% при незначительном увеличении энергопотребления (Рис. 2).

(авторы: Ганиев Р.Ф. – академик РАН, научный руководитель ИМАШ РАН, Панин С.С. – к.т.н., в.н.с.)

Выявлено, что повышение производительности за счет применения волновых технологий **не влияет на итоговый дисперсный состав** (Рисунок 1).

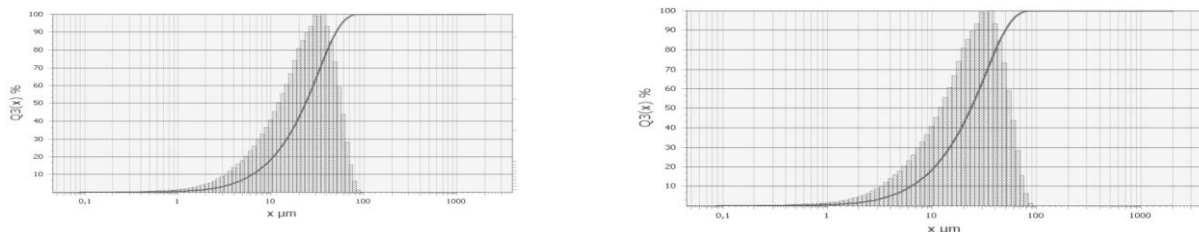


Рисунок 1. Дисперсный состав пробы с применением волнового воздействия (левый график) и без волнового воздействия (правый график).

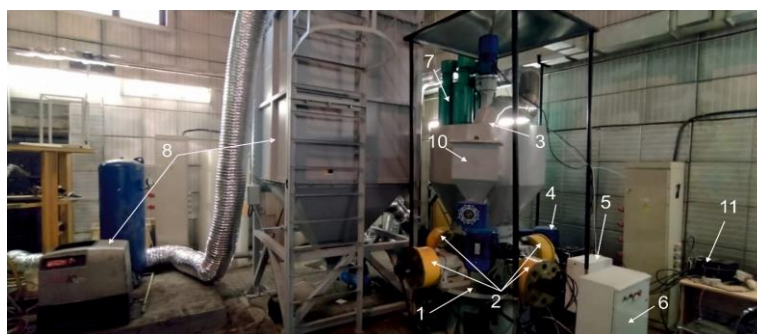


Рисунок 2. 1 – корпус мельницы с приводом помольной тарелки, столом установки валков и гидроцилиндрами прижима валков; 2 – валки с приводами колебаний (4 шт); 3- сепаратор; 4 – гидростанция; 5 - щит управления гидростанцией; 6 - щит управления приводами колебаний валков; 7 - блок циклонов 4хЦН-15; 8 – фильтр тонкой очистки ШВ(Р)-3 с компрессором; 9 – пылевой вентилятор ВРП 01-4.0; 10 - питатель подачи материала; 11 – частотные преобразователи управления приводом сепаратора, пылевого вентилятора, питателя/

Публикации:

1. Ganiev R.F., Panin S.S., Dovbnenko M.S., Bryzgalov E.A. Application Of Neural Networks For Controlling The Vibrational System Based On Electric Dynamic Drive. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 902. С. 415-424.

3. Разработана волновая технология и оборудование для обработки призабойной зоны нефтяных скважин с использованием гибких насосно-компрессорных труб (ГНКТ), не требующая подъема на поверхность глубинного насосного оборудования, колонны насосно-компрессорных труб и штанговой колонны.

(авторы: Украинский Л.Е. – чл.-корр. РАН, зам. директора НЦ НВМТ РАН филиала ИМАШ РАН, Устенко И.Г. – с.н.с.)

За счет сокращения времени проведения обработки, снижения количества спуско-подъемных операций внедрение новой технологии позволяет существенно увеличить экономическую эффективность волновых обработок.

Проведены опытно-промышленные испытания предлагаемой технологии, подтвердившие ее эффективность.

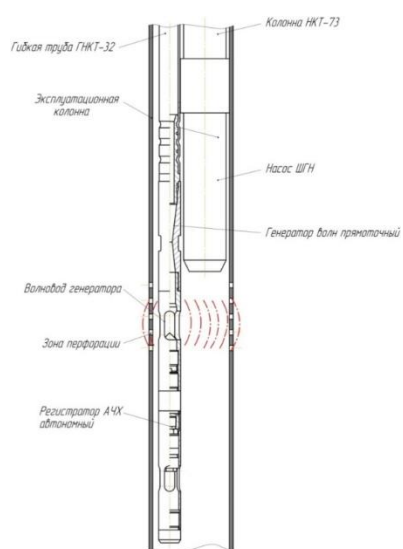


Рис.1 Схема оборудования для волновой обработки призабойной зоны добывающей скважины

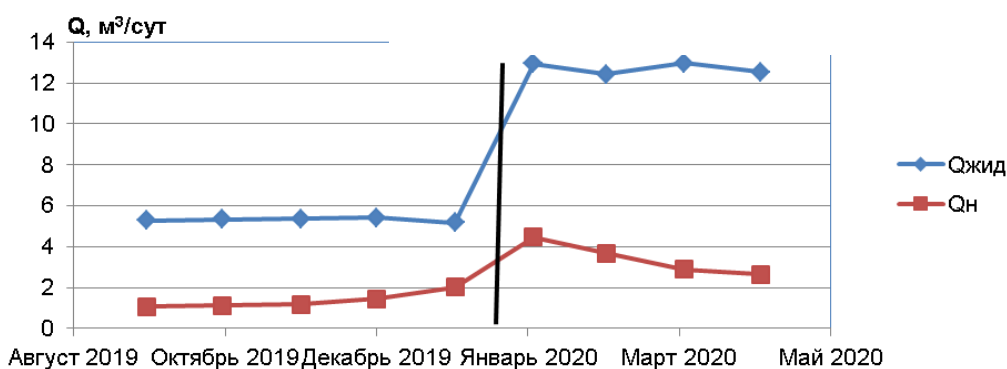


Рис.2 Дебит добывающей скважины ($Q_{жид}$ - по жидкости, Q_n - по нефти) до и после обработки (вертикальная черта)

Публикации:

1. СПОСОБ ВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СТЕЛОЛОВ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН И ВОЛНОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Ганиев Р.Ф., Шафигуллин Р.И., Украинский Л.Е., Ганиев О.Р., Ганиев С.Р., Кузнецов Ю.С., Султанов Д.Р., Шамов Н.А.

Патент на изобретение 2746572 С1, 15.04.2021. Заявка № 2020134866 от 23.10.2020.

4. Выявлен эффект интенсификации механохимического процесса формирования наночастиц природных полисахаридов при волновом перемешивании с помощью электромеханического резонансного генератора колебаний.

(авторы: Ганиев Р.Ф. – академик РАН, научный руководитель ИМАШ РАН, Касилов В.П. – к.т.н., в.н.с.)

Электромеханический резонансный генератор колебаний создает в обрабатываемой среде значительные знакопеременные сдвиговые напряжения за счет сочетания волн сдвиговых деформаций с циркуляционным течением среды.

Получены образцы частиц нанокрахмала, впервые выполнена оценка влияния волнового перемешивания на процесс получения наночастиц, их размер и морфологию. Установлено, что волновое перемешивание обеспечивает снижение размера формируемых наночастиц биополимера при сохранении их сферичности.

Анализ размера и морфологии образцов выполняли методами динамического светорассеяния и сканирующей электронной микроскопии (Рис. 1).

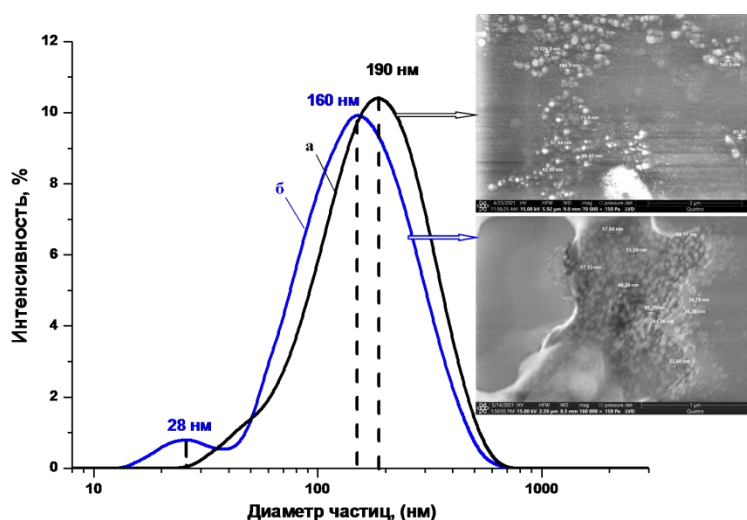


Рис. 1. Распределение по размерам наночастиц крахмала, полученных с помощью лопастной мешалки (а) и с использованием волновых резонансных воздействий (б).

Полученные результаты являются отправной точкой разработки нового волнового высокоэффективного, ресурсо- и энергосберегающего способа получения наночастиц полисахаридов.

Публикации:

1. ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Ганиев С.Р., Касилов В.П., Кислогубова О.Н., Бутикова О.А., Кочкина Н.Е. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 2. С. 77-80.

5. Разработана концепция создания высокоточных и высокобезопасных специальных электрических детонаторов (СЭД), обладающих более высокой устойчивостью к ударным нагрузкам, чем промышленные детонаторы.

(автор: Соловьев В.О. – к.т.н., зав. отделом)

Экспериментально показано, что сопротивляемость указанных СЭД ударным нагрузкам превышает в 1,92 раза лучший промышленный детонатор, выдерживающий наибольшие нагрузки, и в 1,28 раза - требования, предъявляемые к изделиям нового поколения.

Разработанные СЭД могут найти широкое применение при проведении геолого-разведочных работ и в изделиях специального назначения нового поколения.

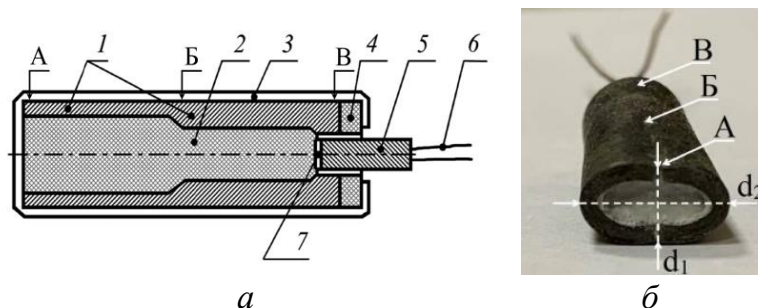


Рисунок 1 – Точки измерения деформации корпуса СЭД после удара:
а – схема устройств СЭД (А, Б, В – места измерений; 1 – корпус СЭД основной; 2 – ТЭН; 3 – герметизирующий корпус (при проведении экспериментов отсутствовал); 4 – герметизирующий состав; 5 – изолирующее покрытие электропроводов; 6 – электропровода; 7 – пленочный мостик); б – внешний вид деформируемого корпуса СЭД (А, Б, В – места измерений диаметров d_1 и d_2)

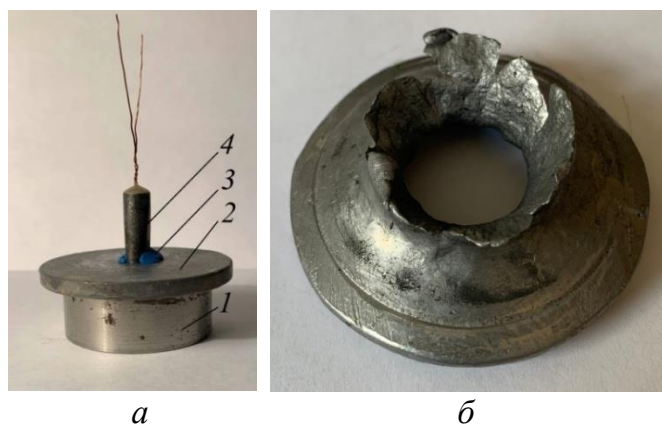


Рисунок 2 – Пробитие свинцовой пластины СЭД, подверженного удару 96 Дж:
а – установленный на свинцовой пластине СЭД (1 – кольцевая подставка; 2 – свинцовая пластина; 3 – фрагмент крепления пластином; 4 – СЭД); б – пробитая СЭД свинцовая пластина

Публикации представлены в специализированных изданиях.

6. Введено понятие динамически-фрактальных структур (динамического фрактала), заключающееся в изменении с одинаковым масштабом динамических, упруго-инерционных параметров.

(автор: Банах Л.Я. - д.т.н., г.н.с.)

Показано, что убывающий по длине динамический фрактал усиливает поступающий сигнал вдоль структуры. Увеличивающийся по длине динамический фрактал, напротив, обладает виброизолирующими свойствами, интенсивность затухания в котором выше, чем в периодической структуре. (Рис. 1) Это может быть эффективно использовано при разработке вибродатчиков.

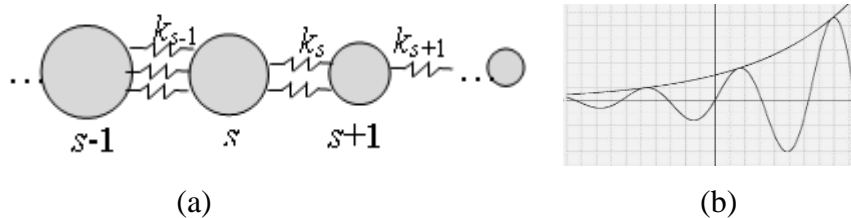


Рис.1. Динамически-фрактальная цепочка (динамический фрактал) с уменьшающимися вдоль длины параметрами (рис.1а), формы колебаний: увеличение амплитуды колебаний (рис.1б).

Предложен механический аналог и исследованы динамические свойства виброрецептора (тельца Пачини), являющегося детектором вибрации млекопитающих. (Рис. 2).

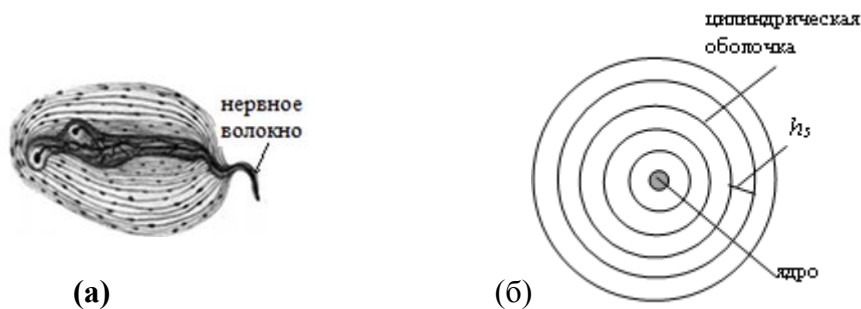


Рис. 2 виброрецептор (а); расчетная модель (б) состоит из замкнутых оболочек, вложенных одна в другую, пространство между которыми заполнено физиологической жидкостью

Показано, что виброрецептор обладает структурой динамического фрактала с убывающими по длине параметрами, что обеспечивает усиление тактильных ощущений и позволяет улавливать слабые вибрационные воздействия на человека.

Динамически—фрактальная решетка с увеличивающимися параметрами обеспечивает более высокую виброизоляцию объектов, чем периодическая решетка.

Публикации:

1. Banakh L. Oscillations properties of the dynamic fractal structures // Journal of Sound and Vibration, online 19 October 2021/ 116541. <https://authors.elsevier.com/a/1d-7V,WhnIC5M>, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116541>
2. Banakh L.Ya. Dynamic fractals in biomechanics: the vibration receptors of Pacinian corpuscles // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2021. V. 50. No.1. P. 19–25. DOI:10.3103/S1052618821010076. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44573313>

7. **Разработаны** модификаторы поверхностей трения углеродных композитов «Арголон-2D» снижающих коэффициент трения по стали 40Х13. Установлена возможность уменьшения коэффициента трения в 2 - 4 раза до 0,1 и меньше (рисунок 1) (авторы: Алисин В.В. – к.т.н., зав. лаб., Рошин М.Н. – к.т.н., в.н.с.)

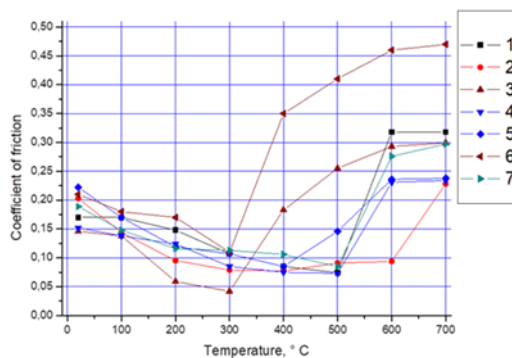


Рисунок 1. Влияние температуры на коэффициент трения при нагрузке 1,0МПа и скорости 0,16 м/с материалов: 1- «Арголон-2D»+ПТФЭ, 2-«Арголон-2D»+Se-ПТФЭ, 3-«Арголон-2D»+Se-MoS2-ПТФЭ, 4-«Арголон-2D»+SnSe-ПТФЭ, 5-«Арголон-2D»+MoSe-SnSe-ПТФЭ, 6-«Арголон-2D», 7-«Арголон-2D»+InSb-Se-ПТФЭ

Новизна предложения состоит в технологии изготовления самосмазывающейся антифрикционной композиции путем нанесения на поверхность трения модификаторов и обработке образцов в защитной бескислородной камере при заданной температуре.

Разработка позволяет применять сверхлегкие и прочные углеродные композиты в высокотемпературных узлах трения летательных аппаратов (органы управления, авиадвигатели, космические аппараты для работы на поверхности Венеры и полетах в сторону Солнца).

Опубликовано.

1. Патент РФ № 2 746 245 на «Способ изготовления самосмазывающейся антифрикционной композиции в паре трения», опубликовано: 09.04.2021 Бюл. № 10, авторы Алисин В.В., Рошин М.Н., Лукьянов А.И., правообладатель ИМАШ РАН.
2. Alisin V.V., Roshchin M.N. The Effect of Temperature on the Friction of a Carbon–Carbon Composite in Carbon Dioxide. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2021, Vol. 50, No. 1, pp. 88–91.
3. Roshchin M.N. Friction surface modifiers of carbon-containing material for high-temperature operation *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, Vol. 2124, 012013

8. Разработана технология лазерной наплавки многокомпонентных покрытий с добавками нано карбида тантала. Износостойкость этих покрытий более чем в 2 раза выше закаленной стали 45. (Рис. 1)

(автор: Бирюков В.П. – к.т.н., с.н.с.)

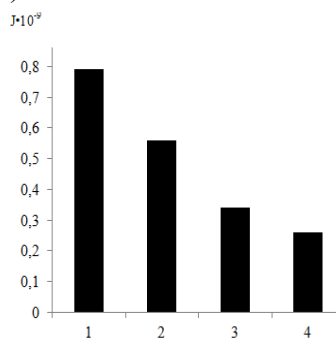


Рисунок 1. Интенсивности изнашивания образцов: 1 – Сталь 45, 2 – (Fe-Cr-Ni-Si, Ni-Cr-B-Si) 3- (Fe-Cr-Ni-Si, Ni-Cr-B-Si) + 5 TaC об.%, 4 - (Fe-Cr-Ni-Si, Ni-Cr-B-Si) + 10 TaC об.%

Значимость технологии лазерной наплавки многокомпонентных сплавов с добавкой нано карбидов металлов состоит в том, что она может быть использована в авиакосмической, атомной, нефтегазо и горнодобывающих отраслях, узлах трения и агрегатах автотранспортной, железнодорожной и сельскохозяйственной техники.

Опубликовано.

1.Biryukov V.P. Increasing the service life of agricultural machinery parts and units by laser cladding. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021, Vol.723, 032102