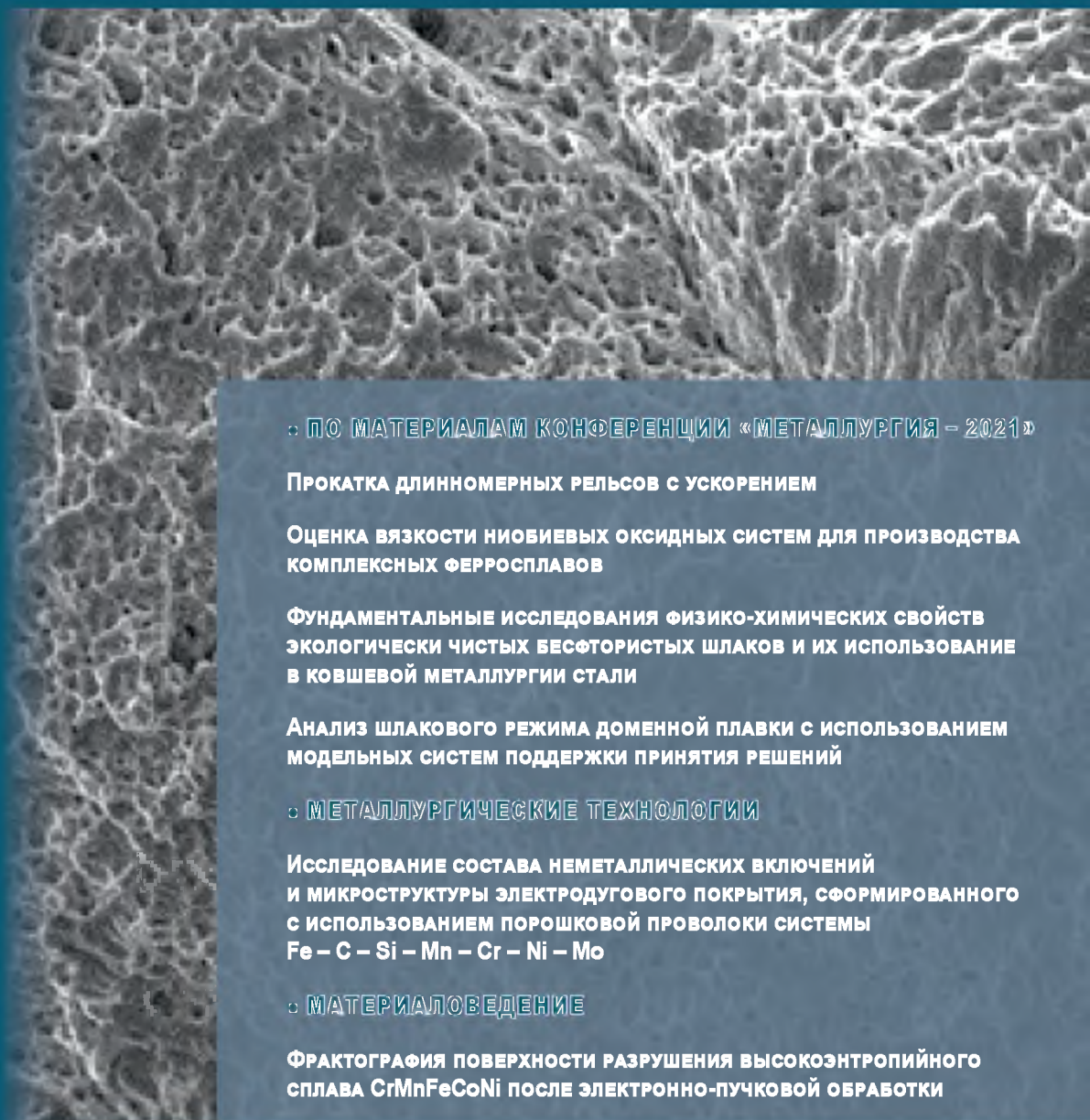


ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 65 Номер 6 2022



• ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ «МЕТАЛЛУРГИЯ – 2021»

Прокатка длинномерных рельсов с ускорением

Оценка вязкости ниобиевых оксидных систем для производства комплексных ферросплавов

Фундаментальные исследования физико-химических свойств экологически чистых бесфтористых шлаков и их использование в ковшевой металлургии стали

Анализ шлакового режима доменной плавки с использованием модельных систем поддержки принятия решений

• МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Исследование состава неметаллических включений и микроструктуры электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo

• МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Фрактография поверхности разрушения высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi после электронно-пучковой обработки



ISSN 0368-0797 (Print)
ISSN 2410-2091 (Online)

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 65, Номер 6, 2022

Научно-технический журнал
Издается с января 1958 г. ежемесячно

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

Volume 65, Number 6, 2022

Scientific and Technical Journal
Published since January 1958. Issued monthly

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

www.fermet.misis.ru

ISSN 0368-0797 (Print) ISSN 2410-2091 (Online)

Варианты названия:

Известия вузов. Черная металлургия
Izvestiya. Ferrous Metallurgy

Учредители:



Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС» (НИТУ МИСиС)



Сибирский государственный индустриальный университет

Главный редактор:

Леопольд Игоревич Леонтьев, академик РАН, советник,
Президиум РАН; д.т.н., профессор, Национальный иссле-
довательский технологический университет «МИСиС»;
главный научный сотрудник, Институт металлургии УрО РАН,
г. Москва

Заместитель главного редактора:

Евгений Валентинович Протопопов, д.т.н., профессор,
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк

Адреса редакций:

Россия, 119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»,
Тел.: +7 (495) 638-44-11
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sis.ru

Россия, 654007, Новокузнецк,
Кемеровская обл. – Кузбасс, ул. Кирова, зд. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizv@sibsiu.ru

Редакционная коллегия:

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва

Ашихмин Г.В., д.т.н., профессор, ОАО «Ин-т Цветметобработка»,
г. Москва

Байсанов С.О., д.т.н., профессор, ХМИ им. Ж.Абишева, г. Караганда,
Республика Казахстан

Белов В.Д., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Бродов А.А., к.экон.н., ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»,
г. Москва

Волынкина Е.П., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Глезер А.М., д.ф.-м.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Горбатько С.М., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Григорович К.В., академик РАН, д.т.н., ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва

Громов В.Е., д.ф.-м.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Дмитриев А.Н., д.т.н., академик, профессор, ИМЕТ УрО РАН,
г. Екатеринбург

Дуб А.В., д.т.н., профессор, ЗАО «Наука и инновации», г. Москва

Жучков В.И., д.т.н., профессор, ИМЕТ УрО РАН, г. Екатеринбург

Зингер Р.Ф., д.т.н., профессор, Институт Фридриха-Александра,
Германия

Зиниград М., д.т.н., профессор, Институт Ариэля, Израиль

Золотухин В.И., д.т.н., профессор, ТулГУ, г. Тула

Колмаков А.Г., д.т.н., чл.-корр. РАН, ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва

Колокольцев В.М., д.т.н., профессор, МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск

Костина М.В., д.т.н., ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва

Косырев К.Л., д.т.н., профессор, АО «НПО «ЦНИИТМаш», г. Москва

Курганова Ю.А., д.т.н., профессор, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Куernos В.В., к.ф.-м.н., доцент, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Линн Х., ООО «Линн Хай Терм», Германия

Лысак В.И., академик РАН, д.т.н., профессор, ВолгГТУ, г. Волгоград

Мешалкин В.П., академик РАН, д.т.н., профессор, РХТУ
им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Мулюков Р.Р., д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. ФГБУН ИПСМ РАН,
г. Уфа

Мышляев Л.П., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Никулин С.А., д.т.н., профессор, чл.-корр. РАЕН, НИТУ «МИСиС»,
г. Москва

Нурумгалиев А.Х., д.т.н., профессор, КГИУ, г. Караганда, Республика
Казахстан

Островский О.И., д.т.н., профессор, Университет Нового Южного
Уэльса, Сидней, Австралия

Пиетрелли Лорис, д.т.н., Итальянское национальное агентство по
новым технологиям, энергетике и устойчивому экономическому
развитию, Рим, Италия

Пышминцев И.Ю., д.т.н., РосНИТИ, г. Челябинск

Рудской А.И., академик РАН, д.т.н., профессор, СПбПУ Петра
Великого, г. Санкт-Петербург

Сивак Б.А., к.т.н., профессор, АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», г. Москва

Симонов Л.М., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Смирнов Л.А., академик РАН, д.т.н., профессор, ОАО «Уральский
институт металлов», г. Екатеринбург

Солодов С.В., к.т.н., НИТУ «МИСиС», г. Москва

Спирин Н.А., д.т.н., профессор, УрФУ, г. Екатеринбург

Танг Гуоци, Институт перспективных материалов университета
Циньхуа, г. Шеньжень, Китай

Темлянецов М.В., д.т.н., профессор, СибГИУ, г. Новокузнецк

Филонов М.Р., д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС», г. Москва

Чуманов И.В., д.т.н., профессор, ЮУрГУ, г. Челябинск

Шешуков О.Ю., д.т.н., профессор, УрФУ, г. Екатеринбург

Шпайдель М.О., д.т.н., профессор, Швейцарская академия
материаловедения, Швейцария

Юрьев А.Б., д.т.н., доцент, СибГИУ, г. Новокузнецк

Юсупов В.С., д.т.н., профессор, ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, г. Москва

По решению ВАК журнал «Известия вузов. Черная
металлургия» входит в «Перечень ведущих
рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени доктора и кандидата наук».

Индексирование: Scopus, Russian Science Citation Index
на платформе Web of Science, Research Bible, OCLC и Google Scholar

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-35456.



Статьи доступны под лицензией Creative Commons
Attribution 4.0 License.

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

www.fermet.misis.ru

ISSN 0368-0797 (Print) ISSN 2410-2091 (Online)

Alternative title:

Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya
Izvestiya. Ferrous Metallurgy

Founders:



National University of Science
and Technology "MISIS"



Siberian State Industrial University

Editor-in-Chief:

Leopold I. Leont'ev, Academician, Adviser of the Russian Academy of Sciences; Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology "MISIS"; Chief Researcher, Institute of Metallurgy UB RAS, Moscow

Deputy Editor-in-Chief:

Evgenii V. Protopopov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Editorial Addresses:

4 Leninskii Ave., Moscow 119991, Russian Federation
National University of Science and Technology "MISIS"
Tel.: +7 (495) 638-44-11

E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sisu.ru

42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass
654007, Russian Federation
Siberian State Industrial University
Tel.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Editorial Board:

Nikolai P. Aleshin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician of RAS, Bauman STU, Moscow
German V. Ashikhmin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "Institute Tsvetmetobrabotka", Moscow

Sailaubai O. Baisanov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda, Republic of Kazakhstan

Vladimir D. Belov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Anatoli A. Brodov, Cand. Sci. (Econ.), Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow

Il'ya V. Chumanov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State Research University, Chelyabinsk

Andrei N. Dmitriev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician, Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, Ural Federal University, Yekaterinburg

Aleksei V. Dub, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "Science and Innovations", Moscow

Mikhail R. Filonov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Aleksandr M. Glezer, Dr. Sci. (Phys.-math.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Sergei M. Gorbatyuk, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Konstantin V. Grigorovich, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Victor E. Gromov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Aleksei G. Kolmakov, Dr. Sci. (Eng.), Corresponding Member of RAS, Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Valerii M. Kolokol'tsev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Mariya V. Kostina, Dr. Sci. (Eng.), Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Konstantin L. Kosyrev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC "NPO "TSNITMash", Moscow

Yuliya A. Kurganova, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Vladimir V. Kurnosov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assist. Prof., NUST "MISIS", Moscow

Linn Horst, Linn High Therm GmbH, Hirschbach, Germany

Vladimir I. Lysak, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Rector, Volgograd State Technical University, Volgograd

Valerii P. Meshalkin, Dr. Sci. (Eng.), Academician of RAS, Prof., D.I. Mendeleyev Russian Chemical-Technological University, Moscow

Radik R. Mulyukov, Dr. Sci. (Phys.-Chem.), Prof., Corresponding Member of RAS, Institute of Metals Superplasticity Problems of RAS, Ufa

Leonid P. Myshlyayev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Sergei A. Nikulin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of RANS, NUST "MISIS", Moscow

Asylbek Kh. Nurumgaliev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Karaganda State Industrial University, Karaganda, Republic of Kazakhstan

Oleg I. Ostrovski, Dr. Sci. (Eng.), Prof., University of New South Wales, Sidney, Australia

Loris Pietrelli, Dr., Scientist, Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Rome, Italy

Igor' Yu. Pyshmintsev, Dr. Sci. (Eng.), Russian Research Institute of the Pipe Industry, Chelyabinsk

Andrei I. Rudskoi, Academician of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Rector, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg

Oleg Yu. Sheshukov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University, Yekaterinburg

Laura M. Simonyan, Dr. Sci. (Eng.), Prof., NUST "MISIS", Moscow

Robert F. Singer, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Friedrich-Alexander University, Germany

Boris A. Sivak, Cand. Sci. (Eng.), Prof., VNIIMETMASH Holding Company, Moscow

Leonid A. Smirnov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician of RAS, OJSC "Ural Institute of Metals", Yekaterinburg

Sergei V. Solodov, Cand. Sci. (Eng.), NUST "MISIS", Moscow

Speidel Marcus, Dr. Natur. Sci., Prof., Swiss Academy of Materials, Switzerland

Nikolai A. Spirin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University, Yekaterinburg

Tang Guo, Institute of Advanced Materials of Tsinghua University, Shenzhen, China

Mikhail V. Temlyantsev, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Ekaterina P. Volynkina, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Aleksei B. Yur'ev, Dr. Sci. (Eng.), Assist. Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Vladimir S. Yusupov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow

Vladimir I. Zhuchkov, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Metallurgy, Ural Branch of RAS, Ural Federal University, Yekaterinburg

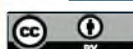
Michael Zinigrad, Dr. Sci. (Physical Chemistry), Prof., Rector, Ariel University, Israel

Vladimir I. Zolotukhin, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Tula State University, Tula

Journal "Izvestiya. Ferrous metallurgy" is included in the "List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, in which should be published major scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences" by the decision of the Higher Attestation Commission.

Indexed: Scopus, Russian Science Citation Index (Web of Science), Research Bible, OCLC and Google Scholar

Registered in Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communications **PI number FS77-35456**.



Articles are available under **Creative Commons Attribution 4.0 License**.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

XXII Международная научно-практическая конференция «Металлургия: технологии, инновации, качество». г. Новокузнецк, 10 – 11 ноября 2021 г («Металлургия – 2021») 380

22th International Scientific and Practical Conference “Metallurgy: Technologies, Innovations, Quality”. Novokuznetsk, November 10 – 11, 2021 (“Metallurgy – 2021”) ... 380

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ
«МЕТАЛЛУРГИЯ – 2021»

BASED ON THE MATERIALS
OF THE CONFERENCE “METALLURGY – 2021”

Соловьев В.Н., Белолипецкая Е.С. Прокатка длинномерных рельсов с ускорением 381
Черникова О.П., Златицкая Ю.А. Ресурсоэффективность металлургического производства 390
Заякин О.В., Шартдинов Р.Р., Сметанников А.Н., Кель И.Н. Оценка вязкости ниобиевых оксидных систем для производства комплексных ферросплавов 399
Бабенко А.А., Смирнов Л.А., Протопопов Е.В., Уполонникова А.Г., Сметанников А.Н. Фундаментальные исследования физико-химических свойств экологически чистых бесфтористых шлаков и их использование в ковшевой металлургии стали 406
Павлов А.В., Спирин Н.А., Бегинюк В.А., Лавров В.В., Гурин И.А. Анализ шлакового режима доменной плавки с использованием модельных систем поддержки принятия решений 413

Solov'ev V.N., Belolipetskaya E.S. Rolling of long-length rails with acceleration 381
Chernikova O.P., Zlatitskaya Yu.A. Resource efficiency of metallurgical production 390
Zayakin O.V., Shartdinov R.R., Smetannikov A.N., Kel' I.N. Viscosity of niobium oxide systems for production of complex ferroalloys 399
Babenko A.A., Smirnov L.A., Protopopov E.V., Upolonnikova A.G., Smetannikov A.N. Fundamental studies of physicochemical properties of environmentally friendly fluorine-free slags and their use in ladle steel industry 406
Pavlov A.V., Spirin N.A., Beginyuk V.A., Lavrov V.V., Gurin I.A. Analysis of slag mode of blast furnace melting using model decision support systems 413

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

METALLURGICAL TECHNOLOGIES

Козырев Н.А., Осетковский И.В., Усольцев А.А., Полевой Е.В., Михно А.Р. Исследование состава неметаллических включений и микроструктуры электродугового покрытия, сформированного с использованием порошковой проволоки системы Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo 421

Kozyrev N.A., Osetkovskii I.V., Usol'tsev A.A., Polevoi E.V., Mikhno A.R. Composition of non-metallic inclusions and microstructure of electric arc coating formed using the flux-cored wire of Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo system 421

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

MATERIAL SCIENCE

Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Осинцев К.А., Воробьев С.В., Панченко И.А. Фрактография поверхности разрушения высокоэнтропийного сплава CrMnFeCoNi после электронно-пучковой обработки 427

Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Osintsev K.A., Vorob'ev S.V., Panchenko I.A. Fractography of fracture surface of CrMnFeCoNi high-entropy alloy after electron-beam processing 427

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ
ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЯХ
И МАТЕРИАЛАХ

INNOVATIONS IN METALLURGICAL
INDUSTRIAL AND LABORATORY
EQUIPMENT, TECHNOLOGIES
AND MATERIALS

Никитин А.Г., Баженов И.А., Герасимов С.П. Анализ эксплуатационного ресурса привода волочильного стана 434

Nikitin A.G., Bazhenov I.A., Gerasimov S.P. Analysis of the drawing mill drive operation 434

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ
В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

Кулаков С.М., Койнов Р.С., Ляховец М.В., Тараборина Е.Н. Автоматизированное управление сложными металлургическими агрегатами на основе метода прецедентов	437
Памяти Михаила Васильевича Астахова	447
Подгородецкий Геннадий Станиславович (23.01.1958 – 21.06.2022)	448

**INFORMATION TECHNOLOGIES
AND AUTOMATIC CONTROL
IN FERROUS METALLURGY**

Kulakov S.M., Koinov R.S., Lyakhovets M.V., Tarabolina E.N. Automated control of complex metallurgical units based on the CBR method	437
In memory of Mikhail Vasil'evich Astakhov	447
Podgorodetskii Gennadii Stanislavovich (23.01.1958 – 21.06.2022)	448



Краткое сообщение

УДК 621.891:621

DOI 10.17073/0368-0797-2022-6-434-436

<https://fermet.misis.ru/jour/article/view/2326>



АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ПРИВОДА ВОЛОЧИЛЬНОГО СТАНА

А. Г. Никитин¹, И. А. Баженов², С. П. Герасимов³

¹ Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19)

³ АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (Россия, 654043, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ш. Космическое, 16)

Аннотация. Для предприятий металлургической промышленности актуальной является задача повышения эксплуатационного ресурса волочильных станов. Причины существенного снижения ресурса и увеличения количества простоев оборудования связаны с эксплуатационными проблемами. Простой из-за аварийных отказов оборудования составляют до 45 % времени работы стана в месяц. В работе рассмотрена схема привода волочильного стана и проведен анализ потерь времени на восстановление его работоспособного состояния. Показано, что замена цилиндрического редуктора с механизмом переключения скоростей и конической передачей на планетарный мотор-редуктор, оборудованный частотным преобразователем, позволяет увеличить производительность волочильного стана за счет уменьшения аварийных простоев оборудования.

Ключевые слова: волочильный стан, привод, повышение производительности, снижение затрат, надежность, планетарный редуктор, частотный преобразователь

Для цитирования: Никитин А.Г., Баженов И.А., Герасимов С.П. Анализ эксплуатационного ресурса привода волочильного стана // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 6. С. 434–436. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-434-436>

Short report

ANALYSIS OF THE DRAWING MILL DRIVE OPERATION

A. G. Nikitin¹, I. A. Bazhenov², S. P. Gerasimov³

¹ Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (19 Mira Str., Yekaterinburg 620002, Russian Federation)

³ JSC “EVRAZ – Joint West Siberian Metallurgical Plant” (16 Kosmicheskoe Route, Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654043, Russian Federation)

Abstract. For enterprises of the metallurgical industry, the task of increasing the operational life of drawing mills is urgent. The reasons for a significant decrease in the resource and an increase in the number of equipment downtime are related to the operational problems. Downtime due to emergency equipment failures account for up to 45 % of the mill’s operating time per month. The paper considers the drive scheme of the drawing mill and analyzes the loss of time to restore its working condition. It is shown that the replacement of a cylindrical gearbox with a gearshift mechanism and a bevel gear with a planetary gear motor equipped with a frequency converter will increase the productivity of the drawing mill by reducing emergency equipment downtime.

Keywords: drawing mill, drive, productivity improvement, cost reduction, reliability, planetary gearbox, frequency converter

For citation: Nikitin A.G., Bazhenov I.A., Gerasimov S.P. Analysis of the drawing mill drive operation. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2022, vol. 65, no. 6, pp. 434–436. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-6-434-436>

Волоочильный стан, применяемый для обработки металлов волочением, состоит из двух основных элементов: волоки и тянущего устройства, сообщающего обрабатываемому металлу движение через волоку, а вращение от электродвигателя к тянущему устройству передается через редуктор [1, 2].

Для получения качественной готовой продукции выполнение технологической операции волочения осуществлять необходимо на исправном оборудовании, однако с течением времени оборудование физически устаревает, его узлы приходят в негодность, что требует постоянного ремонта или частичной замены [3, 4].

Актуальная задача повышения эксплуатационного ресурса волоочильных станков является комплексной проблемой. Для решения требуется подход, в котором учитываются характеристики конструкции стана, параметры, определяющие условия эксплуатации стана, а также параметры технологического процесса производства проволоки.

С целью определения надежности была проанализирована работа стана АЗТМ ВН 2-550 (см. рисунок).

Привод стана состоит из электродвигателя 1, крутящий момент которого через муфту 2, ременные передачи 3 и 4, цилиндрический редуктор с механизмом переключения скоростей 5, конические передачи 6 и 8 передается на вертикальный размоточный барабан 9 (условно показан в горизонтальном исполнении), опирающийся на упорный подшипник 7. Установка редуктора с механизмом переключения скоростей обусловлена необходимостью обеспечивать плавный пуск механизма вращения барабана при подаче исходного материала в волоку на малых скоростях с постепенным увеличением скорости для повышения производительности стана.

Опыт эксплуатации данного стана сталепрокатного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК» показал, что его простои из-за аварийных отказов оборудования составляют до 45 % времени работы стана в месяц, т. е. более 400 т потеря готовой продукции, что в пересчете эквивалентно 16 млн рублей в ценах 2021 года.

Анализ причин простоев из-за аварийных отказов элементов оборудования 41 волоочильного стана цеха за квартал показал, что наибольшие потери времени на восстановление работоспособного состояния стана приходится на ремонт цилиндрического редуктора с механизмом переключения скоростей, восстановление конических шестерен, а также на замену приводных ремней. При этом время на восстановление стана занимает от 7 до 35 дней.

Для анализа основных причин, вызывающих поломки, и, как следствие, простои стана, были разработаны специальные формы, в которые включены основные категории причин появления отказов (или точнее узлы, вышедшие из строя). При регулярном наблюдении для каждой категории фиксировались продолжительность устранения простоя и стоимость его устранения, поскольку затраты на устранение отказа

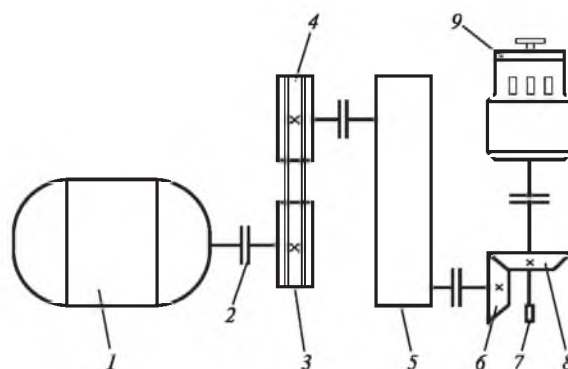


Схема привода волоочильного стана с вертикальным расположением размоточного барабана

Scheme of the drawing mill drive with vertical arrangement of the unwinding drum

и его продолжительность не связаны строгой математической зависимостью. На основе собранных данных были построены диаграммы Парето по следующим количественным данным: количество отказов, продолжительность устранения, стоимость устранения по каждой категории. Таким образом, причины отказов были ранжированы по значимости, что позволило системно подойти к изменению конструкции стана.

С целью уменьшения времени простоев конструкцию привода стана АЗТМ ВН 2-550 изменили. Из привода волоочильного стана исключили часто выходящие из строя узлы: две конических шестерни, цилиндрический редуктор с механизмом переключения скоростей и ременную передачу. Вместо них установили трехсателлитный планетарный мотор-редуктор МПО-1М-10-5,74-7,5/250 (передаточное отношение 5,74) вертикального исполнения, оборудованный частотным преобразователем.

В результате такой модернизации уменьшилась масса привода с планетарным редуктором, а так как редуктор имеет вертикальное расположение и устанавливается на вал размоточного барабана, вокруг стана появляется дополнительное свободное место. При этом в планетарном редукторе действуют малые осевые нагрузки, имеется значительно меньшее количество узлов и звеньев, что увеличивает срок службы по сравнению с многоступенчатым редуктором с механизмом переключения скоростей [5]. Использование частотного преобразователя позволяет при необходимости изменять частоту вращения привода без остановки работы стана (без механического переключения).

Кроме сокращения потерь, связанных с недополучением готовой продукции, для обоснования эффективности предложенных конструктивных изменений могут быть использованы денежные показатели. Это, во-первых, сокращение затрат на восстановительные работы, которые устанавливаются по усредненной стоимости ремонтных работ; во-вторых, экономия, вызванная сокращением непроизводительных маши-

но-часов. Стоимость машино-часа определяется как величина годовых амортизационных отчислений, деленная на годовой фонд работы оборудования, но без учета доли непроизводительных простоев в общем годовом фонде [6]. Таким образом можно оценить повышение производительности, связанное с ростом эффективности эксплуатации технологического оборудования.

Выводы

Проведенная модернизация конструкции привода волочильного стана позволяет увеличить его производительность до расчетного значения 805 т проволоки в месяц за счет уменьшения аварийных простоев оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Радионова Л.В., Радионов А.А. Современное состояние и перспективы развития волочильного производства стальной проволоки // *Машиностроение*. 2013. Т. 1. № 1. С. 3–11.
2. Vega G., Haddi A., Imad A. Investigation of process parameters effect on the copper-wire drawing // *Materials and Design*. 2009. Vol. 30. No. 8. P. 3308–3312.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.12.006>
3. Haddi A., Imad A., Vega G. Analysis of temperature and speed effects on the drawing stress for improving the wire drawing process // *Materials and Design*. 2011. Vol. 32. No. 8-9. P. 4310–4315.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.010>
4. Железняк Л.М., Савиных В.В., Василевский П.А. Применение прокатно-волочильного стана в производстве изделий для электромашиностроения // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2018. Т. 16. № 8. С. 366–369.
5. Lai T.-S. Design and machining of the epicycloid planet gear of cycloid drives // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2006. Vol. 28. No. 7-8. P. 665–670.
<https://doi.org/10.1007/S00170-004-2423-X>
6. Дронов А.И., Паршин В.С., Семенова Н.В. Оценка эффективности инноваций работы волочильных станов // *Вестник машиностроения*. 2021. № 8. С. 82–85.
<https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-6-82-85>

1. Radionova L.V., Radionov A.A. Current state and perspectives of development of wire-drawing steel wire. *Mashinostroenie*. 2013. vol. 1, no. 1, pp. 3–11. (In Russ.).
2. Vega G., Haddi A., Imad A. Investigation of process parameters effect on the copper-wire drawing. *Materials and Design*. 2009. vol. 30, no. 8, pp. 3308–3312.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.12.006>
3. Haddi A., Imad A., Vega G. Analysis of temperature and speed effects on the drawing stress for improving the wire drawing process. *Materials and Design*. 2011, vol. 32, no. 8-9, pp. 4310–4315.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.010>
4. Zheleznyak L.M., Savinykh V.V., Vasilevskii P.A. Use of rolling and drawing mill in manufacture of products for electrical engineering. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*. 2018, vol. 16, no. 8, pp. 366–369. (In Russ.).
5. Lai T.-S. Design and machining of the epicycloid planet gear of cycloid drives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2006, vol. 28, no. 7-8, pp. 665–670.
<https://doi.org/10.1007/S00170-004-2423-X>
6. Dronov A.I., Parshin V.S., Semenova N.V. Evaluation of the effectiveness of innovations in drawing mills operation. *Vestnik mashinostroeniya*. 2021, no. 6, pp. 82–85. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-6-82-85>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Александр Григорьевич Никитин, д.т.н., профессор кафедры механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Aleksandr G. Nikitin, Dr. Sci. (Eng.), Prof of the Chair of Mechanics and Machine Engineering, Siberian State Industrial University
ORCID: 0000-0001-9198-6386
E-mail: nikitin1601@yandex.ru

Игорь Алексеевич Баженов, к.т.н., доцент кафедры маркетинга, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
ORCID: 0000-0002-0099-483X
E-mail: mta@kpost.ru

Igor' A. Bazhenov, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof of the Chair of Marketing, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
ORCID: 0000-0002-0099-483X
E-mail: mta@kpost.ru

Семен Павлович Герасимов, старший мастер по ремонту оборудования, АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»
ORCID: 0000-0001-5012-2565
E-mail: semyon05@bk.ru

Semen P. Gerasimov, Senior Technician on Equipment Repair, JSC "EVRAZ – Joint West Siberian Metallurgical Plant"
ORCID: 0000-0001-5012-2565
E-mail: semyon05@bk.ru

Поступила в редакцию 09.03.2022
После доработки 24.03.2022
Принята к публикации 22.04.2022

Received 09.03.2022
Revised 24.03.2022
Accepted 22.04.2022

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Бащенко Л.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Запольская Е.М., *ведущий редактор*

Киселева Н.Н., *ведущий редактор*

Расенец В.В., *верстка, иллюстрации*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 27.06.2022. Формат 60×90 ¹/₈. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,25. Заказ 15198. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

ROLLING OF LONG-LENGTH RAILS WITH ACCELERATION

RESOURCE EFFICIENCY OF METALLURGICAL PRODUCTION

VISCOSITY OF NIOBIUM OXIDE SYSTEMS FOR PRODUCTION OF COMPLEX FERROALLOYS

FUNDAMENTAL STUDIES OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY FLUORINE-FREE SLAGS AND THEIR USE IN LADLE STEEL INDUSTRY

ANALYSIS OF SLAG MODE OF BLAST FURNACE MELTING USING MODEL DECISION SUPPORT SYSTEMS

COMPOSITION OF NON-METALLIC INCLUSIONS AND MICROSTRUCTURE OF ELECTRIC ARC COATING FORMED USING THE FLUX-CORED WIRE OF Fe – C – Si – Mn – Cr – Ni – Mo SYSTEM

FRACTOGRAPHY OF FRACTURE SURFACE OF CrMnFeCoNi HIGH-ENTROPY ALLOY AFTER ELECTRON-BEAM PROCESSING

ANALYSIS OF THE DRAWING MILL DRIVE OPERATION

AUTOMATED CONTROL OF COMPLEX METALLURGICAL UNITS BASED ON THE CBR METHOD

IN MEMORY OF MIKHAIL VASIL'EVICH ASTAKHOV

PODGORODETSKII GENNADII STANISLAVOVICH (23.01.1958 – 21.06.2022)