

ВЕСТНИК

**Магнитогорского государственного
технического университета им. Г. И. Носова**



2.2010

ВЕСТНИК

Магнитогорского государственного
технического университета им. Г. И. Носова

№ 2 (30) июнь 2010 г.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ, а также 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. Электронные версии журнала размещаются на сетевом ресурсе Научной Электронной Библиотеки в сети Интернет.

Издается с марта 2003 года

Редакционный совет:

Председатель редсовета:

В.М. Колокольцев – ректор ГОУ ВПО «МГТУ», проф., д-р техн. наук.

Члены редсовета:

А.В. Дуб – ген. директор ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», д-р техн. наук;

Д.Р. Каплунов – член-кор. РАН, проф. ИПКОН РАН, д-р техн. наук;

В.Ф. Рашинов – Президент ООО "Управляющая компания ММК", проф., д-р техн. наук;

В.М. Счастливцев – зав. лабораторией ИФМ УрО РАН; академик РАН, д-р техн. наук;

А.Б. Сычков – зам. начальника техотдела Молдавского металлургического завода, д-р техн. наук;

Ken-ichiro Mori – Professor Department of Production Systems Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan;

Maciej Pietrzyk – Professor Akademia Gorniczo-Hutnicza, Krakow, Poland.

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

Г.С. Гун – проф., д-р техн. наук.

Заместитель:

М.В. Чукин – проф., д-р техн. наук
(отв. редактор).

Члены редколлегии:

В.А. Бигеев – проф., д-р техн. наук;

К.Н. Вдовин – проф., д-р техн. наук;

С.Е. Гавришев – проф., д-р техн. наук;

В.Н. Калмыков – проф., д-р техн. наук;

С.И. Лукьянов – проф., д-р техн. наук;

С.И. Платов – проф., д-р техн. наук;

В.М. Салганик – проф., д-р техн. наук.

Ответственные редакторы по научным направлениям экспертных советов ВАК РФ:

Т.С. Кузнецова – доц., канд. техн. наук;

М.А. Полякова – доц., канд. техн. наук;

М.В. Шубина – доц., канд. техн. наук.

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2010

На журнал можно подписаться в отделениях связи либо приобрести непосредственно в редакции. Подписной индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 48603.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС11-1157 от 18 апреля 2007 г.

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-85-17

Факс (3519) 23-57-60

E-mail: vestnik@magtu.ru

Журнал подготовлен к печати Издательским центром МГТУ им. Г.И.Носова.

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ.

Подписано к печати 8.06.2010.

Заказ 485. Тираж 500 экз. Цена свободная.



VESTNIK

**Magnitogorsk State Technical
University named after G. I. Nosov**

№ 2 (30) June 2010

The journal is included in the Abstract Journal and the database of All-Russian Institution of Scientific and Technical information, and also in the List of the leading reviewed scientific journals and publications. On recommendation of advisory committee in the development of mineral resource deposits and metallurgy, the scientific results of candidates for Ph.D. theses are to be published in the above-mentioned journals. Internet versions of the journal can be found on the Scientific Electronic Library site in the Internet.

PUBLISHED SINCE MARCH, 2003

Editorial committee

Chairman of editorial committee:

V. M. Kolokoltsev – rector of State Educational Institution of Higher Professional Education «Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov», D. Sc

Members of the editorial committee:

A. V. Dub – general director of JSC Research and Production Association of Central Scientific Research Institution of Technical Mechanic Engineering, D.Sc.

D. R. Kaplunov – corresponding member of Russian Academy of Science, D.Sc.

V. Ph. Rashnikov – President of LTd «Magnitogorsk Steel and Iron Works managing company», Prof., D. Sc.

V. M. Schastlivtsev – chief of laboratory in Russian Academy of Science, academician of Russian Academy of Science, D. Sc.

A. B. Sychkov – deputy chief of engineering department at Moldavia metallurgical plant, D. Sc.

Ken-ichiro Mori – Professor Department of Production Systems Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan.

Maciej Pietrzyk – Professor Akademia Gorniczo-Hutnicza, Krakow, Poland.

Editorial staff

Editor-in-chief:

G. S. Gun – Prof., D. Sc.

Deputy chief editor:

M. V. Chukin - Prof., D.Sc.

Members of the editorial staff:

V. A. Bigeev - Prof., D.Sc.

K. N. Vdovin - Prof., D.Sc.

S. E. Gavrishev - Prof., D.Sc.

V. N. Kalmykov - Prof., D.Sc.

S. I. Luk'yanov - Prof., D.Sc.

S. I. Platov - Prof., D.Sc.

V. M. Salganik - Prof., D.Sc.

Executive editors in scientific fields of advisory committee of Higher Certifying Commission in the Russian Federation:

T. S. Kuznetsova – Assoc. Prof., Ph.D.

M. A. Polyakova – Assoc. Prof., Ph.D.

M. V. Shubina - Assoc. Prof., Ph.D.

© State Educational Institution of Higher Professional Education
«Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov», 2010

One can subscribe for the journal in the general publication catalogue of scientific-technical information, the subscription index of the journal 73849, or get the journal right in the editorial office.

Registration certificate ПИ № ФС11-1157 April 18, 2007 г.

Editorship address:

455000, city Magnitogorsk, Lenin Str. 38

Phone number: (3519)29-85-17

Fax: (3519)23-57-60

Email: vestnik@magtu.ru

Published by publishing center of MSTU named after G. I. Nosov.

Signed for press 8.06.2010.

Order 485. Circulation – 500 items. Free price.



СОДЕРЖАНИЕ

Разработка полезных ископаемых. Горное дело.....	5
<i>Гавришев С.Е., Зяляднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В.</i> Определение ценности техногенных георесурсов.....	5
<i>Гмызина Н.В.</i> Влияние скорости вращения ротора центробежной дробилки на показатели магнитного обогащения конвертерного шлака	8
<i>Вохмин С.А., Загиров Н.Х., Требуш Ю.П., Курчин Г.С.</i> Методические основы нормирования показателей извлечения из недр при отработке рудных и нерудных месторождений подземным способом	10
Технологии переработки и утилизации техногенных образований и отходов.....	16
<i>Кондратьев Л.И., Манушин А.А., Мельников И.Т., Суков А.И.</i> Комбинированная технология складирования хвостов производства минеральных удобрений.....	16
<i>Гибадуллин З.Р., Макишук Ф.Х.</i> Оценка технико-технологических возможностей производственных подразделений Сибайского подземного рудника.....	21
Металлургия черных, цветных и редких металлов. Литейное производство.....	24
<i>Сибатагуллин С.К., Харченко А.С., Полинов А.А., Семенов М.А., Бегинюк В.А.</i> Результаты совместного использования в доменной печи коксового орешка с одновременным улучшением качества скипового кокса	24
<i>Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А.</i> Технология изготовления шлаковых чаш	27
<i>Савинов А.С., Тубольцева А.С.</i> Расчет движения фронта влажности в сырой песчано-глинистой форме	30
Обработка металлов давлением.....	34
<i>Белевский Л.С., Исмаилов Р.Р., Москвин В.М.</i> Расчет напряжённого состояния рабочего и опорного бандажированных валков при прокатке складки тройной толщины.....	34
<i>Шеметова Е.С., Огарков Н.Н.</i> Оценка длины контакта криволинейной волоки с деформируемым материалом с учетом ее упругой деформации	38
Технологии обработки материалов	41
<i>Огарков Н.Н., Зялитов Ю.Д., Ласков С.А., Звягина Е.Ю., Пожидиев Ю.А.</i> Совершенствование дробеметной обработки прокатных валков для производства автомобильного листа.....	41
<i>Сергеев С.В.</i> Научные основы процессов формообразования внутренних поверхностей вращающимися многоэлементными и проникающими.....	43
<i>Семашко М.Ю., Шеркунов В.Г., Карева Н.Т., Эжк Е.В.</i> Деформирование натуральных образцов из свинца и алюминия с целью экспериментального исследования способа пластического структурообразования металлов.....	46
Материаловедение и термическая обработка металлов.....	50
<i>Загиров Н.Н., Сидельников С.Б., Иванов Е.В., Аникина В.И.</i> Исследование структуры и свойств деформированных полуфабрикатов, полученных из сыпучей стружки сплава системы алюминий-магний-кремний.....	50
<i>Федосеев С.А.</i> Управление производством как механизм повышения качества продукции.....	56
Нanomатериалы и нанотехнологии	61
<i>Анциферов В.Н., Каменева А.Л., Сапегин Г.А., Каменева Д.В., Баяндина М.В.</i> Установление корреляционной связи между температурными условиями формирования ионо-плазменных пленок и процессом структурообразования.....	61
Стандартизация, сертификация и управление качеством	67
<i>Яковлева Е.С., Мезин И.Ю., Касаткина Е.Г., Куцендик В.И.</i> Квалиметрическая оценка производственных процессов изготовления металлоизделий.....	67
<i>Наливайко А.В., Стеблов А.Б., Тулунов О.Н., Рычков С.С.</i> Исследование уровня механических свойств арматуры класса А500С с целью оценки влияния особенностей технологии на показатели качества	69
Новые технологические процессы и оборудование	74
<i>Лебедев В.Н.</i> Опыт освоения производства высокопрочной стабилизированной арматуры для железобетонных шпал нового поколения	74
<i>Овчинников С.В.</i> Разработка конструкции и технологии прогрессивных болтов для двигателей грузовых автомобилей..	77
<i>Сергеев Ю.С.</i> Оптимизация подбора макрокинетических параметров методом конечных элементов у пористых электродов источников электрического тока	78
Экономика и право	81
<i>Немцев В.Н.</i> Резервы повышения конкурентоспособности продукции черной металлургии	81
<i>Мещерякова Т.Р.</i> Об особенностях исчисления сроков в производстве по делам об административных правонарушениях.....	83
Рефераты.....	88
Reports	93
Сведения об авторах	98
The information about the authors.....	101

CONTENT

Exploitation of mineral resources. mining.....	5
<i>Gavrishev S.E., Zalyadnov V.U., Pitalev I.A., Pavlova E.V.</i> Determination to value of anthropogenic georesources	5
<i>Gmyzina N.V.</i> Influences of the rotation rotor velocity of centrifugal grinder on magnetic ore dressing factors converter slag.....	8
<i>Vokhmin S.A., Zagirov N.H., Trebush Yu.P., Kurchin G.S.</i> Methodical bases of rationing of indicators of extraction from bowels at working off of ore and nonmetallic deposits by underground way.....	10
Processing and utilization technologies of formations and waste.....	16
<i>Kondratyev L.I., Manushin A.A., Melnikov I.T., Surov A.I.</i> Mineral fertilizers production tails storing combined technology	16
<i>Gibadullin Z.R., Makshukov F.H.</i> Assessment of technical and technological capacity of production units of the underground mine in Sibai.....	21
Metallurgy of Ferrous, Non-ferrous and Rare Metals. Foundry engineering.....	24
<i>Sibagatullin S.K., Kharchenko A.S., Polinov A.A., Semenyuk M.A., Beginyuk V.A.</i> The results of the joint use of coke nut with a simultaneous improvement of a skip coke quality in a blast furnace	24
<i>Vdovin K.N., Feoktistov N.A.</i> Technology of slag chalices production are considered	27
<i>Savinov A.S., Tuboltseva A.S.</i> Calculation of moisture front motion in the damp sandy-argillaceous form.....	30
Metal forming.....	34
<i>Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvin V.M.</i> The analysis of stressed state of working and backing-up rolls during rolling of fold.....	34
<i>Shemetova E.S., Ogarkov N.N.</i> Rated length contact curvilinear lines with deformable material, taking into account its elastic deformation.....	38
Technologies of Material Processing.....	41
<i>Ogarkov N.N., Zaletov Y.D., Laskov S.A., Zvyagina E.Y., Pozhidaev Y.A.</i> Perfection of shot blasting working of cold rolls for production of automobile sheet	41
<i>Sergeev S.V.</i> Scientific bases of the shaping processes of internal by rotating multiple-point tools	43
<i>Semashko M. Y, Sherkunov V. G, Kareva N.T., Ekk E.V.</i> Deformation of natural samples from lead and aluminium for the purpose of an experimental research of a way of the plastic change in structure of metals	46
Material science and thermal metal treatment.....	50
<i>Zagirov N.N., Sidelnikov S.B., Ivanov E.V., Anikina V.I.</i> The research of structure and properties of deformed semi products, that were receipt from friable chip of aluminium-magnesium-silicon alloy	50
<i>Fedoseev S.A.</i> Production management as a mechanism of product quality improvement.....	56
Nanomaterials and nanotechnologies.....	61
<i>Antsiferov V.N., Kameneva A.L., Bayandina M.V., Sapegin G.A., Kameneva D.V.</i> Correlation netting between temperature forming conditions of ion-plasmas films and their structurization process.....	61
Standardization, certification and quality management.....	67
<i>Yakovleva E.S., Mezin I.Yu., Kasatkina E.G., Kutsependik V.I.</i> Qualimetry estimation of productions of manufacturing of hardware.....	67
<i>Nalivaiko A.V., Steblov A.B., Tulupov O.N., Rychkov S.S.</i> The analysis of mechanical properties state of rebar (strength grade A500C) to evaluate the influence of technological process on quality factors	69
New Technological Processes and Equipment	74
<i>Lebedev V.N.</i> Launching the production of high-strength stabilized reinforcement for up-to-date ferroconcrete crossties	74
<i>Ovchinnikov S.V.</i> Designing of construction and technology of progressive auto truck engines bolts.....	77
<i>Sergeev Y.S.</i> Optimization of selection of macro kinetic parameters by finite element method for the efficiency of electrochemical processions in porous electrodes	78
Economics and law.....	81
<i>Nemtcev V.N.</i> Reserve of competitive ability rising of the ferrous metallurgy production.....	81
<i>Mescheryakova T.R.</i> About peculiarities of calculating terms in production concerning administrative infringements of the law cases	83
Рефераты.....	88
Reports	93
Сведения об авторах	98
The information about the authors.....	101

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.2:502.174.1

Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕННОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОРЕСУРСОВ*

В настоящее время все больше внимания уделяется необходимости комплексного освоения георесурсов. Это связано с тем, что воздействие человека на природную среду привело к нарушению ландшафтов, гидрологических режимов местности и другим последствиям, носящим глобальный характер. Особое внимание обращается последствиям, связанным с загрязнением окружающей среды (ОС) отходами производства и потребления. Снижение воздействия промышленно-хозяйственной деятельности человека на ОС достижимо даже при условии нарастающей интенсивности природопользования. Это предполагает чрезвычайно широкий круг мероприятий экономического, научно-технического и организационно-управленческого характера, направленных на снижение объемов загрязняющих веществ как твердых, так и газообразных, а также переработку и хранение промышленных и бытовых отходов [1].

Мероприятием, направленным на снижение негативного воздействия человеческой деятельности на ОС, является целенаправленное формирование новых видов георесурсов, в качестве которых могут выступать вскрышные породы и выработанное пространство карьеров, обеспечивающие продление срока эксплуатации горнодобывающего предприятия и частичное восстановление рельефа местности. Формирование отвалов горных пород, карьерного пространства с учетом дальнейшего их использования в качестве заменителей некоторых природных и производственных ресурсов позволит отнести их к новым видам продукции горного производства или к новым техногенным георесурсам [2].

Основными направлениями применения техногенных георесурсов могут быть: использование в качестве сооружений для различных целей, создание рекреационных зон, строительных объектов, а также формирование в виде техногенного месторождения с дальнейшим извлечением полезных компонентов, таких как металлы, материалы для производства строительных и теплоизоляционных материалов, удобрений и др. Выбор направления использования техногенных георесурсов должен производиться на стадии проектирования горнодобывающего предприятия и зависеть от реальной необходимости региона в

том или ином виде ресурса.

Таким образом, при определенных направлениях применения и способах формирования отвалов горных пород и выработанного пространства карьеров они являются техногенными георесурсами, имеющими различную ценность, которую можно определить уже на стадии проектирования.

Авторами предложено понятие «ценность техногенных георесурсов», под которым понимается денежное выражение стоимости всех полезных свойств, качеств или компонентов, содержащихся в техногенных объектах, сформированных в результате горных работ, с учетом затрат на использование георесурсов или извлечение из них полезных компонентов [3].

Данное определение является универсальным и положено в основу разработанных экономико-математических методов, в частности для определения ценности отвалов при условии формирования из них техногенных месторождений, емкостей для размещения промышленных отходов или различных сооружений (строительных площадок, рекреационных зон и др.), а также ценности карьера, сформированного в виде емкости для размещения отходов.

При условии формирования отвала в виде техногенного месторождения (рис. 1) с целью извлечения полезных компонентов ценность отвалов C_0 (руб.) определяется по формуле

$$C_0 = \left(\sum_{i=1}^N \alpha_i \varepsilon_i c_i - C_B - Z_{ф.о} \right) \cdot Q, \quad (1)$$

где α_i – содержание i -го полезного компонента в 1 т отвала, %; ε_i – извлечение i -го полезного компонента из породной массы, заскладированной в 1 т отвала, %; c_i – цена i -го полезного компонента, руб./т; C_B – себестоимость выемки породы из отвала, руб./т; $Z_{ф.о}$ – удельные затраты на формирование отвала, руб./т; Q – масса пород в отвале, т; N – число извлекаемых компонентов.

При условии формирования отвала в виде сооружения (рис. 2), например, в виде строительной площадки или насыпи транспортных коммуникаций, его ценность определяется по формуле

$$C_0 = D - C_{ф.с} + C, \quad (2)$$

где D – доход от реализации сооружения, руб.; $C_{ф.с}$ – стоимость формирования сооружения, руб.; C – стоимость складирования пород в обычный отвал на по-

* Статья издана при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России». Государственный контракт № 02.740.11.0038.

верхности земли, руб.

$$C = \sum_{t=1}^T [(Z_{тр} + Z_{ф.о} + Z_{зем} + Z_{эк}) \times \eta_t], \quad (3)$$

где $Z_{тр}$ – затраты, связанные с транспортированием отвальных пород от источника их образования до места складирования на поверхности земли, руб.; $Z_{ф.о}$ – затраты на формирование традиционного отвала, руб.; $Z_{зем}$ – затраты за занимаемую землю, руб.; $Z_{эк}$ – экологические выплаты за размещение отвальных пород, руб.; t – шаг моделирования, годы ($t=1, 2, 3, \dots, T$); T – период формирования отвала, лет; η_t – коэффициент дисконтирования.

Для отвала, формируемого в виде емкости для размещения промышленных отходов, ценность $C_{о-емк}$ (руб.) определяется по формуле

$$C_{о-емк} = (1 - K_d) \times \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I V_{в.т} \cdot \rho \cdot C_{ли.отх} \cdot \eta_t \right) - Z_1 - Z_0, \quad (4)$$

где K_d – доля нормативной платы при размещении

промышленных отходов на специализированных полигонах и площадках; $V_{в.т}$ – объем в теле отвала для размещения отходов, m^3 ; ρ – насыпная плотность отходов, t/m^3 ; $C_{ли.отх}$ – ставка платы за размещение 1 т i -го отхода в пределах установленных лимитов, руб.; Z_1 – затраты на размещение отходов, руб.; Z_0 – затраты на формирование отвала в качестве емкости, руб.

$$Z_1 = \sum_{t=1}^T (Z_{тр} + Z_{ф.к.о} + Z_{и}) \cdot \eta_t, \quad (5)$$

где $Z_{тр}$ – затраты, связанные с транспортированием отходов от источника их образования до места их размещения, руб.; $Z_{ф.к.о}$ – затраты, связанные с отсыпкой отходов в карьере, руб.; $Z_{и}$ – затраты, связанные с необходимостью создания изоляции отходов от карьерных вод, паводков и талых вод, руб.

$$Z_0 = \sum_{t=1}^T (k_{ф.о} \cdot Z_{ф.о} + Z_{п.э} + Z_{эк} + Z_{тр}) \cdot \eta_t, \quad (6)$$

где $k_{ф.о}$ – увеличение затрат на формирование отвала в виде емкости в сравнении с традиционным отвалом

Рассчитанный экономический эффект от внедрения рекомендаций по использованию месторождений

Месторождение	Объект	Удельная ценность, руб./м ³	Ценность, млн. руб.	Расчетный годовой экономический эффект, млн руб.
«Барсучий лог»	Карьер	5,46	57,76	5,78
	Отвал	2,08	18,33	1,8
«Гранитный»	Карьер	410,2	3 279,3	409,9
«Западный»	Карьер	66,8	18 165,6	270,1
	Отвал	12,5	111,6	6,2
«Малый Куйбас»	Карьер	123,7	6 726,5	258,7
	Отвал	10,8	65,2	6,5

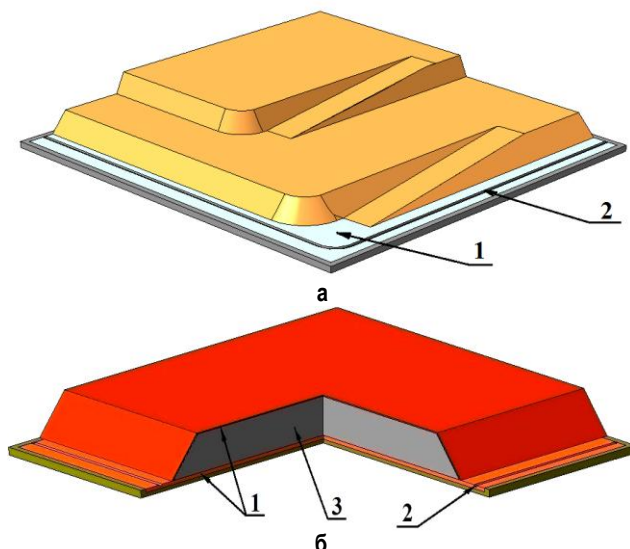


Рис. 1. Схема консервации отвала:
а – с оставлением рабочих площадок;
б – с сооружением защитного экрана:
1 – экран из глинистого грунта (0,1–0,2 м);
2 – прудок-нейтрализатор для загрязненной воды;
3 – отвал токсичных пород или некондиционных руд

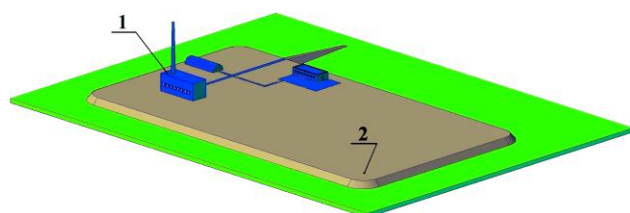


Рис. 2. Схема формирования и использования отвала как строительной площадки:
1 – промышленные сооружения;
2 – отвал в виде строительной площадки

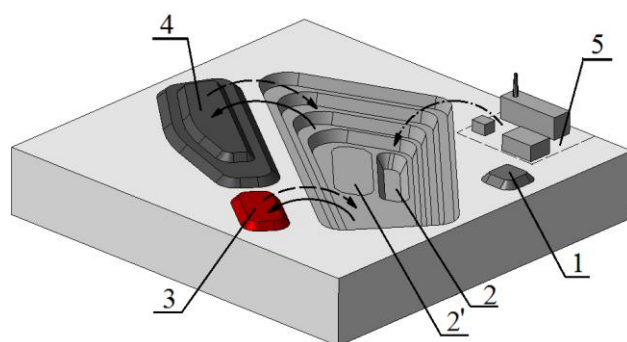


Рис. 3. Схема формирования и использования отвала и выработанного пространства карьера в качестве емкостей для размещения отходов различных производств:
1 – склад почвенного грунта; 2 – карта для размещения отходов; 2' – карта, заполненная отходами;
3 – отвал инертных пород (глины); 4 – отвал вскрыши; 5 – промышленный объект, источник отходов;
→ создание отвалов из глинистых и вскрышных пород в период строительства и эксплуатации карьера;
---> материал для сооружения карт в выработанном пространстве карьера;
- - -> предприятие, предоставляющее отходы для размещения в выработанном пространстве

(1,0–1,35%); $Z_{п.о}$ – затраты на формирование противофильтрационного экрана, руб.; $Z_{э.к}$ – экологические выплаты за размещение отвальных пород, руб.; $Z_{тр}$ – затраты, связанные с транспортированием отходов от источника образования до отвала, сформированного в виде емкости, руб.

Также был разработан экономико-математический метод расчета ценности карьеров $C_{в.к.п.}$, сформированных в виде емкости для размещения промышленных отходов (рис. 3) [4].

В качестве полезных свойств техногенных георесурсов принята вместимость емкостей карт, формируемых в карьере. Под понятием «карта» следует понимать котлован и емкость для размещения отходов.

Таким образом, предлагается определять ценность выработанного карьерного пространства с целью размещения промышленных отходов следующим образом, руб.:

$$C_{в.к.п.} = (1 - K_{д}) \times \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J V_{kj} \cdot \rho_i \cdot C_{л.отх} \cdot \eta_t \right) - Z_1 - Z_2, \quad (7)$$

где V_{kj} – объем j -й карты, m^3 ; ρ_i – плотность отходов, t/m^3 ; $C_{л.отх}$ – ставка платы за размещение 1 t -го отхода в пределах установленных лимитов, руб.; η_t – коэффициент дисконтирования; t – шаг моделирования, годы ($t=1, 2, \dots, T$); T – период формирования емкости, лет; i – вид размещаемого отхода [2, 5]; I – число классов опасности размещаемых отходов (II–IV); j – количество карт, создаваемых в выработанном пространстве; Z_1 – затраты на формирование выработанного карьерного пространства и вспомогательные мероприятия, обеспечивающие размещение отходов, руб.

Следует отметить, что в отличие от отвала при определении ценности выработанного карьерного пространства учитывается не весь объем выработанного карьерного пространства. Это связано с тем, что конфигурация карьера, его форма в плане оказывает непосредственное влияние на количество создаваемых карт в выработанном пространстве. В случае с отвалом его форма соотносится с формой карт, единственным ограничивающим фактором является площадь земельного отвода. В соответствии с [5] карты в плане следует выполнять вытянутой формы при соотношении сторон от 1:1,5 до 1:4 с целью сокращения открытой поверхности отходов при захоронении. Если форма карьера близка к прямоугольной, то выработанное пространство будет задействовано практически полностью, если же форма карьера округлая или иная другая, то будет использован не весь объем.

Соответственно при определении ценности техногенных георесурсов следует учитывать емкость карт, размещаемых в выработанном пространстве карьера $V_{п.о}$.

Полезный объем выработанного пространства карьера, m^3 :

$$V_{п.о} = \sum_{n=1}^N S_{п.п} \cdot h_k, \quad (8)$$

где $S_{п.п}$ – полезная площадь выработанного простран-

ства карьеров, m^2 ; h_k – высота 1 карты, м.

Были изучены варианты размещения промышленных отходов IV класса опасности в ряде месторождений Челябинской и Оренбургской областей. Таким образом, вместо ликвидации промплощадки на базе месторождения «Барсучий лог» было рассмотрено размещение промышленных отходов IV класса опасности предприятий, находящихся в г. Гай и г. Орск. При этом ежегодный экономический эффект в течение 10 лет составит 7,6 млн руб.

Аналогичные рекомендации были рассмотрены для месторождений «Гранитный», «Западный», «Восточный» и «Малый Куйбас» в целях размещения отходов ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Результаты, получаемые от их внедрения, представлены в таблице.

В выработанном пространстве карьеров и в теле отвалов можно размещать отходы различных классов опасности по согласованию со специально уполномоченными федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами на основе специальных (геологических, гидрологических и иных) исследований при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы [6].

Таким образом, горнодобывающее предприятие в процессе эксплуатации месторождения способно не только поставлять полезное ископаемое практически всем отраслям народного хозяйства, но и создавать новый вид продукции – емкости для размещения промышленных отходов. Фактически из отходов производства, т.к. после обработки месторождения и карьер, и отвал нельзя назвать иначе. Это позволяет повысить рентабельность горнодобывающего предприятия, продлить срок его эксплуатации.

С точки зрения воздействия на окружающую среду, использование выработанного пространства карьеров для размещения отходов положительно сказывается на экологии за счет изоляции отходов производства, нет необходимости в изъятии из сельскохозяйственного пользования новых площадей под свалки и полигоны для размещения отходов.

Список литературы

1. Карлович И.А. Геоэкология: учебник для высшей школы. М.: Академический проект: Альма Матер, 2005. («Gaudeamus».)
2. Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С. 10–14.
3. Зяляднов В.Ю. Обоснование способов формирования техногенных георесурсов при открытой разработке железорудных месторождений: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2005.
4. Пыталев И.А. Обоснование параметров карьеров и отвалов, формируемых в виде емкостей для размещения промышленных отходов: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2008.
5. Пособие по проектированию полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов (к СНиП 2.01.28-85).
6. Об отходах производства и потребления: федеральный закон от 29.12.2000 № 169-ФЗ, с изм. и доп. от 10.01.2003 № 15-ФЗ.

List of literature

1. Karlovich I.A. Geoecology: the textbook for the higher school. M.: the Academic project: Alma Mater, 2005. («Gaudeamus».)

- Gavrishev S.E., Pytalev I.A. Perspective of a direction of use of sailings and the developed career space // Vestnik MSTU named after G.I.Nosov. Magnitogorsk. 2007. № 4.
- Zaljadnov V. JU. The substantiation of ways of formation of technogenic georesources at open-cast mining the ore deposits: the Dissertation on competition of a scientific degree of a Cand. Tech. Sci. Magnitogorsk, 2005.
- Pytalev I.A. The substantiation of parametres of open-cast mines and the sailings formed in the form of capacities for placing of in-

dustrial wastes: the Dissertation on competition of a scientific degree of a Cand. Tech. Sci. Magnitogorsk, 2008.

- The grant on designing of ranges on neutralisation and a burial place of toxic industrial wastes (to building norms and rules 2.01.28-85).
- About production wastes and consumption: the federal law from 29.12.2000 N 169-FI, with changes and additions from 10.01.2003 N 15-FI).

УДК 621.926 – 251:622.778

Гмызина Н.В.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАКА

В центробежных дробилках [1] разрушение материала происходит за счет удара материала об отбойные элементы или самофутеровку при разгоне его в поле центробежных сил во вращающемся ускорителе, что по сравнению с разрушением материала за счет сдвиговых напряжений (раздавливание) в щековых дробилках и истирания в мельницах является более эффективным. Скорость вращения ротора определяет силу удара, которая является основным фактором, влияющим на эффективность измельчения. Прямо пропорциональное увеличение скорости вращения влечет за собой квадратичное увеличение кинетической энергии, а следовательно, и резкое повышение эффективности измельчения [2]. Поэтому были проведены исследования по изучению влияния скорости вращения ротора на ситовый состав измельченных продуктов и показатели их магнитного обогащения. Результаты ситового анализа представлены на рис. 1.

Анализ представленных графиков показывает, что при вращении ротора дробилки со скоростью 80 м/с образуется более мелкий продукт по сравнению с продуктами, полученными в результате дробления со скоростью вращения 60 и 40 м/с. Выход класса крупности – 2,0 мм при скорости вращения 60 и 40 м/с составил 61,15 и 46,2% соответственно. При скорости

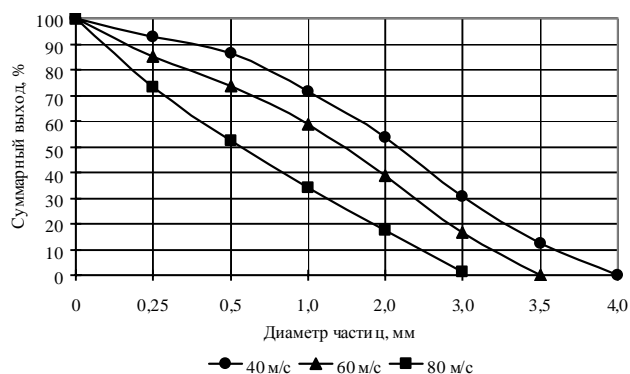


Рис. 1. Гранулометрические характеристики крупности шлака, подвергнутого дроблению на ДЦ со скоростью вращения ротора 40, 60 и 80 м/с

вращения ротора 80 м/с выход класса – 2,0 мм составил 82,6%, что на 21,45 и 36,4% больше, чем при дроблении со скоростью 60 и 40 м/с соответственно. Для изучения влияния скорости вращения ротора на показатели магнитного обогащения проб конвертерного шлака был проведен их магнитный анализ. Результаты представлены на рис. 2.

Увеличение скорости вращения ротора с 40 до 80 м/с приводит к увеличению массовой доли железа во всех

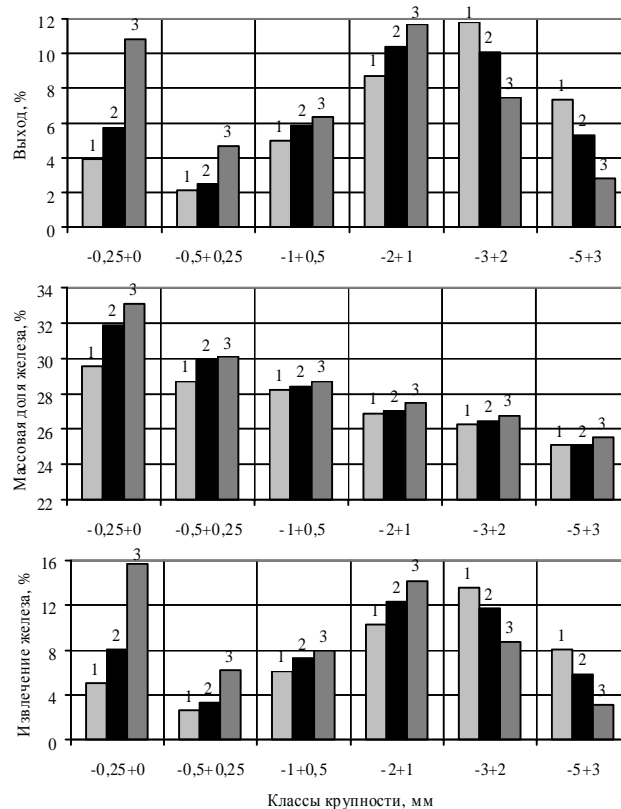


Рис. 2. Результаты магнитного анализа различных классов проб конвертерного шлака, подвергнутого дроблению на центробежной дробилке при скорости вращения ротора: 1 – 40 м/с; 2 – 60 м/с; 3 – 80 м/с

классах крупности. Так, в классе -0,25 +0 мм массовая доля железа составляет 29,53, 31,88, 33,09% соответственно при 40, 60 и 80 м/с. Выход магнитной фракции и извлечение железа в магнитную фракцию также увеличиваются до крупности 2-0 мм. В классах крупности -3 +2 мм и -5 +3 мм наблюдается снижение данных показателей обогащения вследствие перехода материала в более мелкие классы крупности в результате его измельчения. При 40, 60 и 80 м/с извлечение в классе - 0,25 +0 мм составляет соответственно 5,07, 8,04 и 15,67%.

Одновременно повышение скорости вращения ротора с 40 до 60 м/с приводит к увеличению суммарного выхода магнитной фракции с 30,4 до 35,1%. Увеличение скорости вращения ротора до 80 м/с ведет к дальнейшему росту суммарного выхода магнитной фракции до 43,76%, что на 13,36 и 8,66% больше, чем при дроблении со скоростью 40 и 60 м/с. Результаты представлены на рис. 3.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение скорости вращения ротора центробежной дробилки приводит к росту всех технологических показателей. Для определения взаимосвязи скорости вращения ротора центробежной дробилки и физико-механических свойств конвертерных шлаков воспользуемся контактной теорией Г. Герца. Теория основывается на допущении, что если время прохождения упругих волн, возникающих в результате деформации, через всё тело много меньше времени удара, то влиянием упругих колебаний можно пренебречь и считать характер контактных взаимодействий при ударе таким же, как в статическом состоянии. Воспользуемся исходным уравнением теории Герца

$$-P_D = m \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} \quad (1)$$

Знак «-» учитывает замедление ускорения по мере роста P_D .

Введем основное предположение теории соударений Герца. Допустим, что зависимость между силой P_D и величиной ε , выведенная Герцем при статическом сжатии, сохраняется и при динамических взаимодействиях тел, так как продолжительность удара

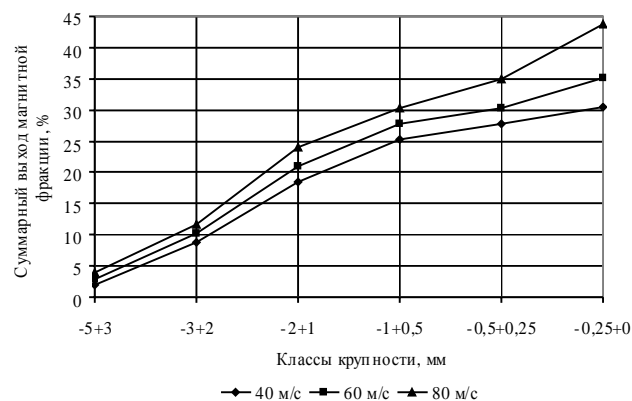


Рис. 3. Зависимость суммарного выхода магнитной фракции от скорости вращения ротора центробежной дробилки

значительно превосходит период наиболее медленных собственных колебаний соударяющихся тел.

По исследованиям Герца величина приближения (сжатия) ε шара к плите связана с силой P_D взаимодействия шара и плиты уравнением

$$P_D = K_1 \varepsilon^{3/2} \quad (2)$$

При ударе шара о плоскость

$$K_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \sqrt{R_{ш}} \quad (3)$$

где E – модуль упругости дробимого материала; μ – коэффициент Пуассона; $R_{ш}$ – радиус шара.

Подставляя в уравнение (1) значение силы P_D из уравнения (2), получим

$$m \cdot \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = K_1 \varepsilon^{3/2},$$

отсюда

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = -K_1 \varepsilon^{3/2} m.$$

Принимая

$$K_2 = \frac{1}{m} \quad (4)$$

получим

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = -K_1 K_2 \varepsilon^{3/2} \quad (5)$$

Учитывая, что

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{v dv}{d\varepsilon}$$

и умножая обе части равенства на $d\varepsilon$, будем иметь

$$v dv = -K_1 K_2 \varepsilon^{3/2} d\varepsilon,$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты, зависящие от свойств разрушаемого материала.

Интегрируем полученное уравнение (левую часть в пределах от v до v' и правую – от 0 до ε):

$$\int_v^{v'} v dv = -K_1 K_2 \int_0^\varepsilon \varepsilon^{3/2} d\varepsilon;$$

$$\frac{1}{2} (v'^2 - v^2) = K_1 K_2 \frac{2}{5} \varepsilon^{5/2} \quad (6)$$

Величина ε имеет максимальное значение, когда скорость $v' = 0$. Решаем уравнение (6) относительно ε , полагая, что $v' = 0$:

$$-\left(\frac{1}{2}v^2\right)^{2/5} = -\left(K_1K_2\frac{2}{5}\right)^{2/5} \varepsilon_{\max};$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\left(\frac{1}{2}v^2\right)^{2/5}}{\left(K_1K_2\frac{2}{5}\right)^{2/5}} = \left(\frac{5}{K_1K_2}\right)^{2/5} \left(\frac{v}{2}\right)^{4/5};$$

$$\varepsilon_{\max} = \left(\frac{5}{K_1K_2}\right)^{2/5} \left(\frac{v}{2}\right)^{4/5}. \quad (7)$$

На основании уравнений (2) и (7) максимальная сила взаимодействия куска с отбойной плитой будет равна

$$P_{D\max} = K_1 \left[\left(\frac{5}{K_1K_2}\right)^{2/5} \left(\frac{v}{2}\right)^{4/5} \right]^{3/2};$$

$$P_{D\max} = K_1 \left(\frac{5}{4} \cdot \frac{v^2}{K_1K_2} \right)^{3/5}.$$

Подставляя в последнее выражение уравнения (3) и (4), получим

$$P_{D\max} = \frac{5^{3/5} \cdot m^{3/5}}{2^{2/5} \cdot 3^{2/5}} \left(\frac{E\sqrt{R_{\text{ш}}}v^3}{(1-\mu^2)} \right)^{2/5}. \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{D\max}}{S}.$$

Приняв площадь поперечного сечения за площадь круга, получим

$$P_{D\max} = \sigma_{\text{сж}} \cdot \pi \cdot R_{\text{ш}}^2. \quad (9)$$

Подставляя выражение (9) в уравнение (8), получим

$$\sigma_{\text{сж}} \cdot \pi \cdot R_{\text{ш}}^2 = \frac{5^{3/5} \cdot m^{3/5}}{2^{2/5} \cdot 3^{2/5}} \left[\frac{E\sqrt{R_{\text{ш}}}v^3}{(1-\mu^2)} \right]^{2/5},$$

откуда

$$\sigma_{\text{сж}} \cdot \pi \cdot R_{\text{ш}}^2 = \frac{5^{3/5}}{6^{2/5}} \cdot m^{3/5} \left[\frac{E\sqrt{R_{\text{ш}}}}{(1-\mu^2)} \right]^{2/5} v^{6/5}.$$

Возведем обе части уравнения в степень $5/6$ и выразим v , разделив левую часть уравнения на правую:

$$v = 3,2 \cdot \sigma^{5/6} \cdot \sqrt[3]{\frac{(1-\mu^2)}{E}} \cdot \sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{m}}.$$

Выразив массу куска через плотность и объем, получим итоговое выражение

$$v = 3,2 \cdot \sigma^{5/6} \cdot \sqrt[3]{\frac{(1-\mu^2)}{E}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4\rho\pi}} \cdot R_{\text{ш}}^{5/6}.$$

Данное выражение позволяет определять скорость удара куска об отражательную плиту, необходимую для его разрушения. Анализируя полученное выражение, можно сделать вывод, что основными параметрами, которые будут влиять на выбор скорости вращения ротора дробилки, являются плотность и размер кусков измельчаемого конвертерного шлака. Следовательно, наличие в конвертерном шлаке корольков металла повысит плотность измельчаемого материала и, как следствие, позволит снизить скорость, необходимую для разрушения материала, что, в свою очередь, позволит снизить потребление электроэнергии.

Список литературы

1. Мальцев В.А., Свитов В.С. Техника и технология ударно-центробежного дробления // Горные машины и оборудование. 2004. № 3. С. 38–40.
2. Барабашкин В.П. Молотковые и роторные дробилки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1973. 144 с.

List of literature

1. Maltsev V.A., Svitov V.S. The technique and technology of knocked-centrifugal crushing // The mountain machines and equipment. 2004. № 3. P. 38–40.
2. Barabashkin V.P. The gavel and rotor grinder. 2 publ., proc. and compl. M.: Nedra, 1973. 144 p.

УДК 622.013.364

Вохмин С.А., Загиров Н.Х., Требуш Ю.П., Курчин Г.С.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ НЕДР ПРИ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Показатели извлечения полезных ископаемых при добыче оказывают особое влияние на экономические результаты деятельности горнодобывающих предпри-

ятий и результаты освоения месторождений. Потери и разубоживание полезного ископаемого, отражают полноту и качество извлечения полезных ископаемых

из недр, зависят от технологического уровня ведения горных работ, обоснованности технических решений и применяемых технологий освоения месторождений. В уровне фактических потерь и разубоживания полезных ископаемых на рудниках комплексно отражаются геологические, технологические, экономические и организационные факторы горного производства.

Основополагающим научно-практическим решением в области рационального использования недр явилась работа «Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр» [1], в которой рассмотрены вопросы по определению, учету, нормированию и экономической оценке последствий потерь полезных ископаемых, что дало возможность проводить оптимизацию полноты использования запасов при добыче, выявлять эффективные средства снижения потерь и разубоживания руды.

Нормирование и планирование потерь и разубоживания - одна из сложнейших задач рационального и эффективного использования запасов месторождений. Нормативы устанавливаются на рациональное, культурное, паспортное исполнение системы разработки в целом и в деталях, с учетом строгого и точного соблюдения всех требований правил безопасности, действующих технических и технологических инструкций, а также принятых к внедрению рекомендаций научно-исследовательских организаций. Нормативы призваны обеспечить более полное и глубокое использование имеющихся ресурсов, строгое ограничение как потерь полезного ископаемого, так и его разубоживания.

Расчет величин нормативных потерь и разубоживания полезных ископаемых является неотъемлемой частью проектов развития горных работ всех горнодобывающих предприятий. Согласно Правилам охраны недр, утвержденным Федеральным горным и промышленным надзором России в 2003 году, все годовые планы развития горных работ должны содержать нормативы потерь полезных ископаемых при добыче [2] (П. 50, раздел IV). Нормативы потерь должны устанавливаться для каждой выемочной единицы, вовлекаемой в отработку (пп. 55 и 69, разд. IV).

Для рудных месторождений основным критерием для оценки экономической эффективности полноты и качества извлечения является максимум прибыли с 1 т погашаемых балансовых запасов выемочной единицы [1, 3]:

$$np = C_{\sigma} \times K_n \times I_c - C_{\text{тоб}} \times \frac{K_n}{K_k} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где np – средневзвешенная величина прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого, руб.; C_{σ} – средневзвешенная ценность полезных компонентов в 1 т погашенных балансовых запасов, руб.; K_n, K_k – коэффициенты извлечения из недр и изменения качества полезного ископаемого; I_c – сквозной коэффициент извлечения полезных компонентов при переработке руды; $C_{\text{тоб}}$ – полная себестоимость добычи, транспортировки и переработки 1 т товарной руды, руб.

Установленная по оптовым ценам на конечную продукцию горнодобывающих предприятий и затра-

там, отнесенным к 1 т погашаемых балансовых запасов, прибыль учитывает наиболее полно все факторы, влияющие на уровень показателей извлечения, в том числе взаимосвязаны экономические последствия от потерь и разубоживания руды.

Особую сложность при нормировании показателей извлечения из недр представляют месторождения нерудных полезных ископаемых, таких как, например, гипс, ангидрит и известняк. Поскольку большинство месторождений такого типа – месторождения осадочного происхождения, то глубина их залегания, как правило, не превышает 250–300 м. Протяженность залежей, большая мощность, пологие углы залегания и невысокая ценность нерудных материалов создают предпосылки к применению производительных систем с открытым очистным пространством. Камерно-столбовая система разработки – одна из наиболее производительных и конструктивно простых систем этого класса. Выемка полезного ископаемого выработками большой ширины создает благоприятные условия для работы современного самоходного оборудования и обеспечивает высокую производительность труда и интенсивность выемки.

Основной отличительной особенностью предприятий, занимающихся добычей нерудного строительного сырья, является отсутствие обогащительного передела в технологической цепочке. Именно это предопределяет жесткие требования потребителей к качеству товарной массы – минимальному содержанию полезного компонента и максимальному содержанию вредных компонентов.

Содержание компонента в добытой товарной массе (a , %, г/т) определяется по формуле [1, 3]

$$a = \frac{B \cdot v + B_u \cdot c}{B_u + B}, \quad (2)$$

где B – величина подработанных вмещающих пород, т; v – содержание компонента во вмещающих породах, %, г/т; B_u – величина извлеченных балансовых запасов, т; c – содержание компонента в балансовых запасах, %, г/т.

Таким образом, для рудных месторождений и месторождений нерудного сырья применимы разные критерии оценки эффективности использования недр:

- для рудных месторождений критерием является максимум прибыли с 1 т погашаемых балансовых запасов выемочной единицы;
- для нерудных – предельное содержание компонентов в товарной массе – минимальное содержание полезного компонента и максимальное содержание вредных компонентов.

Тем не менее, алгоритм как совокупность действий, необходимых для реализации поставленной задачи, остается единым для рудных и нерудных месторождений [4].

Рассмотрим использование данных критериев для отработки условного месторождения камерно-столбовой системой [4], применимой для рудных месторождений и месторождений нерудного сырья.

В **таблице** приведены места потерь полезного ископаемого и источники разубоживания, характерные для данной системы разработки. Данная классификация разработана в соответствии с «Отраслевой классификацией потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче» [3].

При обосновании нормативов для правильного выбора методики расчета и расчетной схемы (математической модели) очень важным является уяснение механизма формирования потерь и разубоживания полезного ископаемого по каждому месту и источнику их образования. С этой целью целесообразно выявить процессы горных работ, влияющих на формирование потерь и разубоживание полезного ископаемого (в **таблице** выделены курсивом).

По **таблице** прослеживается доминирующее влияние на формирование потерь и разубоживание руды двух процессов очистных работ – отбойки и доставки полезного ископаемого.

В соответствии с классификациями (см. **таблицу**) потери и разубоживание руды подразделяются на взаимосвязанные и обособленные.

К взаимосвязанным относят потери и разубоживание руды в тех случаях, когда снижение уровня потерь руды ведет к увеличению уровня разубоживания

руды: например, потери руды в массиве по почве и кровле камер и разубоживание вмещающими породами на геологических контактах залежи (ПЗ и Р1).

Данные потери и разубоживание руды определяются вариантно-аналитическим методом:

- для рудных месторождений по критерию максимальной прибыли с 1 т погашенных балансовых запасов полезного ископаемого (ф-ла (1));
- для месторождений нерудного сырья по критерию предельного содержания компонентов в товарной массе (ф-ла (2)).

Обособленные виды потерь и разубоживания полезного ископаемого определяются статистическим методом или методом прямого расчета, например потери отбитого полезного ископаемого на почве выработанного пространства или выработок (П4, П5), потери полезного ископаемого в панельных и опорных целиках (П1 и П2), подработка почвы выработанного пространства или выработок (Р4, Р5), а также отработка породных прослоев (Р2).

Основополагающим элементом нормирования является исследование каждого вида и источника потерь и разубоживания, определение их взаимосвязей и причин образования.

Для камерно-столбовых систем разработки наи-

Общая классификация потерь и разубоживания полезного ископаемого

Наименование мест и источников потерь (П) и разубоживания (Р)	Условные обозначения	Причины и условия образования потерь и разубоживания
Потери полезного ископаемого		
<i>Потери в массиве</i>		
В панельных целиках	П1	Оставление полезного ископаемого в виде целиков на границах и внутри выработанного пространства для обеспечения безопасных условий ведения горных работ, <i>обусловленное конструктивным исполнением системы разработки и процесса отбойки полезного ископаемого</i>
В опорных целиках	П2	Оставление полезного ископаемого на контактах с породами вследствие несовпадения контура отбойки с поверхностью залежи, <i>обусловленная морфологией контакта и технологическим исполнением процесса отбойки полезного ископаемого</i>
На контактах с породой	П3	Оставление отбитого полезного ископаемого на почве выработок вследствие неполноты зачистки, <i>обусловленное возможностями технологического оборудования на доставке и зачистке полезного ископаемого</i>
На днище (почве выработанного пространства)	П5	Оставление отбитого полезного ископаемого в выработанном пространстве вследствие неполноты зачистки, <i>обусловленное конструктивным исполнением системы разработки и процесса доставки полезного ископаемого</i>
Полезное ископаемое, выданное в породный отвал при проходке выработок	П6	Выдача отбитого полезного ископаемого совместно с породой вследствие некондиционного содержания полезного компонента в добытой массе, <i>обусловленная технологическим исполнением процесса отбойки полезного ископаемого</i>
Разубоживание		
<i>Первичное разубоживание</i>		
При подработке контактов на границах выработанного пространства	Р1	Подработка контактов с породой, <i>обусловленная морфологией контакта, а также технологическим исполнением процесса отбойки полезного ископаемого</i>
При отработке породных прослоев	Р2	Отработка породных прослоев, <i>обусловленная морфологией залежи, а также технологическим исполнением системы разработки и процесса отбойки полезного ископаемого</i>
При проходке выработок	Р3	Подработка вмещающего массива при проходке выработок, <i>обусловленная технологическим исполнением процесса отбойки полезного ископаемого</i>
<i>Вторичное разубоживание</i>		
Механический задыр почвы выработок	Р4	Подработка почвы при доставке и зачистке полезного ископаемого, <i>обусловленная характеристиками вмещающего массива и возможностями технологического оборудования на доставке и зачистке полезного ископаемого</i>
Механический задыр почвы выработанного пространства	Р5	

более весомыми являются **потери полезного ископаемого в массиве (в целиках)** – панельных и опорных (П1 и П2), определяются в зависимости от физико-механических свойств полезного ископаемого и налегающих пород, а также глубины залегания залежи полезного ископаемого от земной поверхности. Обоснование данных потерь в массиве, оставленных в виде несущих конструкций опорных целиков внутри выработанного пространства (П2) или ограничивающих выработанное пространство (П1), производится согласно рекомендациям проектных и научных организаций с учетом имеющегося на горных предприятиях производственного опыта, характеристик полезного ископаемого и пород, а также сейсмического воздействия на массив процесса отбойки полезного ископаемого [6]. Данные виды потерь являются единичными для рудных и нерудных месторождений, нормирование их производится одинаково.

Наибольший интерес представляют **взаимосвязанные потери** полезного ископаемого **в массиве и разубоживание** полезного ископаемого **породой на геологических контактах** (ПЗ, Р1). Потери и разубоживание на контактах образуются вследствие несовпадения контура отбойки и поверхности контакта (рис. 1). Каждому контуру отработки (1–6) соответствуют свои величины потерь полезного ископаемого и подработки разубоживающих вмещающих пород.

Для **рудных месторождений** расчет сводится к определению рационального контура отбойки, обеспечивающего максимальную экономическую эффективность отработки запасов – максимальное значение прибыли. Уровни потерь и разубоживания руды, соответствующие этому контуру, являются нормативными (рис. 2).

Для **месторождений нерудного сырья** расчет сводится к определению рационального контура отбойки, обеспечивающего допустимое содержание компонента в товарной массе ($C_{дон}$, %). Уровни потерь и разубоживания, соответствующие этому контуру, являются нормативными (рис. 3). Для многокомпонентных залежей определяющим является компонент с минимальным значением контура отработки, соответствующего допустимому содержанию данного его в товарной массе. Нормативные уровни потерь и разубоживания принимаются по этому минимальному значению контура отработки.

Потери и разубоживание полезного ископаемого

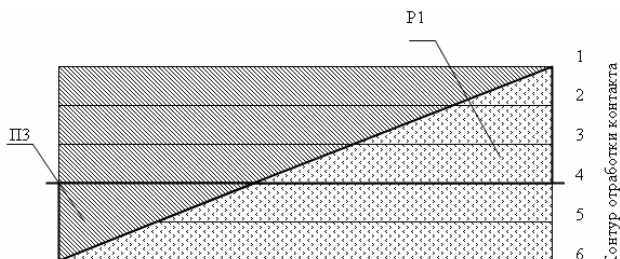


Рис. 1. Схема формирования потерь полезного ископаемого (ПЗ) и подработки вмещающих пород (Р1) на геологических контактах

го **при проведении выработок на контакте с разубоживающим массивом** (П6, Р3) образуются за счет выдачи полезного ископаемого или в породный отвал (П6), или в товарную массу (Р3).

Для **рудных месторождений** величина данных потерь или разубоживания определяется путем сравнения фактического разубоживания руды ($P_{ф}$) при проведении выработки с расчетным предельно-допустимым разубоживанием руды ($P_{пред}$):

- при $P_{ф} > P_{пред}$ добытая рудная масса направляется в породный отвал (П6);
- при $P_{ф} \leq P_{пред}$ добытая рудная масса направляется в товарную руду (Р3).

Для **нерудных месторождений** величина данных потерь или разубоживания определяется путем сравнения фактического содержания компонента в товарной массе ($C_{ф}$, %) с предельно-допустимым содержанием данного компонента в товарной массе ($C_{дон}$, %):

- при $C_{ф} > C_{дон}$ добытая рудная масса направляется в породный отвал (П6);
- при $C_{ф} \leq C_{дон}$ добытая рудная масса направляется в товарную руду (Р3).

Потери отбитого полезного ископаемого на почве выработанного пространства за счет неполноты зачистки отбитого полезного ископаемого (П5) – расчет нормативных величин производится по результатам экспериментальных работ с учетом качества оформления почвы и бортов выработанного пространства, а также характеристик оборудования на доставке и зачистке отбитого полезного ископаемого. Например, для условий рудника «Ангидрит» Заполярного филиала

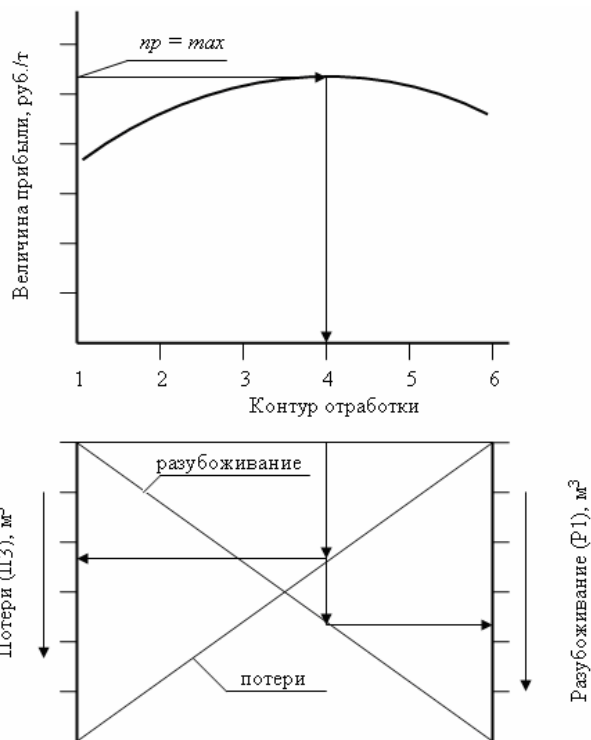


Рис. 2. Схема к расчету потерь полезного ископаемого (ПЗ) и подработки вмещающих пород (Р1) на геологических контактах рудных месторождений

ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель» экспериментальными работами установлена следующая зависимость (рис. 4) [7]:

$$h_{on} = 0,15 \cdot \left[1 + \frac{(L_{ндм} - 2)}{2} \right]^{0,5}, \quad (3)$$

где h_{on} – высота слоя, остающегося на почве выработок после зачистки, м; $L_{ндм}$ – ширина ковша погрузочно-доставочной машины, занятой на зачистке, м.

Нормативная величина потерь полезного ископаемого на почве выработок (П4, м³/пм)

$$П4 = \frac{h_{on} \times K_k \times b}{K_p}, \quad (4)$$

где b – ширина выработки, м; K_p – коэффициент разрыхления.

Потери отбитого полезного ископаемого **на почве выработок** (Пб) характерны при скреперной доставке руды и образуются по причине оставления руды по бортам выработок и в местах её погрузки и разгрузки. Расчет величин потерь отбитого полезного ископаемого в этом случае производится прямым методом или по результатам экспериментальных работ. Для систем разработки с применением на процессах очистных работ самоходного оборудования данные места разубоживания не характерны.

Нормативная величина вторичного разубоживания вследствие поддира почвы выработанного пространства (P5) и **почвы доставочной выработ-**

ки (P4) рабочим органом доставочного оборудования характерны при скреперной доставке полезного ископаемого и определяется прямым методом или по аналитическим зависимостям с учетом характеристик материала почвы выработки, технических параметров оборудования, объема отгружаемой руды и т.д. Для систем разработки с применением на процессах очистных работ самоходного оборудования данные места разубоживания не характерны.

Нормативная величина вторичного разубоживания полезного ископаемого при отработке породных прослоев (P2) определяется прямым методом по данным геологической и маркшейдерской служб горного предприятия, если эти породные прослои не были включены в контур балансовых запасов залежи.

Выводы

1. Нормативы потерь и разубоживания являются основой для планирования уровня извлечения полезных ископаемых из недр при добыче и критерием оценки качества горных работ. В уровне фактических потерь и разубоживания на предприятиях горнодобывающей отрасли комплексно отражаются геологические, технологические, экономические и организационные факторы горного производства.

2. В результате проведенных исследований авторами создана методика нормирования и планирования потерь и разубоживания на предприятиях обрабатывающих месторождения полезных ископаемых системами с открытым очистным пространством. При этом выявлены сходные для рудных и нерудных месторождений места и источники образования потерь и разубоживания, нормирование которых производится аналогично.

3. Выявлено принципиальное различие в подходах к нормированию потерь и разубоживания на рудных и нерудных месторождениях полезных ископаемых, заключающееся в том, что за основной критерий

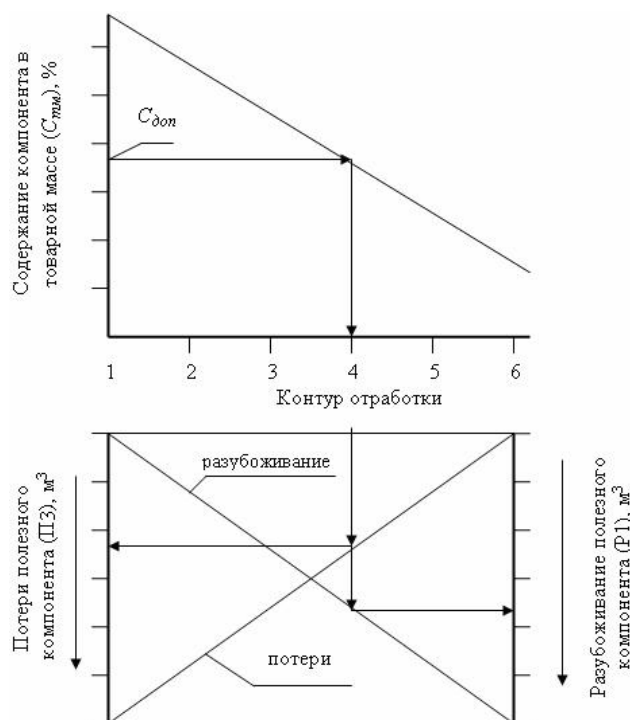


Рис. 3. Схема к расчету потерь полезного ископаемого (ПЗ) и подработки вмещающих пород (P1) на геологических контактах нерудных месторождений

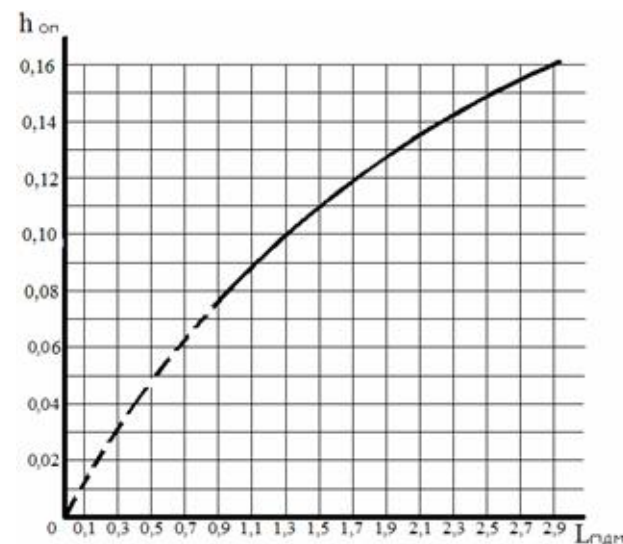


Рис. 4. Зависимость толщины слоя (h_{on} , м) теряемого полезного ископаемого на почве от ширины ковша ПДМ ($L_{ндм}$, м) на зачистке камер

оценки эффективности для нерудных принимается содержание компонентов в товарной массе.

сб. материалов 7-й междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. В.Е. Кислякова. Красноярск: ИПК СФУ, 2009. Ч. 1. 372 с.

Список литературы

1. Техничко-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр / под общ. ред. М.И. Агошкова. М.: Недра, 1974. 312 с.
2. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Правила охраны недр (ПБ 07-601-03). Сер. 07. Вып. 11. М.: ГУП «НТЦ БП», 2003. 64 с.
3. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания полезного ископаемого и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. М.: Госгортехнадзор, 1975. 127с.
4. Правила технической эксплуатации рудников, приисков и шахт, разрабатывающих месторождения цветных, редких и драгоценных металлов. М.: «Недра», 1981. 109 с.
5. Вохмин С.А., Требуш Ю.П., Ермолаев В.Л. Планирование показателей извлечения при подземной разработке месторождений полезных ископаемых: монография. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2002.
6. Методические указания по определению размеров камер и целиков при подземной разработке руд цветных металлов. Чита, 1988. 126 с.
7. Методы снижения потерь ангидрита при подземной добыче / С.А. Вохмин, Е.Г. Малиновский, Г.С. Курчин, Е.С. Майоров // Современные технологии освоения минеральных ресурсов:

List of literature

1. The Technical and economic estimation of extraction of minerals from bowels / edited by M.I. Agoshkov. M: Nedra, 1974. 312 p.
2. Protection of bowels and geologo-markshejdersky the control. Rules of protection of bowels (Safety rules 07-601-03). A series 07. Release 11 / Kol.avt. M.: State unitary enterprise the Scientific and technical centre on safety in the industry of Gosgortekhnadzor of Russia, 2003. 64 p.
3. The branch instruction on definition, rationing and the account of losses and dilution a mineral and sand on mines and mines of the Ministry of nonferrous metallurgy of the USSR. M.: Gosgortekhnadzor, 1975. 127 p.
4. Rules of technical operation of mines, mines and the mines developing deposits of nonferrous, rare and precious metals. M.: Nedra, 1981. 109 p.
5. Vokhmin S.A., Trebush Yu.P., Ermolaev V.L. Planning of extraction indicators at underground mining of mineral deposits: the Monography. Krasnoyarsk: State Academes of Nonferrous Metals and Gold, 2002.
6. Methodical instructions by definition of the sizes of chambers also it is whole at underground mining of ores of nonferrous metals. Chita, 1988. 126 p.
7. Method of decrease in losses of anhydrite at underground extraction / S.A.Vokhmin, E.G.Malinovsky, G.S.Kurchin, E.C. Major // Modern technologies of development of mineral resources of Sb.mat. 7th international scientific and technical conference / edited by V.E.Kislyakov. Krasnoyarsk: IPK SFU, 2009. Part 1. 372 p.

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 624.127.8

Кондратьев Л.И., Манушин А.А., Мельников И.Т., Суров А.И.

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ХВОСТОВ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Площадка завода ООО «Еврохим – Белореченские Минеральные Удобрения (БМУ)» расположена в 8,5 км от города Белореченск Краснодарского края. При производстве экстракционной фосфорной кислоты образуются отходы фосфогипса с количестве 1,15 млн т в год, которые относятся в IV классу опасности согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (приказ Минприроды № 786 от 2.12.2002; в редакции приказ МПР № 663 от 30.07.2003).

Шламонакопитель фосфогипса расположен на водоразделе ручьев ганжа 2 и ганжа 3 в 1,5 км на северо-запад от промплощадки. абсолютные отметки изменяются от 133,0 до 125,5 м. Шламонакопители № 1 и 2 расположены на водоразделе ручьев Ганжа 2 и Ганжа 3 в 0,5 км на северо-запад от промплощадки. Абсолютные отметки изменяются от 135,0 до 130,0 м. климат района умеренно континентальный. средняя годовая температура составляет 10,4°C. Средняя температура наиболее холодного месяца (январь) равна –2,3°C, наиболее теплого (июль) 22,5°C. среднегодовое количество осадков составляет 740 мм. Осадки кратковременные, преимущественно ливневые. Величина испарения с водной поверхности составляет 942 мм. Зимний период отличается интенсивными оттепелями, в среднем 70–80 дней в году, с возможным временным повышением температуры до 25°C. Снежный покров неустойчив. Промерзание почвы небольшое и по многолетним наблюдениям максимальная глубина промерзания составила 50 см, а по расчетам –75 см. Среднегодовая относительная влажность воздуха равна 75%.

Среднемесячная температура летнего периода составляет +13°C – +18,7°C. Абсолютный максимум достигает от+32°C до+37°C (май–август).

Преобладающее направление ветров – западное и юго-западное. Средняя годовая скорость ветра равна 4,6 м/с. Сильные ветры 11–15 м/с наблюдаются преимущественно в зимние месяцы. Средняя высота снежного покрова колеблется в пределах 21–30 см. Среднее годовое количество осадка – 522 мм, из них на теплый период (апрель–октябрь) приходится 376 мм, на холодный – 146 мм.

Сейсмичность района расположения шламонакопителя фосфогипса в соответствии со СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» и изменением № 5, введенным с 1 января 2000 г., принимается 8 баллов для объектов повышенной ответственности и особо

ответственных. На момент проектирования, строительства и эксплуатации шламонакопителя сейсмичность площадки определялась в 6 баллов по СНиП II-7-81.

Согласно СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения (ГТС). Основные положения проектирования», ограждающие дамбы шламонакопителя фосфогипса отнесены к III классу ответственности.

Инженерно-геологические условия участка складирования фосфогипса представлены породами четвертичного возраста. С поверхности до глубины 1,2–1,8 м развиты современные отложения – почвы, представленные суглинисто-глинистым черноземом. Ниже повсеместно залегают верхнечетвертичные аллювиальные отложения – коричневые и светло-коричневые лессовидные, пылеватые твердые глины, мощностью от 7,4 до 12,3 м со средним значением коэффициента фильтрации 0,007 м/сут. Слой глин на глубине 8,7–15,3 м подстилается также повсеместно толщей гравийно-галечниковых грунтов ниже- и среднечетвертичных аллювиальных отложений с супесчано-суглинистым заполнителем, с прослоями супеси, суглинка, глины и песка. Мощность слоя гравийно-галечниковых грунтов не определена: ни одна из скважин глубиной до 21 м не достигала их подошвы, хотя скважина заглубилась в этот слой на 9,9 м. Прослой песка, супеси, суглинка распространены не повсеместно. Расположены они, как правило, на контакте лессовидных глин и гравийно-галечниковых грунтов. Мощность прослоев колеблется в пределах 1,0–1,5 м.

Гидрологические условия на площадке складирования фосфогипса благоприятные. Грунтовые воды на участке складирования фосфогипса ни одной из пробуренных скважин не встречены, – здесь они залегают на глубине более 20 м. Однако на участке, прилегающем с запада к накопителю фосфогипсов, грунтовые воды были встречены в трех скважинах на глубинах 18,2, 8,2 и 8,7 м от поверхности земли, что соответствует абсолютным отметкам 105,8; 109,1 и 108,3 м. Грунтовые воды распространены в ниже- и среднечетвертичных супесях и глинах по песчаным прослоям, а также в гравийно-галечниковых отложениях. Коэффициент фильтрации гравийно-галечниковых грунтов с супесчано-суглинистым заполнителем равен 2–10 м/сут.

Гидрологическая сеть территории завода и г. Белореченска представлена реками Белая, Пшеха и Ганжа 1, 2 и 3. Река Белая – левый приток р. Кубани

впадает в нее на расстоянии 277 км от устья, р. Пшеха впадает в р. Белая в 3 км ниже г. Белореченска. Река Ганжа 2 является притоком реки Ганжа 1, которая впадает в р. Белая на расстоянии 25 км от устья, р. Ганжа 3 является притоком р. Шиш.

Шламонакопитель фосфогипса трехсекционный, равнинного типа, наливной, образован путем возведе-

ния ограждающих дамб по периметру каждой секции и предназначен для складирования фосфогипса, являющегося продуктом технологического отхода при производстве экстракционной фосфорной кислоты. Ограждающие дамбы грунтовые, однородные по своей конструкции без сооружения зубьев, центральных ядер и экранов со стороны верхнего бьефа, отсыпаны

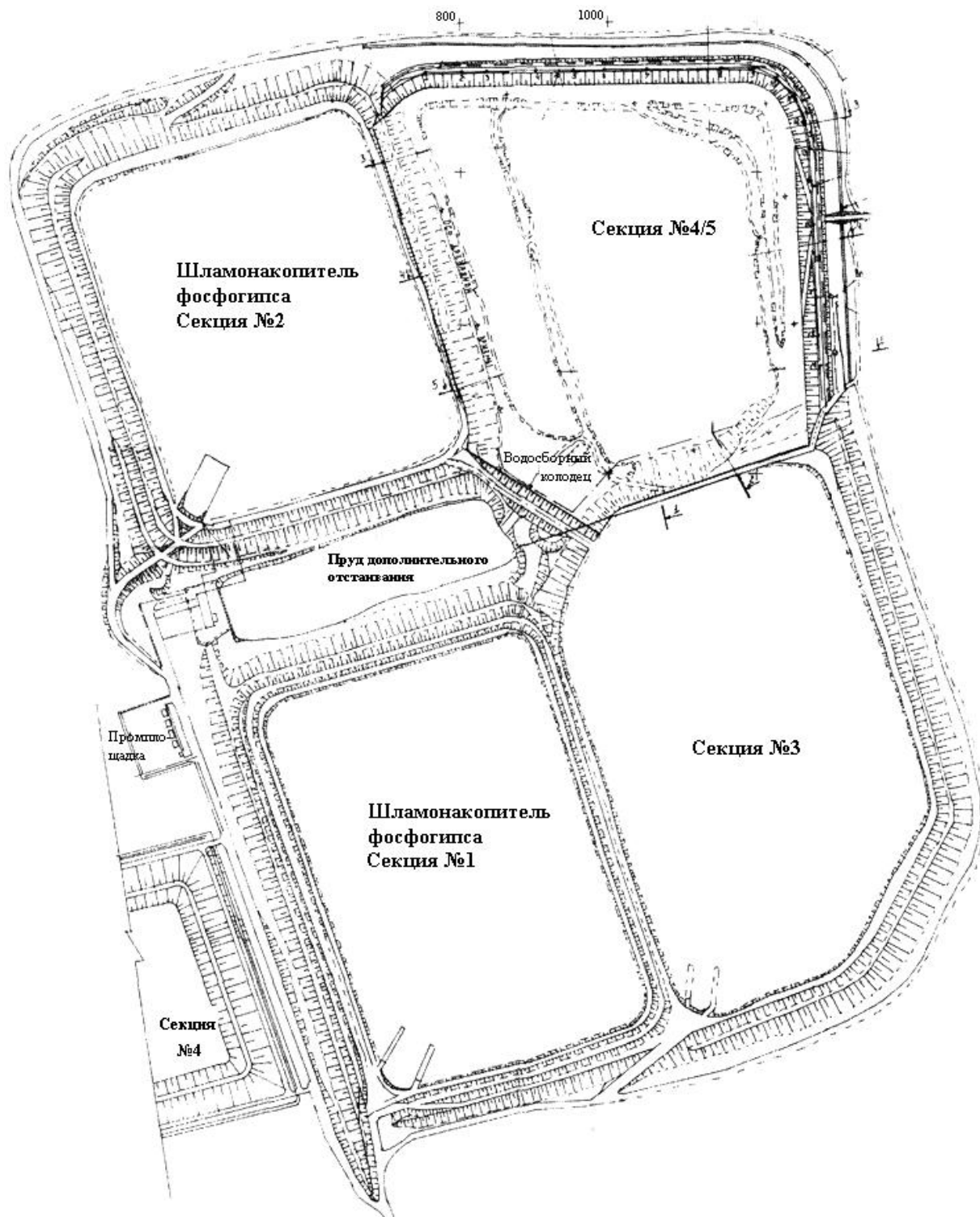


Рис. 1. План расположения сооружений шламонапителя фосфогипса

из глинистых грунтов, разрабатываемых в чаше накопителя. Основанием дамб служит глина от буровато-коричневой до желто-бурой, твердая, плотная с гнездами карбонатов.

Почвенно-растительный слой и глина темно-серая гумусированная общей мощностью 1,60 м удалены на площади всей чаши накопителя.

Вместимость шламонакопителя составляет 11,39 млн м³, в том числе по секциям: секция № 1 – 4,48 млн м³, секция № 2 – 3,63 млн м³, секция № 3 – 3,28 млн м³. План расположения сооружений приведен на рис. 1.

Проектная отметка гребня ограждающих дамб секции № 1 – 147,0 м; секции № 2 – 146,0 м; секции № 3 – 142,7 м. Максимальная высота дамб над минимальной отметкой основания в нижнем бьефе соответственно равна – 18,0; 19,6; 19,7 м. Ограждающие дамбы секций № 1 и 2 наращивались соответственно на 7,0 м (1 ярус наращивания с отметки 140,0 до 144,5 м и 2 ярус до отметки 147,0 м) и 6,5 м (один ярус наращивания). Ширина дамб по гребню 7,0 м, среднее заложение низового откоса 1:2,5, верхового 1:4. Конструкции ограждающих дамб приведены на рис. 2.

Для защиты окружающей среды и подземных вод от загрязнения стоками из шламонакопителя фосфогипса в ложе уложен противофильтрационный экран. в секциях № 1 и 3 выполнен однослойный экран из глинистого грунта. Экран формировался путём трехкратного перепахивания и боронования глинистого грунта на глубину не менее 0,5 м с последующим уплотнением. среднее значение коэффициента фильтрации экрана из глинистого грунта составило 0,0024 м/сут, в секции № 2 был уложен глинисто-пленочный экран, эффективность которого по степени водопроницаемости оказалась близкой к эффективности глинистого однослойного экрана. Кроме того, вдоль западной дамбы секции № 2 устроена дренажная канава, а вдоль низовых откосов внутренних дамб обвалования из фосфогипса устраиваются дренажные канавы, отвод сточной жидкости из которых осуществляется в пруд дополнительного отстаивания. Контроль состава фильтрационных вод осуществляется службой мониторинга безопасности ГТС ООО "ЕвроХим-БМУ". Работа предприятия предусмотрена при полном водообороте технологических вод, исключаящим их сброс в естественные водоемы.

По гребню ограждающих дамб предусмотрен проезд автотранспорта, установлены мачты электроосвещения. Проектом установлен III класс ответственности гидротехнических сооружений. Общая площадь шламонакопителя составляет около 60 га.

Пульпа с соотношением фосфогипса Т:Ж=1:4,5 в количестве 800 м³/ч поступает в приемный зумпф головной пульпонасосной станции, расположенных в цехе фторосаждения и из цеха ЭФК по трем пульповодам \varnothing 400 мм подается в шламонакопитель. Консистенция транспортируемой пульпы предопределяется технологией производства экстракционной фосфорной кислоты. По трассе, в месте пересечения с р. Ганжа-2 расположена подкачивающая пульпонасосная станция второго подъема. В пульпонасосной станции второго подъема установлены пять грунтовых насосов марки ТХ 800/70-И (два рабочих, три резервных). Общая протяженность магистрального пульповода – 1650 м. Напорные магистральные пульповоды (три нитки) проложены с южной стороны шламонакопителя от цеха фторосаждения до ограждающей дамбы первой секции. Распределительные пульповоды, предназначенные для равномерного распределения фосфогипса по площади шламонакопителя, проложены по гребню ограждающих дамб секций № 1, 2 и 3 протяженностью соответственно 1593, 1463, 1225 м. В пульпонасосной станции второго подъема установлены пять грунтовых насосов марки ТХ 800/70-И (два рабочих, три резервных). В соответствии с требованиями ПБ 03-498-02 гидрооборудование должно быть испытано на давление, превышающее рабочее на 20% для водяных и грунтовых насосов и на 30% для трубопроводов.

Осветленная вода через шандорные колодцы и систему коллекторов самотёком сбрасывается в пруд дополнительного отстаивания, расположенную между первым и вторым отсеками. По системе оборотного водоснабжения осветленная вода подается обратно в технологический процесс, что обеспечивает замкнутый цикл водооборота и исключает загрязнение окружающей среды.

Гидравлическая укладка шламов осуществляется в емкости секций шламонакопителя, образованных ограждающими дамбами, из распределительных пульповодов, оборудованных пульповыпусками,

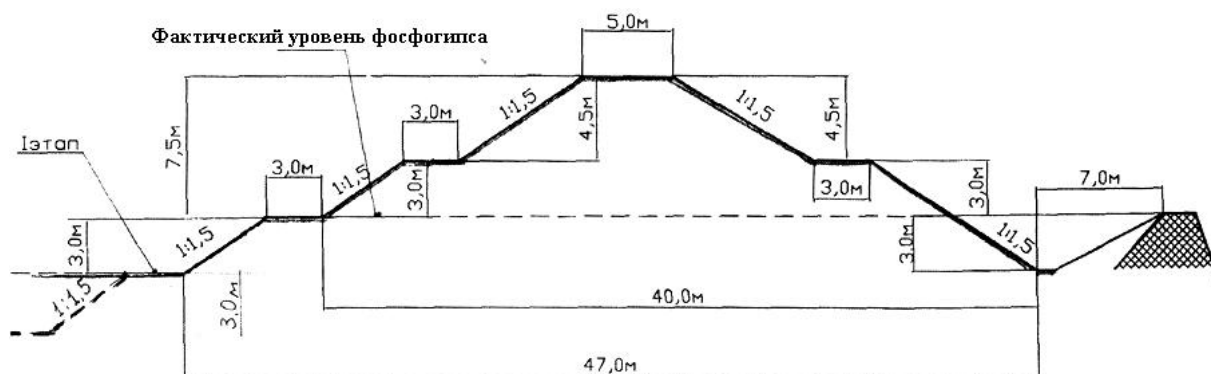


Рис. 2. Поперечный разрез внутренней дамбы из фосфогипса

уложенными по гребням ограждающих дамб. Намыв ведётся безэстакадным торцевым способом. Учитывая круглогодичную эксплуатацию шламонакопителя ООО «ЕвроХим-БМУ», гидравлическая укладка шламов в накопитель имеет два периода: летний и зимний.

Намыв в летний период осуществляется при температуре выше -5°C , в период с апреля по ноябрь месяц через выпуска рассредоточенным способом. В остальное время шламы укладываются методом зимнего складирования из торца пульповода. При зимней укладке шламов не допускается наличие течей из трубопроводов, а также образование наледей.

В процессе складирования фосфогипса слой жидкости в секциях не должен превышать 0,3 м. Осветленная вода в секциях № 1, 2 и 3 через шандорные устройства и водосбросные (шандорные) колодцы сбрасывается в пруд дополнительного отстаивания, расположенный между секциями № 1 и 2.

К 2004–2005 году все три секции были практически заполнены, и возникла острая необходимость выбора другой площадки и сооружения нового многосекционного шламонакопителя. Это, в свою очередь, требовало отторжения дополнительных и более удалённых площадей порядка 50–60 га, сооружения ограждающих дамб общей протяжённостью 3000–3500 м, нового прудка дополнительного отстаивания, экранирования ложа накопителя отходов производства, реконструкции систем гидротранспорта и оборотного водоснабжения.

В связи с вышеизложенным по результатам изыскательских и научно-исследовательских работ по определению физико-механических свойств фосфогипса различной влажности была рекомендована **но-**

вая технология складирования хвостов фабрики по производству минеральных удобрений в целях увеличения емкости, которая заключается в следующем:

1. Перед подачей пульпы в отсеки для изменения её кислотности с $\text{pH} = 2,5\text{--}3,1$ до $5,0\text{--}7,0$ в технологическую цепь складирования хвостов включается **репульпатор** для добавления известкового молока. В итоге получается фосфогипс-мелиорант, который можно отнести к V классу опасности, и это является принципиально важным шагом для усовершенствования существующей технологической схемы.

2. Пульпа фосфогипса после репульпатора подается в одну из трех секций накопителя для обезвоживания. Одна секция работает на прием шлама, вторая обезвоживается, третья освобождается от обезвоженного фосфогипса. Процесс отстаивания осуществляется непрерывно. После осаждения твердых фракций шламов в секциях шламонакопителя осветленная вода через шандорные колодцы поступает в пруд дополнительного отстаивания и далее на технологические нужды цеха фторосаждения. Стадия обезвоживания шламов считается завершенной при наличии свободной влаги не более 25%.

3. После заполнения каждой из трёх секций шламонакопителя до начала строительства вторичных дамб производится обезвоживание фосфогипса, уложенного в секции, путем прокладки дренажных траншей на расстоянии не менее 20 м от оси существующей ограждающей дамбы. Фосфогипс, служащий основанием для вторичных ограждающих дамб, должен иметь плотность не ниже $1,4 \text{ т/м}^3$.

4. Затем поэтапно возводятся вторичные дамбы выше проектных отметок с помощью сухой **тех-**

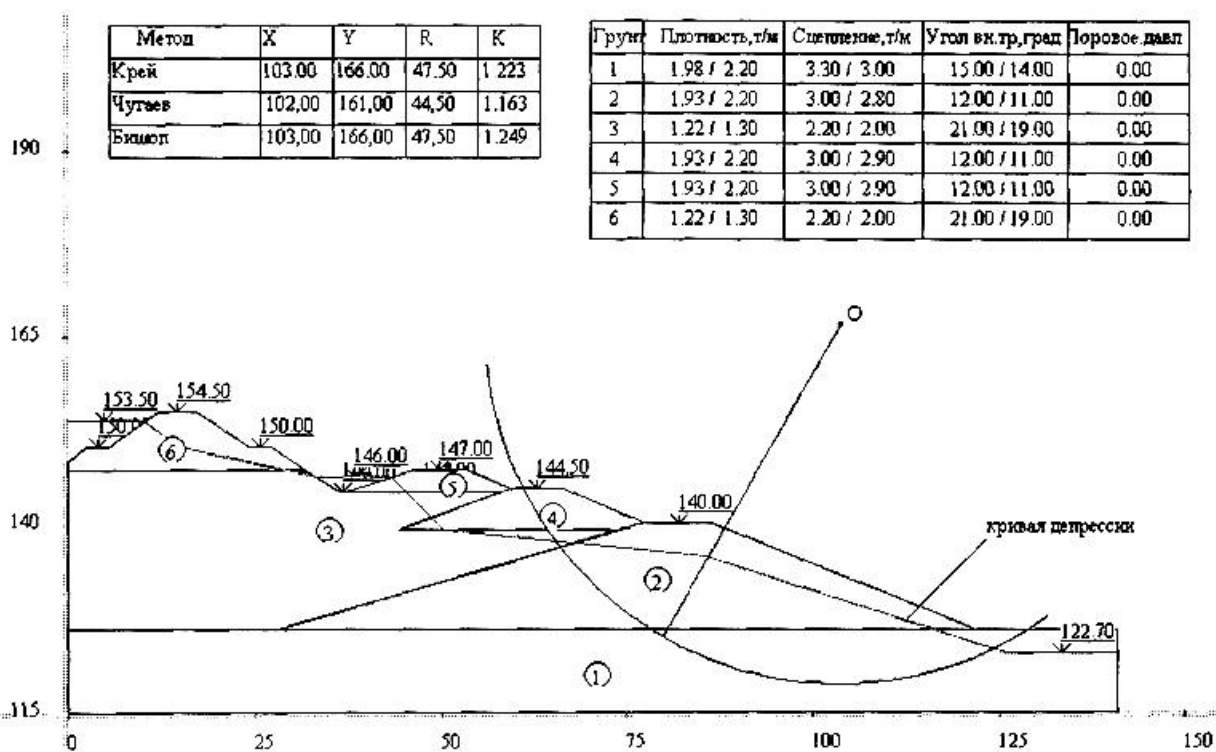


Рис. 3. Расчет устойчивости низового откоса дамбы при основном сочетании нагрузок

ники. Разработка обезвоженного шлама, складированного в подготовленных емкостях секций, производится экскаваторно-автомобильным комплексом с укладкой его в автотранспорт для последующей утилизации. Дамбы из фосфогипса отсыпаются ярусами с высотой первого яруса 3,0 м, второго – 4,5 м, крутизной откосов 1:1,5. Между ярусами предусмотрено устройство berm шириной 3,0 м. Общая высота дамб из фосфогипса составляет 7,5 м (см. рис. 2).

5. Переход на комбинированную технологию укладки фосфогипса-мелиоранта должен осуществляться при обязательной и своевременной реконструкции узлов шандорных устройств и обеспечения толщины слоя жидкости не более 0,3 м при заполнении секций шламонакопителя.

Оценка изменения состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации проводится на основе анализа данных натурных наблюдений, полученных в рамках ведения мониторинга безопасности ГТС, определения физико-механических свойств складированного материала при различной влажности и сопоставления ряда качественных и количественных контролируемых показателей состояния сооружений с их предельно допустимыми значениями по условиям обеспечения безопасной эксплуатации гидросооружения.

В соответствии с РД 03-443-02 «Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях» контролируемые показатели – это измеренные на данном сооружении с помощью технических средств или вычисленные на основе измерений количе-

ственные характеристики эксплуатационного состояния ГТС, а также качественные характеристики, определённые на основе визуальных наблюдений, осмотров или комиссионных обследований сооружений.

В соответствии с Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21.07.1997 критериями безопасности ГТС являются предельные значения количественных и качественных показателей их состояния и условий эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии и утверждённые в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью ГТС. Оперативный контроль и анализ состояния сооружений в соответствии с действующими в Российской Федерации нормативными документами должен проводиться на основании сопоставления фактических показателей с их предельно допустимыми значениями.

Под предельно допустимыми значениями показателей имеются в виду такие значения, при достижении которых устойчивость или прочность основания, сооружений или их отдельных элементов еще соответствуют нормативным требованиям. Предельно допустимые значения контролируемых показателей рекомендуется уточнять по данным натурных наблюдений, при этом устанавливаются как абсолютные значения показателей, так и допустимая интенсивность их изменения во времени.

По стандартным методикам [1–3] были выполнены расчёты устойчивости откосов ограждающих дамб с учётом их неоднородного строения (6 типов грунтов с различными физико-механическими свойствами), гидродинамического и гидростатического воздействия фильтрационного потока на массив при основном соче-

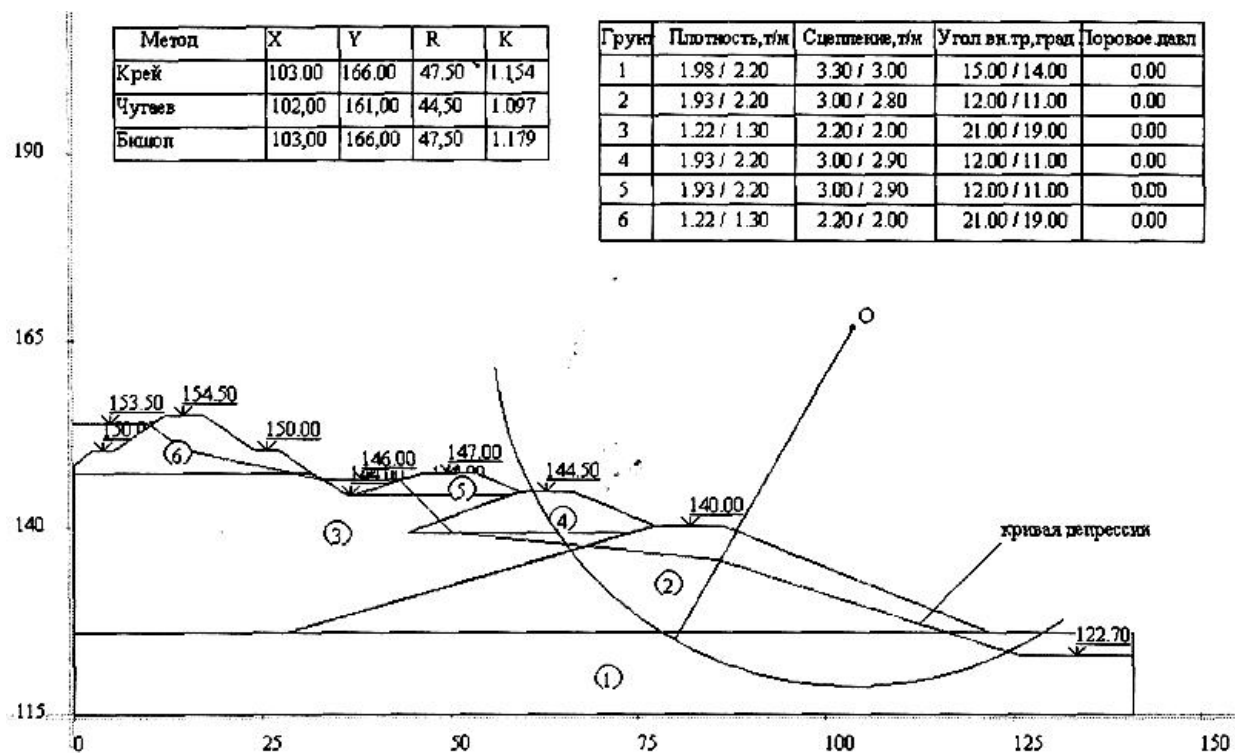


Рис. 4. Расчет устойчивости низового откоса дамбы при особом сочетании нагрузок (сейсмическое воздействие 8 баллов)

тании нагрузок и при особом сочетании нагрузок (сейсмическое воздействие 8 баллов). Согласно требований СНиП 2.06.01-86 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования» нормативный коэффициент запаса устойчивости должен быть $K \geq 1,1$. Результаты выполненных расчётов представлены на рис. 3 и 4., из анализа которых следует, что предлагаемая конструкция ограждающих дамб, возводимых по комбинированной технологии, позволяет обеспечивать безопасную эксплуатацию шламонакопителей.

Таким образом, предложенная комбинированная технология сочетания гидравлической укладки отходов производства минеральных удобрений с последующим осушением заскладированного фосфогипсамелиоранта и наращивания шламонакопителя с использованием экскаваторно-автомобильного комплекса позволяет увеличивать вместимость накопителей промышленных отходов и отказаться от изъятия дополнительных площадей, строительства новых гидротехнических сооружений и реконструкции систем гидротранспорта и оборотного водоснабжения.

УДК 658.511.5

Гибадуллин З.Р., Макшуков Ф.Х.

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ СИБАЙСКОГО ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА

Производственные подразделения Сибайского подземного рудника являются частью общего технологического процесса Сибайского филиала ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат». Технико-экономические показатели рудника во многом зависят от сбалансированности производственных подразделений как по мощности оборудования, так и по уровню использования технологических возможностей производства.

Установлено, что около 5–7% рабочего времени оборудование используется на уровне 0,7–0,8 своих технологических возможностей. Более 50% времени оборудование работает на уровне 0,1–0,2 от своих возможностей, что свидетельствует о недоиспользовании возможностей техники, а следовательно, приводит к высоким удельным затратам [1].

Оценка технико-технологических возможностей производственных подразделений необходима для выявления резервов производства и «узких» мест, а также разработки мероприятий по их устранению.

Под резервами следует понимать недоиспользуемые возможности в эксплуатации оборудования, использовании материально-технических, а также трудовых ресурсов предприятия.

Под «узким» местом понимается несоответствие пропускной способности отдельных групп оборудования, цехов и участков пропускной способности сопряженного оборудования, на котором выполняются технологические операции по добыче (переработке) руды, или другие производственные условия, сдерживающие повышение пропускной способности техно-

Список литературы

1. Крей Г. Теория давления земли и сопротивления грунтов нагрузке. М.: Госстройиздат, 1983.
2. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения. Л.: Энергия, 1961. 460 с.
3. Бишоп А., Хенкель Д. Определение свойств грунтов в трёхосных испытаниях. М.: Госстройиздат, 1961. 203 с.
4. Проект эксплуатации секций № 1, 2 и 3 шламонакопителя фосфогипсацеха фторосаждения ООО «Еврохим-Белореченские минудобрения». М., 2007.

List of literature

1. Krey G. The Earth pressure theory and soil resistance to loading. M.: Gosstroyizdat, 1983.
2. Chugaev R.R. Earthen hydro technical constructions. L.: Energy, 1961. 460 p.
3. Bishop A., Henkel D. Soils properties definition in triaxial tests. M.: Gosstroyizdat, 1961. 203 p.
4. Exploitation project of the sections № 1, 2 and 3 tailings pond of phosphoric-gyps shop of fluorine precipitation Co.Ltd «Eurohim-Belorechensk mineral fertilizers». M., 2007.

логических процессов (звеньев) [2].

Расчет технико-технологических возможностей целесообразно производить исходя из анализа использования календарного фонда времени оборудования с выделением функционального и нефункционального времени в работе и ремонте, а также времени в плановых и неплановых простоях по структуре, времени представленной на рисунке. Такой подход позволяет выявлять возможности повышения эффективности использования оборудования, которые не обнаруживаются существующей на горнодобывающих предприятиях системой учета.

Проиллюстрируем расчет составляющих по предлагаемой структуре времени на примере погрузочно-доставочных машин, которые являются ведущим оборудованием в технологическом процессе Сибайского подземного рудника (см. таблицу).

Определяем технико-технологические возможности оборудования при его эксплуатации путем выявления нефункционального времени работы оборудования.

Рассчитываем время цикла ($T_{\text{цикл}}$) погрузочно-доставочной машины на основании технической характеристики и уточняем путем хронометражных наблюдений:

$$T_{\text{цикл}} = \frac{L_{\text{гр}}}{V_{\text{гр}}} + \frac{L_{\text{пор}}}{V_{\text{пор}}} + t_{\text{погруз}} + t_{\text{маневр}} + t_{\text{разгруз}} = 6,4 \text{ мин.} \quad (1)$$

где $V_{гр}$, $V_{пор}$ – скорость машины в груженом и порожнем состоянии, м/мин (см. таблицу); $L_{гр}$, $L_{пор}$ – расстояние движения соответственно в груженом и порожнем направлении, м (см. таблицу); $t_{погруз}$ – время погрузки, мин. (см. таблицу); $t_{разгруз}$ – время разгрузки, мин (см. таблицу); $t_{маневр}$ – время маневров, мин (см. таблицу).

Рассчитываем *технологически возможную часовую производительность* ($Q_{час}$) погрузочно-доставочной машины:

$$Q_{час} = \frac{60}{T_{цикл}} \cdot V_k \cdot K_{заполн} = 30 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где $T_{цикл}$ – времена цикла погрузочно-доставочной машины, мин (ф-ла (1)); V_k – геометрическая вместимость погрузочно-доставочной машины, м^3 (см. таблицу); $K_{заполн}$ – коэффициент заполнения ковша (см. таблицу).

Рассчитываем *функциональное время работы* ($T_{ф}^{раб}$) – время, которое требуется оборудованию для выполнения объемов работы с рациональными параметрами [3]:

$$T_{ф}^{раб} = \frac{Q}{Q_{час}} = 63,1 \text{ маш.-ч}, \quad (3)$$

где $Q_{час}$ – технологически возможная часовая производительность погрузочно-доставочной машины, $\text{м}^3/\text{ч}$ (ф-ла (2)); Q – выполненный объем за период, м^3 (см. таблицу).

Рассчитываем *нефункциональное время работы* ($T_{нф}^{раб}$):

$$T_{нф}^{раб} = T_{учет}^{раб} - T_{ф}^{раб} = 386,9 \text{ маш.-ч}, \quad (4)$$

где $T_{учет}^{раб}$ – учетное время машины в работе, маш.-ч (см. таблицу); $T_{ф}^{раб}$ – функциональное время машины в работе, маш.-ч (ф-ла (3)).

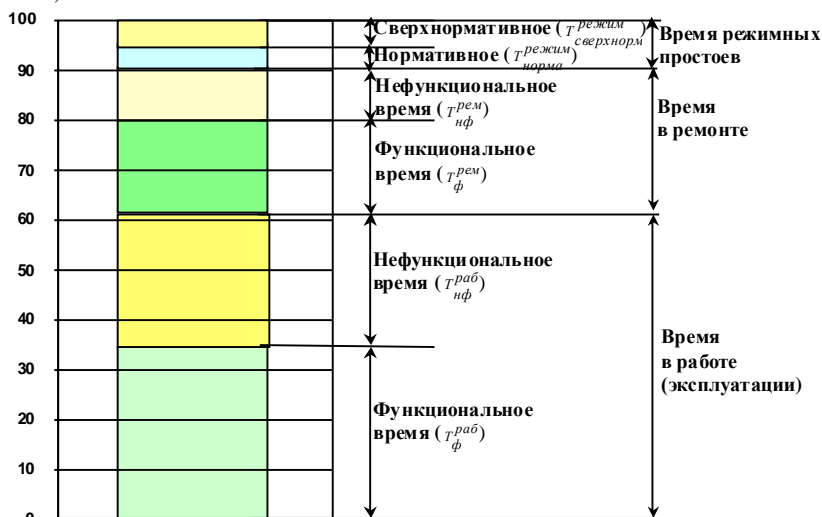
Нефункциональное время работы обусловлено работой оборудования с нерациональными параметрами, наличием лишней работы, а также простоями машины в процессе эксплуатации.

Определяем *технико-технологические возможности* в процессе ремонта.

Определяем *функциональное время технического обслуживания и ремонта* оборудования ($T_{ф}^{рем}$) – время выполнения технологических операций технического обслуживания и ремонта оборудования с рациональными параметрами. Функциональное время в ремонте определяется на основании технологических карт и нормативов, а также хронометражных наблюдений*.

* Для Сибайского подземного рудника время в ремонте функциональное принято 50% от учетного.

КФВ, %



Структура календарного фонда времени оборудования (условный пример)

Исходные данные для расчета резерва одной погрузо-доставочной машины

Наименование параметра	Условное обозначение	Значение	Источник
Скорость машины, м/мин: - в груженом состоянии - в порожнем состоянии	$V_{гр}$ $V_{пор}$	83,3	Паспорт машины
Расстояние транспортирования, м: - в груженом состоянии - в порожнем состоянии	$L_{гр}$ $L_{пор}$	100	Фактические данные
Время погрузки, мин	$t_{погруз}$	1,25	Фактические данные
Время разгрузки, мин	$t_{разгруз}$	1,25	Фактические данные
Время маневров, мин	$t_{маневр}$	0,5	Фактические данные
Геометрическая вместимость погрузочно-доставочной машины, м^3	V_k	4	Паспорт машины
Коэффициент заполнения ковша	$K_{заполн}$	0,8	Учетные данные предприятия
Выполненный объем за период, $\text{м}^3/\text{мес}$	Q	1892	Фактические данные
Учетное время машины в работе за период, маш.-ч	$T_{учет}^{раб}$	450	Фактические данные
Учетное время в ремонте и обслуживании за период, ч	$T_{учет}^{рем}$	180	Фактические данные
Учетное время режимных простоев за период, ч	$T_{учет}^{режим}$	90	Фактические данные

Рассчитываем *нефункциональное время в ремонте* ($T_{нф}^{рем}$):

$$T_{нф}^{рем} = T_{учет}^{рем} - T_{ф}^{рем} = 90 \text{ ч}, \quad (5)$$

где $T_{учет}^{рем}$ – учетное время в ремонте и обслуживании за период, ч (см. таблицу).

Нефункциональное время в ремонте обусловлено нерациональными параметрами проведения технического обслуживания и ремонта оборудования.

Определяем технико-технологические возможности при выполнении режимных работ.

Рассчитываем *время проведения режимных работ по нормативу* ($T_{\text{норма}}^{\text{режим}}$) на основе нормативной документации с уточнением на основе хронометражных наблюдений.

Рассчитываем *сверхнормативное время проведения режимных работ* ($T_{\text{сверхнорм}}^{\text{режим}}$)*:

$$T_{\text{сверхнорм}}^{\text{режим}} = T_{\text{учет}}^{\text{режим}} - T_{\text{норма}}^{\text{режим}} = 0 \text{ ч}, \quad (6)$$

где $T_{\text{учет}}^{\text{режим}}$ – учетное время режимных простоев, ч (см. таблицу).

Рассчитываем *коэффициент использования технологических возможностей оборудования*:

$$K_{\text{и}}^{\text{возм}} = \frac{T_{\text{ф}}^{\text{раб}} + T_{\text{ф}}^{\text{рем}} + T_{\text{норма}}^{\text{режим}}}{\text{КФВ}} = 0,34 \text{ доли ед.}, \quad (7)$$

где КФВ – календарный фонд времени работы оборудования за отчетный период, маш.-ч.

Рассчитываем *резервы* каждого производственного подразделения:

$$K_{\text{резерв}} = 1 + \frac{T_{\text{нф}}^{\text{раб}} + T_{\text{нф}}^{\text{рем}} + T_{\text{сверхнорм}}^{\text{режим}}}{T_{\text{ф}}^{\text{раб}} + T_{\text{ф}}^{\text{рем}} + T_{\text{норма}}^{\text{режим}}} = 2,96 \text{ раз}, \quad (8)$$

Расчет показателей использования календарного фонда времени с применением критерия «функциональное время» позволяет определять технологические возможности оборудования, а результаты могут быть использованы при разработке мер по повышению эффективности производства.

Список литературы

1. Жуков А.Л. Оптимизация параметров рабочих площадок разрезов при подготовке запасов угля к выемке: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2008.
2. Об утверждении инструкции по расчету производственных мощностей действующих предприятий по добыче и переработке угля (сланца): Приказ Минтопэнерго РФ от 15.07.1993 № 164.
3. Методика оценки использования технологических возможностей экскаваторов / А.Л. Жуков, С.И. Захаров, В.А. Хажиев, Л.Л. Царегородцев // Проблемы управления развитием регионов и муниципалитетов: материалы науч.-практ. конф. (Челябинск, 8 дек. 2006 г.) / Челяб. гос. ун-т. Челябинск: Энциклопедия, 2007. С. 145–151.

List of literature

1. Zhukov A.L. Optimisation of parameters of working platforms of cuts by preparation of stocks of coal for dredging: Dis. ... Cand.Tech.Sci. Ekaterinburg, 2008.
2. About the statement of the instruction on calculation of capacities of the operating enterprises for extraction and processing of coal (slate): the Order of Ministry of Fuel and Energy RF from 15.07.1993 №164.
3. Technique of an estimation of use of technological possibilities of dredges / A.L. Zhukov, S.I. Zakharov, V.A. Hazhiev, L.L. Caregorodcev // Problems of management of development of regions and municipalities: materials of scientifically-practical conference (Chelyabinsk, 8.12.2006) / The Chelyabinsk State University. Chelyabinsk: Encyclopedia, 2007. P. 145–151.

* Режимное время по нормативу принято равным учетному времени.

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 669.162.16

Сибгагуллин С.К., Харченко А.С., Полинов А.А., Семенюк М.А., Бегинюк В.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ КОКСОВОГО ОРЕШКА С ОДНОВРЕМЕННЫМ УЛУЧШЕНИЕМ КАЧЕСТВА СКИПОВОГО КОКСА

Применение коксового орешка в шихте доменной печи является одним из направлений снижения удельного расхода кокса [1–3]. В ОАО «ММК» это изучали в 1998 году, применяя в шихте коксовую фракцию 40–25 мм [4]. В 2009 году расширили использование с переходом на орешек крупностью 25–10 мм. Он имел следующий ситовый состав, %:

фракция, мм	+25	17,5–25	15–17,5	12–15	10–12
содержание, %	18,8	73,5	5,1	2,2	0,5

Пониженная крупность коксового орешка по сравнению с металлургическим коксом может приводить к ухудшению дренажа продуктов плавки в горне печи. Оценили изменение характеризующих его показателей на доменных печах № 4, 9, 10, оборудованных однотрактовыми загрузочными устройствами лоткового типа.

Использовали два типа показателей дренажной способности. Первый характеризует фильтрацию продуктов плавки через слой кокса в период их накопления в горне доменной печи. В это время изменение ряда показателей во второй половине межвыпускного периода относительно первой зависит от проницаемости коксовой насадки.

В качестве показателей этого типа использовали:

- нижний перепад давления газов;
- коэффициент сопротивления шихты движения газов для нижней части печи;
- длительность срабатывания шихтовых материалов.

Второй тип характеризует сформировавшиеся продукты плавки. К показателям дренажной способности данного типа отнесли:

- вязкость шлака;
- количество шлака, остающегося в горне после выпуска;
- скорость выпуска чугуна;
- содержание кремния в чугуне;
- температура чугуна.

Основные показатели работы доменной печи № 9

По результатам исследования на доменной печи № 9 были выделены следующие периоды: без использования орешка (I), с расходом его 400 кг в подачу (II) и 1000 кг (III).

В первом и втором периодах загружали кокс коксохимического производства ОАО «ММК». В третьем его полностью заменили кемеровским.

В табл. 1 представлены показатели качества кокса. Показатель истираемости кокса M10 уменьшился в третьем периоде относительно базового на 6,1% отн. Реакционная способность CRI и горячая прочность CSR увеличились на 25,2 и 2,6% отн. соответственно.

Печь работала, используя 25–30% неофлюсованных окатышей ССГПО при содержании железа в шихте 57,4–58,3%.

Основные технологические показатели работы печи представлены в табл. 2.

Коэффициент замены кокса коксовым орешком после приведения второго и третьего периодов к условиям базового составил 0,89 кг/кг.

Изменение нижнего перепада давления газов

В табл. 3 приведены значения нижнего перепада давления.

Из табл. 3 видно, что в период, когда не производилась загрузка коксового орешка, отношение $\Delta P_{ниж}/\Delta P_{нк}$ составляло 0,996. С добавлением в шихту коксового орешка в количестве 400 кг в подачу это отношение повысилось до 1. Стабилизация в межвыпускном периоде свидетельствовала об улучшении дренажной способности кокса в горне доменной печи. Увеличение коксового орешка до 1000 кг в подачу сопровождалось понижением отношения до 0,990. Это уменьшение произошло вследствие различного изменения интенсивности по дутью в первой и второй половинах межвыпускного периода.

Из рис. 1 видно, что с введением в шихту коксового орешка в количестве 400 кг в подачу нижний перепад давления повысился относительно базового периода с 95 до 102 кПа. С последующим увеличением до 1000 кг он повысился до 103 кПа. Использование орешка с одновременным улучшением кокса позволило вести плавку с повышенным нижним перепадом давления при достаточно ровном ходе шихты.

Таблица 1

Технический анализ, прочностные показатели и реакционная способность кокса, %

Периоды	W ^d	A ^d	V ^d	S ^d	M10	M25	CRI	CSR
I	3,59	12,16	1,19	0,661	8,52	85,58	25,04	56,48
II	3,64	12,28	1,32	0,682	8,66	85,64	26,37	55,51
III	4,42	11,34	1,06	0,450	8,0	84,98	31,97	57,93

Таблица 2 Основные показатели работы доменной печи № 9 **Изменение коэффициента сопротивления шихты для нижней части печи**

Наименование показателей	Периоды		
	I	II	III
Расход коксового орешка (сухого), кг/т чугуна	0	10,9	26,9
Удельный расход кокса (сухого, скипового), кг/т чугуна:			
фактический	452,3	444,0	415,5
приведенный	452,3	442,7	428,3
Производительность, т/сут:			
фактическая	4542	4810	4736
приведенная	4542	4867	4709
Расход, м ³ /т чугуна:			
дутья	1114	1115	1084
природного газа	97,4	104,8	106,1
Удельный расход всего топлива, кг/т чугуна:			
фактический (кокс, природный газ, коксовый орешек)	523,3	531,2	519,7
в том числе сумма кокса и коксового орешка приведенный	452,3	453,6	455,2
Расход сырьевых материалов, кг/т чугуна	1660	1670	1686
Интенсивность хода, т/м ³ сут:			
по руде	3,744	3,988	3,963
по суммарному углероду	0,867	0,922	0,894
Рудная нагрузка, т/т кокса	3,588	3,660	3,928
Содержание железа в шихте, %	58,31	57,97	57,43
Содержание в чугуне, %:			
Si	0,72	0,72	0,71
Mn	0,29	0,33	0,32
S	0,023	0,020	0,020
C	4,675	4,670	4,742
Содержание в шлаке, %:			
SiO ₂	36,3	35,5	36,1
Al ₂ O ₃	12,7	13,0	12,9
CaO	36,3	36,4	35,9
MgO	9,4	9,9	9,7
S	0,882	0,913	0,855

Определили коэффициент сопротивления шихты по формуле Стефановича М.А. [5].

$$\lambda_{\text{шн}} = \frac{(2 \times P_{\text{д}} - \Delta P_{\text{н}}) \times \Delta P_{\text{н}}}{V_{\text{д}}^m}, \quad (1)$$

где $P_{\text{д}}$ – давление горячего дутья, кПа; $\Delta P_{\text{н}}$ – нижний перепад давления газов, кПа; $V_{\text{д}}$ – расход холодного дутья, м³/м³·мин. В табл. 4 приведены значения коэффициента сопротивления шихты.

Из табл. 4 видно, что в период, когда не производилась загрузка коксового орешка, отношение $\lambda_{\text{шнн}}/\lambda_{\text{шнк}}$ составляло 0,986. Во втором периоде это отношение повысилось до 1. Стабилизация его в межвыпускном периоде свидетельствует об улучшении фильтрации жидких продуктов плавки в горне печи. В третьем периоде относительно первого отношение коэффициентов сопротивления шихты увеличилось до 0,987. В последнем периоде получили некоторое улучшение дренажной способности горна относительно первого периода.

Из рис. 2 видно, что в базовом периоде коэффициент сопротивления шихты составил 17025. Во втором и третьем он возрос на 5,6 и 13,1% соответственно. Но это увеличение оказалась допустимым для ровного схода шихты.

Таблица 3 Нижний перепад давления газов

Наименование показателей	Периоды		
	I	II	III
Величина нижнего перепада давления, кПа:			
от конца предыдущего выпуска к середине межвыпускного периода $\Delta P_{\text{нн}}$	94,09	101,14	103,68
от середины межвыпускного периода к началу следующего выпуска $\Delta P_{\text{нк}}$	94,43	101,15	104,69
Отношение $\Delta P_{\text{нн}}/\Delta P_{\text{нк}}$	0,996	1	0,990

Длительность срабатывания шихтовых материалов

В первой половине межвыпускного периода шихтовые материалы загружались интенсивнее, чем во второй (табл. 5).

В периодах I и II отношение $\Delta \tau_{\text{н}}/\Delta \tau_{\text{к}}$ составило 0,975. Разность $\Delta \tau_{\text{к}} - \Delta \tau_{\text{н}}$ была равной 3 с. В третьем периоде это отношение увеличилось до 0,976, а разность уменьшилась до 2 с. Из этого следует, что фильтрация чугуна и шлака через слой кокса в третьем периоде улучшилась. В периоде 1 шихтовые материалы загружались с частотой 1 мин 55 с. С введением в шихту коксового орешка в количестве 400 кг в подачу и последующим доведением его до 1000 кг в подачу скорость загрузки шихтовых материалов увеличилась на 0,87%.

Подвижность шлака

Оценили вязкость шлака ($\eta_{\text{ш}}$) по степени приближения фактического коэффициента распределения серы между чугуном и шлаком к равновесной величине [6], используя формулу

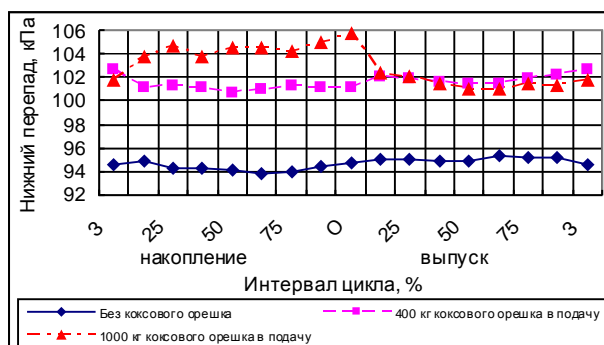


Рис. 1. Изменение нижнего перепада давления в цикле при накоплении и выпуске жидких продуктов плавки: 3 и 0 – закрытие и открытие чугунной летки

$$\lg \eta_{ш} = K \times \frac{2,08 - \lg \eta_{L_s}}{0,87} - 1, \quad (2)$$

где K – коэффициент, учитывающий условия работы печи; η_{L_s} – степень приближения фактического коэффициента распределения серы между чугуном и шлаком к равновесной величине, определяемая по формуле

$$\eta_{L_s} = \frac{L_s}{L_s^o} \times 100, \quad (3)$$

где L_s, L_s^o – фактический и равновесный коэффициенты распределения серы, последний определяется по формуле И.С. Куликова [6]. Расчет дал следующие результаты:

период	I	II	III
расчетная вязкость шлака, Па·с	0,49	0,47	0,51

В базовом периоде показатель подвижности шлака составил 0,49 Па·с.

С введением в шихту доменной печи коксового орешка в количестве 400 кг в подачу показатель подвижности шлака свидетельствовал об улучшении фильтрации жидких продуктов плавки через слой кокса. При доведении расхода орешка до 1000 кг в подачу показатель повысился до 0,51 Па·с, но, несмотря на это, происходило улучшение дренажной способности горна.

Количество шлака, остающегося в горне после выпуска

Определили количество остающегося в печи шлака [7] по формулам:

$$\Delta V = \frac{1}{1,25} \sqrt{\sigma_v^2 - q_{VT}^2 - \sigma_T^2}; \quad (4)$$

$$\Delta V = \frac{1}{1,25} \sqrt{\sigma_v^2 - q_{VN}^2 - \sigma_N^2}, \quad (5)$$

где $\sigma_v, \sigma_T, \sigma_N$ – среднеквадратические отклонения числа ковшей шлака по выпускам, продолжительности цикла (мин), числа взятых за цикл подач соответственно; q_{VT} – среднее количество шлака, образующегося в печи за одну минуту, в ковшах; q_{VN} – среднее количество шлака, образующегося из одной подачи, в ковшах; 1,25 – коэффициент перевода среднеквадратического отклонения в абсолютное (среднеарифметическое).

Результаты представили в табл. 6.

В первом периоде количество остающегося в печи шлака составило 0,468 ковша. Во втором и третьем оно уменьшилось до 0,270 и 0,266 ковшей соответственно. Это свидетельствует об улучшении дренажной способности горна.

Характеристики чугуна

В качестве таковых использовали скорость выпуска чугуна (табл. 7), содержание кремния в чугуне (табл. 8) и его температуру (табл. 9).

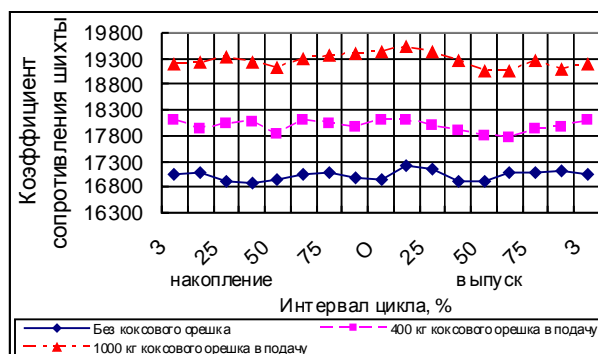


Рис. 2. Коэффициент сопротивления шихты в цикле при накоплении и выпуске продуктов плавки: 3 и 0 – закрытие и открытие чугунной летки

Таблица 4

Коэффициенты сопротивления шихты

Наименование показателей	Периоды		
	I	II	III
Величина коэффициента сопротивления шихты в нижней части печи: от конца предыдущего выпуска к середине межвыпускного периода $\lambda_{шнн}$	16840	18036	19203
	17076	18042	19457
Отношение $\lambda_{шнн} / \lambda_{шнк}$	0,986	1	0,987

Таблица 5

Длительность срабатывания шихтовых материалов

Наименование показателей	Периоды		
	I	II	III
Длительность срабатывания шихтовых материалов, с: от конца предыдущего выпуска к середине межвыпускного периода $\Delta\tau_n$	111	109	110
	114	112	112
Отношение $\Delta\tau_n / \Delta\tau_k$	0,975	0,975	0,976
$\Delta\tau_k - \Delta\tau_n$	3	3	2

Таблица 6

Количество остающегося в печи шлака

Наименование показателей	Периоды		
	I	II	III
Количество остающегося в печи шлака, ковша: вычисленного по ф-ле (4) (ΔV_1)	0,490	0,270	0,286
	0,446	0,270	0,246
Среднеарифметическое между ΔV_1 и ΔV_2 (ΔV)	0,468	0,270	0,266

Таблица 7

Скорость выпуска чугуна по леткам

Наименование показателя	Периоды		
	I	II	III
Скорость выпуска чугуна, т/мин: из летки №1 (V_1)	6,05	6,14	6,18
	6,12	6,06	6,53
Средневзвешенное между V_1 и V_2	6,10	6,11	6,30

Таблица 8

Содержание Si в чугуна по леткам

Наименование показателя	Периоды		
	I	II	III
Содержание Si в чугуна, %:			
летка № 1 (Si ₁)	0,737	0,708	0,710
летка № 2 (Si ₂)	0,701	0,721	0,742
Отношение Si ₁ /Si ₂	1,052	0,983	0,956
Средневзвешенное между Si ₁ и Si ₂	0,711	0,712	0,713

Таблица 9

Температура чугуна по леткам

Наименование показателя	Периоды		
	I	II	III
Температура чугуна, °С:			
поступающего из летки № 1 (T ₁)	1480	1476	1488
то же из летки № 2 (T ₂)	1483	1473	1459
Средневзвешенное между T ₁ и T ₂	1482	1475	1485

Из табл. 7 видно, что в первом периоде скорость выпуска чугуна была равной 6,10 т/мин. При доведении орешка до 1000 кг в подачу она возросла до 6,30 т/мин. Таким образом, в третьем периоде дренажная способность кокса в горне была наилучшей.

Из табл. 8 видно, что в периоде I среднее содержание кремния составило 0,711%. С введением в шихту коксового орешка в количестве 400 кг в подачу и последующим доведением его до 1000 кг в подачу среднее содержание Si увеличилось до 0,712 и 0,713 соответственно. Отношение Si₁/Si₂ в третьем периоде было ближе к единице, чем в базовом. Из этого следует, что дренажная способность горна в третьем периоде улучшилась.

Из табл. 9 видно, что в третьем периоде относительно первого температура чугуна повысилась с 1482 до 1485°C. По этому показателю видно, что в последнем периоде фильтрация жидких продуктов плавки в слое кокса улучшилась.

Заключение

Выявлено, что при загрузке в доменную печь, оборудованную бесконусным загрузочным устройством, кокса фракции 25–10 мм в количестве 26,9 кг/т чугуна с одновременным улучшением качества кокса по показателям M10, CRI и CSR фильтрация жидких

продуктов плавки через слой кокса соответствовала требованиям. Коэффициент замены кокса косовым орешком составил 0,89 кг/кг.

Список литературы

1. Ярошевский С.Л., Ноздрачев В.А., Кузнецов А.М. Эффективность применения коксового орешка в доменной плавке // *Металл и литее Украины*. 2000. №5. С. 9–13.
2. Ярошевский С.Л. Эффективность технологии доменной плавки при использовании в шихте коксового орешка // *Сталь*. 2006. № 3. С. 2–6.
3. Работа доменных печей с использованием кокса мелких фракций / Никитин Л.Д., Марьясов М.Ф., Горбачев В.П., Бугаев С.Ф., Денисов Ю.М. // *Металлург*. 1999. № 1. С. 38–39.
4. Оценка влияния на доменную плавку кокса фракции менее 40 мм / Сысоев Н.П., Сибатуллин С.К., Кропотов В.К., Вейнский В.В., Терентьев В.Л., Ташлинцев В.П. // *Труды V Международного конгресса доменщиков*. Днепропетровск: Пороги, 1999. С. 216–218.
5. Стефанович М.А. Анализ хода доменного процесса. Свердловск: *Металлургия*, 1960. 284 с.
6. *Металлургия чугуна* / Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. М.: Академия, 2004. 774 с.
7. Кропотов В.К. Оценка дренажной способности кокса в горне доменных печей // *Производство чугуна: межвуз. сборник*. Магнитогорск: МГМИ, 1987. С. 109–119.

List of literature

1. Yaroshevsky S.I., Nozdrachyov V.A., Kyznetsov A.M. An efficiency of a coke nut use in a blast furnace smelting // *Metall and casting of Ukraina*. 2000. № 5. P. 9 – 13.
2. Yaroshevsky S.I. An efficiency of a blast furnace smelting technology while using coke nut in a burden // *Steel*. 2006. № 3. P. 2– 6.
3. The work of blast furnaces using small fractions coke / Nikitin L.D., Maryasov M.F., Gorbachyov V.P., Bugaev S.F., Denisov Y.M. // *Metallurg*. 1999. № 1. P. 38–39.
4. An influence evaluation of a coke fraction not less than 40 mm on a blast furnace smelting / Sysoev N.P., Sibagatullin S.K., Kropotov V.K., Veinsky V.V., Terentyev V.L., Tashlintsev V.P. // *The works of the fifth International Congress of blast iron makers*. Dnepropetrovsk: Porogi, 1999. P. 216–218.
5. Stefanovich M.A. The operation analysis of the blast furnace process. Sverdlovsk: *Metallurgizdat*, 1960. 284 p.
6. *Metallurgy of Iron* / Vegman E.F., Zherebin B.N., Pokhvisnev A.N., Yustin Y.S. M.: Akademiya, 2004. 774 p.
7. Kropotov V.K., An evaluation of a drainage capacity of coke in a hearth of blast furnaces // *Production of iron: Mezhhuzovskiy sbornik*. Magnitogorsk MSMI, 1987. P. 109–119.

УДК 621.746.33

Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛАКОВЫХ ЧАШ

Стальные изделия применяются в различных процессах металлургической отрасли в условиях повышенных температур. Одно из таких изделий - шлаковая чаша объемом 16 м³, являющаяся одним из видов сменного оборудования, без которого невозможно представить цикл любого металлургического предприятия.

Шлаковая чаша предназначена для приема жидкого

шлака из плавильного агрегата и транспортировки его на шлаковые отвалы. В силу того, что шлаковая чаша работает при высоких переменных температурах и подвергается действию больших нагрузок, к ней предъявляются высокие требования по механическим свойствам.

Технология изготовления чаши представлена на рис. 1.

В литейном цехе ЗАО «МРК» имеется богатый опыт изготовления чаш. Чаши, отливаемые в цехе, используются для нужд доменного, кислородно-конвертерного, электросталеплавильного цехов ОАО «ММК». Кроме того, чаши поставляются на Нижнетагильский металлургический комбинат, Норильский комбинат и некоторые другие.

Технологический процесс изготовления отливки «Чаша» состоит из следующих операций: подготовка к работе, набивка формы, изготовление стержней, отделка и покраска формы, сушка формы, сборка формы под заливку, выплавка металла, заливка формы, выбивка и обрубка, термообработка.

Формовку чаши производят на пескомёте с допрессовкой рыхлых частей формы при помощи ручных пневмотрамбовок.

Изначально производят набивку «болвана» (рис. 1, б). На поддон с каркасом по очереди устанавливают нижнюю, среднюю и верхнюю части модели (рис. 1, а) и производят набивку.

После окончания формовки «болвана» на модель крепят отъемные части, а на поддон, по направляю-

щим штырям, устанавливают опоку и производят набивку формовочной смесью до уровня установки огнеупорных вставок, формирующих литниковую систему. Далее формовку производят подобным образом, опоки между собой скрепляют скобами. После установки крышки модели на ней устанавливают модель прибыли по разметке. Набивают верхнюю опоку.

После окончания формовки приступают к отделке формы. Сначала снимают опоки, затем последовательно, сверху вниз, модели с «болвана». Из формы удаляют отъемные части и проверяют плотность набивки формы, которая должна составлять 80 ± 10 единиц по твердомеру для сырых формы и стержней. После проглаживания гладилкой дефектных участков производят прошпильвание формы и «болвана» на высоту второго разъёма гвоздями, закрепляют холодильники (см. рис. 1, б). Далее устанавливают стержни и производят окрашивание электрокорундовой краской. Форму провяливают, после этого производят повторную покраску и провяливание.

После сборки формы (рис. 1, г) производят сушку при помощи газовой горелки. Глубина просушки

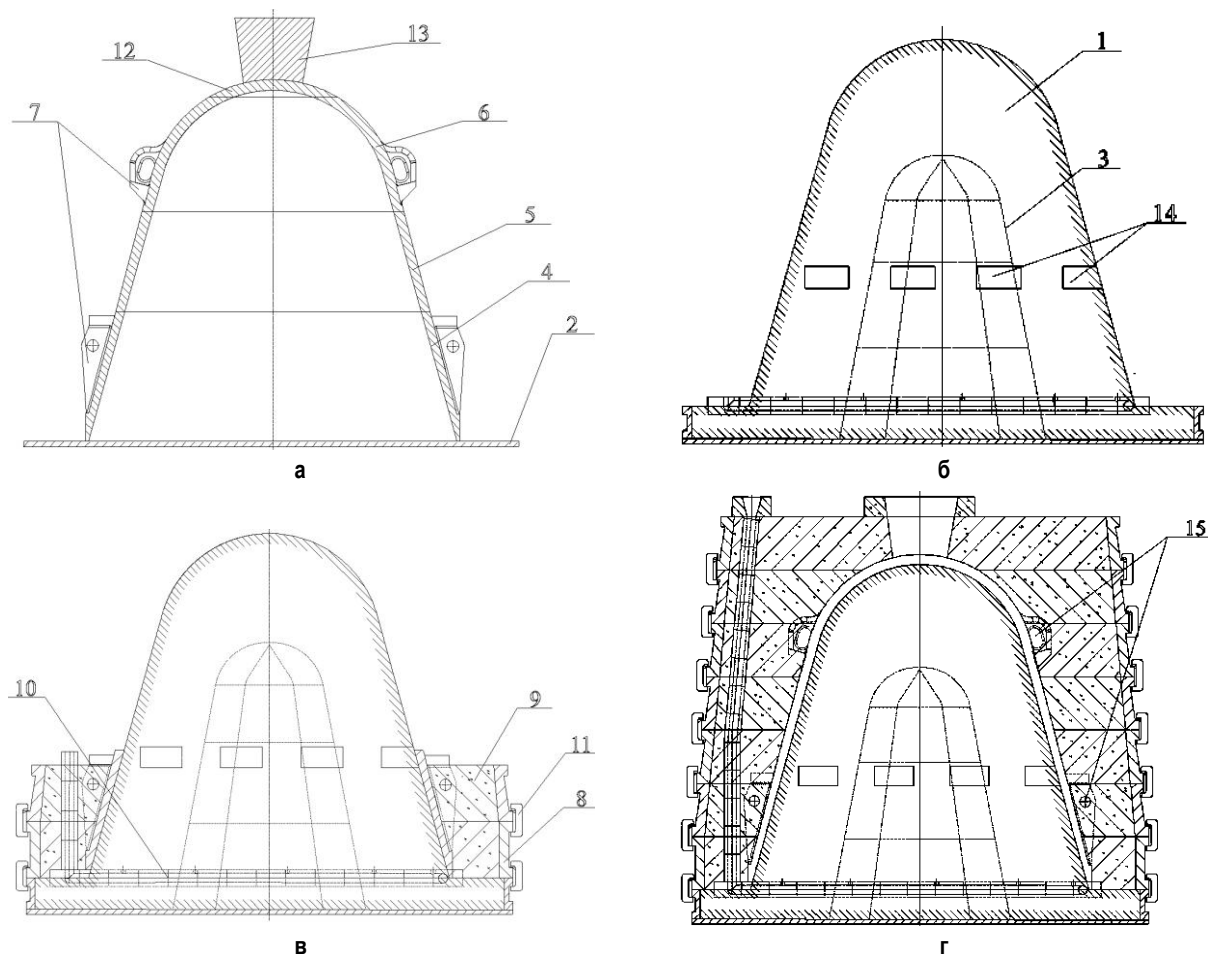


Рис. 1. Технология изготовления отливки «Шлаковая чаша»:

- а – металлическая модель чаши; б – набивка «болвана»; в – начальный этап сборки формы; г – форма в сборе; 1 – «болван»; 2 – поддон; 3 – металлический каркас; 4 – нижняя часть модели; 5 – средняя часть модели; 6 – верхняя часть модели; 7 – отъемные части модели; 8 – опока; 9 – формовочная смесь; 10 – огнеупорная вставка; 11 – скоба; 12 – крышка модели; 13 – модель прибыли; 14 – холодильники; 15 – стержни

должна быть не менее 70 мм.

Сборка формы производится за два часа до заливки, которую осуществляют из стопорного ковша до заполнения половины прибыли. После этого подпитывают жидким металлом через прибыль не менее 5-6 раз. Через час после последней подпитки форму подрывают.

Главным видом брака чаш являются трещины (рис. 2). Он очень часто присутствует на отлитых чашах. Исправление дефектов подобного рода производится при помощи электродуговой сварки.

Исследования, проведённые в цехе, показали, что для устранения трещин необходимо увеличить прочность металла, из которого заливают чаши. Было предложено использовать сталь марки 25Л вместо 15Л.

Применение для обработки стали трайб-аппарата позволило модифицировать неметаллические включения при помощи порошковой проволоки с силикокальцием. Вероятнее всего, в результате ввода силикокальция происходит образование



Рис. 2. Дефект поверхности чаши

оболочки на включениях, что способствует повышению их скорости всплытия. Расход силикокальция, а соответственно и размер оболочки включения, можно регулировать путём изменения скорости ввода порошковой проволоки. Кроме того, регулируя расход силикокальция, можно добиться значительного снижения содержания серы и остаточного кислорода. Следовательно, уточнение закономерностей, определяющих глубину модифицирования, представляет практический интерес для разработки и совершенствования технологии внепечной обработки стали.

Кроме определения оптимальных параметров технологии внепечной обработки стали, также на сегодняшний день остаётся открытым вопрос о стойкости шлаковых чаш. На рис. 3, 4 представлены основные причины вывода из строя шлаковых чаш в доменном и кислородно-конвертерном цехах.

Из графиков, приведённых на рис. 3, 4, следует, что основными технологическими причинами выхода из строя шлаковых чаш являются трещины, износ борта и прогар. По этим причинам из строя выходит свыше 50% всех используемых чаш. Следовательно, для повышения их стойкости необходимо стремиться к повышению ударной вязкости.

Исследования показали, что сталь марки 25Л способствует не только исчезновению трещин на поверхности, но и увеличению количества наливов (рис. 5).

Из представленных на рис. 5 результатов видно, что стойкость чаш в доменном цехе приблизительно в два

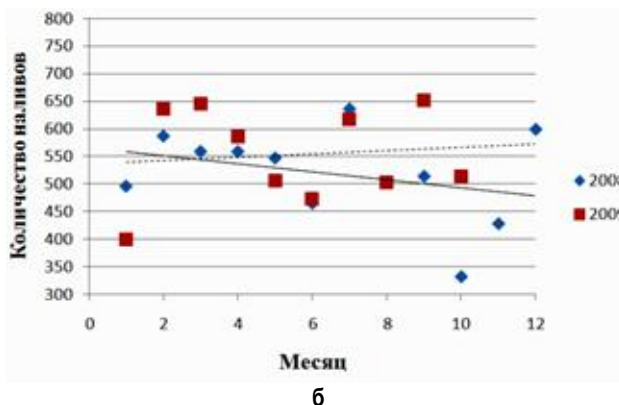
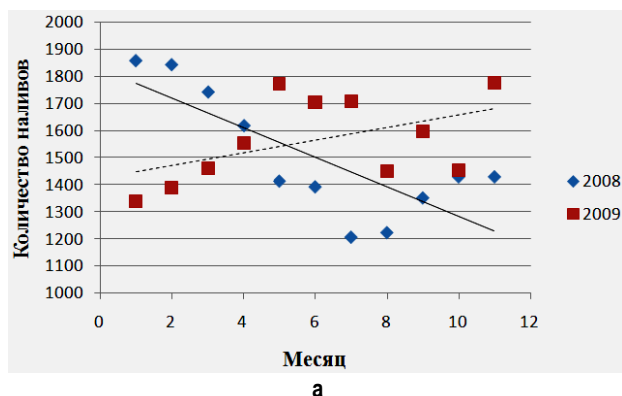
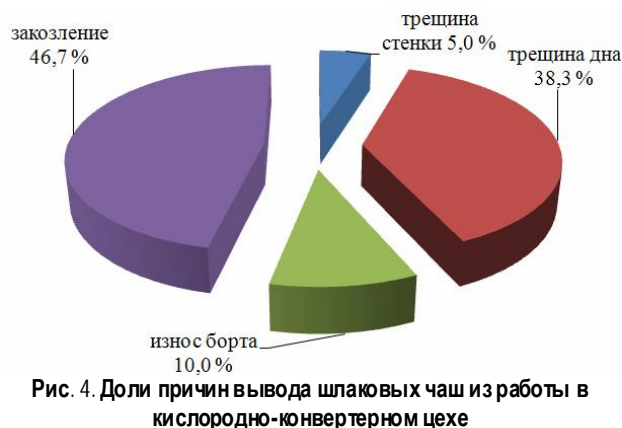
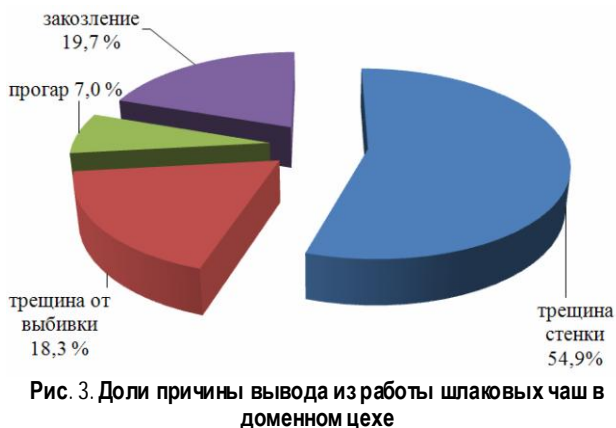


Рис. 5. Изменение стойкости шлаковых чаш: а – в доменном цехе; б – в кислородно-конвертерном цехе

раза выше, чем в кислородно-конвертерном. Это обусловлено действием более высоких температур на чаши в конвертерном цехе. Заметно, что с изменением марки стали происходит повышение стойкости чаш на 300–400 наливов в доменном цехе и на 100–300 в кислородно-конвертерном.

Выводы

- стойкость шлаковых чаш имеет практический интерес для современных металлургических

- предприятий;
- более половины всех чаш выходят из строя из-за образования трещин;
- образование трещин прямо пропорционально ударной вязкости;
- повышение ударной вязкости можно добиться установлением оптимальных параметров модифицирования и оптимизации режимов последующей термообработки.

УДК 621.742.4:53.093

Савинов А.С., Тубольцева А.С.

РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ФРОНТА ВЛАЖНОСТИ В СЫРОЙ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЕ

Одним из основных факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние литой детали при изготовлении ее в сырой песчано-глинистой форме (ПГФ), являются механические свойства высохшего слоя смеси и свойства переувлажненной зоны формы. Анализ напряженно-деформированного состояния системы «отливка-форма» осложняется движением зоны конденсированной влаги под воздействием теплового потока отливки. Поэтому для учета данного фактора необходимо моделирование процесса движения зоны испарения и конденсации в сырой ПГФ.

Основоположниками математического моделирования переноса влаги по сечению формы можно считать Вейника А.И. и Анисовича Г.А. [1, 2], которые в своих работах излагают принципы расчета зоны конденсации в литейной форме. На основе материального и теплового баланса ими получены аналитические выражения, связывающие закристаллизованный слой отливки с толщиной сухой зоны смеси, распределением зоны конденсации и температурами в сухой и влажной слоях формы.

Развитием теории движения влажной зоны в сырой ПГФ можно считать работу Трухова А.П., Константинова Л.С и Аксенова П.А. [3]. В ней рассмотрено формирование зоны испарения, расчет которой отсутствует в источниках [1, 2].

Обширные экспериментальные исследования по влиянию на формирование длины и характера зоны конденсации провел Ле Конг Ха [4]. Им было исследовано влияние миграции влажности в форме плотности, начальной влажности, зернистость песка формы и других факторов. В работе им было графически отображено движение зоны конденсации под воздействием теплового потока пуансона при постоянных граничных условиях: плотности формы 1550 кг/м³, температуры пуансона 800°С, влажности формы 5%.

Во всех рассмотренных моделях температура границы отливка-форма принималась постоянной соответствующей температуре кристаллизации изделия. Такой подход вполне уместен при рассмотрении процесса в небольших временных интервалах, в частно-

сти при моделировании образования горячих трещин литой детали. При этом в качестве критерия формирования зоны конденсации принято время нахождения в форме теплоносителя с постоянной температурой поверхности. Однако, исходя из материального баланса испарившейся и сконденсировавшейся влаги, критерием формирования кривой влажности должна быть величина сухого слоя формы, расчет которого ведется на основе анализа теплового баланса. Данное условие было принято авторами при математическом описании движения фронта влажности, при кристаллизации и охлаждении теплоносителя. При этом была разработана интерполяционная модель на основе существующей экспериментальной базы данных, представленной в источнике [4].

Суть ее заключается в следующем.

Пусть требуется построить график распределения влажности при толщине сухого слоя $x_{иском}^{сух}$ (рис. 1).

Рассчитаем ординату влажности $U_{иском}$ в точке $x_{иском}$. Для чего используем эмпирические кривые, абсциссы сухих слоев которых $x_{min}^{сух}$ и $x_{max}^{сух}$ лежат слева и справа от значения $x_{иском}^{сух}$.

С этой целью опишем экспериментальные данные, представленные в источнике [4], следующими регрессионными уравнениями, при этом определяющим условием формирование кривой принято не время, как в работе [4], а толщина сухого слоя формы:

$$U_1(x) = (26,82(x - 1,74)^2 - 4,66) \times e^{-1,84 \cdot x + 3,2} + 5,29; \quad (1)$$

$$1,64 < x < 7,95, \quad \eta = 0,982;$$

$$U_2(x) = (11(x - 2,8)^2 - 4,65) \times e^{-1,21 \cdot x + 3,4} + 5,4; \quad (2)$$

$$2,564 < x < 11,65, \quad \eta = 0,992;$$

$$U_3(x) = (5,896(x-3,63)^2 - 4,6) \times e^{-0,85 \cdot x + 3,1} + 5,23; \quad (3)$$

$3,388 < x < 14,32, \quad \eta = 0,997;$

$$U_4(x) = (4,22(x-4)^2 - 6,39) \times e^{-0,7199 \cdot x + 2,884} + 5,23; \quad (4)$$

$4,235 < x < 16,71, \quad \eta = 0,996;$

$$U_5(x) = (1,7248(x-5,5)^2 - 4,6844) \times e^{-0,445 \cdot x + 2,446} + 4,9; \quad (5)$$

$5,39 < x < 24,02, \quad \eta = 0,999;$

$$U_6(x) = (1,22(x-6,68)^2 + 0,0013(x-6,68)^3 - 4,88) \times e^{-0,358 \cdot x + 2,39 - 0,003 \cdot (x-6,68)^2} + 4,98; \quad (6)$$

$6,622 < x < 20, \quad \eta = 0,9992.$

Для оценки тесноты связи экспериментальных данных с полученными нелинейными линиями регрессии использовали корреляционное отношение η [5], высокое значение которого говорит о достаточной сходимости экспериментальных и расчетных данных.

Искомую ординату $U_{иском}$, лежащую на расстоянии Δx от абсциссы $x_{иском}^{сух}$ (рис. 2), будем искать, используя значения влажности прилегающих функций $U_{min}^{исх}$, $U_{max}^{исх}$ (эти значения нетрудно найти по выражениям (1)–(6)), лежащих в точках $x_{min}^{сух}$, $x_{max}^{сух}$, значения которых будут найдены ниже.

Для нахождения искомой ординаты рассмотрим подобие треугольников $\triangle ABG \sim \triangle FEG$, $\triangle ABG \sim \triangle CDG$ (см. рис. 1), обозначив $U_{иском} = CD$, $U_{min}^{исх} = AB$, $U_{max}^{исх} = FG$. Получим следующее уравнение

$$U_{иском} = \frac{ADU_{max}^{исх} + DFU_{min}^{исх}}{AD + DF}. \quad (7)$$

Определение характера распределения кривой $U_{иском}(x)$ проведем из следующих соображений. Допустим, что за бесконечно малый отрезок времени t_1 сухой слой искомой кривой $x_{иском}^{сух}$ сместился

от абсциссы $x_{min}^{сух}$ на какой-то бесконечно малый отрезок. Очевидно, что в этом случае новая кривая будет практически идентична графику $U_{min}^{исх}(x)$. Тогда допустим, что, продвигаясь по слою формы, в момент времени t_2 абсцисса $x_{иском}^{сух}$ вплотную приблизится к значению $x_{max}^{сух}$. А график $U_{иском}(x)$ будет идентичен зависимости $U_{max}^{исх}(x)$. Следовательно, мы видим, что в промежуточный момент времени t искомая кривая может быть рассчитана, основываясь на значениях граничных кривых, а определяющим фактором формирования кривой будет положение сухого слоя $x_{иском}^{сух}$, расположение которого выражается расстояниями a и b до сухих слоев $x_{min}^{сух}$, $x_{max}^{сух}$ граничных функций $U_{min}^{исх}(x)$, $U_{max}^{исх}(x)$ (см. рис. 1).

Выразим выведенную ранее формулу (7) через положение сухого слоя, заданного значениями a и b .

При этом

$$AD = a + \Delta x - \Delta x_{min}; \quad (8)$$

$$DF = b - \Delta x + \Delta x_{max}, \quad (9)$$

где Δx_{min} , Δx_{max} – расстояния от сухих слоев прилегающих функций до ординат U_{min} , U_{max} .

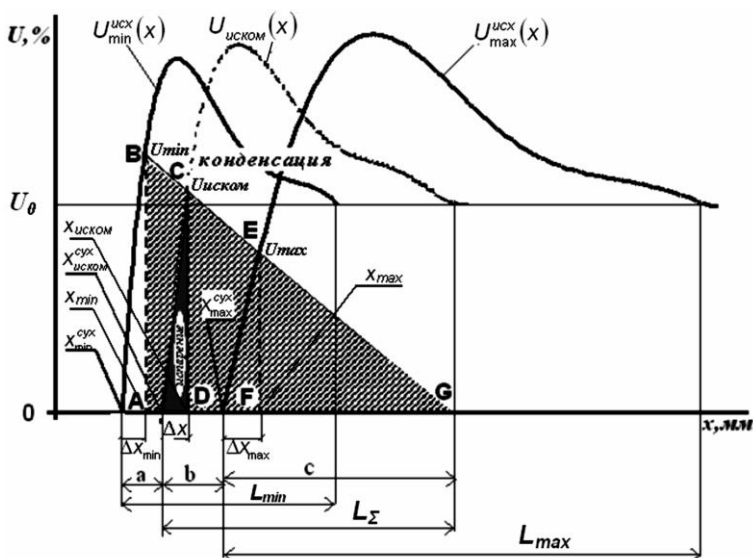


Рис. 1. К расчету зоны влажности формовочной смеси

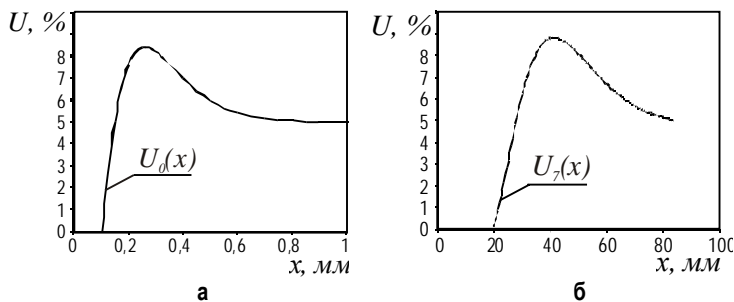


Рис. 2. Расчетные кривые распределения влаги в сырой ПГФ: а – при $x^{сух} = 0,1$ мм; б – при $x^{сух} = 20$ мм

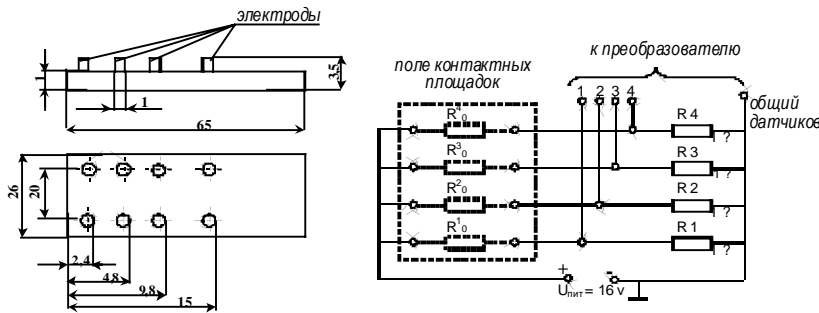


Рис. 3. Схема датчика определения динамики движения зоны конденсации: R_1-R_4 – шунты; $R'_0-R'_4$ – сопротивление

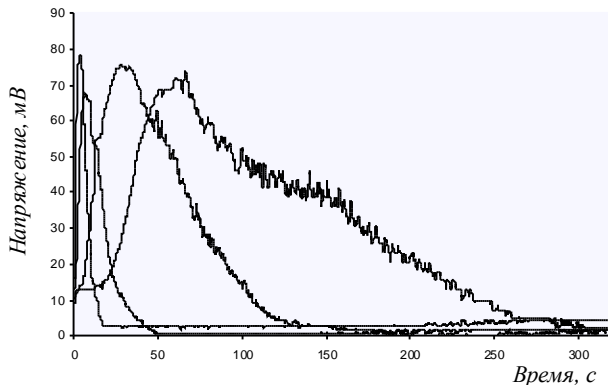


Рис. 4. Экспериментальные кривые изменения влажности в слое сырой песчано-лиственной формы: 1 – датчик на расстоянии 2,4 мм от границы отливка-форма; 2 – 4,8 мм; 3 – 9,8 мм; 4 – 15 мм

Следует отметить, что значения приращений будут пропорциональны длинам рассматриваемых кривых $L_\Sigma, L_{\max}, L_{\min}$. И будут равны

$$\Delta x_{\min} = \Delta X \frac{L_\Sigma}{L_{\min}}; \quad (10)$$

$$\Delta x_{\max} = \Delta X \frac{L_\Sigma}{L_{\max}}. \quad (11)$$

Значение L_Σ найдем на основании соображений, изложенных выше, при этом

$$L_\Sigma = \frac{aL_{\max} + bL_{\min}}{a + b}. \quad (12)$$

Подставив выражения (8)–(12) в формулу (7), получим

$$U_{\text{иском}} = \frac{(a - \Delta x_{\min} + \Delta x)U_{\max} + (b - \Delta x + \Delta x_{\max})U_{\min}}{a - \Delta x_{\min} + \Delta x + b - \Delta x + \Delta x_{\max}}. \quad (13)$$

Упрощение данного выражения дает нам следующую формулу:

$$U_{\text{иском}} = \frac{aU_{\max}^{\text{исх}} + bU_{\min}^{\text{исх}}}{a + b}. \quad (14)$$

В данной формуле значение ординат напрямую зависит от положения сухого слоя формы, выраженного через значения a и b .

Для расширения области применения аппроксимирующей модели, на основе математического анализа используемой экспериментальной базы данных, проведена экстраполяция кривых влажности, подробно описанная в источнике [6]. При этом были получены зависимости, графически отображенные на рис. 2.

$$U_0(x) = (1100,4(x - 0,064)^2 - 8,094) \times e^{-12,55x + 0,97} + 4,97, \quad 0,1 < x < 1,06; \quad (15)$$

$$U_7(x) = (0,0733(x - 20,77)^2 + 0,0356(x - 20,77)^3 - 4,29) \times e^{-0,127 \cdot x + 2,638 - 0,0001 \cdot (x - 20,77)^2} + 4,763, \quad 20 < x < 83,8. \quad (16)$$

Результаты расчетов рассмотренной интерполяционной модели сравнивали с интерполяцией, осуществленной нейросетевым моделированием [7]. Однако нейросетевой прогноз дал несколько худшие результаты.

Для учета изменения температуры в слое формы была адаптирована разностная схема расчета теплового поля среды, детально описанная в источнике [8].

Расчет кривой конденсации проверялся экспериментально кондуктометрическим способом на разработанном лабораторном стенде [9]. Для измерения влажности формы и определения динамики движения зоны испарения и конденсации использовался датчик с дискретным расположением измерительных площадок. Электрическая схема датчика показана на рис. 3. Подключение датчика к преобразователю осуществлялась напрямую, без предварительного усиления.

Работа датчика основана на следующем принципе. При измерении влажности формы в процессе движения зоны конденсации происходит изменение сопротивления между электродами $R'_0-R'_4$, что, в свою очередь, меняет напряжения на сопротивлениях R_1-R_4 (см. рис. 3), фиксирующиеся прибором.

При этом максимальное напряжение на сопротивлениях $R_1 - R_4$ будет регистрироваться прибором при прохождении в электродах пика зоны конденсации. Соответственно минимальное значение возникает при полном испарении влаги в зоне регистрирующих электродов. Данный метод позволяет с достаточной точностью определять скорость нарастания сухого слоя формы, а также движение пика влажности.

Для подтверждения адекватности представленной модели был проведен следующий эксперимент. В сырую ПГФ влажностью 5,22%, плотностью 1562 кг/м³ был залит алюминиевый расплав температурой $T=953$ К. Отливка представляла собой пластину с раз-

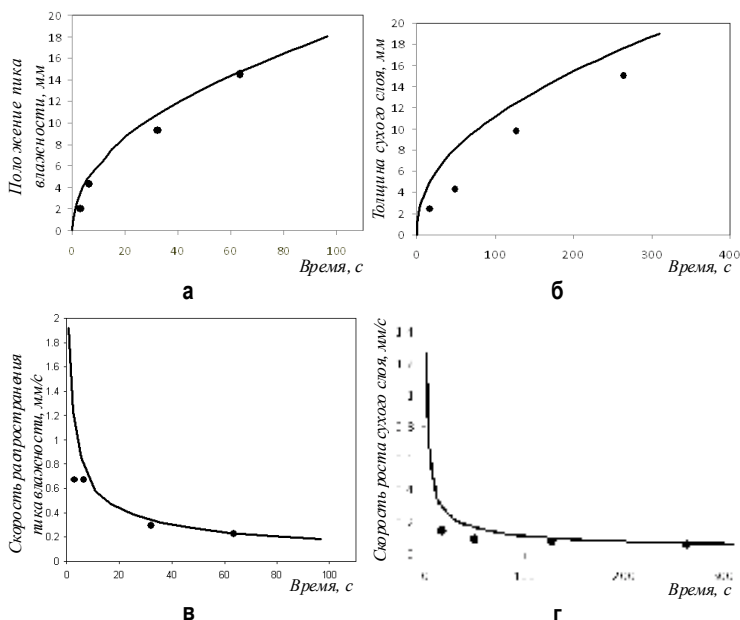


Рис. 5. Сравнение экспериментальных и расчетных данных по движению фронта конденсации в сырой ПГФ:
а – кривая движения пика влажности; **б** – кривая распространения сухого слоя в форме; **в** – кривая скорости движения пика влажности; **г** – кривая скорости роста сухого слоя; — – расчетные значения; ■ – экспериментальные значения

мерами 100×100×20 мм. Температура границы отливка-форма фиксировалась термопарами типа хромель-алюмель и была использована при расчете в качестве граничного условия I рода, при решении линейной одномерной задачи теплопроводности. Изменение поля влажности литейной формы при кристаллизации и охлаждении отливки представлено на рис. 4. При расчете учитывали температурное изменение теплоемкости формы, а также теплофизических характеристик ПГФ, связанных с миграцией влаги.

Сравнение экспериментальных и расчетных значений роста сухого слоя формы и движение зоны максимальной влажности (пика влажности) графически отобразим на рис. 5.

Удовлетворительное схождение экспериментальных и расчетных данных (см. рис. 5) позволяет говорить о возможности использования представленной модели при прогнозировании распространения зоны конденсации в сырой ПГФ в условиях, сопоставимых с экспериментальными.

Список литературы

1. Вейник А. И. Термодинамика литейной формы. М.: Машиностроение, 1968. 335 с.
2. Анисович Г.А., Вейник А.И. Исследование процессов переноса тепла и влаги в литейной форме // Приложения теплофизики в литейном производстве». Минск: Вышэйш. шк., 1966. 370 с.
3. Аксенов П.Н., Трухов А.П. Аналитический расчет зоны кон-

- денсации в литейной форме // Литейное производство. 1972. № 5. С. 19–21.
4. Ле Конг Ха. Распределение влажности в сырой форме при заливке // Литейное производство. 1970. № 5. С. 37–38.
5. Справочник по теории вероятности и математической статистике / Королюк В.С., Потенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. М.: Наука, 1985. 640 с.
6. Экстраполяция кривых распределения зон влажности формовочной смеси / А.С. Савинов, Ф.Г. Ибрагимов, А.С. Тубольцева // Литейные процессы: межрегион. сб. науч. трудов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. С. 128–133.
7. Математическое моделирование процесса конденсации в литейной форме при кристаллизации и охлаждении стенки отливки / А.С. Савинов, Ф.Г. Ибрагимов, А.С. Тубольцева; ГОУ ВПО «Магнитогорск. гос. техн. ун-т». М., 2009. 14 с. Деп. в ВИНТИ 10.03.09, № 122 - В2009.
8. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенинников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. М.: Metallurgy, 1990. 239 с.
9. Информационно-измерительный комплекс для определения параметров процессов при изготовлении литой детали / А.С. Савинов, С.М. Андреев, А.С. Тубольцева // Современные технологии в машиностроении: сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конференции. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. С. 39–41.

List of literature

1. Veinik A.I. Thermodynamics of casting mold. M., Mechanical engineering, 1968. 335 p.
2. Anisovich G.A., Veinik A.I. Investigation of processes of heat and moisture transfer in the casting mold // Thermalphysic supplement in the foundry engineering. Minsk, publishing house «Higher school», 1966. 370 p.
3. Aksenov P.N., Truhov A.P. Analytical calculation of condensation zone in the casting mold // Foundry engineering. 1972. № 5. P. 19–21.
4. Le Kong Ha. Moisture distribution in the damp form during the pouring // Foundry engineering. 1970. № 5. P. 37–38.
5. Probability theory and mathematical statistics handbook / Koroluk V.S., Potenko N.I., Skorohod A.V., Turbin A.F. M.: Science, 1985. 640 p.
6. Extrapolation of distribution curves of molding sand moisture zones / A.S. Savinov, F.G. Ibragimov, A.S. Tuboltseva // Casting processes: interregional manual of scientific studies. Magnitogorsk: GOU VPO «MGTU», 2009. 128–133.
7. Mathematical simulation of condensation process in the casting mold during the crystallization and cooling of cast mold / A.S. Savinov, F.G. Ibragimov, A.S. Nuboltseva // V. 2009. 14 p. Dep. VINITI 10.03.09 № 122 - B2009.
8. Arutunov V.A., Buhmirov V.V., Krupeninnikov S.A. Mathematical simulation of thermal work of industrial furnaces. M.: Metallurgy, 1990. 239 p.
9. Information-measuring complex for determination of parameters of processes on the moulded piece production. / A.S. Savinov, S.M. Andreev, A.S. Tuboltseva // Current technologies in mechanical engineering: symposium of XII International theoretical and practical conference. Penza: Privoljskiy dom znaniy, 2009. P. 39–41.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.771.07

Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Москвин В.М.

РАСЧЁТ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО И ОПОРНОГО БАНДАЖИРОВАННЫХ ВАЛКОВ ПРИ ПРОКАТКЕ СКЛАДКИ ТРОЙНОЙ ТОЛЩИНЫ

Расчет напряженного состояния рабочего вала

Рассмотрим напряжения, которые возникают в бандаже рабочего вала в результате упругой деформации сплющивания от взаимодействия с металлом и опорным валком и действия натяга. Напряжения в бандаже найдём наложением двух напряжений – от упругого сплющивания и от натяга. Это возможно, если и напряжения, и деформации связаны линейной зависимостью; бандаж и ось деформируются совместно и не образуется зазор в месте их контакта. Кроме того, предполагается, что механические характеристики материалов, из которых изготовлены бандаж и ось, достаточно близкие. Считаем валок длинным цилиндром. Это позволяет определить напряжения в бандаже от натяга по тем же формулам, по которым ведётся расчёт симметрично нагруженных цилиндрических деталей [1].

Если бандаж и ось изготовлены из одного материала ($\mu_1=\mu_2$) и ($E_1=E_2$), а ось представляет собой сплошной цилиндр, то величина контактного давления определяется по формуле [1]

$$p = E \frac{\delta}{d} \frac{1-k^2}{2}, \quad k = \frac{r}{R}, \quad (1)$$

где δ – величина натяга; d – диаметр оси; r – радиус оси; R – внешний радиус бандаж.

В работе [2] проведен анализ режима обжатия при прокатке складки тройной толщины на стане 400 хо-

лодной прокатки. Построены эпюры нормальных и касательных напряжений для рабочего и опорного валков. Полученные данные позволяют рассчитать напряженное состояние бандажированных валков клети кварто при экстремальных нагрузках, возникающих при прокатке тройной складки, которая может образоваться при обрыве полосы.

Знание величин максимальных напряжений и характера их распределения позволяет более обосновано подходить к выбору материала валков, наименее подверженного катастрофическим повреждениям в аварийных ситуациях.

Радиальные σ_{rr}^1 и окружные $\sigma_{\theta\theta}^1$ напряжения, которые возникают в бандаже от натяга, рассчитываются по следующим формулам:

$$\sigma_{rr}^1 = p \left(\frac{r_2}{R^2 - r^2} - \frac{r^2 R^2}{R^2 - r^2} \cdot \frac{1}{r_{тек}^2} \right); \quad (2)$$

$$\sigma_{\theta\theta}^1 = p \left(\frac{r^2}{R^2 - r^2} + \frac{r^2 R^2}{R^2 - r^2} \cdot \frac{1}{r_{тек}^2} \right),$$

где $r_{тек}$ – текущий радиус, который измеряется в пределах $r \leq r_{тек} \leq R$.

В расчётах принято: $E = 2,0 \cdot 10^5$ Н/мм², $r = 69$ мм, $R = 100$ мм, $\delta = 0,1$ мм. Результаты расчётов по формулам (1) и (2) приведены на рис. 1.

Напряжённое состояние рабочего вала, а следовательно, и бандаж, которое возникает от контактных напряжений, определено методом граничных элементов. Применительно к решению плоских задач линейной теории упругости в работе [3] метод граничных элементов доведён до готовых компьютерных программ. Границы тела, вернее границы сечения тела плоскостью, в указанной работе предложено аппроксимировать отрезками прямых линий. Для каждого отрезка прямой нужно указать координаты начала и координаты конца, а также эквивалентные нормальные и касательные напряжения, которые как внешние силы действуют на новую границу тела. То есть для каждого отрезка, расположенного на границе тела, надо задать вектор $[x_{нач} \ y_{нач} \ x_{кон} \ y_{кон} \ k \ \tau/v \ \sigma/u]$, где k – параметр, определяющий вид граничного условия: можно взять τ и σ , а можно v и u . Метод граничного элемента позволяет определить напряжения в любой точке плоского сечения вала за исключением

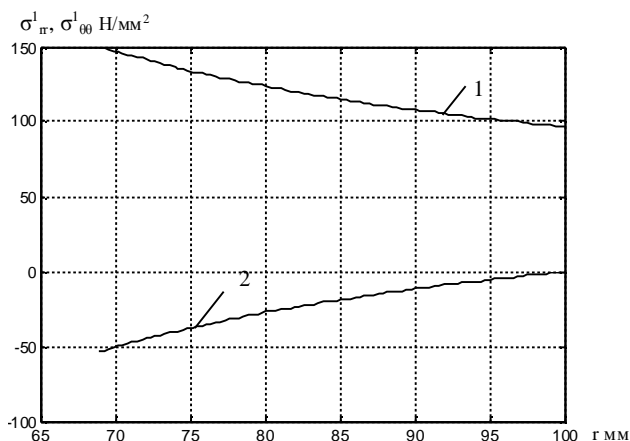


Рис. 1. Радиальные и окружные напряжения в бандаже рабочего вала от натяга: 1 – $\sigma_{\theta\theta}^1$; 2 – σ_{rr}^1

узкой полосы у границы. Нельзя приближаться к пограничному отрезку длиной l на расстояние ближе, чем $2l$ [3]. В конечном счёте это определяет размеры граничных элементов и их общее число.

На дуге контакта вала с металлом на него действуют нормальное и касательное напряжения, а в зоне контакта с опорным валком – нормальное напряжение. Окружность, которая ограничивает сечение вала, неравномерно поделена на 530 дуг. Каждая дуга заменена отрезком прямой. Для тех отрезков, которые попали в зону очага деформации и в зону контакта с опорным валком, определены эквивалентные нормальные и касательные напряжения. Подробно процедура перехода к эквивалентным напряжениям описана в [4]. Расчетная схема для рабочего вала приведена на рис. 2.

Касательные напряжения, приложенные к поверхности вала, создают на единицу ширины прокатываемой полосы момент. Момент прокатки скомпенсирован так: сплошной валок заменён полым с диаметром внутреннего отверстия $d_{вн}=40$ мм и по его внутренней поверхности равномерно распределено касательное напряжение. Такая замена согласно принципу Сен-Венана существенно не скажется на

напряжённое состояние в зонах рабочего вала, близких к его внешней поверхности.

Результаты расчётов напряжённого состояния рабочего вала приведены на рис. 3–13. На рис. 3–5 представлены касательные напряжения. В цилиндрической системе координат от натяга имеют место только радиальные и окружные напряжения, а касательные отсутствуют. На рис. 3 изображена поверхность касательных напряжений в месте контакта рабочего вала с опорным. Отсчёт углов φ указан на рис. 2, а 2θ – угол, под которым дуга контакта видна из центра вала. Линии равного уровня касательных напряжений, т.е. пересечения поверхности с плоскостями, параллельными плоскости x – y , приведены на рис. 4. Наибольшие значения касательные напряжения достигают на расстоянии 1,5 мм. Напряжения на дуге радиуса $r = 98,5$ мм и $-20 \leq \varphi \leq 20$, где располагаются точки с наибольшим касательным напряжением, представлены на рис. 5.

Поверхности, отражающие качественный характер изменения радиальных и окружных напряжений от усилия прокатки, приведены на рис. 6 и 7. Они достигают наибольшего значения на прямой $\varphi=0$. Изме-

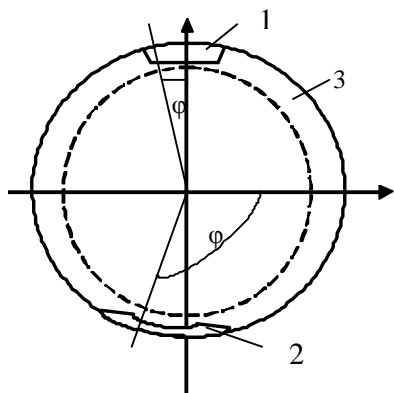


Рис. 2. Участки рабочего вала, для которых определялось напряжённое состояние: 1 – зона контакта с опорным; 2 – зона контакта с металлом; 3 – бандаж

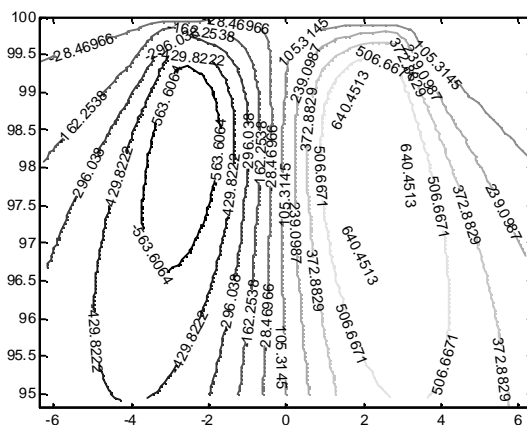


Рис. 4. Линии равного уровня поверхности касательных напряжений в зоне контакта рабочего вала с опорным: $95 \leq r \leq 100$; $-20 \leq \varphi \leq 20$

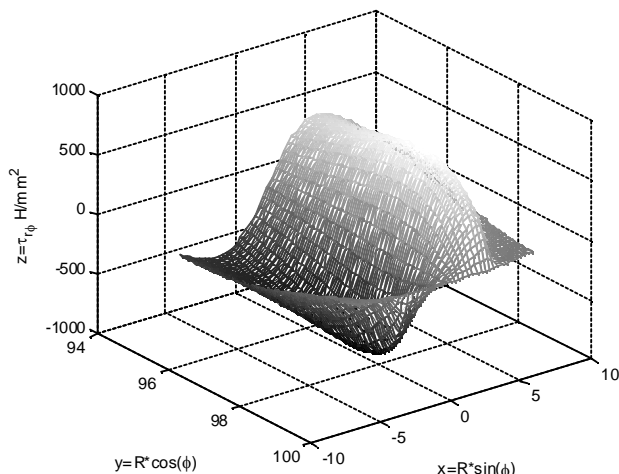


Рис. 3. Поверхность касательных τ_{φ} напряжений в месте контакта рабочего вала с опорным: $95 \leq r \leq 100$; $-20 \leq \varphi \leq 20$

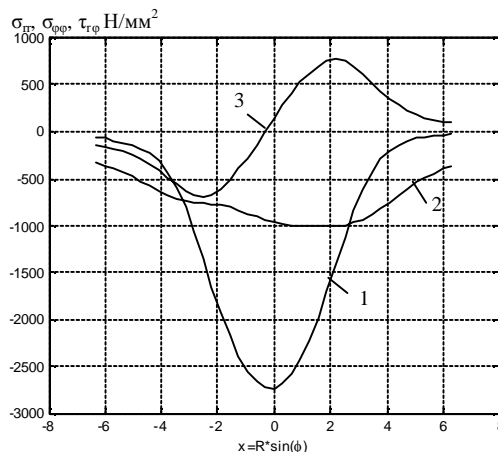


Рис. 5. Распределение напряжений по дуге $R=98,5$ мм и $-20 \leq \varphi \leq 20$: 1 – радиальные σ_r ; 2 – окружные σ_{φ} ; 3 – касательные τ_{φ}

нения этих напряжений по радиусу вала показаны на рис. 8. Чтобы получить полные значения радиальных и окружных напряжений, их значения от натяга $\sigma_{\text{пр}}^1$, $\sigma_{\text{фр}}^1$ (см. рис. 1) и от усилия прокатки $\sigma_{\text{пр}}^2$, $\sigma_{\text{фр}}^2$ (см. рис. 8) нужно сложить.

Напряжённое состояние в той части вала, кото-

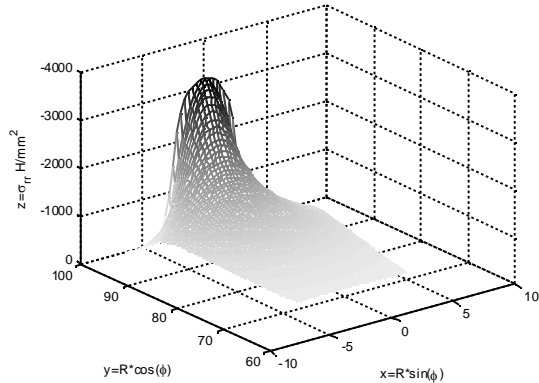


Рис. 6. Поверхность радиальных напряжений $\sigma_{\text{пр}}$ от усилия прокатки в бандаже рабочего вала: $69 \leq r \leq 100$; $-2\theta \leq \phi \leq 2\theta$

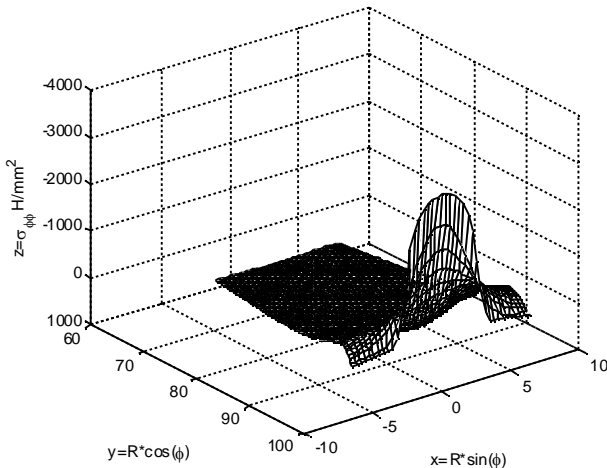


Рис. 7. Поверхность окружных напряжений ($\sigma_{\text{фр}}$) от усилия прокатки в бандаже рабочего вала: $69 \leq r \leq 100$; $-2\theta \leq \phi \leq 2\theta$

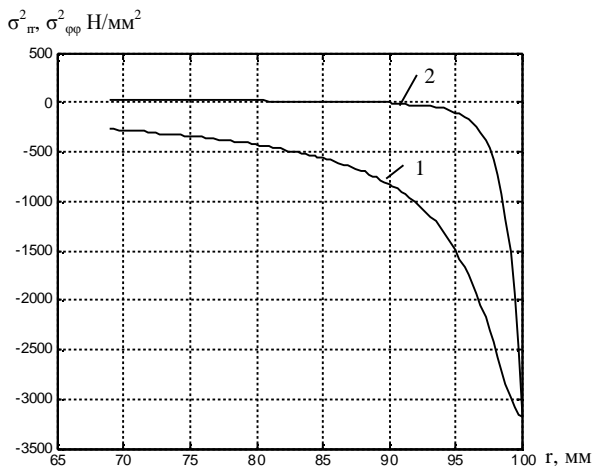


Рис. 8. Изменение радиальных (1) и окружных (2) напряжений в бандаже рабочего вала от усилия прокатки: $69 \leq r \leq 100$; $\phi = 0$

рая контактирует с металлом (очаг деформации), показано на рис. 9–13. Поверхность касательных напряжений – на рис. 9, а линии равного уровня для касательных напряжений – на рис. 10.

Наибольшего значения касательные напряжения достигают на разном расстоянии от поверхности вала

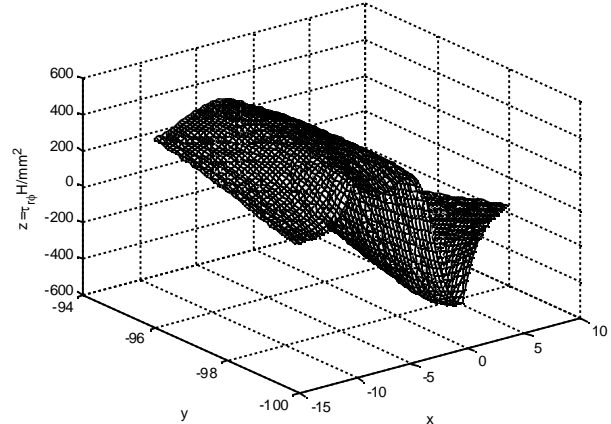


Рис. 9. Поверхность касательных напряжений в бандаже рабочего вала в зоне контакта рабочего вала с металлом

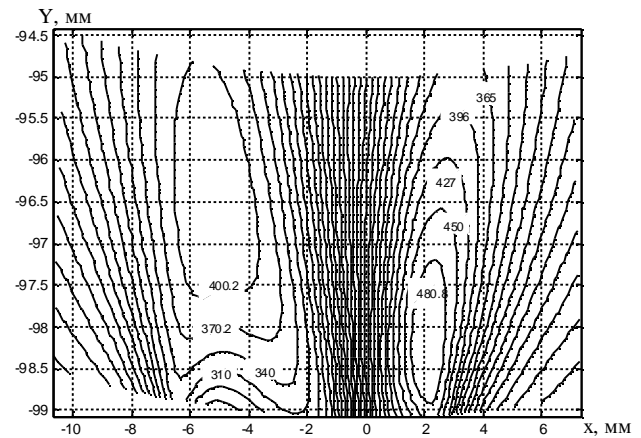


Рис. 10. Линии равного уровня абсолютных значений касательных напряжений в зоне контакта рабочего вала с металлом

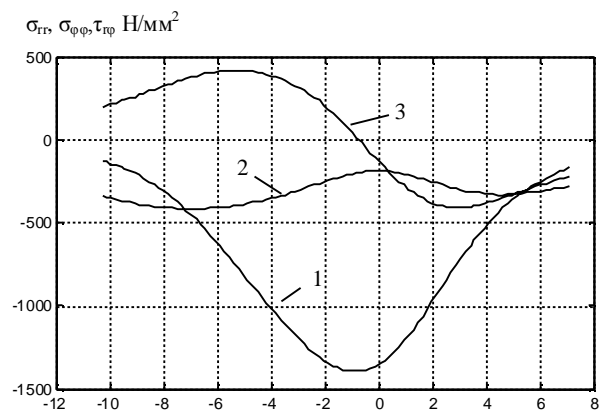


Рис. 11. Радиальные (1), окружные (2) и касательные (3) напряжения в бандаже рабочего вала для зоны отставания в точках, равноудалённых от центра вала ($R=96,7$ мм, $\tau_{\text{фр max}}=433$ Н/мм²)

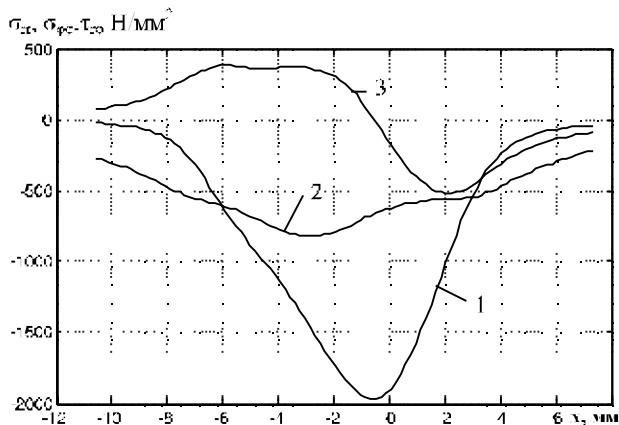


Рис. 12. Радиальные (1), окружные (2) и касательные (3) напряжения в зоне опережения в бандаже рабочего вала в точках, равноудалённых от центра вала ($R=98,2$ мм, $\tau_{\phi \min}=-520$ Н/мм²)

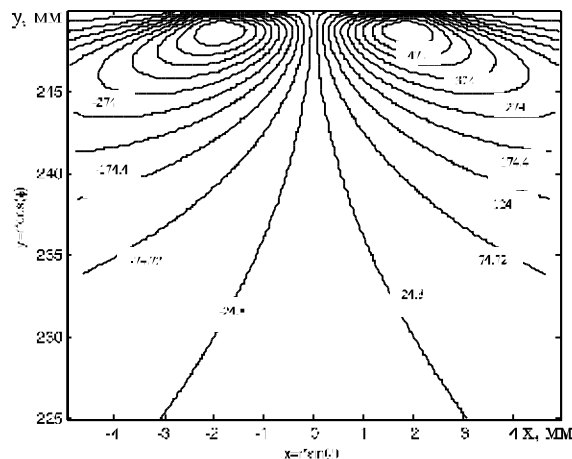


Рис. 15. Линии равных значений касательных напряжений в бандаже опорного вала в месте касания с рабочим валком: $225 \leq r \leq 250$; $-\theta_2 \leq \phi \leq \theta_2$

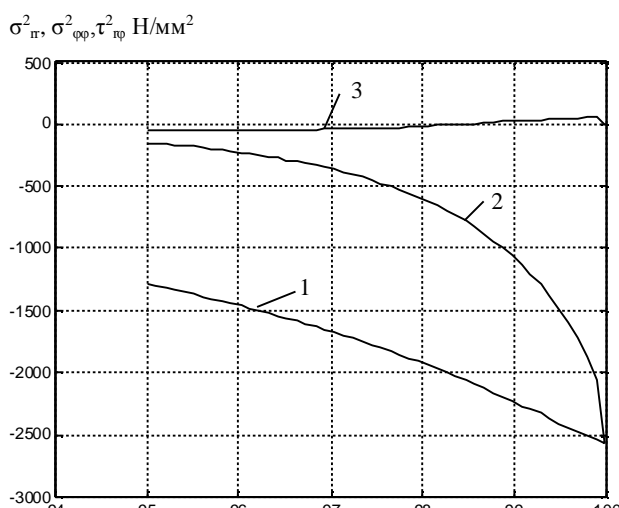


Рис. 13. Радиальные (1), окружные (2) и касательные (3) напряжения в бандаже по радиусу рабочего вала: $95 \leq r \leq 100$; $\phi = -\pi/2$

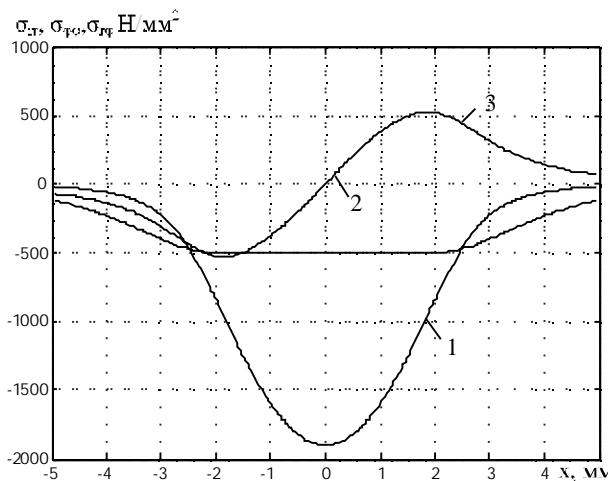


Рис. 16. Изменение нормальных (1), окружных (2), касательных (3) напряжений по дуге $r = 248,75$ и $-\theta_2 \leq \phi \leq \theta_2$ в бандаже опорного вала: $x=r*\sin(\phi)$

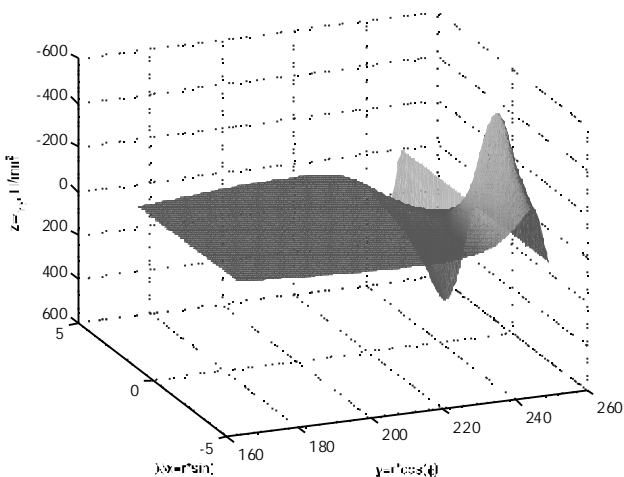


Рис. 14. Поверхность касательных напряжений в бандаже опорного вала в зоне контакта с рабочим валком: $170 \leq r \leq 250$; $-\theta_2 \leq \phi \leq \theta_2$

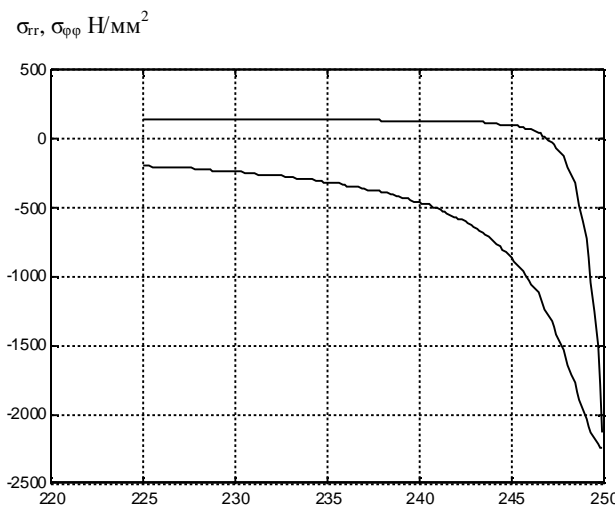


Рис. 17. Изменение нормальных (1) и окружных (2) напряжений по радиусу $225 \leq r \leq 250$, $\phi = 0$ в бандаже опорного вала

для зоны отставания и опережения очага деформации. На рис. 11 и 12 приведены графики изменения напряжений на дугах окружностей радиусов 96,7 и 98,2 мм.

Наибольшего значения радиальные и окружные напряжения достигают при $\varphi = -\pi/2$. На рис. 13 показано их изменение по радиусу вала.

Расчет напряженного состояния опорного вала

Напряжённое состояние опорного вала определено по методике, изложенной в работе [4]. Эпюра контактных напряжений от действия рабочего вала на опорный представлена в виде косинусоиды, а погонное давление прокатки в 13614 Н/мм уравнивается весом опорного вала. В расчётах принято: $D_{\text{раб}} = 200$ мм, $D_{\text{опор}} = 500$ мм, $D_{\text{нос}} = 340$ мм, $E_{\text{юнга}} = 2,0 \cdot 10^5$ Н/мм², $\mu_{\text{тупасона}} = 0,3$, $\delta_{\text{натяг}} = 0,4$ мм. В процессе расчёта окружные и радиальные напряжения в бандаже определялись как сумма напряжений от натяга и давления прокатки. Напряжения в опорном валке определены для узкой полосы, показанной на рис. 2.

Поверхность касательных напряжений, которая показывает качественный характер изменения напряжения, приведена на рис. 14, а линии равного уровня касательных напряжений – на рис. 15. Касательные напряжения σ_{φ} достигают максимального значения в 530 Н/мм² на глубине 1,25 мм от поверхности опорного вала.

Точки с максимальными касательными напряжениями расположены на дуге окружности $r=248,75$ мм. Напряжения для всех точек, расположенных на этой дуге, показаны на рис. 16.

Радиальные и окружные напряжения в опорном валке достигают максимальных значений на прямой

$225 \leq r \leq 250$, $\varphi=0$. Количественный и качественный характер их изменения приведён на рис. 17.

Список литературы

1. Расчёты на прочность в машиностроении. Т. 2 / Пономарёв С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К. и др. М.: Mashgiz, 1958. 975 с.
2. Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Москвин В.М. Влияние складки на полосе на напряжения в валках клетей кварто станова холодной прокатки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 46–49.
3. Крауч С., Старфилд М. Метод граничных элементов в механике твёрдых тел. М.: Мир, 1987. 328 с.
4. Кадошников В.И., Москвин В.М., Белевская Е.Л. Методика определения напряжённого состояния рабочего вала методом граничных элементов // Металлург. 2008. № 10. С. 63–66.
5. Москвин В.М., Кадошников В.И., Белевская Е.Л. Напряжения в поперечной плоскости опорного вала // Производство проката. 2007. № 8. С. 19–24.

List of literature

1. The strength analysis in mechanical engineering. V. 2 / Ponomarev S.D., Biderman V.L., Liharev K.K. etc. M.: Mashgiz, 1958. 975 p.
2. Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. Influence of fold on strip at stresses in rolls of four-high stand of cold sheet mill // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2010. № 1. P. 46–49.
3. Kruch S., Starfild M. The method of boundary elements in mechanics of rigid bodies. M.: Mir, 1987. 328 p.
4. Kadoshnikov V.I., Moskvina V.M., Belevskaya E.L. The design procedure of stressed state of working roll by boundary elements method // Metallurg. 2008. № 10. P. 63–66.
5. Moskvina V.M., Kadoshnikov V.I., Belevskaya E.L. Stress in cross plane of backing roll // Metallurg. 2007. № 8. P. 19–24.

УДК 621.77

Шеметова Е.С., Огарков Н.Н.

ОЦЕНКА ДЛИНЫ КОНТАКТА КРИВОЛИНЕЙНОЙ ВОЛОКИ С ДЕФОРМИРУЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ С УЧЕТОМ ЕЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Волочение проволоки обычно осуществляется через волоку, рабочая часть которой в осевом сечении имеет коническую или криволинейные формы: радиусную, параболическую, гиперболическую, сигмоидальную и др. [2, 3]. Размеры длины контакта деформируемого материала с волокой обычно принимают без учета упругой деформации последней. В настоящей работе предлагается методика расчета длины контакта очага деформации с учетом ее приращения в результате упругой деформации волоки.

С целью упрощения решения принимаем следующие допущения:

- задачу решаем для осевого сечения;
- кривизна канала волоки в сечении, перпендикулярном оси, характеризуется средним значением радиуса R_1 ;
- кривизна сечения канала волоки вдоль оси характеризуется радиусом R_2 ;
- увеличение контакта волоки за счет ее упругой деформации эквивалентно увеличению длины контакта площадки при сжатии соприкасающихся упругих тел.

Таким образом, длину контакта упругодеформированной волоки представим суммой длины контакта недеформированной волоки и приращения ее за счет упругой деформации в соответствии с задачей Герца [1]. Принимаем, что половина упругого приращения длины контакта приходится на вход и половина на выход из очага деформации.

Площадка контакта при контактировании двух криволинейных поверхностей с различными значениями кривизны и пересекающимися осями представляет собой эллипс полуоси.

Для большей полуоси $a = \sqrt[3]{\frac{3 \beta_0}{2 \chi} P}$.

Для меньшей полуоси $b = n \sqrt[3]{\frac{3 \beta_0}{2 \chi} P}$,

где $n = \sqrt[3]{m - k^2}$; $m = \sqrt[3]{\frac{2E(k)}{\pi(1 - k^2)}}$; $k = \sqrt{1 - e^2/a^2}$; $\beta_0 = \beta_1 + \beta_2$; $\beta_1 = (1 - \nu_1^2)/(\pi E_1)$; $\beta_2 = (1 - \nu_2^2)/(\pi E_2)$; ν_1, ν_2 –

соответственно коэффициенты Пуассона материала волоки и деформируемого материала; E_1, E_2 – соответственно модули упругости материала волоки и деформируемого материала; χ – сумма кривизны главных нормальных сечений соприкасающихся поверхностей; R_1, R_2 – средний радиус канала волоки в сечении, перпендикулярном оси, и радиус кривизны канала волоки в осевом сечении; P – результирующая сила сжатия контактной поверхности волоки.

Введем величину θ , определяемую формулой

$$\theta = \arccos \sqrt{\frac{(K_{11} - K_{12})^2 + (K_{22} - K_{21})^2 + (K_{11} - K_{12})(K_{21} - K_{22}) 2 \cos 2\Psi}{K_{11} + K_{12} + K_{21} + K_{22}}}$$

где K_{11} и K_{12} – кривизна главных нормальных сечений рабочей поверхности волоки; K_{21} и K_{22} – кривизна главных нормальных сечений рабочей поверхности деформируемого материала; Ψ – угол между плоскостями главных кривизн соприкасающихся тел.

Поскольку плоскости главных кривизн взаимно перпендикулярны, то

$$\theta = \arccos \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}; \quad \chi = 2 \left(\frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right).$$

Таблица 1

Значения параметров m и n в зависимости от угла θ

Табулированные значения m и n в зависимости от θ приведены в табл. 1 по данным [1].

θ , град	m	n	θ , град	m	n
18	4,156	0,394	55	1,611	0,678
20	3,850	0,410	60	1,486	0,717
25	3,152	0,456	65	1,378	0,759
30	2,731	0,493	70	1,284	0,802
35	2,397	0,530	75	1,202	0,846
40	2,136	0,567	80	1,128	0,893
45	1,926	0,604	85	1,061	0,944
50	1,754	0,641	90	1,000	1,000

$$a = m \sqrt[3]{\frac{3 \left[(1 - \nu_1^2) E_2 + (1 - \nu_2^2) E_1 \right] R_1 R_2 \cdot P}{2 E_1 E_2 (R_1 \pm R_2)}};$$

$$b = n \sqrt[3]{\frac{3 \left[(1 - \nu_1^2) E_2 + (1 - \nu_2^2) E_1 \right] R_1 R_2 \cdot P}{4 E_1 E_2 (R_1 \pm R_2)}}.$$

Таблица 2

Сила, сжимающая контактные поверхности волоки и деформируемого материала, может быть определена по зависимости [2]

$$P = \sigma_s \cdot (1 + \alpha) \cdot \frac{\pi}{4 \sin \alpha} \cdot (D^2 - d^2),$$

где D и d – соответственно диаметры деформируемого материала до и после волочения; σ_s – напряжение текучести деформируемого материала; α – полуугол конуса волоки.

Значения упругой деформации криволинейной волоки при проволоке диаметром 2 мм

R_1/R_2		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Р6М5	Сталь30	0,022	0,0154	0,0124	0,0105	0,01
	СтальУ7	0,0334	0,023	0,0186	0,0159	0,017
ВК8	Сталь30	0,013	0,0098	0,0087	0,0086	0,0079
	СтальУ7	0,0195	0,0134	0,01	0,0093	0,0089

Таким образом, приращение длины контакта очага деформации при волочении определяется зависимостью

$$a = m \sqrt[3]{\sigma_s (1 + \sin \alpha) \frac{\pi}{4 \sin \alpha} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \frac{3 \left[(1 - \nu_1^2) E_2 + (1 - \nu_2^2) E_1 \right] R_1 R_2}{4 E_1 E_2 (R_1 \pm R_2)}}.$$

В табл. 2 приведены значения приращений длины дуги контакта волоки, изготовленной из некоторых инструментальных материалов и деформируемых углеродистых марок стали (низкоуглеродистые и высокоуглеродистые).

Анализируя значения приращений длины контакта, можно сделать вывод, что с увеличением прочности деформируемого материала в 2 раза приращение длины контакта увеличивается в 1,26 раз. Наибольшее приращение имеет место для волокна из быстрорежущей стали. Применение твердосплавных волокон позволяет уменьшить в 1,7 раза упругую деформацию.

Наибольшее приращение имеет место у волокна из быстрорежущей стали при соотношении кривизн ее рабочей поверхности $R_1/R_2 = 0,1$.

Полученные результаты рекомендуется использовать при уточненных расчетах процесса волочения проволоки или стержневых заготовок.

Список литературы

1. Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1979. 427 с.
2. Бекофен В. Процессы деформации: пер. с англ. М.: Металлургия, 1977. 288 с.
3. Томсен Э., Янг Ч., Кобаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов. М.: Машиностроение, 1968. 504 с.

List of literature

1. Demidov S.P. Mechanics. M.: Higher sc., 1979. 427 p.
 2. Becofen V. Processes of deformation: Env. with English. M.: Metallurgy, 1977. 288 p.
 3. Thomsen E., Young Ch., Cobaushe Hs. Mechanics plastic deformation processing metals. M.: Engineering, 1968. 504 p.
-

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.771.07

Огарков Н.Н., Залетов Ю.Д., Ласьков С.А., Звягина Е.Ю., Пожидаев Ю.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДРОБЕМЕТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ЛИСТА

Выполнен анализ шероховатости автолиста, прокатанного по существующей технологии в ЛПЦ-5 ОАО «ММК» в валках, насеченных дробью. Результаты замеров представлены на рис. 1.

Согласно рис. 1 имеет место сильный разброс значений как по P_c , так и по R_a .

Несмотря на такой разброс значений P_c и R_a , плотность пиков уменьшается с увеличением параметра R_a . Такая тенденция к уменьшению плотности пиков с увеличением высотных параметров шероховатости справедлива при насечке дробью одной фракции. Для получения объективной картины по значениям P_c и R_a выполнен дисперсионный анализ.

Дисперсионный анализ показывает, что при сред-

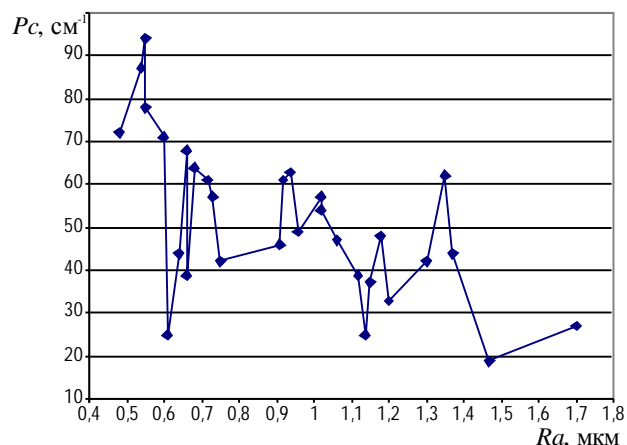


Рис. 1. Соотношение плотности пиков и параметра R_a на автолисте дроссированного в валках после ДМО по существующей технологии

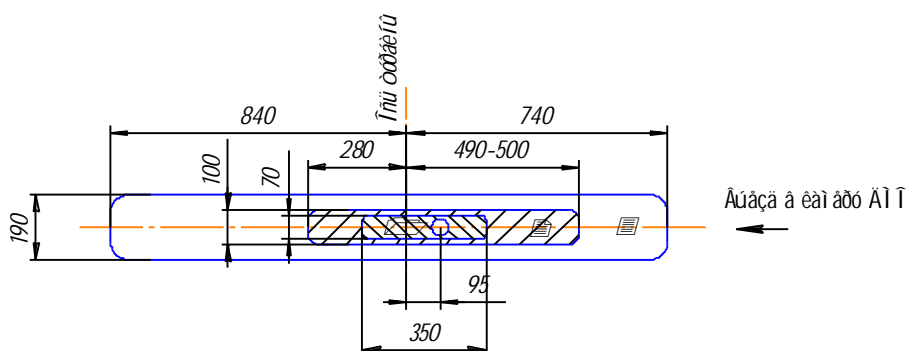


Рис. 2. След от факела дробли на листе металла после обработки по существующей технологии

нем значении параметра $R_a = 0,93$ мкм среднее квадратичное отклонение составляет 0,393 мкм, коэффициент вариации 0,422, что свидетельствует о явно выраженной нестабильности параметров шероховатости по поверхности автолиста. Такая нестабильность параметров шероховатости является следствием неоднородной плотности факела дробли, воздействующего на поверхность насечаемого валка.

С целью распределения плотности факела дробли по насечаемой поверхности был выполнен эксперимент по воздействию факела дробли на лист металла размером 2400×1100×1,8 мм, установленный на ролики вместо прокатного валка.

Обработка дробью поверхности листа выполнялась при следующих режимах:

- число оборотов дробеметного колеса 2100 об/мин;
- время насекания 8 с.

Распределение плотности факела дробли при насечении поверхности по существующей технологии иллюстрируется рис. 2.

Согласно полученным данным, поперечное сечение факела дробли на уровне роликов имеет размеры 1580×190 мм. Это сечение факела можно условно разбить на три зоны, размерами 350×70 мм в центре, 780×100 мм в средней части, 1580×190 мм по краям. Наибольшая плотность факела имеет место в центральной части, а наименьшая на периферии. На центральную, наиболее плотную часть факела приходится 8%, на среднюю – 18% и на наименее плотную, периферийную зону – 74%. Неравномерность распределения плотности факела дробли наблюдается как внутри зон, так и между ними с образованием ярко выраженных границ.

Внутри центральной зоны имеется пятно с максимальной плотностью насечки, центр которого смещен относительно оси дробеметного колеса по направлению его вращения на 95 мм.

Наличие ярко выраженных трех зон и неравномерности распределения плотности дробли внутри них не обеспечивает равномерной плотности насечки бочки валка, а соответственно и равномерности шероховатости по поверхности автолиста в различных местах.

Равномерного распределения шероховатости по насаемой поверхности валка можно добиться за счет формирования факела дробы с меньшим количеством зон и с более равномерным распределением плотности факела дробы внутри зон.

С этой целью авторами работы было предложено установить металлические шторы в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения дробеметного колеса. Шторы представляют собой металлические пластины из стали 30 размерами 500×170×10 мм, которые прикреплялись к швеллерам дробеметной камеры болтами М12. Установка штор обеспечивает формирование факела дробы с меньшей площадью и большей плотностью ударов дробы. Большая плотность факела дробы способствует формированию шероховатости насаемой поверхности валка с большим числом пиков на единицу длины шероховатости.

Предварительные исследования показали, что скорость дробы после соударения со шторой меняет не только направление, но и величину. Изменение направления и уменьшение скорости дробы после соударения со шторой зависит от условий трения между дробью и поверхностью шторы, а также от угла атаки. Исследования показали, что угол отскока дробы от шторы значительно отличается от угла атаки. Уменьшение скорости дробы после соударения со шторой зависит от коэффициента трения и угла атаки. Чрезмерное снижение скорости дробы после соударения со шторой создаст экранирующий эффект для других дробин, которые направлены непосредственно на поверхность валка. С целью определения рационального расположения штор выполнены расчеты и определены зависимости между углом атаки, условиями трения и потерей скорости дробы после соударения со шторой.

Расчет предусматривает возможность скольжения и перекатывания дробы по поверхности шторы в момент их соударения. Рассмотрены три случая:

- отскакивание дробы происходит за время предварительного смещения контактирующих тел;
- отскакивание дробы происходит в условиях предварительного смещения и скольжения;
- отскакивание дробы происходит в условиях абсолютного скольжения.

Процесс соударения дробы с металлической шторой при наличии трения основан на взаимосвязи тангенциального и нормального импульсов при ударе.

Использование импульсного метода дает возможность описать кинематические и фрикционные характеристики процесса соударения дробы о штору с учётом скольжения и перекатывания дробы по ней.

Решение задачи о взаимодействии дробы с массивной металлической шторой дает следующее выражение для коэффициента трения за время соударения дробы о штору:

$$f = \frac{V_0 \cos(\alpha_0) - V_1 \cos(\alpha_1)}{V_0 \sin(\alpha_0) + V_1 \sin(\alpha_1)}, \quad (1)$$

где V_0 – скорость дробы до удара о штору; α_0 – угол

между вектором скорости дробы до удара и поверхностью шторы; V_1 – скорость дробы после удара о штору; α_1 – угол между вектором скорости дробы после удара о штору и поверхностью шторы.

Для приближенной оценки зависимости между v_1/v_0 и коэффициентом трения принимаем $\alpha_0 = \alpha_1$. С учетом принятого уравнение принимает вид

$$f = \operatorname{ctg} \alpha \frac{v_0 - v_1}{v_0 + v_1} \quad (2)$$

$$\text{или } \alpha = \operatorname{arctg} \frac{v_0 - v_1}{f(v_0 + v_1)}. \quad (3)$$

Значения коэффициента трения при соударении дробы со стальной шторой в условиях предварительного смещения составляет 0,096; в условиях предварительного смещения и частичного скольжения – 0,125; в условиях скольжения – 0,105.

Потеря скорости дробы после отскока от шторы на 10% и более вызывает экранирующее действие по отношению к дробы, непосредственно направленной на поверхность валка. Согласно расчетам потери скорости дробы менее 10% соответствуют углам атаки менее 23–28° в зависимости от характера взаимодействия дробы со шторой.

Применительно к существующей конструкции дробеметной установки «Виллибратор» таким значениям углов атаки соответствует вертикальное расположение штор длиной 500 мм и расстоянием между ними 600 мм (рис. 3).

Рис. 3 показывает, что значения углов атаки дробы по отношению к поверхности шторы, установленные по ходу вращения дробеметного колеса, изменяются в пределах 8°50' и 28°19', что соответствует соотношению v_1/v_0 от 0,97 до 0,88. Это обеспечивает допус-

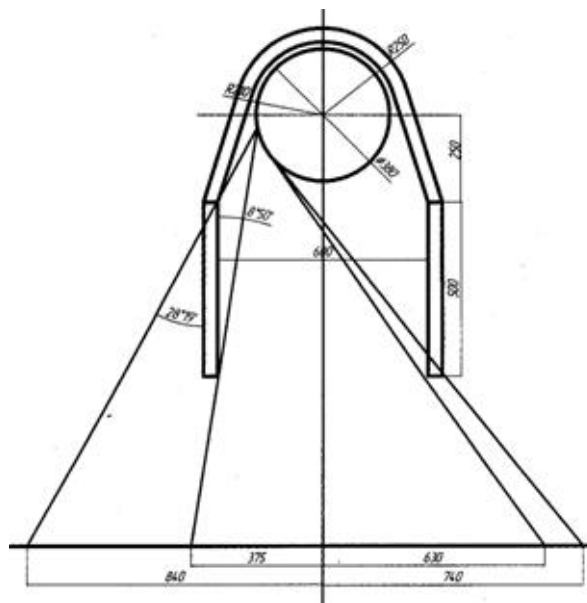


Рис. 3. Схема расположения штор на турбине установки ДМО «Виллибратор»

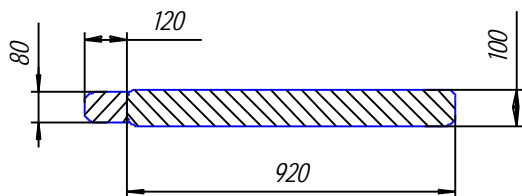


Рис. 4. След от факела дроби на листе металла после обработки дробью со шторами

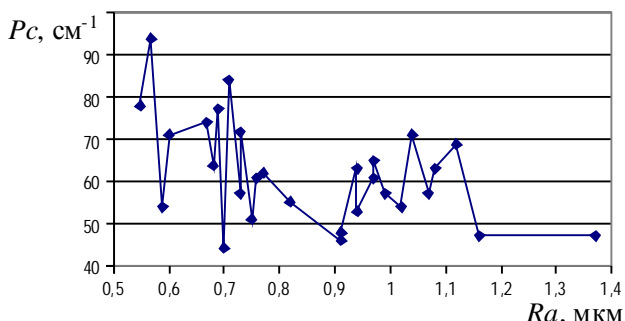


Рис. 5. Соотношение плотности пиков и параметра Ra на автолисте, дроссированного в валках после ДМО факелом дроби повышенной плотности

тимое экранирующее действие отскакивающей от штор дроби. На этом же рисунке видно, что теоретически длина пятна контакта факела дроби с насекаемой поверхностью уменьшается с 1580 до 1005 мм.

Экспериментально полученное пятно, соответствующее форме факела дроби при обработке полосы с установленными шторами, приведено на рис. 4.

След от факела состоит из двух зон: основной с размерами 920×100 мм, характеризующейся относительно равномерной плотностью факела дроби, и примыкающей к ней вспомогательной с размерами 120×80 мм, с менее равномерной плотностью факела дроби. На основную зону с наиболее плотной насечкой приходится 90,5%, а на вспомогательную зону с менее плотной насечкой – 9,5%.

Установка штор в плоскости, перпендикулярной плоскости вращения дробеметного колеса, уменьшила площадь следа на металлической полосе от факела дроби примерно в 3 раза, по сравнению с площадью следа без установки штор. Уменьшение площади в 3

раза эквивалентно увеличению плотности факела дроби на такую же величину.

Наряду с уменьшением площади контакта факела дроби с насекаемой поверхностью произошло перераспределение площадей зон с плотной и менее плотной насечкой. Наибольшее увеличение плотности насечки наблюдается в центральной части. Площадь с плотной насечкой увеличилась с 8 до 90,5% в общей площади пятна контакта.

Для проведения промышленного эксперимента были обработаны 2 рабочих вала дроссировочного стана 2500 факелом дроби повышенной плотности на следующих режимах:

- число оборотов дробеметного колеса – 1700 об/мин;
- скорость тележки – 1 м/мин;
- число оборотов вала – 10 об/мин;
- число проходов – 4.

Данными валами была подвергнута дроссировке опытная партия металла. Результаты измерения параметров шероховатости приведены на рис. 5.

Из рис. 5 следует, что в этом случае имеет место меньший разброс значений как по P_s , так и по Ra . Аналогично сохраняется тенденция к уменьшению плотности пиков с увеличением параметра Ra .

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют об улучшении параметров шероховатости металла, прокатанного в валках, насеченных факелом дроби повышенной плотности. Среднее значение плотности пиков по сравнению с плотностью пиков металла, дроссированного по обычной технологии, увеличилось в 1,22 раза. Коэффициент вариации уменьшился с 0,316 до 0,198, что свидетельствует о большей стабильности параметра P_s , замеренного в различных точках шероховатой поверхности металла.

Среднее значение параметра Ra уменьшилось с 0,93 до 0,86 мкм, а коэффициент вариации с 0,422 до 0,232. Уменьшение Ra и коэффициента вариации в 1,8 раза свидетельствует также о большей равномерности распределения шероховатости по поверхности дроссированного металла.

По результатам испытаний предложено выполнить обработку валков дроссировочного стана по измененной технологии и внести изменения в технологическую инструкцию по подготовке прокатных валков.

УДК 621.753

Сергеев С.В.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩАЮЩИМИСЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫМИ ПРОНИКАТЕЛЯМИ*

В производственных условиях заданные параметры точности размера, формы и координатного

расположения осей отверстий обеспечиваются нестабильно. Указанные трудности объясняются недостаточной изученностью таких динамических факторов, как продольные и поперечные вибрации инструмента, синхронизационные эффекты и т.д. Нет также обос-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 07-01-96052-р_урал_а и № 08-08-00517-а).

нованных рекомендаций по устранению или управлению вибрационными процессами при выборе режимов обработки, геометрии инструмента, проектировании оснастки и т.д.

Большой вклад в решение проблем точности и производительности механической обработки деталей машин внесли русские учёные Корсаков В.С., Дальский А.М., Рыжов Э.В., Корчак С.Н., Матвеев В.В., Мирнов И.Я., Мухин В.С. и др. Вопросы моделирования точности при обработке отверстий концевыми мерными инструментами рассмотрены в работах Подураева В.Н., Светлицкого В.А., Мещерякова Р.К., Косиловой А.Г., Холмогорцева Ю.П., Закарян Л.Я. и др. Причём в моделях Косиловой А.Г., Холмогорцева Ю.П., Закарян Л.Я. и др. сверло рассматривается как вибрирующий резец без учёта базирования его в отверстии. Такой подход неадекватно отражает реальные процессы, происходящие при обработке отверстий.

Математические модели Подураева В.Н., Светлицкого В.А., Мещерякова Р.К., Матвеева В.В., Лакирева С.Г. учитывают базирование инструмента по поверхности заготовки. Причём в работе Лакирева С.Г., Хилькевича Я.М. и Решетникова Б.А. показано, что при базировании инструмента на поверхность резания и заходную кромку детали при наличии осевых или крутильных колебаний с частотой, равной частоте вращения с ограниченной амплитудой, наблюдается ряд интересных явлений, например неограниченный «резонансный» увод и искривление оси отверстия [1]. На основе такого подхода было исследовано взаимодействие инструмента и заготовки, в частности учтены динамические факторы.

Вместе с тем, отметим, что среди большого количества самых различных математических моделей, применяемых в горном деле и в металлообработке для описания процессов проникания, можно выделить математические модели, в которых учтено основное свойство твердой среды проникания, а именно характерная для твердых сред стабильность формы. То есть главное качественное отличие твердой среды от жидкой и газообразной состоит в том, что твердая среда сохраняет, «запоминает» все прошлые воздействия, и

на траекторию проникателя влияет не только его положение в текущий момент времени, но и ряд его положений в предыдущие моменты времени.

Особенностью нашего подхода является то, что принципиальная важность всех этих явлений заключается, с одной стороны, в том, что согласно принципу П.Кюри любые проистекающие явления могут происходить только в случае наличия некоторых диссимметрий. Понятно, что общий принцип Кюри касается и таких явлений, как искривление осей внутренних поверхностей (диссимметрии, то есть неоднородности и анизотропности среды; движения проникателя в том числе).

С другой стороны, принципиальная важность исследования динамики вибраций, радиальных и других автоколебаний многолезвийного концевго проникателя объясняется тем, что детальное исследование вибраций могут снять кажущиеся парадоксы и противоречия рассматриваемых процессов.

Именно поэтому для описания процессов формообразования внутренних поверхностей концевыми многолезвийными проникателями могут быть использованы математические модели, представляющие собой системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Уже сам вид типичных одномассовых динамических моделей концевых многолезвийных проникателей с двумя степенями подвижности показывает, что устойчивость тривиальных статических решений не может иметь место при любых параметрах системы.

На этой основе теоретически показано и экспериментально подтверждено [2, 3], что при проникании любого геометрически симметричного многолезвийного проникателя его симметрия неизбежно нарушается из-за самовозбуждения беспороговых быстрых поперечных автоколебаний. Причем динамические неустойчивости, приводящие к самовозбуждению быстрых радиальных автоколебаний, вызваны неконсервативными тангенциальными силами и математически аналогичны Капицевской неустойчивости ротора, вращающегося в аэродинамической среде. Показано, что быстрые радиальные автоколебания проникателей с числом зубьев $Z > 3$ имеют почти круговую траекторию, а их частота

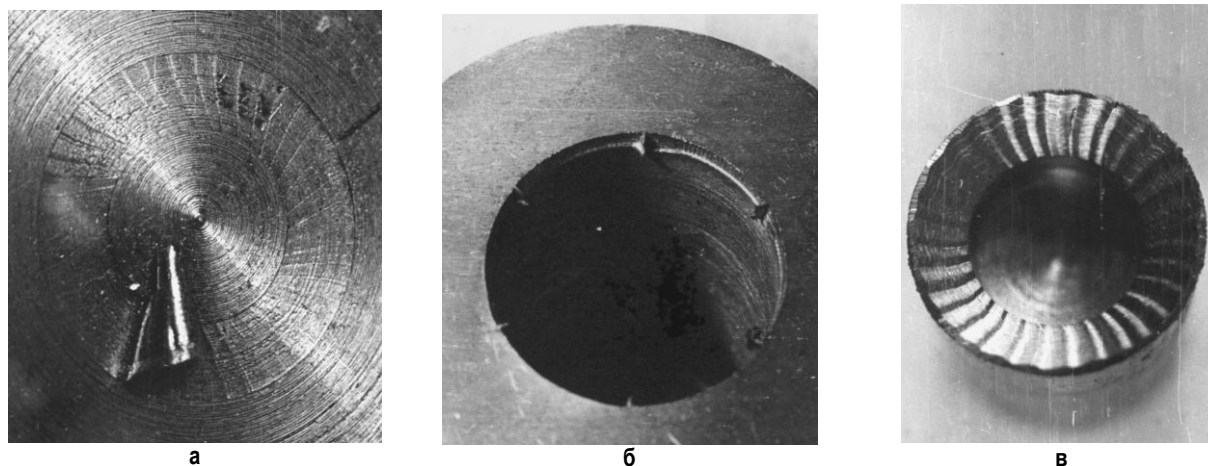


Рис. 1. Следы поперечных автоколебаний: а – кольцевого сверла; б – развёртки; в – спирального сверла

превышает собственную частоту изгибных колебаний его стебля, то есть примерно на два порядка превосходит частоту его вращения.

При этом на поверхности резания возникают центры мгновенного качения проникателя – риски (рис. 1), то есть возникает неголономная связь проникателя со средой проникновения. Быстрые же радиальные автоколебания проникателей с числом зубьев $Z = 2$ имеют выпянутую замкнутую траекторию, большая ось которой перпендикулярна линии, соединяющей вершины зубьев. Причем частота этих колебаний хотя и больше частоты вращения примерно на порядок, но может быть существенно меньше собственной частоты свободных изгибных колебаний стебля проникателя. Это объясняется тем, что неголономная связь проникателя со средой проникновения уже не может быть центром мгновенного качения, поскольку время качения существенно.

Теоретически вскрыт и экспериментально доказан механизм вибрационного смещения и искривления траектории геометрически симметричного проникателя, симметрия которого нарушается кинематически из-за быстрых поперечных вибраций. В этом случае зенитное искривление траектории наблюдается, если на геометрически симметричный проникатель наложить амплитудно-модулированные продольные вибрации, несущая частота которых совпадает с частотой быстрых поперечных автоколебаний, а частота огибающей, то есть частота изменения амплитуды несущих колебаний, совпадает с частотой его вращения. При этом вскрытый механизм может приводить к целому ряду внешне различных эффектов вибрационного перемещения (рис. 2, 3):

– если частота продольных вибраций несколько отличается от частоты вращения, то зенитное искривление траектории сменяется азимутальным искривлением, что приводит или к разбивке, или к спиральности оси формируемой поверхности;

– если частота продольных вибраций в целое число раз превосходит частоту вращения, причем это число не имеет общего делителя с числом зубьев проникателя, то увод и искривление траектории наблюдается как бы в нескольких направлениях, что приводит к нарастанию огранки формируемой поверхности до максимально возможной величины;

– если же это число несколько отличается от целого – возникает формирование на стенках поверхности спиральных канавок;

– если закон продольных вибраций ангармоничен, то при любой их частоте, кратной частоте вращения, одновременно формируются погрешности расположения и поперечной формы образованной поверхности;

– если продольные колебания любой частоты являются частотно-модулированными, то проникатель начинает псевдослучайно блуждать в поперечных направлениях, что приводит к образованию постепенно расширяющейся в поперечном сечении поверхности, то есть внутренней поверхности с обратной конусностью.

– если на геометрически симметричный инструмент наложить амплитудно-модулированные продольные вибрации, несущая частота которых совпадает с частотой быстрых поперечных автоколебаний, а частота огибающей, то есть частота изменения амплитуды несущих колебаний, совпадает с частотой вращения инструмента, будет наблюдаться зенитное искривление траектории оси отверстия;

– при наложении на геометрически симметричный инструмент гармонических продольных колебаний с частотой, совпадающей или кратной частоте его поперечных автоколебаний, частота поперечных вибраций инструмента начинает, при возникновении параметрического резонанса, уклоняться от частоты продольных колебаний и поперечные вибрации становятся частотно-модулированными, при этом образуется постепенно расширяющееся коническое отверстие.

Для исследования влияния синхронизации и рассинхронизации частот поперечных и осевых автоколебаний на погрешности обработки отверстий использовалась экспериментальная установка на базе вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135 и вибрационного стенда СТ-3000 (рис. 4).



Рис. 2. Управление точностью сверления отверстий: а – размера; б – продольной формы

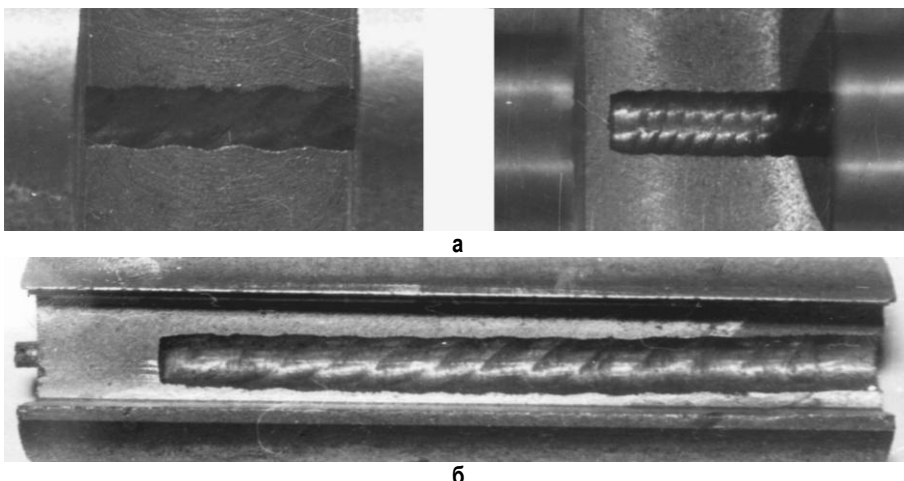


Рис. 3. Управление величиной и интенсивностью увода оси отверстия: а – «азимутального»; б – «азимутального» и «зенитного»

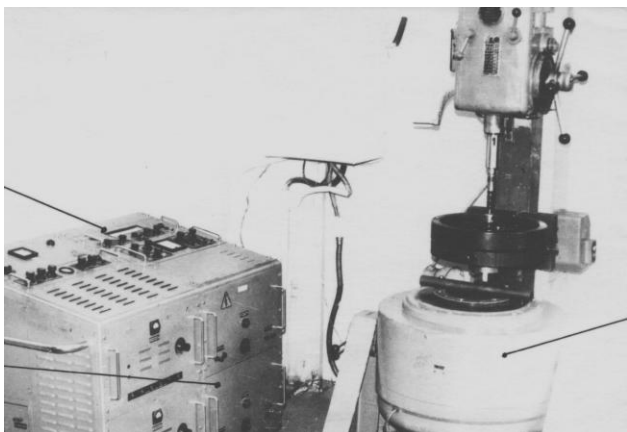


Рис. 4. Общий вид экспериментальной установки для управления резонансными эффектами при обработке отверстий мерными многолезвийными инструментами

Показана связь между погрешностями обработки и конструктивно-технологическими факторами и динамическими параметрами процесса формообразования отверстия.

Разработана методика диагностики причин вибрационного характера, из-за которых возникают систематические погрешности при обработке отверстий. Предложены новые методы управления точностью расположения, размера и формы обрабатываемых отверстий путем регулирования амплитудно-фазочастотных характеристик технологических систем. В рамках этой методики разработано 6 новых способов обработки отверстий, в том числе обоснована четвертая, ранее неизвестная, схема сверления (а.с. 1710213) и 16 рациональных элементов технологической системы. Практическое применение разработок позволяет на этапах технологической подготовки и непосредственно в производственных условиях прогнозировать точность обработки систем отверстий и при необходимости корректировать условия обработки. Применение данной методики в ОАО «Завод Булат» (г. Златоуст), ОАО «Автомобильный завод "Урал"»

(г. Миасс) и на одном из предприятий п/я М-5647 г. Москвы позволило ликвидировать брак деталей по точности размера, формы и расположения отверстий.

Результаты работы были использованы в смежных областях. Так, способ возбуждения вибрации применяется в различного рода вибрационных машинах с управляемыми параметрами, а методика диагностики – в горном деле для управления трассой скважин при бурении [4].

Список литературы

1. А.с. 1220881. Способ обработки отверстий / С.Г. Лакирев, Я.М. Хилькевич, Б.А. Решетников, В.В. Леванидов.
2. Сергеев С.В. Повышение эффективности вибрационных процессов при механической обработке различных материалов: монография. Челябинск: ЮУрГУ, 2004. 262 с.
3. Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М., Сергеев С.В. Математическое моделирование динамики процессов обработки отверстий мерными инструментами и вибрационная диагностика многоинструментальных наладок // Совершенствование машиностроительных материалов, конструкций машин и методов обработки деталей: тем. сб. науч. трудов. Челябинск: ЧГТУ, 1995. С. 81–161.
4. А.с. 1664412. Способ возбуждения круговых колебаний и устройство для его осуществления / Сергеев С.В. и др.

List of literature

1. A.s. 1220881. Way of processing of apertures / S.G. Lakirev, Ia.M. Khilkevich, B.A. Reshetnikov, V.V. Levanidov.
2. Sergeev S.V. Increase of efficiency of vibrating processes at machining of various materials: the monography. Cheliabinsk: the publishing SUSU, 2004. 262 p.
3. Lakirev S.G., Khilkevich Ia.M., Sergeev S.V. Mathematical modelling of dynamics of processes of apertures by measured tools and vibrations diagnostics multiple-tools adjustments // Perfection of machine-building materials, designs of cars and methods of processing of details. Cheliabinsk: ChSTU, 1995. P. 81–161.
4. A.s. 1664412. Way of excitation of circular fluctuations and the device for its realisation / Sergeev S.V. and others.

УДК 621.983

Семашко М.Ю., Шеркунов В.Г., Карева Н.Т., Эжк Е.В.

ДЕФОРМИРОВАНИЕ НАТУРНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СВИНЦА И АЛЮМИНИЯ С ЦЕЛЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА ПЛАСТИЧЕСКОГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

На кафедре «Машины и технологии обработки материалов давлением» (МиТОМД) был предложен способ интенсивной пластической деформации, целью которого является изменение структуры металла, состоящий из комбинации уже известных операций свободной осадки, закрытой осадки, закрытой прошивки и обратного выдавливания [1, 2], повторяющихся циклически.

Для проведения натурального эксперимента, который является ключевым этапом в цикле научных исследований, была разработана технологическая оснастка, состоящая из основания, подвижной матрицы и пуансона (рис. 1). В качестве заготовок были выбраны свинцовые образцы и образцы из сплава АМг6 размерами: высота 120 мм и Ø35 мм (рис. 2). Исследования осуществлялись на гидравлическом прессе в лаборатории кафедры Ми-

ТОМД. Деформационные процессы осуществлялись в холодном и горячем состояниях. Замер температуры производился при помощи лазерного термометра. В качестве нагревательного устройства был использован ТЭН, расположенный на нижней траверсе пресса (рис. 3).

Целью экспериментального исследования явилось выявление изменений в структуре материала заготовки, полученной в результате деформирования по предложенной схеме.

Для предварительной оценки работоспособности предложенного способа, а также выявления изменений в структуре металла были отлиты свинцовые заготовки, которые были подвержены 5 циклам деформирования, то есть свободная осадка, закрытая осадка, закрытая прошивка и обратное выдавливание, далее цикл повторялся пять раз. Заготовка, полученная в конце такого деформирования, представлена на рис. 4. В качестве смазки использовалось машинное масло. Усилия деформирования после 1-го цикла – 29 т, 2-го цикла – 46 т, 3-го цикла – 61 т, 4-го цикла – 89 т, 5-го цикла – 126 т.

Для оценки изменений в структуре образцов из центральной части заготовок были вырезаны два шлифа размерами $h=10$ мм и $\varnothing 35$ мм (рис. 5) [3]. Образец № 1 – недеформированный, образец № 2 – после 5 полных циклов обработки. Оба шлифа были тщательно обработаны наждачной бумагой, величина абразивного зерна которой уменьшалась от самой крупной до самой мелкой. Финишная обработка шлифов производилась на сукне. Затем шлифы очищались под проточной водой и промакивались фильтровальной бумагой.

Для подготовки зерна были выбраны 2 травителя:

1. 100 мл воды и 10 мл HNO_3 . Образцы выдерживались в травителе от 10 с до 25 мин. Затем промывались в проточной воде и промакивались фильтровальной бумагой. Но выделить зерна и оценить их разме-



Рис. 5. Шлифы

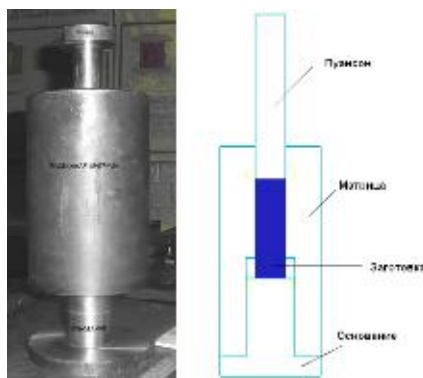
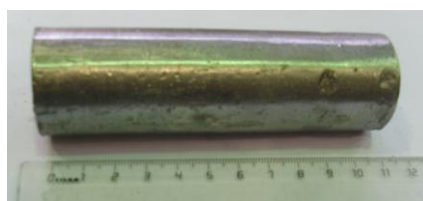


Рис. 1. Технологическая оснастка



Рис. 3. Расположение на столе пресса



а



б

Рис. 2. Исходные заготовки:
а – свинцовая; б – алюминиевая

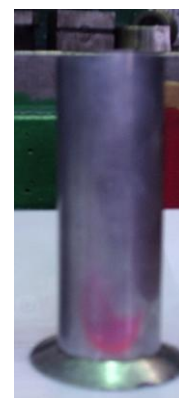


Рис. 4. Свинцовая заготовка после 5 циклов обработки давлением

ры не представилось возможным.

2. 100 мл глицерина, 9 мл ледяной уксусной кислоты и 9 мл HNO_3 . Образцы выдерживались в травителе в течение 10 – 15 мин. Затем промывались под струей проточной воды и промакивались папиросной бумагой. Превышение времени травления портит образцы (перетравление). Использование данного травителя дало хорошие результаты и позволило достаточно качественно оценить размеры зерна образцов. Данные замеров зерна приведены в табл. 1 и 2.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что в среднем размер зерна уменьшился после 5 полных циклов деформирования в ≈ 3 раза.

Следует отметить, что свинец является материалом с низкой температурой рекристаллизации и не исключено, что изученная картина может несколько отличаться от той, что имела место непосредственно после деформации.

Аналогичный опыт был проведен на широко распространенном (судоостроение, строительство, ракетостроение) алюминиевом сплаве АМг6 системы Al-Mg-Mn, у которого температура рекристаллизации лежит в области $300^\circ C$. Он сочетает удовлетворительную прочность с хорошей пластичностью. Обычное значение удлинения сплава АМг6 до разрыва не превышает 15–20% при комнатной температуре и составляет 50–60% при температурах $200\text{--}300^\circ C$ [4, 5]. Исходные образцы из сплава АМг6 имели диаметр

Таблица 1

Оценка размера зерна недеформированного образца

Номер поля	Число делений окуляра	Количество зерен	Размер зерна в делениях	Размер зерна в мкм
1	10	8	1,25	10,00
2	10	4	2,50	20,00
3	10	11	0,91	7,27
4	10	9	1,11	8,89
5	10	10	1,00	8,00
6	10	14	0,71	5,71
7	10	14	0,71	5,71
8	5	11	0,45	3,64
9	5	9	0,56	4,44
10	5	10	0,50	4,00
Средний размер зерна			0,97	7,77

Таблица 2

Оценка размера зерна после 5 циклов деформации

Номер поля	Число делений окуляра	Количество зерен	Размер зерна в делениях	Размер зерна в мкм
1	10	25	0,40	3,20
2	10	29	0,34	2,76
3	10	27	0,37	2,96
4	10	24	0,42	3,33
5	10	32	0,31	2,50
6	10	44	0,23	1,82
7	10	36	0,28	2,22
8	10	38	0,26	2,11
9	10	34	0,29	2,35
10	10	39	0,26	2,05
Средний размер зерна			0,32	2,53

35 мм и механические свойства согласно ГОСТ 21488-97. Деформирование проводилось в аналогичных условиях, как при деформировании свинца. В процессе осадки заготовка разрушилась, усилие составляло порядка 52 т (рис. 6).

Последующие попытки производились на нагретых до 270°C заготовках, что позволило получить уже после первого цикла измельчение зерна. Отметим, что происходит деформационный разогрев и температура деформации составляет порядка 350–400°C, а последующее резкое охлаждение (помещение контейнера с заготовкой в холодную воду) позволило, очевидно, ограничить степень развития рекристаллизации.

Величины усилий на этапе деформирования составили: свободная осадка – 15 т, закрытая осадка, прошивка – 45 т, обратное выдавливание – 70 т.

На данном этапе исследований можно отметить, что происходит упрочнение материала, поскольку явно заметен рост усилия деформирования.

На рис. 7 представлены образцы после одного цикла деформирования: свободной осадки (когда не произошло заполнения свободного объема полости матрицы), после закрытой осадки (момент, когда свободная полость матрицы заполнена и происходит подъем обоймы) и два образца на этапе обратного выдавливания (промежуточная и окончательная стадии).

Последующий анализ микроструктуры производился аналогично, как в опыте со свинцом. В качестве травителя был выбран состав Келлера:

10 см³ HF; 15 см³ HCl; 90 см³ H₂O.

Образец помещался в состав на несколько секунд. Полученные результаты исследования микроструктуры

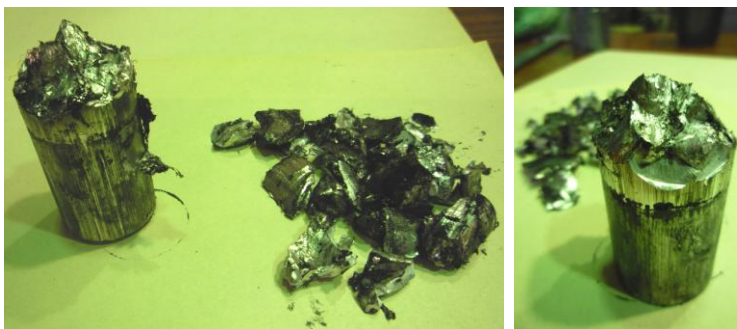
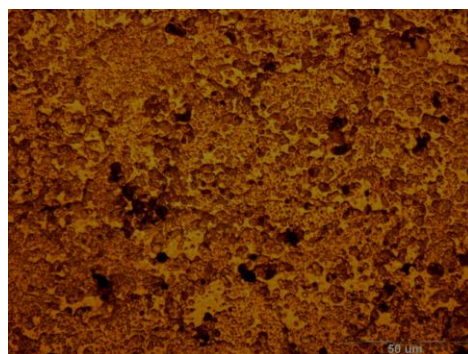


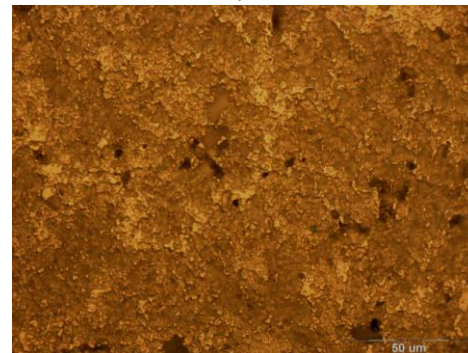
Рис. 6. Разрушенный образец, деформированный при комнатной температуре



Рис. 7. Алюминиевые образцы после деформирования



а



б

Рис. 8. Структура образцов: а – до деформирования; б – после одного цикла

Таблица 3

Оценка размера зерна недеформированного образца

Номер поля	Число делений окуляра	Количество зерен	Размер зерна в делениях	Размер зерна в мкм
1	18	15	1,2	9,6
2	18	17	1,1	8,5
3	18	21	0,9	6,9
4	18	10	1,8	14,4
5	18	12	1,5	12,0
6	18	14	1,3	10,3
7	18	17	1,1	8,5
8	18	18	1,0	8,0
9	18	13	1,4	11,1
10	18	18	1,0	8,0
Средний размер зерна			1,2	9,7

Таблица 4

Оценка размера зерна после 1 цикла деформирования

Номер поля	Число делений окуляра	Количество зерен	Размер зерна в делениях	Размер зерна в мкм
1	18	52	0,3	2,8
2	18	48	0,4	3,0
3	18	43	0,4	3,3
4	18	69	0,3	2,1
5	18	72	0,3	2,0
6	18	56	0,3	2,6
7	18	87	0,2	1,7
8	18	64	0,3	2,3
9	18	76	0,2	1,9
10	18	71	0,3	2,0
Средний размер зерна			0,3	2,4

приведены на рис. 8: **а** – до деформирования и **б** – после одного полного цикла деформирования. Размер зерна до деформации и после оценивался известным методом сечений (табл. 3, 4).

Сплав АМгб с добавками марганца (5,8–6,8%) склонен к пресс-эффекту. При горячем деформировании выделяющиеся частицы интерметаллидов на основе марганца закрепляют элементы дислокационной структуры горячедеформированного сплава. Они затрудняют процесс рекристаллизации. В результате горячего прессования (а в исходном состоянии АМгб находился именно в таком состоянии) фиксируется полигональная структура. Причем, трудно разделить границы зерна и субзерна. То есть уже в исходном состоянии присутствует субзерно размером ≈ 10 мкм. За один полный цикл предлагаемого процесса горячего деформирования структура АМгб приобретает более «тонкое» строение. Размер субзерен уменьшается до ≈ 3 мкм.

Вывод

Данное исследование показало, что предложенная схема деформирования, сочетающая в себе известные способы свободной осадки, закрытой осадки, закрытой прошивки и обратного выдавливания, повторяющиеся циклически, позволяет получать значительные изменения в структуре образцов уже после одного цикла деформирования.

Список литературы

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1971. 424 с.
2. Дмитриев А.М., Воронцов А.Л. Технологияковки и объемной штамповки. Объемная штамповка выдавливанием: учебник для вузов по специальности «Машины и технология обработки материалов давлением». М.: Высш. шк., 2002. 400 с.
3. ГОСТ 5639-82. Методы определения и выявления величины зерна.
4. Машиностроение: энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов и др. Т. II-3: Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы / под ред. И.Н. Фридляндера. М.: Машиностроение, 2001. 880 с.
5. Chuvil'deev V.N., Nieh T.G., Gryaznov M.Yu. Metal // Scripta Materialia. 2004. V. 50. № 6. P. 861–865.

List of literature

1. Storozhev M.V, Popov E.A. The theory of processing of metals by pressure. M.: Machine industry, 1971. 424 p.
2. Dmitriev A.M., Vorontsov A.L. The technology blacksmithing and volume punching. Volume punching by expression:.. Textbook for high schools on a speciality «Machines and technology of processing of materials by pressure». M.: The higher school, 2002. 400 p.
3. GOST 5639-82. Methods of definition and revealing of size of grain.
4. Machine industry: Encyclopedia / Editorial council Frolov K.B., etc. Nonferrous metals and alloys. Composite metal materials / under the editorship of I.N. Fridlyandera. M.: Machine industry, 2001. 880 p.
5. Chuvil'deev V.N., Nieh T.G., Gryaznov M.Yu. Metal // Scripta Materialia. 2004. V. 50. № 6. P. 861–865.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

УДК 621.771: 621.777

Загиров Н.Н., Сидельников С.Б., Иванов Е.В., Аникина В.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СЫПУЧЕЙ СТРУЖКИ СПЛАВА СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ-КРЕМНИЙ

Как известно, общая доля стружки во всем вторичном алюминиевом сырье составляет по разным оценкам от 20 до 40%. Поэтому вопросам организации эффективной ее переработки на предприятиях, где она образуется в значительных объемах, уделяется большое внимание. В настоящее время основным методом утилизации металлической стружки является ее использование в виде россыпи или брикетов в плавильном или литейном производствах. Доказано, однако, что применение в шихте алюминиевой стружки, не прошедшей предварительной обработки (сушка, брикетирование и т.д.), неизбежно снижает качество расплава. Обладая развитой удельной поверхностью, стружка будет интенсивно окисляться, находясь на поверхности расплава. В научно-технической литературе [1] описаны способы плавки стружки и подготовки ее к плавке, увеличивающие металлургический выход. Однако, кроме несомненных достоинств, они имеют и некоторые недостатки: необходима установка дополнительного оборудования, не достигается требуемая чистота расплава, технология энергоемка и экологически вредна.

Поэтому актуальна задача разработки технологии и ее аппаратного оформления, которые обеспечивают

максимальный выход годного металла стружки с незначительными затратами и минимально возможными вредными воздействиями на окружающую среду.

Наиболее рациональной технологией переработки стружки, на наш взгляд, является компактирование ее в брикеты с последующей экструзией металла через отверстие матрицы заданной формы и размерами поперечного сечения. При использовании данной схемы стружку засыпают в контейнер, нагревают до температуры горячей обработки и брикетируют (подпрессовывают) с использованием «глухой» матрицы в контейнере горизонтального или вертикального гидравлического пресса при заданном давлении. Далее брикеты извлекают из контейнера пресса и, если требуется, обтачивают с целью удаления поверхностного слоя. После чего прутки и профили требуемого сечения получают из брикетов аналогично традиционному прессованию литых заготовок.

Наряду с упомянутым процессом значительный интерес представляет получение полуфабрикатов из стружки в режиме полунепрерывного и непрерывного прессования [2–5].

В настоящее время разнообразие конструкций устройств и инструмента для непрерывного прессования, в частности алюминиевых сплавов, достаточно велико, и практически все из них могут быть использованы для получения изделий из стружки. Подробная классификация устройств для непрерывного прессования рассмотрена в монографии [3].

В работе решено было применить технологическую схему [4], основанную на использовании для получения промежуточной заготовки установки совмещенной прокатки-прессования (СПП), с последующим ее волочением до проволоки заданного диаметра. Базовым техническим решением для получения пресс-изделия является устройство [5], приведенное на рис. 1. Для моделирования работы такого рода устройства основные операции (брикетирование, нагрев брикетов и совмещенная прокатка-прессование), выполняемые на установке в последовательном непрерывном режиме, были дискретизированы и реализованы в отдельности.

Естественно, данная технология предъявляет определенные требования к поступающей на переработку

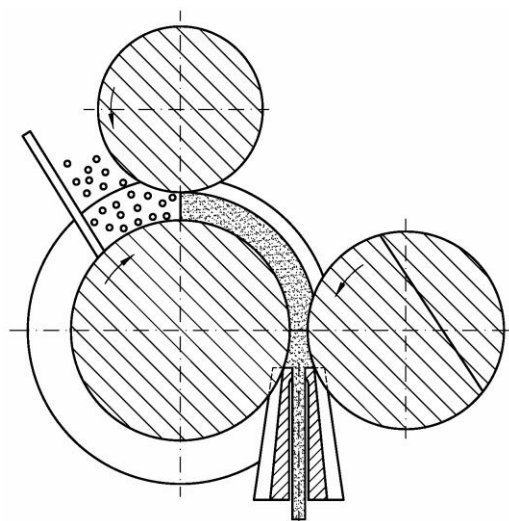


Рис. 1. Устройство и схема переработки стружки в полуфабрикаты и изделия по техническому решению [5]

стружке. Она должна быть строго определенного химического состава, содержать минимально возможное количество влаги и масла, а также других, так называемых, балластных примесей (от этих примесей стружку успешно очищают при относительно невысоких затратах). Кроме того, стружка по возможности должна быть сыпучей. Таким требованиям отвечает стружка из алюминиевых сплавов (АК12, АД31, АМг6 и др.), образующаяся в результате резки пресс-изделий на дисковых пилах и обработки литых полуфабрикатов в условиях металлургических предприятий.

Реализацию новой технологии покажем на примере переработки стружки из алюминиевого сплава АД31 (рис. 2), содержание влаги и масла в которой не превышало 2%, а средняя микротвердость частиц стружки (рис. 2, а) по результатам нескольких измерений составила $HV = 70-75$ кгс/мм².

На первом этапе исследований были проведены опыты, целью которых являлось построение зависимости плотности, достигаемой в ходе холодного брикетирования, от давления брикетирования при фиксированной площади сечения брикета и заданной массе насыпки. Брикет (рис. 2, б) представлял собой прямоугольную заготовку, у которой два размера были фиксированными и определялись размерами пресс-формы (15×200 мм). Третий размер брикета формировался в

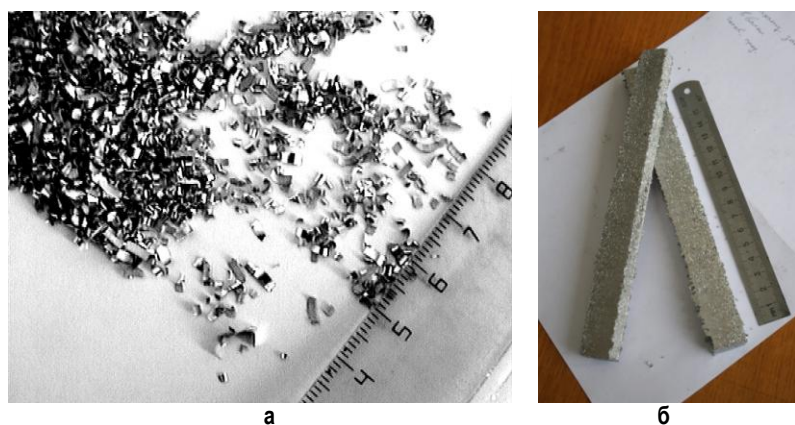


Рис. 2. Общий вид исходной стружки (а) и заготовки после холодного брикетирования (б) при давлении порядка 100 МПа

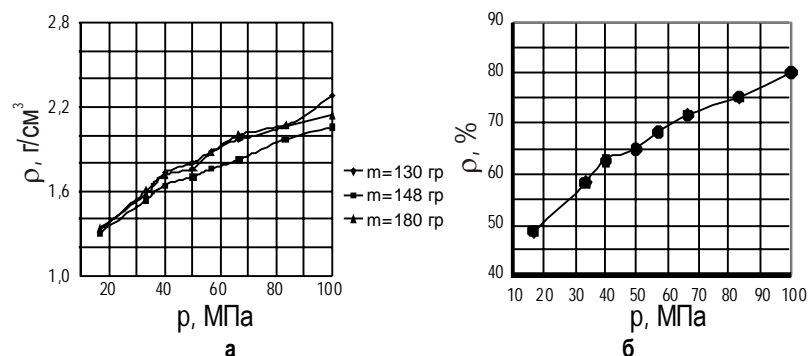


Рис. 3. Показатели плотности полученных брикетов: а – зависимость плотности брикетов от давления брикетирования при различных значениях массы насыпки; б – зависимость средней относительной плотности брикетов от давления брикетирования

зависимости от массы насыпки, которая варьировалась и составляла 130, 148 и 180 г. Таким образом, достигалась необходимая плотность брикета и выполнялись ограничения по высоте заготовки для захвата и обжатия валками при реализации процесса совмещенной прокатки-прессования.

Результаты опытов представлены на рис. 3, из которого видно, что для того, чтобы обеспечить относительную интегральную плотность в 60–70%, давление брикетирования должно быть не ниже 40–60 МПа. При этом наблюдается некоторая неравномерность в его распределении, поскольку при холодном брикетировании каждая частица стружки ведет себя в некотором роде как упругий элемент. В совокупности этот эффект суммируется, и, как следствие, возникает ситуация, препятствующая распространению давления брикетирования на большую глубину.

Для получения пресс-изделий использовали установку совмещенной прокатки-прессования, схема которой приведена на рис. 4. Рабочая клеть представлял собой две стальные станины 1 закрытого типа, скрепленные между собой стяжными болтами 2 и смонтированные на общем основании с двигателем, коробкой передач, редуктором и шестеренной клетью (на рисунке не показаны). В подушках на бронзовых подшипниках скольжения 3 установлены оси 4, на которых закреплены валки 5, образующие закрытый калибр. Установка зазора между валками осуществляется с помощью специального механизма, позволяющего производить совместное и раздельное вращение нажимных винтов 6.

Перед задачей брикетов в валки их нагревали до максимальной температуры $500 \pm 10^\circ\text{C}$ в печи, расположенной вблизи установки СПП. Параллельно проводили подогрев валков до температуры $80-100^\circ\text{C}$. Подачу брикетов в закрытый калибр (рис. 5), образованный валками, осуществляли последовательно один за другим, стремясь к сокращению до минимума пауз между их поступлением в очаг деформации.

Зазор между валками, составляющий 7–8 мм, обеспечивал уплотнение стружки на стадии прокатки до относительной плотности 85–90%. Следовательно, в зону распрессовки поступал уже уплотненный материал, что облегчало деформацию осадки металла стружки в поперечном направлении калибра.

Диаметры рабочих отверстий матриц, используемых для получения пресс-изделий, были выбраны 7 и 9 мм, что соответствовало значениям коэффициентов вытяжки при прессовании 8 и 5.

Для изучения характера изменения структуры и распределения механических свойств по длине полученных пресс-изделий от каждого из прутков отделяли передний и задний концы

длиной по 50 мм каждый. Оставшуюся часть каждого из прутков делили на 3 равных фрагмента и от каждого из них отбирали образцы для изучения структуры (в продольном и поперечном направлениях) и механических свойств полуфабрикатов.

Анализ полученных микроструктур прутков (рис. 6) показал, что принятая в ходе реализации в лабораторных условиях процесса СПП степень деформации при прессовании оказалась недостаточной для обеспечения качественного схватывания частиц стружки в процессе их совместной деформации. Поэтому необходима дополнительная холодная деформация с использованием операции волочения. На снимках (см. рис. 6) видны четко выраженные границы раздела между отдельными стружками, представляющие собой поверхностные окисные пленки и достаточно редко встречающиеся несплошности.

Кроме того, следует отметить, что принципиальной разницы между структурами образцов, вырезанных из различных частей отпрессованных прутков диаметром 7 и 9 мм, нет. То есть можно говорить о характерной стабильной структуре, представляющей собой вытянутые в направлении прессования частицы стружки разной толщины, разделенные между собой устойчивыми к деформированию окисными пленками. Мостиков схватывания между стружками практически нет, так как формирование физического контакта протекает в основном на микронеровностях с тружки с частичным растеканием (но не разрушением) окисной пленки по всей контактной поверхности.

Замер микротвердости образцов в продольном и

поперечном сечениях (табл. 1) показал, что она в целом по длине распределена более или менее равномерно и ее значения для прутка диаметром 7 мм лежат в интервале $HV = 64\text{--}68 \text{ кгс/мм}^2$. По поперечному сечению прутка наблюдается явно выраженная неоднородность, причем меньшую микротвердость имеют периферийные слои ($HV = 50\text{--}60 \text{ кгс/мм}^2$), в то время как для центральных слоев она составляет $HV = 65\text{--}70 \text{ кгс/мм}^2$. Эта разница особенно заметна на продольных шлифах, что свидетельствует о том, что плотность упаковки вытянутых частиц стружки в периферийных слоях прутка будет чуть ниже, чем в центральных. Это обусловлено характером течения материала через используемую в процессе СПП плоскую матрицу и значительным трением на контакте. При этом в некоторых местах может происходить даже некоторое отслоение стружки с периферийных слоев прутка.

Неравномерность истечения будет чуть ниже, если уменьшить значение коэффициента вытяжки при прессовании, увеличив диаметр прессуемого прутка. Результаты замера микротвердости образцов, вырезанных из прутка диаметром 9 мм, свидетельствуют, что уровень микротвердости для всех сечений прутка будет выше, чем у прутка диаметром 7 мм. При этом особенности распределения её имеют как бы обратную картину по сравнению с описанной выше. То есть по длине прутка микротвердость имеет тенденцию понижения значений от переднего к заднему концу, при этом в поперечном направлении разница микротвердости центральных и периферийных слоев практически не выражена.

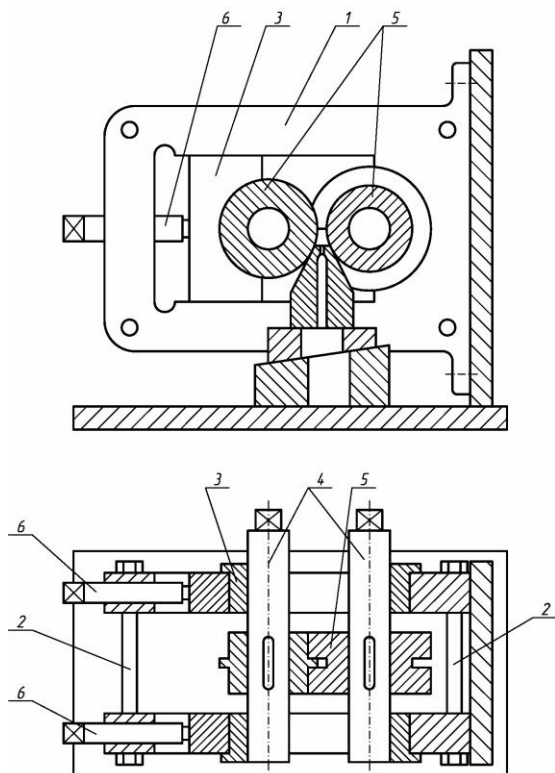


Рис. 4. Схема лабораторная установка для совместной обработки алюминиевых сплавов СПП-200



Рис. 5. Общий вид рабочей клетки установки СПП-200

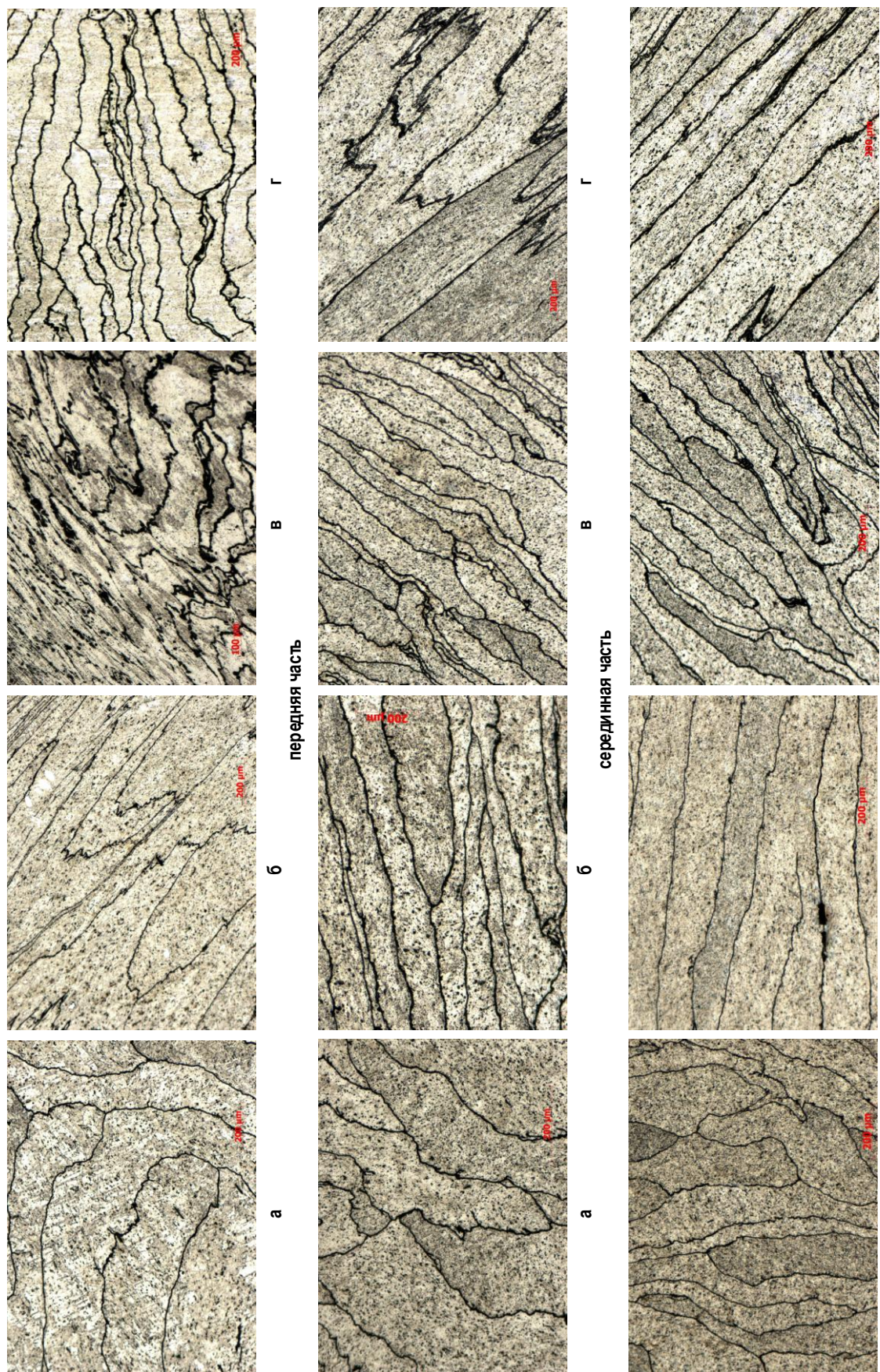


Рис. 6. Изменение микроструктуры ($\times 160$) отпрессованных прутков диаметром 9 мм (а, б) и 7 мм (в, г) в поперечном (а, в) и продольном (б, г) направлениях

Таблица 1

Микротвердость образцов, вырезанных из различных мест по длине прутков различного диаметра

Место проведения замеров	Точки, в которых производили измерение	Микротвердость HV5, кгс/мм ²		Среднее значение для образца, HV5, кгс/мм ²
		Продольное сечение	Поперечное сечение	
Для прутка диаметром 9 мм				
Передняя часть	периферийная	81,9	81,7	81,13
	промежуточная	85,9	77,2	
	центр	82,4	77,7	
Среднее значение по сечению		83,40	78,87	
Серединная часть	периферийная	79,3	80,0	79,68
	промежуточная	77,8	81,3	
	центр	76,7	83,0	
Среднее значение по сечению		77,93	81,43	
Концевая часть	периферийная	70,0	67,2	70,30
	промежуточная	72,4	68,1	
	центр	73,5	70,6	
Среднее значение по сечению		71,97	68,63	
Для прутка диаметром 7 мм				
Передняя часть	периферийная	57,4	64,1	62,85
	промежуточная	64,2	62,4	
	центр	66,3	62,7	
Среднее значение по сечению		62,63	63,07	
Серединная часть	периферийная	52,2	64,4	63,23
	промежуточная	68,2	63,0	
	центр	69,5	62,1	
Среднее значение по сечению		63,30	63,17	
Концевая часть	периферийная	54,6	52,9	61,13
	промежуточная	65,5	63,9	
	центр	65,0	64,9	
Среднее значение по сечению		61,70	60,57	

Таблица 2

Механические характеристики горячепрессованных прутков из алюминиевых сплавов по ГОСТ 21488-97

Состояние материала прутков при изготовлении	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %
	не менее	
Без термической обработки	90	15
Закаленное и естественно состаренное	135	13
Закаленное и искусственно состаренное	195	8

Полученные результаты позволяют сделать предварительный вывод, что при изготовлении прутков из стружки сплава АД31 с явно выраженной волокнистой структурой не обязательно стремиться к повышению степени деформации при прессовании. Возможно даже, следует ограничивать её небольшими значениями (до 10 единиц), достаточными для обеспечения необходимой степени уплотнения.

Оценка механических характеристик, проведенная на основании результатов испытаний образцов на растяжение, свидетельствует о том, что предел прочности полученных методом СПП прутков достигает значений 180–190 МПа, относительное удлинение – 12–16%, относительное сужение – 38–42%.

Для сравнения в табл. 2 приведены значения механических характеристик горячепрессованных прутков из алюминиевых сплавов, которые должны быть достигнуты согласно ГОСТ 21488-97.

Сопоставление значений прочностных и пластических характеристик позволяет сделать вывод, что уровень механических свойств прутков, полученных методом СПП из стружки алюминиевого сплава АД31, примерно соответствует закаленному и естественно состаренному состоянию материала прутков после прессования.

Следующим технологическим переделом являлось холодное волочение отпрессованных прутков до получения проволоки конечным диаметром 1 мм, которое осуществлялось на цепном волочильном стане усилием 50 кН без проведения промежуточных отжигов со средним обжатием $\epsilon_{\text{ср}} = 15\text{--}20\%$. Отбор образцов для металлографических исследований и оценки механических характеристик деформированных полуфабрикатов в виде проволоки производился на некоторых промежуточных диаметрах.

Оценка механических характеристик полученной проволоки производилась путем испытания ее на растяжение с определением временного сопротивления разрыву σ_b , относительного удлинения δ и относительного сужения ψ . Результаты испытаний приведены на рис. 7, причем точками отмечены средние значения указанных характеристик для пяти испытанных образцов.

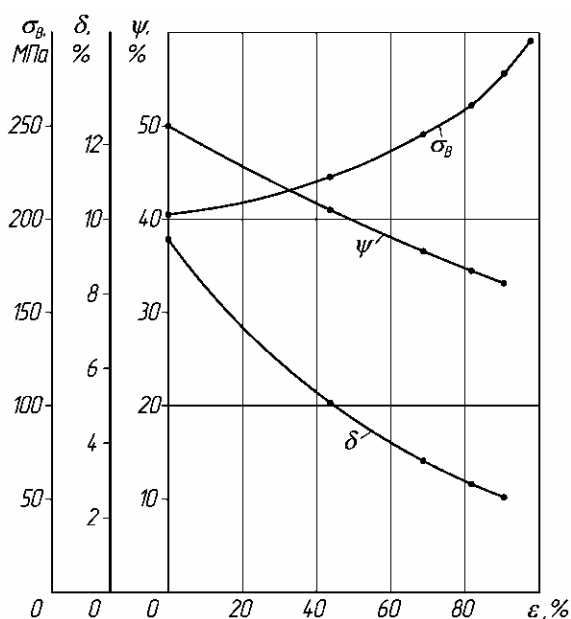


Рис. 7. Изменение механических характеристик полуфабрикатов из стружки сплава АД31 после горячего прессования (условно $\epsilon = 0\%$) и холодного волочения

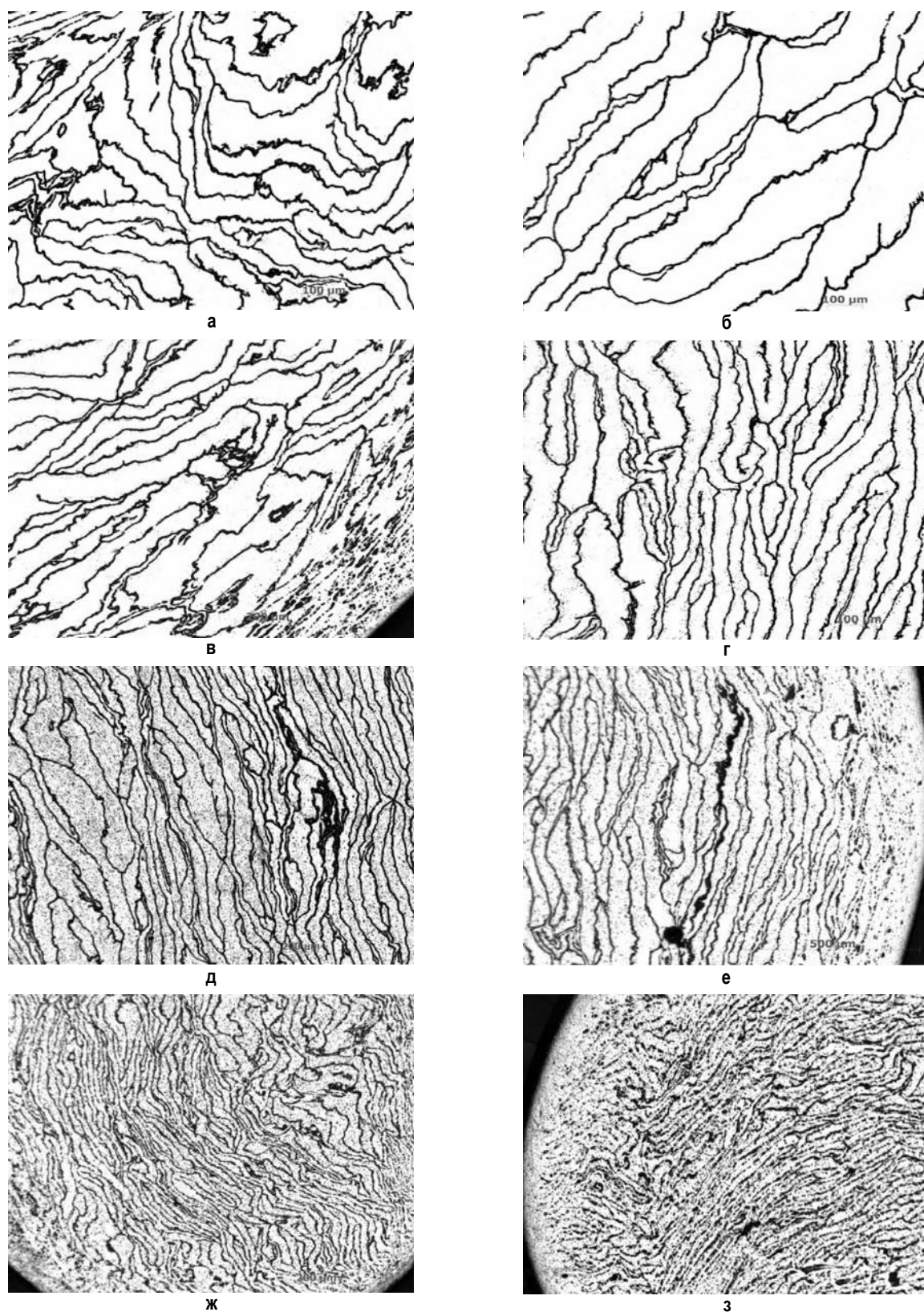


Рис. 8. Микроструктура ($\times 160$) поперечного сечения проволоки диаметром 6 мм (а, б), 3,7 мм (в, г), 2,8 мм (д, е) и 1 мм (ж, з), полученной из прутков диаметрами 7 мм (а, в, д, ж) и 9 мм (б, г, е, з)

На рис. 8 представлены микроструктуры поперечного сечения проволоки, полученной с разной величиной обжатия из прутков диаметрами 7 и 9 мм. Изменение структуры с увеличением относительного обжатия для обоих случаев идентично, т.е. по мере уменьшения диаметра протянутой проволоки происходит измельчение структуры с постепенно усиливающейся раздробленностью структуры в приповерхностных слоях проволоки.

Это связано с неравномерностью распределения деформации по сечению проволоки при волочении, когда деформированию в большей степени подвергаются слои, контактирующие с волокой. При этом в приповерхностных слоях проволоки (см. рис. 8) происходит диспергирование окисной пленки, которое наряду с утонением структуры должно положительно сказываться на формировании свойств полученной продукции. Существенное влияние на это не должны оказывать и прослеживаемые на некоторых представленных структурах отдельные дефекты в виде нарушения сплошности. Они носят случайный характер, не связанный с реализацией предложенной технологической схемы.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно рекомендовать новую энергосберегающую технологию получения алюминиевой проволоки из анизотропного композиционного материала, свойства которого обусловлены ориентированием волокон в одном направлении. При этом в данном случае речь идет о технической анизотропии, «проектируемой» заранее и возникающей при пластической деформации с определенной схемой деформации. Отрезки волокон (выпнутых стружек) имеют, в зависимости от величины утонения, разную длину. Поэтому на единицу площади поперечного сечения вырезанных из прутков образцов, как в продольном, так и поперечном направлении, приходится разное число волокон. Причем чем больше степень деформации

при волочении (меньше диаметр проволоки), тем больше будет протяженность границ между стружками в поперечном сечении.

Работа выполнена в рамках реализации научно-технических исследований, разработок, инновационных программ и проектов для обеспечения конкурентных преимуществ экономики Красноярского края, проводимых Красноярским краевым фондом поддержки научной и научно-технической деятельности.

Список литературы

1. Цыганов А.С. Производство вторичных цветных металлов. М.: Металлургия, 1961. 301 с.
2. Щерба В.Н., Райтбарг Л.Х. Технология прессования металлов. М.: Металлургия, 1995. 336 с.
3. Корнилов В.Н. Непрерывное прессование со сваркой алюминиевых сплавов. Красноярск: Изд-во пед. ин-та, 1993. 216 с.
4. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография. М.: МАКС Пресс, 2005. 344 с.
5. А.с. 1692739 СССР, МПК⁶ В 21 С 23/08. Устройство для получения проволоки и профилей / С.Б. Сидельников, В.Н. Корнилов, Н.Н. Довженко (СССР).

List of literature

1. Ciganov A.S. Production of secondary non-ferrous metals. M.: Metallurgy, 1961. 301 p.
2. Sherba V.N., Rightbarg L.H. Technology of metals extruding. M.: Metallurgy, 1995. 336 p.
3. Kornilov V.N. Continuous extruding with welding of aluminium alloys. Krasnoyarsk: Publishing house of pedagogical institute, 1993. 216 p.
4. Sidelnikov S.B., Dovjenko N.N., Zagirov N.N. Combined and complex methods of forming non-ferrous metals and alloys: monograph. M.: MAKS Press, 2005. 344 p.
5. С.е. 1692739 USSR IPC⁵ V 21 S 23/08. Device for receipt wire and profiles / S.B. Sidelnikov, V.N. Kornilov, N.N. Dovjenko.

УДК 658.562

Федосеев С.А.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Начиная с 70-х годов XX века и по настоящее время конкуренция за потребителя ведется производителями в условиях насыщенного рынка, так называемого рынка потребителя. Чтобы выжить в острой конкурентной борьбе, многие предприятия в этот период вынуждены соблюдать принцип «высокое качество по низкой цене».

Одной из наиболее эффективных и признанных в мире методологий, реализующих данный принцип, является *Всеобщее управление качеством (Total Quality Management, TQM)*. В работе [1] отмечается, что TQM является высшим этапом корпоративного менеджмента. Внедрение TQM становится не только возможным и необходимым, но и эффективным только тогда, когда

предприятие достигло высот в общем управлении, в частности в управлении производством.

Методология TQM построена на базовых принципах, среди которых можно выделить следующие:

1) *Процессный подход*. Предприятие должно определить процессы проектирования, производства и поставки продукции или услуги. С помощью управления процессами достигается удовлетворение потребностей заказчиков.

2) *Системный подход к управлению*. Результативность и эффективность деятельности предприятия могут быть повышены за счет создания, обеспечения и управления системой взаимосвязанных процессов.

3) *Ориентация на заказчика*. Предприятие всеце-

ло зависит от своих заказчиков и поэтому стремится понимать потребности заказчика, выполнять его требования и превзойти его ожидания.

4) *Ведущая роль руководства.* Установление целей и анализ их выполнения со стороны руководства должны быть постоянной составляющей деятельности руководителей.

5) *Вовлечение сотрудников.* Персонал рассматривается как самое большое богатство предприятия, и создаются все необходимые условия для того, чтобы максимально раскрыть и использовать его творческий потенциал.

Современное производственное предприятие может быть рассмотрено как большая сложная система (*производственная система*), представляющая собой совокупность иерархии целей, иерархии принятия решений и иерархии технологий.

Для реализации принципов TQM в управлении производственной системой могут быть использованы различные механизмы и инструменты. Согласно [2] под *механизмами управления* будем понимать совокупности процедур принятия управленческих решений. Под *инструментами управления* будем понимать математические и информационные модели, реализующие или поддерживающие соответствующие механизмы управления.

К современным механизмам управления производственными системами можно отнести следующие:

- информатизация управления;
- интеллектуализация управления;
- дальновидная адаптация;
- оптимизация производственного планирования;
- коллективное принятие управленческих решений.

Рассмотрим принципы TQM во взаимосвязи с реализующими их механизмами и моделями управления производством.

Процессный подход

Для принятия эффективных управленческих решений в производственных системах должна быть преодолена проблема неполноты информации, связанная с различными видами неопределенности: объективной и субъективной, внутренней и внешней [2]. Для преодоления всех этих видов неопределенности в современных производственных системах используются разнообразные методологии описательного моделирования и информационные технологии.

Информатизация управления производственными системами, как правило, начинается с описания их бизнес-процессов, что полностью соответствует процессному подходу TQM. Для этого используются разнообразные методологии, такие как SADT, ARIS, BPMN и др. По существу, данные методологии с помощью различных нотаций позволяют создавать описательные модели производственных систем, отображающие:

- функции, которые система должна выполнять;
- процессы, обеспечивающие выполнение указанных функций;

- данные, необходимые при выполнении функций, и отношения между этими данными;
- организационные структуры, обеспечивающие выполнение функций;
- материальные и информационные потоки, возникающие в ходе выполнения функций.

Системный подход к управлению

Следующий этап информатизации управления производственными системами обычно заключается в автоматизации описанных на первом этапе бизнес-процессов на базе одной из существующих ERP-систем. По существу, основное предназначение любой ERP-системы – это сбор, хранение и обработка информации для принятия решений высшими руководителями и руководителями функциональных подразделений предприятия, осуществляющими:

- управление сбытом;
- управление производством;
- управление снабжением;
- управление запасами;
- управление персоналом;
- управление финансами.

Вместе с ERP-системами для автоматизации отдельных бизнес-процессов или функций на предприятиях могут быть использованы следующие системы:

- CRM – система управления взаимоотношениями с клиентами;
- MES – система оперативного (цехового) управления производством;
- SCM – система управления цепочками поставок;
- WMS – система управления складами;
- HRM – система управления персоналом;
- PLM – система управления жизненным циклом изделий;
- EAM – система управления основными фондами предприятия;
- CMMS – система управления техническим обслуживанием;
- ECM – система управления информационными ресурсами.

Взаимодействие модулей информационной системы управления предприятием представлено на рис. 1.

Таким образом, ERP-системы совместно с системами, автоматизирующими отдельные бизнес-процессы, реализуют системный подход к управлению, обеспечивая взаимодействие всех основных

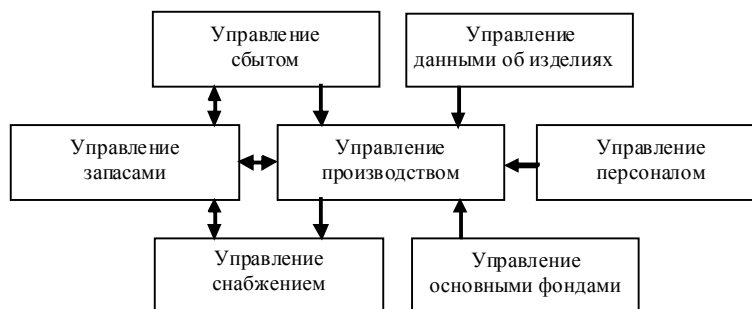


Рис. 1. Взаимодействие модулей информационной системы управления предприятием

бизнес-процессов предприятия в рамках единого информационного пространства.

Ориентация на заказчика

В работе [3] предложено систему управления производством условно разбить на три структурных уровня: стратегический, тактический и оперативный. Наиболее ответственные для всей системы решения принимаются на первом стратегическом уровне. Именно на этом уровне происходит адаптация производственной системы к изменениям, постоянно происходящим в окружающей среде, при этом должны учитываться будущие последствия принимаемых решений, т.е. производственная система должна обладать свойством дальновидности [2].

Механизм дальновидной адаптации предложен в работах В.В. Цыганова, В.А. Бородина и их последователей [4]. Фактически дальновидная адаптация реализует ориентацию предприятия на заказчика, являющуюся одним из важнейших принципов TQM.

Примером реализации механизма дальновидной адаптации может служить модель формирования оптимального портфеля заказов, предложенная в работе [5].

Пусть имеется N заказов. Введем булевый вектор неизвестных $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$. Здесь $\alpha_i, i = \overline{1, N}$, определяет включение i -го заказа в портфель по следующему правилу: если $\alpha_i = 1$, то заказ включается в портфель, если $\alpha_i = 0$, то заказ не включается в портфель. Тогда критерии могут быть записаны следующим образом:

- критерий прибыльности портфеля заказов

$$\sum_{i=1}^N [\alpha_i q_i (c_i - c_i^*) - (1 - \alpha_i) F(D_i, \gamma)] \rightarrow \max,$$

где q_i – объем i -го элемента; c_i – цена i -го элемента; c_i^* – себестоимость i -го элемента; F – функция штрафа; D_i – отклонение от требуемой даты выпуска; γ – интервал планирования;

- критерий важности портфеля заказов

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i V_i W_i \rightarrow \max,$$

где V_i – важность производства в срок i -го элемента; W_i – важность клиента, заказавшего i -й элемент.

Таким образом, в предложенной модели дальновидность заказчика учитывается посредством функций штрафа, входящей в первую целевую функцию, и параметра важности клиента, входящего во вторую целевую функцию.

На рис. 2 представлено решение двухкритериальной задачи оптимизации, полученное с помощью модели («Модель»), а также решение, фактически использованное предприятием («Завод»). Из рисунка видно, что решение, полученное с помощью модели, обеспечивает несколько большую прибыльность и существенно большую важность портфеля заказов по сравнению с

решением, полученным экспертами предприятия.

Таким образом, можно говорить о том, что предложенная модель позволяет значительно повысить дальновидность принимаемых на предприятии решений, в частности сохранить максимальное количество важных для предприятия заказчиков.

Ведущая роль руководства

Ведущая роль руководства предприятия может быть представлена двумя наиболее важными функциями:

- топ-менеджеры устанавливают единые цели и основные направления деятельности предприятия, а также определяют способы реализации этих целей;
- менеджеры среднего и нижнего звена для любого направления деятельности обеспечивают такое руководство, при котором гарантируется построение всех процессов таким образом, чтобы получить максимальную производительность и, как результат, наиболее полно удовлетворить потребности заказчиков.

Так, использование механизмов дальновидной адаптации на стратегическом уровне само по себе еще не гарантирует максимальной удовлетворенности заказчиков. Дальновидная адаптация неизбежно приводит к изменениям в иерархии целей, что, в свою очередь, порождает значительное количество многокритериальных задач оптимизации на тактическом и оперативном уровнях управления. Решение этих задач ложится на плечи менеджеров среднего и нижнего звена.

Основными критериями оптимальности для оперативного управления производством, как правило, являются:

- минимальные отклонения сроков выполнения производственных заказов;
- максимальная загрузка оборудования;
- минимальная длительность производственных циклов;
- максимальная комфортность производства.

В качестве параметров управления обычно выступают размеры запускаемых в обработку партий и их последовательность. При этом учитываются ограничения на ресурсы оборудования и персонала, а также ограничения на сырье и комплектующие.

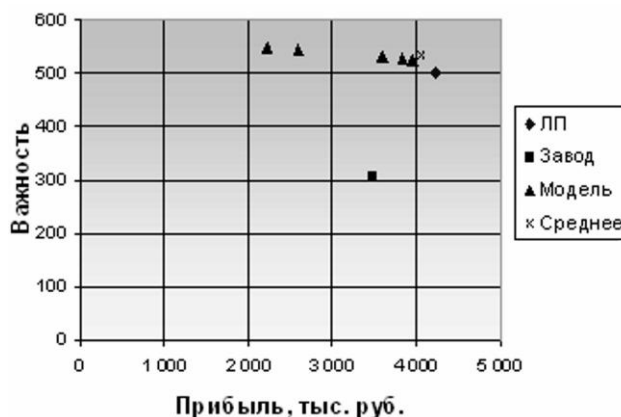


Рис. 2. Результаты решения задачи оптимизации разными методами

Подобные задачи могут быть успешно решены с помощью современных методов оптимизации и локального поиска, таких как эвристические алгоритмы, генетические алгоритмы, методы стохастического поиска и др.

Программные продукты, реализующие вышеупомянутые алгоритмы оптимизации для составления детальных производственных расписаний, относятся к классу так называемых APS-систем (Advanced Planning & Scheduling), среди производителей которых можно выделить такие компании, как Ortens, PeopleSoft, Manugistics, Synquest.

В работе [6] приведен пример составления оптимального плана-графика производства. Для этого была решена задача дискретной оптимизации с двумя критериями:

минимальные отклонения сроков выполнения производственных заказов;

максимальная комфортность производства.

В качестве параметров управления были использованы размеры запускаемых в обработку партий и их последовательность. При этом учитывались ограничения на ресурсы оборудования. При помощи специальной эвристики и алгоритма распространения ограничений с требуемой оперативностью удалось получить Парето-оптимальное подмножество планов-графиков, удовлетворяющих ресурсным ограничениям в полном объеме.

Результаты решения задачи представлены на рис. 3. При этом использованы следующие обозначения:

- × – решение, полученное методом Петрова-Соколицина;
- Δ – решение, полученное полным перебором при максимальном размере партий запуска;
- o – решение с минимальным отклонением от заданного срока выполнения производственного заказа, но неудовлетворяющее ограничениям на ресурсы оборудования;
- ◆ – решения, полученные с помощью метода распространения ограничений с учетом имеющихся ресурсов оборудования.

Следует отметить, что при получении Парето-оптимального подмножества планов-графиков окончательный выбор требуемого плана-графика можно поручить эксперту, а можно сделать автоматически с помощью дополнительного условия уступки по параметру ε .

Вовлечение сотрудников

В работе [7] отмечено, что управление организацией – это, прежде всего, принятие разнообразных решений. Качество принимаемых менеджерами решений в значительной степени определяет эффективность функционирования любой организаций, в том числе производственной системы. Поэтому принцип вовлечения сотрудников в управление предприятием с целью раскрытия и использования их творческого потенциала может быть реализован через механизм коллективного принятия управленческих решений.

В работе [8] предложен подход к коллективному принятию управленческих решений, связанный с использованием нечетких множеств. Так, на основе частных критериев оптимальности плана производства J_1 , J_2 и J_3 может быть построен обобщенный (комплексный) критерий оптимальности с использованием расширенного нечеткого множества над частными критериями оптимальности $J^r = \{\mu_1/J_1; \mu_2/J_2; \mu_3/J_3\}$, где $\mu_i \in [0;1]$, $i \in \overline{1,3}$, – экспертная оценка значимости i -го критерия. Определение значений μ_i , $i \in \overline{1,3}$, в данном случае является результатом коллективного принятия решения в форме опроса некоторого количества экспертов. Расширенное нечеткое множество J^r при необходимости также позволяет учесть мнение руководителя группы экспертов. Для этого достаточно, чтобы руководитель задавал интервалы изменения оценок значимости μ_i , $i \in \overline{1,3}$, и индекс ранжирования, с помощью которого должны сравниваться обобщенные критерии оптимальности J^r .

В качестве примера можно привести процедуру оптимизации одного из найденных планов-графиков производства, позволяющего произвести необходимое количество продукции без нарушения сроков выполнения заказов. Найденный допустимый план (далее «Допустимый») был оптимизирован в несколько этапов:

1. На первом этапе для оптимизации плана «Допустимый» в качестве основного был выбран критерий комфортности производства. Таким образом, был получен план «Комфортный».

2. На втором этапе был задан комплексный критерий оптимальности, учитывающий комфортность про-

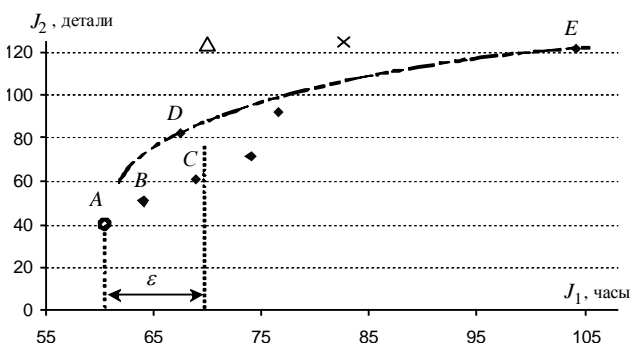


Рис. 3. Результаты решения задачи составления планов-графиков



Рис. 4. Равномерность загрузки оборудования

изводства, равномерность загрузки оборудования и риск срыва плана производства. При этом были использованы следующие экспертные оценки важности для соответствующих критериев: $\mu_1 = 0,7$, $\mu_2 = 1$, $\mu_3 = 0,3$. Таким образом, был получен план «Экспертный».

3. На третьем этапе были найдены решения для всех значений функции принадлежности от 0,1 до 1 с шагом в 0,1. Из полученного множества решений были исключены заведомо неоптимальные, а из оставшихся оптимальных решений с помощью заданного индекса ранжирования (уже без участия экспертов) были получены «наилучшие» значения функции принадлежности: $\mu_1 = 1$, $\mu_2 = 0,6$, $\mu_3 = 0,8$. Таким образом, был получен план «Оптимальный».

Полученный результат представлен на рис. 4. Из приведенного графика видно, что план «Экспертный» обеспечивает лучшую равномерность загрузки оборудования.

Список литературы

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление качеством. М.: Издво «Омега-Л», 2008. 399 с.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2007. 584 с.
3. Столбов В.Ю., Федосеев С.А. Модель интеллектуальной системы управления предприятием // Проблемы управления. 2006. № 5. С. 36–39.
4. Цыганов В.В., Бородин В.А., Шишкин Г.Б. Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью (теория и практика управления эволюцией организации). М.: Университетская книга, 2004. 768 с.
5. Жирнов В.И., Федосеев С.А., Агарков А.И. Модель управления заказами в рамках единой информационной системы

- предприятия // Проблемы управления. 2007. № 6. С. 57–63.
6. Беляев А.А., Котов С.С., Столбов В.Ю. Модель управления ресурсами предприятия при дискретном производстве // Проблемы управления. 2007. № 6. С. 51–56.
7. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. М.: ЛЕНАНД, 2006.
8. Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б. Управление производством на тактическом уровне планирования в условиях нечеткой исходной информации // Проблемы управления. 2009. № 5. С. 36–43.

List of literature

1. Masur I.I., Shapiro V.D. Quality management. M.: «Omega-L» Publisher, 2008. 399 p.
2. Novikov D.A. An organization systems control theory. 2nd edition M.: Publisher of a physical and mathematical literature, 2007. 584 p.
3. Stolbov V.Yu., Fedoseev S.A. A model of an intelligent production control system // Control Sciences. 2006. № 5. P. 36–39.
4. Tsiganov V.V., Borodin V.A., Shishkin G.B. Intellectual enterprise: capital and power capture mechanism (theory and practice of an enterprise evolution control). M.: University book, 2004. 768 p.
5. Zhirnov V.I., Fedoseev S.A., Agarkov A.I. An order management model in the enterprise information system // Control Sciences. 2007. № 6. P. 57–63.
6. Belyaev A.A., Kotov S.S., Stolbov V.Yu. A model of enterprise resources management at discrete manufacturing // Control Sciences. 2007. № 6. P. 51–56.
7. Gubko M.V. A mathematical models of hierarchical structure optimization. M.: LENAND, 2006.
8. Fedoseev S.A., Vozhakov A.V., Gitman M.B. Production management on the tactical level of planning under the fuzzy initial information // Control Sciences. 2009. № 5. P. 36–43.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 538.95

Анциферов В.Н., Каменева А.Л., Сапегин Г.А., Каменева Д.В., Баяндина М.В.

УСТАНОВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ УСЛОВИЯМИ ФОРМИРОВАНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПЛЕНОК И ПРОЦЕССОМ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

Введение

Низкая стойкость большинства быстроизнашивающегося технологического инструмента, пар трения машин и механизмов (в дальнейшем ТИ и ПТ) с упрочняющими и защитными пленками, испытывающими воздействие динамических, знакопеременных силовых, тепловых, теплосиловых и ударных нагрузок, агрессивной среды, делает актуальной задачу повышения эксплуатационных свойств пленок. Формирование пленок на рабочих поверхностях ТИ и ПТ возможно преимущественно ионно-плазменными методами. Работоспособность и эксплуатационная надежность ионно-плазменных пленок (ИПП), определяемые реальной структурой, зависят от комбинированного действия многих технологических и температурных параметров процесса. Важным обстоятельством, влияющим на эксплуатационные свойства пленок, является характер расположения структурных элементов в пространстве. Практически значимая и актуальная проблема предотвращения деградации свойств пленок как в процессе осаждения, так и при эксплуатации в результате фазовых и структурных превращений в значительной степени определяется постоянством параметров структуры, направлением преимущественной кристаллографической ориентации, фазовым и химическим составом пленки. Получение пленок со стабильными эксплуатационными свойствами возможно за счет оптимизации технологических и температурных условий осаждения, процесса структурообразования.

Изучение влияния температурных условий формирования на процесс структурообразования пленки, ус-

тановление условий наноструктурирования кристаллитов и формирования поликристаллической пленки на основе Ti-Al-N методом электродугового испарения являются целями настоящей работы.

1. Методика проведения эксперимента

Пленки на основе Ti-Al-N формировали на промышленной установке ННВ-6,6-И1 электродуговым испарением двух однокомпонентных катодов из алюминия марки А85 и титана марки ВТ1-00 на подготовленной поверхности тестовых образцов из нержавеющей стали 12Х18Н10Т с размером 3×3×2 мм. Для устранения влияния предыдущих технологических операций изготовления тестовых образцов и окончательной очистки поверхности проводили процесс ионной очистки-нагрева подложки. С целью установления влияния предварительной температурной обработки материала подложки на напряженное состояние пленки увеличивали температуру поверхности подложки за счет уменьшения скорости ее нагрева в процессе ионной очистки; для установления влияния увеличения температуры пленки на морфологию поверхности и процесс ее структурообразования дополнительно увеличивали скорость подъема температуры пленки за счет увеличения подаваемого на подложку напряжения смещения. Адгезионную прочность пленки Ti-Al-N к подложке обеспечивали осаждением на нагретую подложку подслоя TiN. Морфологию поверхности пленок при большом увеличении исследовали на сканирующем микроскопе «НаноСкан». Измерение температуры поверхности тестовых образцов после ионной очистки, осаждения подслоя и пленки осуществляли инфракрасным бесконтактным пирометром «Термикс» с точностью 8%. Рентгенофазовый анализ пленок Ti-Al-N проводили на дифрактометре ДРОН-4 в $\text{Cu K}\alpha$ излучении при напряжении 30 кВ и токе 20 мА. Угловой интервал съемки $2\theta = 30-90^\circ$, шаг $0,05^\circ$, экспозиция в точке 4 с.

Таблица 1

Технологические параметры процесса ионной очистки-нагрева поверхности тестовых образцов

№ опыта	$P, \text{Па}$	$I_{\text{д}}, \text{А}$	$U_{\text{выс}}, \text{кВ}$	Расстояние подложка - катод, мм	$I_{\text{фок.кат}}, \text{А}$	$I_{\text{стаб.кат}}, \text{А}$	$T, \text{мин}$	$T_{\text{нагр.подл}}, \text{мин}$	$\Delta T_{\text{нагр.подл}}, \text{мин}$	$V_{\text{нагр.подл}}, \text{К/мин}$
1	$6 \cdot 10^{-3}$	75	1000	310 ± 20	0,2	0,6	10	750	450	45
2,3							20	800	500	25
4							40	900	600	15
5							60	1000	700	10

Технологические параметры процесса ионной очистки – нагрева поверхности тестовых образцов приведены в табл. 1, осаждения подслоя TiN и пленки Ti-Al-N методом электродугового испарения – в табл. 2.

Таблица 2

Технологические параметры процесса осаждения пленки TiN-(Ti-Al-N)

№ опы-та	Материал подслоя пленки	T _{проп.} , мин	I _{д.} , А	Газ	I _{фок. кат.} , А	I _{стаб. кат.} , А	V _{вращ.} , об/мин	P, Па	T _{нагр.} , мин	U _{см.} , В	max T _{нагр.} , K		~V _{нагр. плен.} , K/мин	Толщина пленки, мкм
											подслоя пленки,	К		
1	TiN	10	75	N ₂	0,2	0,6	10	0,75	10	200	620 / 665	1,5	1,6	
2	Ti-Al-N	30							20	200	670 / 715	1,5	3,3	
3									40	280	670 / 760	3,0	3,4	
4									40	200	770 / 815	1,5	5,9	
5									60	200	870 / 915	1,5	11,7	

2. Результаты эксперимента

Экспериментально установлено, что при максимальной скорости нагрева подложки 70 К/мин в области низких температур пленки 520–530 К через 30 мин осаждения пленка находится на стадии глобулярного роста: образования и объединения изометрических структур – глобул, при протекании которой в пленке полностью отсутствует какая-либо направленность граничных областей в пространстве.

Процесс формирования пленки в условиях уменьшения скорости нагрева подложки до 40 К/мин соответ-

ствует стадии зарождения и коалесценции/коагуляции зародышей поликристаллической составляющей пленки. На начальных этапах стадии на глобулах зарождаются первичные поликристаллические образования в виде затравочных кристаллитов с гранями {100} (рис. 1, а). Покрытие глобул многочисленными мелкими гранями {100}, параллельными поверхности пленки (рис. 1, б), неизбежно приводит к проявлению принципа Гросс-Меллера – естественному отбору с последующим ростом кристаллитов (рис. 1, в). Дальнейшее протекание стадии, сопровождающееся незначительным увеличением температуры пленки с 570 до 585 К, в результате коалесценции/коагуляции кристаллитов конической формы в виде пирамидок с основаниями псевдогексагональной формы приводит к их укрупнению с 200 до 700 нм (рис. 1, г, д, е). Данный факт объясняет текстурирование кристаллитов на последующих стадиях формирования пленки.

При продолжительном термическом воздействии на подложку с нагревом ее со скоростью 25 К/мин до 800 К и поддержание температуры пленки в интервале 670–700 К происходит изменение плотности активных центров зародышеобразования, сил межфазного взаимодействия на границе пленка-подложка, ориентационные изменения в пленке и максимальное увеличение объемной доли многокомпонентного нитрида Ti₃Al₂N₂ (рис. 2). Несмотря на то, что относительно высокая энергия двойникования границ в алюминии исключает образование многократно сдвойникованных кристаллитов при конденсации в вакууме [1], при понижении энергии двойниковых границ за счет образования многокомпонентного нитрида титана и алюминия на рентгеноаморфных глобулах образуются сдвойникованные кристаллиты*, грани {100} которых почти параллельны поверхности пленки (рис. 2, а, б). При определенной толщине пленки заканчивается формирование первич-

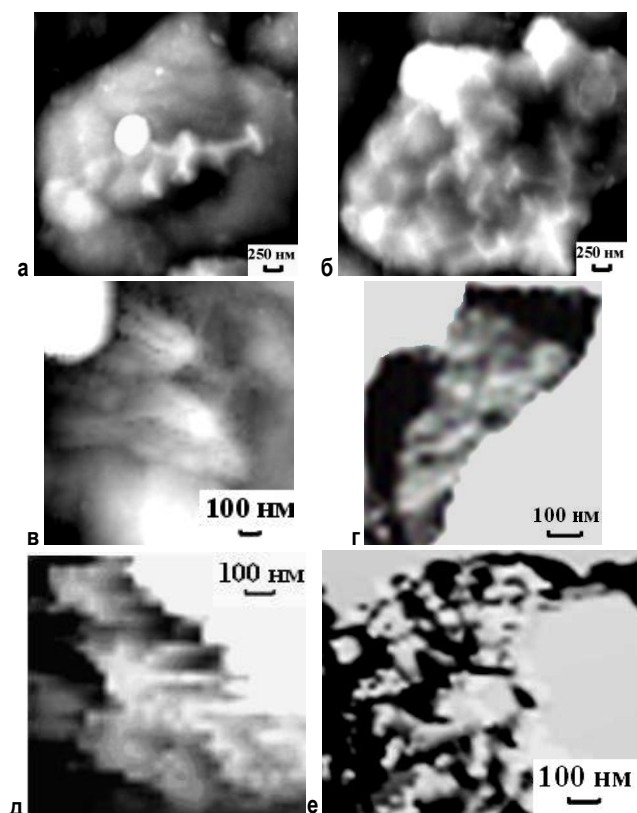


Рис. 1. Морфология поверхности пленки TiN-AlN-Ti₃Al₂N₂ на стадии зарождения и коалесценции/коагуляции зародышей поликристаллической составляющей пленки, покрытая глобул многочисленными мелкими гранями {100}. Укрупнение кристаллитов при увеличении температуры пленки с 570 до 585 К: а – 200 нм; б – 230 нм; в – 360 нм; г, д, е – 700 нм (U_{см} = 200 В, T_{нагр} = 10 мин)

* В работах [2, 3] известному термину "кристаллиты", используемому для характеристики поликристаллических (поликластерных) пленок, дается более значимое определение. Кристаллит - нанокластер распыляемой фазы, как область когерентного рассеяния с размерами, как правило, менее 0,5–1 мкм, который сохраняет кристаллический класс (точечная группа), характерный для кристаллов данной фазы, но из-за нарушения (при таких размерах) трансляционной эквивалентности не может быть описан как кристаллическая фаза с соответствующей федоровской группой. Особенностью описания подобных промежуточных (между кристаллической и рентгеноаморфной фазами данного состава) состояний является возможность использования некоторых кристаллографических терминов с приставкой "псевдо", а именно псевдограней и псевдоосей, поскольку последние, по своим ориентационным характеристикам, близки к таковым для граней и осей кристаллической фазы. Отличительной особенностью подобных граней является отсутствие не только их эквивалентности для эквивалентных направлений (что не реализуется в кристаллах), но и морфологические особенности их развития. Пленки, образованные кристаллитами больших размеров, скорее приближаются по своим свойствам к поликристаллическим системам, тогда как пленки, образованные небольшими кластерами, - к рентгеноаморфным. Доли различных типов нанокластеров, их объединений и кристаллитов в пленках зависят от условий их получения и могут значительно меняться [2].

ной аксиальной текстуры $\langle 100 \rangle$ и для поддержания высокой скорости формирования образуются многочисленные входящие углы за счет двойникования на поверхности пластин $\{100\}$. Наблюдаемое единичное двойникование на гранях $\{100\}$ по шпинелевому закону (рис. 2, а, б) позволяет объяснить образование вторичной конической текстуры $\langle 110 \rangle$ на аксиальной текстуре $\langle 100 \rangle$ многократным (четырёхкратным) двойникованием на грани $\{100\}$ (рис. 2, в). Вследствие геометрического отбора происходят непрерывные изменения морфологии, текстуры, топографии поверхности пленки.

Определено, что максимальное увеличение температуры подложки перед осаждением пленки до 900 К, приводящее к стабилизации поверхностной структуры подложки, не способствует достаточному увеличению подвижности адсорбированных атомов и в начальной стадии рекристаллизации на поверхности формируемой пленки образуются лишь первичные неравновесные структуры, характеризующиеся столбчатым строением с неплотной структурой и развитой волокнистой тонкой структурой с беспорядочным ориентированием ядер, в которой кристаллиты разделены сеткой параллельных микропустот на домены с размером 1–5 нм (рис. 3, а). Наблюдается формирование указанных столбчатых (стержневых) подструктур с сохранением сплошности (когерентности) и с последующим частичным распадом первичных локальных подструктур (рис. 3, б). Морфоло-

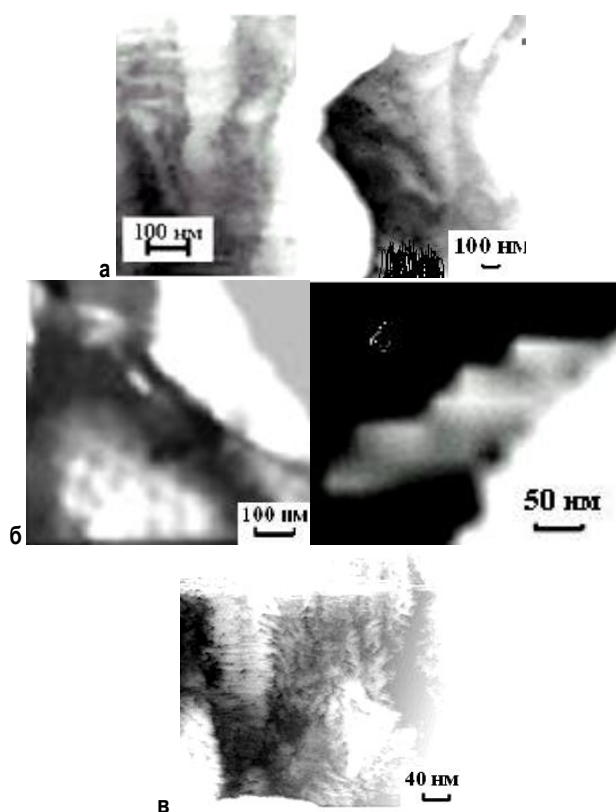


Рис. 2. Морфология поверхности пленки $\text{TiN-AlN-Ti}_3\text{Al}_2\text{N}_2$ на стадии формирования первичной аксиальной текстуры $\langle 100 \rangle$ (а), геометрического отбора (б) и образования вторичной конической текстуры $\langle 110 \rangle$ на аксиальной текстуре $\langle 100 \rangle$ (в) ($U_{\text{см}} = 200 \text{ В}$, $T_{\text{нагр}} = 20 \text{ мин}$)

гические исследования поверхности пленки показали, что в условиях поддержания и дальнейшего увеличения температуры пленки в интервале 770–860 К, увеличения толщины пленки (с 1,6 до 5,9 мкм) происходит своеобразное текстурирование кристаллитов конической формы в виде пирамидок с основаниями псевдогексагональной формы и размером поперечного сечения 20 нм в образования пластинчатой формы с последующим их объединением в ансамбли с сохранением когерентности границ (наночастицы), а сами ансамбли в макросистемы с некогерентными границами и с нарушением сплошности в конечном итоге [4] (рис. 3, в, г). Можно предположить, что пластинчатая структура материала пленки, характерная для определенных условий формирования, обусловлена не только особенностями упругих и неупругих полей, но и наличием своеобразной текстуры для кристаллитов, когда их разориентации существенно анизотропные (монокристаллы), так что не возникает препятствий к группированию кристаллитов в одной из плоскостей. При формировании пленок в условиях ионно-плазменных процессов именно такая картина и наблюдается [4]. Последнее не удивительно, если принять во внимание, что образование таких пленок происходит, как правило, в области термодинамической или кинетической неустойчивости процесса формирования пленки. Приведенные данные позволяют сделать вывод о сложном иерархическом строении пленки. Данное явление свидетельствует о том, что с увеличением продолжительности термического воздействия на подложку происходит процесс агрегирования кристаллитов и при изменении условий формирования столбчатые подструктуры не обязательно образуются на начальных стадиях. Установлено, что шероховатость поверхности пленки развивается до фрактальной геометрии (рис. 3, д).

Установлено, что на начальных этапах формирования в интервале температур 670–730 К поликристаллическая фаза пленки состоит из зерен, упорядоченно расположенных относительно подложки, и зерен, не имеющих преимущественной кристаллографической ориентации; материал пленки разбивается на области (домены) с видимыми границами раздела [4] (рис. 4, а). Следует отметить, что дальнейшее температурное воздействие на подложку в процессе осаждения пленки способствовало упорядочению процесса зародышеобразования за счет увеличения количества зародышей, уменьшению диаметра первичных кристаллитов до 5 нм, ограничению их укрупнения в процессе объединения и геометрического отбора, стабилизации процесса структурообразования поликристаллической пленки и привело к изменению фазового и химического состава, направления преимущественной кристаллографической ориентации формируемых пленок. Выявлено, что в созданных оптимальных температурных условиях на стабилизированной поверхности подложки в условиях подавления рекристаллизации кристаллитов формируется поликристаллическая пленка с гомогенной (однородной) структурой в направлении формирования, в которой столбчатые кристаллиты с плоскими поверхностями в аморфной матрице обрамлены пазами межзеренных границ (рис. 4, б, в). Показано, что частичная

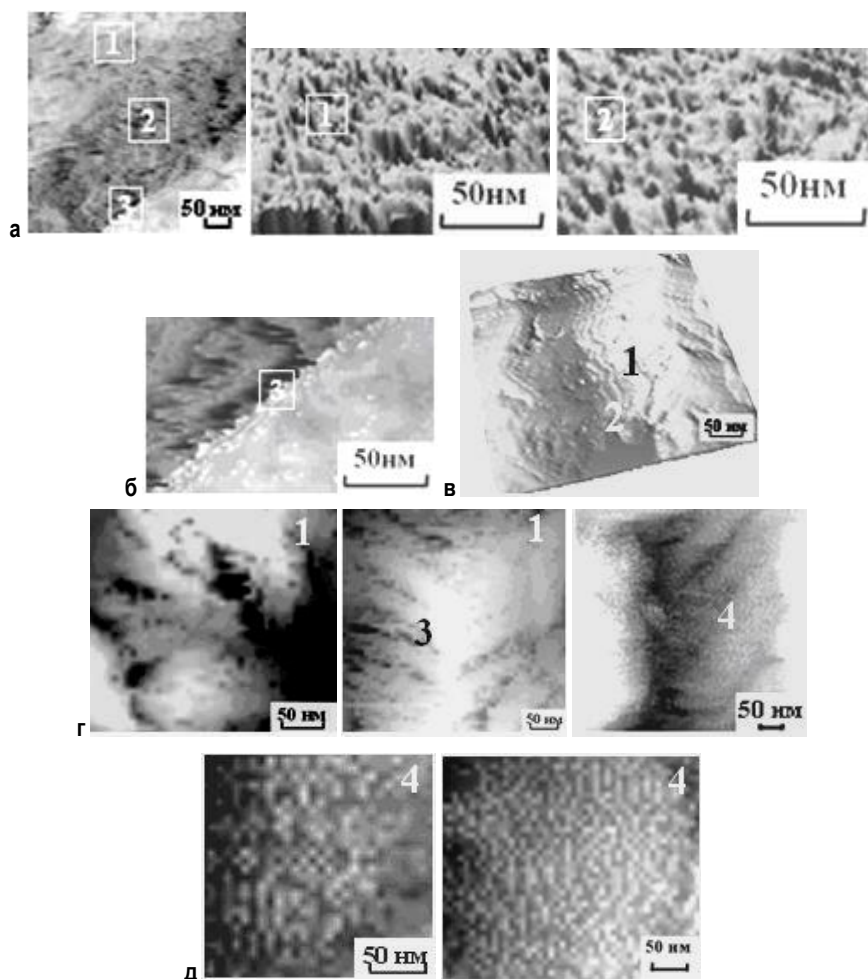


Рис. 3. Морфология поверхности пленки $Ti_3Al_2N_2$ (а, б) на стадии формирования первичной неравновесной поликристаллической пленки и текстурирования кристаллитов конической формы в ансамбли пластинчатого строения (в, г) с фрактальной поверхностной структурой (д) ($U_{см} = 200$ В, $T_{нагр} = 60$ мин)

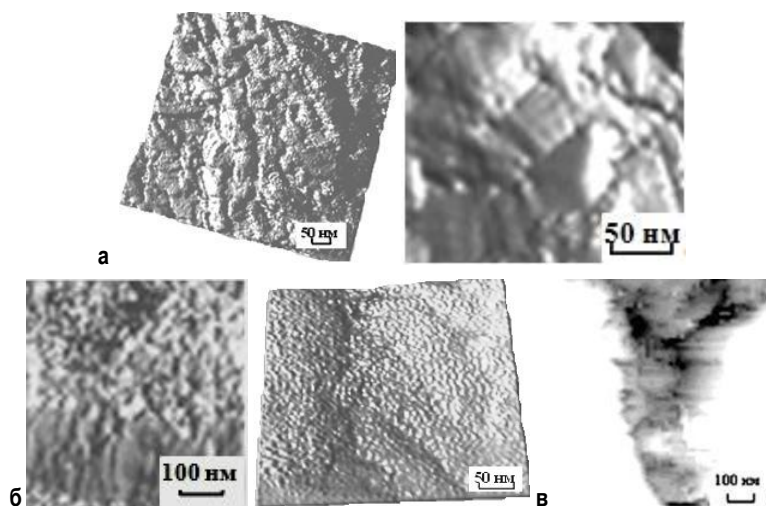


Рис. 4. Морфология поверхности сплошной поликристаллической пленки Ti_2AlN , сформированной в результате наноструктурирования кристаллитов: а – с частичной разориентацией зерен текстуры; б – с перимущественной ориентацией; в – с нарушением сплошности ($U_{см} = 280$ В, $T_{нагр} = 20$ мин)

потеря синхронности формирования столбчатых подструктур приводит к потере сплошности (значит, и когерентности), характерной особенностью ионно-плазменных процессов является своеобразный "недостаток" материала для заполнения межстолбчатых пустот (рис. 4, в) [4].

Результаты проведенных исследований позволили установить стадии формирования поликристаллической пленки как функции переменных технологических параметров: температуры и скорости нагрева подложки, начальной и динамики изменения температуры пленки (рис. 5):

I – глобулярная стадия: образование и объединение глобул;

II – зарождение и коалесценция/коагуляция зародышей поликристаллической составляющей пленки, образование граней {100} на глобулах;

III – формирование первичной аксиальной текстуры $\langle 100 \rangle$, геометрический отбор;

IV – образование вторичной конической текстуры $\langle 110 \rangle$ на аксиальной текстуре $\langle 100 \rangle$;

V – формирование первичной неравновесной поликристаллической пленки с неплотной структурой, текстурирование кристаллитов в образования пластинчатой формы;

VI – уменьшение разориентации между зернами (ОКР) текстуры, наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки с гомогенной (однородной) структурой в направлении формирования.

Установлено, что для исследуемых пленок интенсивность отражений (103) $Ti_3Al_2N_2$, приведенная к толщине пленки (рис. 6), носит экстремальный характер. При превышении температуры пленки 600 К отношение I_{103}/h резко уменьшается. Ранее выявлено, что в интервале температур 670–805 К преобладает сначала текстурирование, при дальнейшем увеличении температуры пленки наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки.

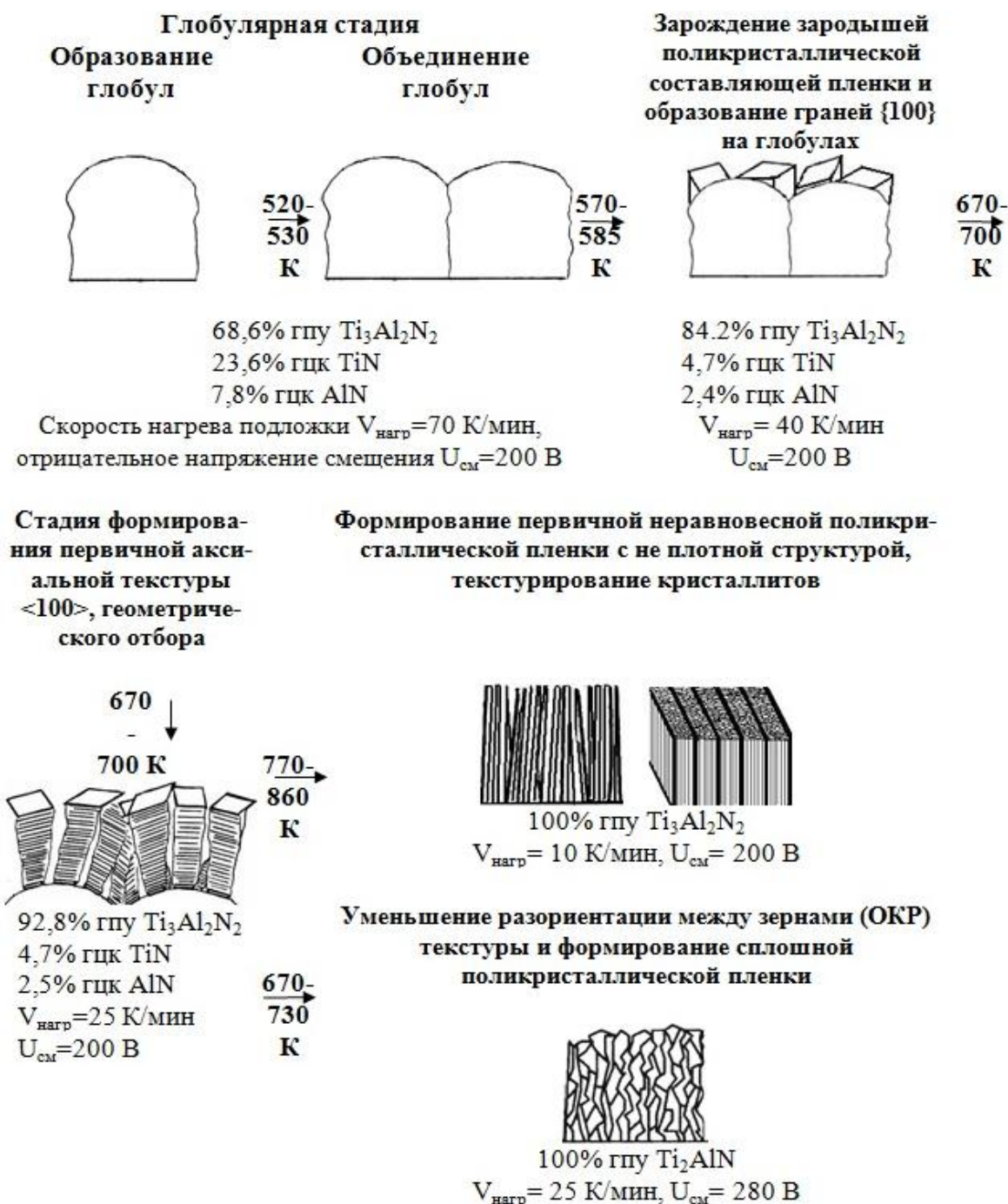


Рис. 5. Процесс структурообразования поликристаллической пленки как функция технологических параметров процесса осаждения пленки

Заключение

Определено, что включение в действие различных релаксационных процессов при изменении температуры подложки и пленки приводит к тому, что вся температурная область превращения разбивается на ряд участков и возникает целый спектр превращений, различающихся по степени релаксации, а поэтому по кинетике и морфологии. Превращениям, протекающим при больших отклонениях от равновесия, соответствует более упорядоченная морфология и более

быстрая кинетика [4]. Замена быстротепло протекающего нагрева подложки до требуемой температуры на продолжительное термическое воздействие на подложку для нагрева и стабилизации ее структуры; увеличение подвижности и активности адатомов конденсируемого материала для поддержания температуры пленки позволяет улучшить степень текстурированности, увеличить скорость и стабилизировать механизм формирования, изменить фазовый и химический состав пленки.

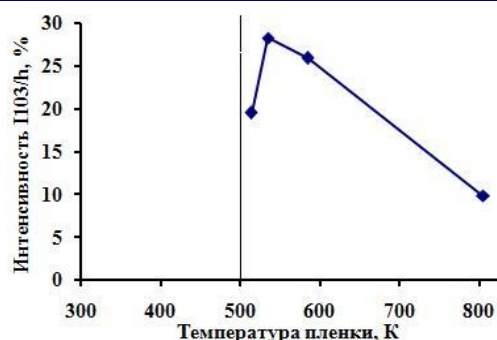


Рис. 6. Зависимость интенсивности отражений (103) на рентгеновских дифрактограммах пленок $Ti_3Al_2N_2$, сформированных методом электро-дугового испарения, от температуры подложки

Показано, что процесс структурообразования и стадии формирования пленок на основе Ti–Al–N методом электродугового испарения, зависящие в большей степени не от продолжительности технологического процесса, а от теплового состояния поверхности подложки до и в процессе осаждения пленки, являются функциями переменных технологических параметров – температуры подложки и осаждаемой пленки.

Формирование поликристаллической пленки связано с обязательной последовательностью следующих стадий: глобулярная; зарождение и коалесценция/коагуляция зародышей поликристаллической составляющей пленки, образование граней {100} на глобулах; формирования первичной аксиальной текстуры <100>, геометрический отбор; образование вторичной конической текстуры <110> на аксиальной текстуре <100>; формирование первичной неравновесной поликристаллической пленки с не плотной структурой, текстурирование кристаллитов; наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки с гомогенной (однородной) структурой. Развитие микроструктуры и скорость протекания стадий зависят от температурного и напряженного состояния подложки и осаждаемой пленки.

Последовательность стадий одинакова для разных температур подложки и пленки, однако скорость их протекания зависит от последних. Например, в низкотемпературной области (до ~570 К) формирование

пленки ограничивается глобулярной стадией, в интервале температур: 570–585 К – образованием граней {100} на глобулах; 585–700 К – формированием первичной аксиальной текстуры <100> и геометрическим отбором, в высокотемпературной области 770–860 К – формированием неравновесной поликристаллической пленки с неплотной структурой, текстурированием кристаллитов. В случае температурного ассистирования процесса осаждения пленки в интервале температур 670–730 К происходит наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки с гомогенной (однородной) структурой в направлении формирования.

Список литературы

1. Технология тонких пленок / под ред. Л. Майссела и Р. Гленга. М.: Сов. радио, 1977. Т. 1. 662 с.
2. Морфологически зависимый акустический резонанс в тонких пленках: лазерная генерация акустических колебаний / Чернега Н.В., Самойлович М.И., Кудрявцева А.Г., Белянин А.Ф., Пашенко П.В., Дзбановский Н.Н. // Высокие технологии в промышленности России. М.: ОАО ЦНИТИ «Техномаш», 2009. С. 376–382.
3. Белянин А.Ф., Самойлович М.И. Тонкие пленки алмазоподобных материалов как наноструктурированные системы // Наноматериалы. М.: ОАО ЦНИТИ «Техномаш», 2006. 241 с.
4. Ройтбурд А.Л. Теория формирования гетерофазной структуры при фазовых превращениях в твердом состоянии // Успехи физических наук. Т. 113. Вып. 1. 1974, май. С. 69–104.

List of literature

1. Technology of thin films. Edited by L. Mayssele and R. Glenga. M.: Russian radio. 1977. V. 1. 662 p.
2. Chernega N.V., Samoylovich M.I., Kydryavseva A.G., Belyanin A.F., Pashenko P.V., Dzbanovsky N.N. Morfolodgy dependent acoustic resonance in thin films: laser generation of acoustic ripple // High tech in Russia industry. Moscow: Publishing house of OAO Central Research Technological Centre «Technomash», 2009. P. 376–382.
3. Belyanin A.F., Samoylovich M.I. Thin films of diamond-like materials as nanostructured system // Collective monografy «Nanomaterials». Moscow: OAO Central Research Technological Centre «Technomash», 2006. P. 241.
4. Roytbyrd A.L. Theory of the heterophase structure formation during phase changes in hard state // Progress of the physical science. V. 113, Publ. 1. 1974. P. 69–104.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 658.652; 621.79

Яковлева Е.С., Мезин И.Ю., Касаткина Е.Г., Куцепендик В.И.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

Получение качественной продукции неразделимо связано с вопросами управления качеством на всех этапах жизненного цикла продукции. Методы квалиметрии позволяют решать важнейшие прикладные задачи по планированию и оценке уровня качества продукции, в том числе оценить различные варианты технологических схем изготовления металлоизделий.

Примерно 70% деталей автомобиля получают штамповкой и половину всех штампованных изделий изготавливают методом листовой штамповки, поэтому в данной работе предлагается рассмотреть квалиметрическую оценку технологической схемы производства металлоизделий по выбранному комплексному показателю на примере технологической схемы листовой штамповки.

Наиболее полную оценку продукции или технологии можно получить, используя комплексный показатель качества [1]. Обобщенным комплексным показателем технологического процесса может служить показатель «результативность технологии». Чтобы полностью представить данный показатель, сначала следует разбить его на групповые, такие как «показатели технологического процесса» и «показатели качества готового изделия» (рис. 1).

Показатели качества изделия, получаемого листовой штамповкой, могут быть выбраны с использованием предложенных в работе [2] критериев качества изделий, получаемых на основе многопереходной листовой штамповки. Такими критериями являются: прочность, качество формы, точность, качество поверхности. На основании данных критериев и требований к конкретному изделию, заложенных в конструкторской и технологической документации, можно выделить единичные показатели качества листоштампованного изделия.

Показатели технологического процесса целесообразно определять в зависимости от конкретной технологической схемы штамповки с учетом критерия устойчивости технологического процесса, характе-

ризующегося стабильностью и воспроизводимостью, а также с учетом технико-экономических показателей.

Квалиметрическая оценка технологической схемы листовой штамповки предполагает использование относительных единичных показателей, рассчитываемых по формулам [3]:

$$k_j = \frac{P_j}{P_{\text{баз}}}; \quad k_j = \frac{P_{\text{баз}}}{P_j}, \quad (1)$$

где $P_j, P_{\text{баз}}$ – значения j -го единичного показателя и соответственно базовое значение j -го единичного показателя; j – число единичных показателей.

Функциональная зависимость комплексной оценки результативности технологического процесса является целевой функцией в задаче управления качеством штампованных металлоизделий и выбора подходящей технологической схемы. Таким образом, для выбора оптимальной технологической схемы листовой штамповки металлоизделий необходимо сконструировать формулу свертки единичных показателей, учитывая их характер, определяемых по формуле (1). Функция свертки единичных показателей имеет вид

$$K = \left(\left(\prod_{i=1}^n a_i \times d_i \right) \times \left(\sum_{j=1}^m b_j \times k_j \right) \right), \quad (2)$$



Рис. 1. Структура комплексного показателя «результативность технологии»

где K – комплексный показатель оценки; d_i – оценка качества по i -му доминирующему показателю; k_j – оценка качества по j -му компенсируемому показателю; a_i , b_j – коэффициенты весомости доминирующих и компенсируемых показателей.

По условиям коэффициент весомости доминирующих показателей принимается равным единице $a_i = 1$.

Формула свертки принимает следующий вид:

$$K = d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n \times (b_1 k_1 + b_2 k_2 + \dots + b_n k_n). \quad (3)$$

Единичные показатели, в зависимости от их статуса (доминирующий или компенсируемый), определяются по следующим формулам при выполнении условий ограничения:

$$d_i = \begin{cases} 0, & \text{если } \frac{X_{\phi,d}}{X_{\sigma,d}} \leq \alpha_1, \\ 1 + \frac{X_{\phi,d}}{X_{\sigma,d}}, & \text{если } \alpha_1 \leq \frac{X_{\phi,d}}{X_{\sigma,d}} \leq \beta_1, \\ 1 + \beta_1, & \text{если } \frac{X_{\phi,d}}{X_{\sigma,d}} > \beta_1. \end{cases} \quad (4)$$

$$k_j = \begin{cases} 0, & \text{если } \frac{X_{\phi,k}}{X_{\sigma,k}} \leq \alpha_2, \\ 1 + \frac{X_{\phi,k}}{X_{\sigma,k}}, & \text{если } \alpha_2 \leq \frac{X_{\phi,k}}{X_{\sigma,k}} \leq \beta_2, \\ 1 + \beta_2, & \text{если } \frac{X_{\phi,k}}{X_{\sigma,k}} > \beta_2. \end{cases} \quad (5)$$

где $X_{\phi,d}$, $X_{\phi,k}$ – фактические значения единичных доминирующих и компенсируемых показателей; $X_{\sigma,d}$, $X_{\sigma,k}$ – базовые значения единичных доминирующих и компенсируемых показателей; α_1 – порог чувствительности доминирующего показателя; α_2 – порог чувствительности компенсируемого показателя; β_1 – порог ограничения доминирующего показателя; β_2 – порог ограничения компенсируемого показателя.

Порог чувствительности – это предельное значение, превышение которого влечет повышение комплексной оценки за счет одного единичного показателя.

Порог ограничения – минимальное значение показателя, ниже которого показатель можно считать незначимым.

На рис. 2 представлен графический смысл порога чувствительности и порога ограничения доминирующего показателя.

Значения порога ограничения и порога чувствительности могут приниматься с помощью экспертного метода или на основе статистической обработки результатов.

Коэффициенты весомости компенсируемых показателей рассчитываются по следующей формуле:

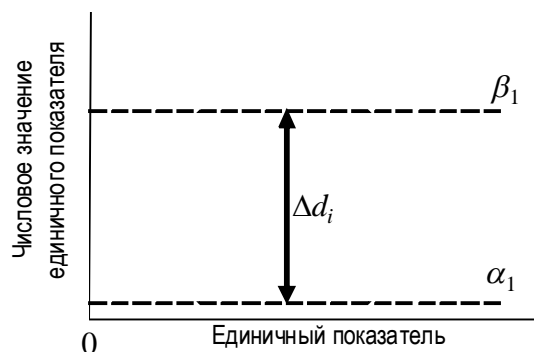


Рис. 2. Графическое представление порога чувствительности и порога ограничения доминирующего показателя

$$b_j = \frac{P_{jk}}{\sum P_{jk}}, \quad (6)$$

$$0 < b_j < 1$$

где P_{jk} – весомость j -го компенсируемого показателя.

Предложенная квалиметрическая модель оценки производственных процессов изготовления металлоизделий позволяет осуществить выбор наиболее подходящего варианта технологической схемы производства металлоизделий из ограниченного множества возможных вариантов для конкретных условий производства, поскольку квалиметрическая модель позволяет учесть все показатели (показатели качества изделия, показатели качества технологического процесса), которые могут оказать влияние на процесс и конечный продукт.

Список литературы

1. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 151 с.
2. Комплексная оценка результативности сквозных технологий производства с использованием логики антонимов на примере шаровых пальцев / Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С., Сальников В.В. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2005. № 1. С. 67–71.
3. Каржавин В.В. // Кузнечно-штамповочное производство. 1994. № 6. С. 7–10.
4. Сабадаш А.В. Оценка и выбор технологии производства фланцевых болтов. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 103 с.

List of literature

1. Goun G.S. Quality management of precision structures. M.: Metallurgy, 1984. 151 p.
2. Goun I.G., Mikhailovsky I.A., Osipov D.S., Sal'nikov V.V. Complex estimation of productivity of through production technologies with use of logic of antonyms on an example of ball pins // Vestnik of MSTU named after G.I.Nosov. 2005. № 1. P. 67–71.
3. Karjavin V.V. Criteria of quality of the products received on the basis of multitransitive sheet stamping // Forge-stamping manufacture. 1994. № 6. P. 7–10.
4. Sabadash A.V. Estimation and a choice of the technology production flange bolts. Magnitogorsk: MSTU, 2005. 103 p.

УДК 621.771

Наливайко А.В., Стеблов А.Б., Тулупов О.Н., Рычков С.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРМАТУРЫ КЛАССА А500С С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

ГУП «Литейно-прокатный завод» в г. Ярцево (Смоленская обл.) ориентирован на производство термически упрочнённого на класс прочности А500С арматурного проката номинальным диаметром 12–32 мм. Прокатка осуществляется на мелкосортном 18-клетевом стане 280 конструкции ВНИИМЕТМАШ.

В 2009 г. (рис. 1) было прокатано и отгружено потребителям 165967 т строительной арматуры класса АШ(А400) по ГОСТ 5781-82 и класса А500С по СТО АСЧМ 7-93, в том числе номинальным диаметром 12 мм – 3478 т; 14 мм – 24941 т; 16 мм – 99129 т; 18 мм – 92425; 20 мм – 29611 т. Вся продукция прошла сертификацию в системе «Мосстройсертификация». В январе 2010 г. завод освоил производство арматуры № 25 класса А500С по СТО АСЧМ 7-93.

Производство арматуры на заводе осуществляется методом горячей прокатки из низкоуглеродистой стали, по химическому составу аналогичной марке СтЗсп по ГОСТ 380, с последующим упрочнением на класс прочности А500С по СТО АСЧМ 7-93. Исходная квадратная заготовка сечением 125х125 мм длиной от 4000 до 12000 мм собственного производства разливаётся на 2-х ручьевой МНЛЗ радиального типа. Непрерывно-литая заготовка производится в соответствии с требованиями ТУ 0885-01-70067945-2007.

Особенностью производства арматуры является преимущественно горячий посад заготовки (около 80%) в нагревательную печь с шагающим подом. Производительность печи при горячем посаде – до 45 т/ч, при холодном посаде заготовок – 28 т/ч. Температура поверхности заготовки в момент посада в печь 700–850°С. Длительность нагрева заготовки при горячем посаде составляет 70 мин с темпом выдачи заготовок 140 с, при холодном посаде – 120 мин с темпом выдачи заготовок 225 с.

После нагрева в печи заготовка со среднемассовой температурой 1050–1100°С проходит окалиноломатель и прокатывается в черновой группе стана. Черновая

группа состоит из шести бесстанинных клетей, причем клетки № 1, 3 и 5 снабжены рабочими валками с горизонтальной осью вращения валков, клетки № 2, 4 и 6 – с вертикальной осью. Первые две клетки имеют начальный диаметр бочки валка 560 мм, остальные клетки – 450 мм. Материал валков – сталь 150ХНМ. Скорость прокатки в первой клетке – 0,1–0,17 м/с. Из клетки № 6 раскат выходит со скоростью около 0,8 м/с.

После черновой группы расположены кривошипно-шатунные ножницы № 1, которые служат для обрезки переднего конца раската перед задачей его в клеть № 7 промежуточной группы или для аварийной порезки раската при аварийной остановке стана. Сечение раската после черновой группы – черновой круг диаметром 53–54 мм в зависимости от прокатываемого профилеразмера, суммарный коэффициент вытяжки – около 7.

Далее раскат поступает в промежуточную группу в составе шести бесстанинных клетей с горизонтальным расположением валков диаметром 380 мм. После клетей № 7, 9 и 11 производится кантовка раската на 90° с помощью выводной кантующей роликовой арматуры. Из клетки № 12 выходит черновой круглый раскат диаметром около 25 мм при прокатке арматурного проката номинальным диаметром от 12 до 20 мм или чистовой арматурный профиль диаметром 25 мм. Суммарный коэффициент вытяжки – 4,7. Скорость выхода раската из клетки № 12 – 3,8 м/с. Материал валков чугуна СШХН-41.

После промежуточной группы раскат проходит кривошипно-шатунные ножницы № 2 и петлеобразователь и поступает в чистовую группу клетей. Чистовая группа состоит из шести бесстанинных клетей с горизонтальным расположением валков диаметром 280 мм. Материал валков – чугун СПХН-65. Скорость выхода готового проката из чистовой группы в зависимости от диаметра готового проката составляет 6–14 м/с. Максимальный суммарный коэффициент вытяжки при прокатке арматуры номинальным диаметром 12 мм – 4,4. Вся арматура прокатывается в одну нитку. Средняя температура конца прокатки после клетки № 18 около 1000°С.

Далее готовый прокат проходит через 12-секционную установку термоупрочнения проката общей длиной 25 м с расходом воды до 150 м³/ч при давлении 1,6 МПа и поступает на барабанные делительные ножницы № 3, где осуществляется порезка проката на мерные длины 60–74 м. Температура профилей после установки термоупрочнения составляет 520–650°С для арматурных профилей номинальным диаметром 12–32 мм.

После охлаждения на реечном холодильнике раскат режется на мерные заказные длины на ножницах холодной резки и поступает на участок пакетирования и упаковки готовой продукции.

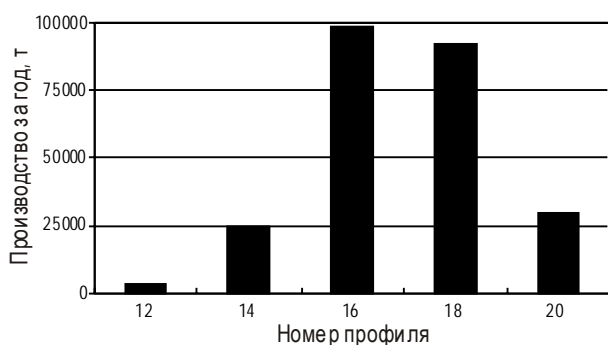


Рис. 1. Производство арматуры класса прочности А500С в 2009 году

Контроль механических свойств проката производится в лаборатории механических испытаний. Лаборатория оснащена необходимым современным испытательным оборудованием, в том числе разрывной машиной фирмы «Zwick» с усилием разрыва 1200 кН.

Следует отметить, что в соответствии с действующей нормативной документацией для контроля механических свойств и проведения аттестации для отпуски проката потребителям достаточно 2–3 пробы от плавки (партии). В период пуска и освоения технологии для набора данных и проведения сертификации продукции от каждой плавки отбиралось по 3 пробы для проведения механических испытаний, а на некоторых плавках и до 6–8 проб. Пробы отбирались случайным образом от раскатов прокатанных заготовок в начале, середине и в конце плавки. Учитывая, что масса заготовок одной плавки составляет 30–33 т и порезка непрерывно-литых заготовок на МНЛЗ осуществляется на длины, кратные мерным длинам готового проката заданного диаметра, каждая плавка состоит из 20–25 заготовок. После порезки на мерные длины (в основном 11700 мм) готовый прокат формируется в пакеты по 4,5 т. Всего в плавке получается 7–8 пакетов.

Отбор проб на механические испытания производится обычно от раскатов 1–3 заготовок – пакет № 1, затем от 12 или 15 заготовок – пакет № 4 и от 20 или 25 заготовок – пакет № 7. Проба длиной 1800 мм для проведения всего комплекса механических испытаний обычно отбирается от раската, соответствующего середине заготовки.

Проведённый статистический анализ данных о химическом составе каждой плавки и механических свойств освоенных профилей по предварительным испытаниям за 2009 год подтвердил приемлемый уровень и стабильность свойств выпускаемой продукции. Всего в выборке генеральной совокупности данных было проанализировано 4074 данных партий по каждому показателю химического состава и механических свойств.

Распределение всех случайных величин в генеральной выборке соответствует нормальному закону. Средние значения основных химических элементов в стали, определяющие во многом уровень механических свойств арматуры класса прочности А500С, составляют: С = 0,181%; Si = 0,198%; Mn = 0,607%; $C_{э\text{кв}} = 0,337\%$, где $C_{э\text{кв}}$ – углеродный эквивалент – характеристика стали, определяющая по массовой доли углерода и других элементов её склонность к структурным превращениям при нагреве и охлаждении изделия в зоне термического влияния [1]. Иными словами, $C_{э\text{кв}}$ характеризует способность стали к свариваемости.

Углеродный эквивалент по каждой плавке определялся в соответствии СТО АСЧМ 7-93 по формуле Международного института сварки (МИС):

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}. \quad (1)$$

Для свариваемого арматурного проката класса А500С углеродный эквивалент, рассчитанный по химическому составу ковшевой пробы, должен быть не более 0,50%, а по пробе с готового проката – не более

0,52%. Для класса прочности А600С – не более 0,65 и 0,67% соответственно. Следует заметить, что углеродный эквивалент также удобно использовать в качестве критерия оценки влияния комплекса химических элементов на прочностные и пластические свойства готового проката [2]. Например, в легированных сталях, в том числе для штампов горячего и холодного деформирования, углеродный эквивалент часто используется как комплексный критерий для прогноза прочностных характеристик стали перед и после термообработки готовых изделий.

В работах [1, 3] приведены различные формулы для расчёта $C_{э\text{кв}}$ как для горячекатаной, так и термомеханически упрочнённой арматуры. В стандартах СНГ, международных, европейских стандартах чаще всего используется формула (1), но также применяют и другие формулы.

Например, по ГОСТ 5781:

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{10}. \quad (2)$$

По ГОСТ 10884 для свариваемой стали Ат500С и по ДСТУ 3760-98 для стали, легированной кремнием:

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Mn}}{8} + \frac{\text{Si}}{7} \quad \text{при} \quad C_{э\text{кв}} \geq 0,4\%. \quad (3)$$

ТУ 14-15-266-91 для арматурного проката из сталей 10, 15, 20 по ГОСТ 1050 регламентирует $C_{э\text{кв}} \leq 0,65$, определяемый по формуле

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Mn} + \text{Cr}}{6} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{10}. \quad (4)$$

Стандартом США А 706/706М-92b для свариваемой арматуры из стали марки 60 из низколегированной стали используется формула

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cu}}{40} + \frac{\text{Ni}}{20} + \frac{\text{Cr}}{10} + \frac{\text{Mo}}{50} + \frac{\text{V}}{10} \quad \text{при} \quad C_{э\text{кв}} \leq 0,55\%. \quad (5)$$

В Японии для арматуры класса SD 50 по JISG 3112 применяется формула:

$$C_{э\text{кв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} \quad \text{при} \quad C_{э\text{кв}} \leq 0,65\%. \quad (6)$$

Анализ вышеприведённых формул показал, что для арматуры класса прочности А500С при имеющемся распределении химических элементов в производимой на заводе стали, химический состав которой близок к химическому составу марки СтЗсп по ГОСТ 380, для оценки свариваемости и уровня механических свойств в качестве расчетного критерия лучше использовать ф-лу (1).

Для определения уровня механических свойств готовой арматуры был выполнен статистический анализ результатов испытаний арматуры номинальным диамет-

ром 14, 16 и 20 мм класса прочности А500С на выборке объемом 4032. Ниже приведены статистические оценочные параметры механических свойств и плавочного химического состава по объединённому массиву для всего сортамента (табл. 1 и 2).

Статистический анализ механических свойств (σ_T – физический предел текучести Н/мм²; σ_B – временное сопротивление Н/мм²; δ_5 – относительное удлинение после разрыва, %; δ_n – относительное удлинение при максимальной нагрузке, %) и химического состава по отдельным выборкам для каждого из арматурных профилей не выявил статистически значимой разницы показателей качества. Уровень свойств практически одинаков на всех профилях и не зависит от диаметра готовой арматуры.

Одновременно были исследованы статистические распределения отношений химических элементов в виде [Mn]:[S], [Mn]:[Si], [C]:10+[S], которые во многом определяют качество поверхности готового проката.

Природа дефектов на поверхности готового проката в виде раскатанных плёнок и трещин на низкоуглеродистых сталях описана в работах [4, 5]. В основном они связаны с технологией и степенью раскисленности стали, температурой и скоростью разливки, а также с соблюдением интервалов изменения химических элементов в стали по известным соотношениям. В работе [4] данные соотношения были изучены с позиций образования твердых и легкоплавких включений при раскислении стали и вторичном окислении в процессе разливки. Особый интерес вызывают исследования сульфидных включений в непрерывно-литой заготовке от температурно-скоростного режима разливки. Наименьшая глубина раскатанного дефекта наблюдается на исследуемой стали при [Mn]:[S] ≥ 3,0–3,5 и ([C]:10+[S]) ≤ 0,03. Отношение [Mn]:[S] при этом должно быть не менее 25–30. Важным фактором возникновения разливных дефектов на заготовке является жидкотекучесть стали при разливке. Жидкотекучесть и разливаемость стали зависит главным образом от концентрации кислорода в металле, технологии раскисления стали марганцем и кремнием, содержания кремния, алюминия и использования силикокальция.

Результаты статистических исследований данных плавков за 2009 год показывают, что вышерекондуемые соотношения [Mn]:[S] ≥ 25–30, [Mn]:[Si] ≥ 3,5 и ([C]:10+[S]) ≤ 0,03 обеспечены соответственно только в 27,4; 10,5 и 11,2% случаев. Это может способствовать снижению качества поверхности арматуры и, возможно, нарушению сплошности металла арматурного проката при испытании на изгиб и/или изгиб с разгибом.

Далее был выполнен регрессионный анализ и получены адекватные регрессионные уравнения для расчета механических свойств в зависимости от статистически значимых факторов. Уравнения ли-

нейного вида имеют достаточно высокие коэффициенты множественной корреляции. Ошибка уравнения регрессии $\sigma_{\text{ош}}$ (это остаточное среднеквадратическое отклонение функции отклика) по каждому показателю небольшая (относительная ошибка уравнения регрессии для σ_T – 2,8% от среднего значения; σ_B – 2,4% и для δ_5 – 6,5%), что позволяет выполнять статистический прогноз показателей качества – механических свойств готового проката по плавочному химическому составу ещё до прокатки и в зависимости от содержания значимых химических элементов дать рекомендацию по температурным режимам прокатки и водяного охлаждения при производстве определённого диаметра арматуры.

$$\sigma_T = 484,7 + 193C + 124,1Si + 54,9Mn + 132Cr + 574,5(C/10 + S); \quad (7)$$

$$R = 0,67; \quad \sigma_{\text{од}} = 17,8;$$

$$\sigma_B = 519,6 + 470,2C + 101,7Si + 47,4Mn + 102,6Cr + 418,7(C/10 + S); \quad (8)$$

$$R = 0,69; \quad \sigma_{\text{од}} = 16,2;$$

$$\delta_5 = 25,6 + 1,67C - 32,95P - 5,24Mn - 0,39V; \quad (9)$$

$$R = 0,72; \quad \sigma_{\text{од}} = 1,4;$$

$$\delta_n = 0,7 + 15,1C + 4,05Si + 5,0Mn - 10,9Cr + 1,1Ni - 42Mo; \quad (10)$$

$$R = 0,65; \quad \sigma_{\text{од}} = 1,33.$$

Таблица 1

Статистические характеристики уровня механических свойств арматуры номинальным диаметром 14, 16 и 20 мм класса прочности А500С производства ГУП ЛПЗ, г. Ярцево

Параметр	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	δ_n , %	σ_B/σ_T
Мин	521	598	14	2,6	1,05
Макс	697	766	24	7,1	1,16
\bar{X}	621	683	19	4,6	1,1
S, %	19,135	18,53	1,44	0,551	0,0121
V	0,031	0,027	0,077	0,119	0,01
R = Макс – Мин	176	168	10,5	4,5	0,09

Таблица 2

Статистические характеристики плавочного химического состава стали

Параметр	Содержание химического элемента в стали, %										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	C _{эв}
Мин	0,12	0,09	0,46	0,004	0,001	0,05	0,08	0,17	0,006	0,001	0,28
Макс	0,24	0,29	1,09	0,043	0,044	0,38	0,5	0,56	0,062	0,009	0,42
\bar{X}	0,179	0,197	0,6	0,015	0,021	0,125	0,13	0,272	0,014	0,002	0,33
S	0,013	0,021	0,041	0,005	0,006	0,034	0,028	0,039	0,004	0,001	0,016
V	0,073	0,107	0,068	0,337	0,304	0,273	0,214	0,142	0,321	0,258	0,05
R = Макс – Мин	0,12	0,2	0,63	0,039	0,042	0,33	0,42	0,39	0,056	0,008	0,135

Коэффициенты множественной корреляции $R \geq 0,4$ при доверительной вероятности $P \geq 0,95$ удовлетворяют требованиям ОСТ 14-1-34-90 «Отраслевая система управления качеством в чёрной металлургии. Статистический контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами». Проверка уравнений по F и t-критериям также подтверждает достоверность статистической связи между механическими свойствами и химическим составом стали. Однако следует заметить, что для более точного прогноза механических свойств следует продолжить статистические исследования на более значительном объёме информации и добиться значений $R \geq 0,85$ по каждому показателю качества. В частности, расчётные коэффициенты эластичности, оценивающие вклад-степень влияния факторов уравнения регрессии на расчётный показатель качества в %, показывающие, что в данных уравнениях регрессии суммарное влияние выбранных факторов составляет не более 42–47%.

Очевиден факт, что достоверность уравнений регрессии будет значительно выше при введении новых, статистически значимых параметров технологии, например температуры конца прокатки, диаметра проката. Одновременно следует обратить внимание на довольно большие S – среднеквадратичные отклонения по механическим свойствам и всем химическим элементам. Отсюда следует сделать вывод, что необходимо откорректировать режимы выпечки обработки стали по достижению высокой однородности металла по химическому составу, использовать унифицированную марку стали для всех стандартов (ГОСТ Р 52544, СТО АСЧМ 7-93, ГОСТ 10884), уточнить температурно-скоростной режим прокатки и термоупрочнения по профилям с исследованием микроструктуры по сечению проката.

В процессе работы стана в январе 2010 г. также были проведены исследования по изучению внутриплавочной неоднородности свойств проката. Для этой цели на арматуре № 25 кроме проб от середины заготовки отбиралась проба на последнем раскате той же заготовки. Всего были отобраны пробы от 22 плавков. Данные механических свойств для арматуры № 25 класса А500С приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что статистически значимой разницы между механическими свойствами от проб в

середине и в конце заготовки не наблюдается. Проверка дисперсий по F-критерию это подтверждает.

Был выполнен анализ отклонений от номинальной массы 1 погонного метра арматуры. Было установлено, что в основном арматура катается в плюсовом допуске от номинального диаметра. Фактические отклонения массы одного погонного метра составляют +1,5% на профиле номинальным диаметром 14 мм, +1,15% – 16 мм и 0,78% – 20 мм. В среднем по всему сортаменту произведённой в 2009 г. арматуры отклонение от номинала составило +0,0182 кг/м. В пересчёте на годовое производство 2009 г. это составляет 3021 т годного проката. На рис. 2 графически отображено отклонение от номинальной массы 1 погонного метра для наиболее весомого в заводской программе производства арматуры класса прочности А500С диаметром 16 мм. Количество плавков, сданных в поле минусового допуска, составило всего 13,8% с экономией 0,01 кг на погонный метр, а 86,2% плавков (85450 т) были отгружены с увеличенной массой погонного метра от номинала +0,023 кг.

Выводы

Уровень механических свойств подтверждает достаточную стабильность технологии выплавки стали в условиях ГУП «ЛПЗ». Прочностные и пластические характеристики производимой арматуры соответствуют требованиям стандартных испытаний класса А500С по СТО АСЧМ 7-93 и обеспечивают определенную однородность свойств с вероятностной надёжностью $P \geq 95\%$ во внутри- и межпартийных выборках.

Необходимо разработать скорректированные технологические решения по повышению однородности распределения химических элементов в плавке и между сериями разливаемых плавков, а также технологические режимы термической обработки арматурного проката в форсуночных секциях интенсивного водяного охлаждения в потоке производства. Это позволит повысить стабильность механических свойств и начать работу по созданию автоматизированной системы управления качеством продукции с переходом на аттестацию проката по корреляционной связи между параметрами (по ОСТ 14-1-34-90) на основании статистического прогноза свойств с отбором проб для механических испыта-

Таблица 3

Механические свойства по длине арматурного проката

Место отбора	Значение	σ_t , Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	δ_5 , %
Середина заготовки	Среднее	578,5	685,9	16,1
	Минимум	509	615	12,8
	Максимум	632	748	18,4
	Макс-мин	123	133	5,6
Конец заготовки	Среднее	576,4	683,1	16,3
	Минимум	529	632	14,4
	Максимум	630	736	18,5
	Макс-мин	101	104	4,1
Максимальный разброс по заготовке		123	133	5,7

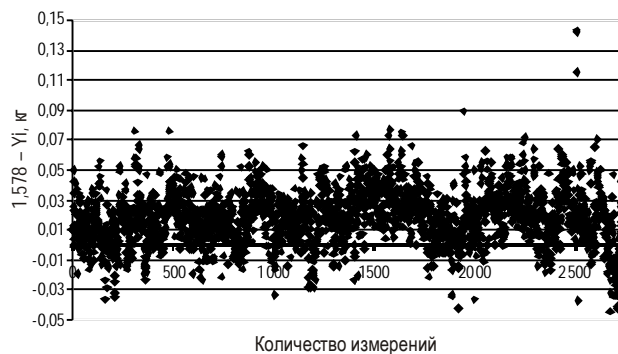


Рис. 2. Отклонение массы 1 погонного метра от номинального значения для арматуры класса А500С диаметром 16 мм производства ГУП ЛПЗ, г. Яцево

ний только от каждой 10-й плавки для набора массива данных для проверки точности такого прогноза и корректировки, при необходимости, расчетного уравнения.

Список литературы

1. Дубина О.В. и др. Арматурный прокат для железобетонных конструкций: справочник-каталог. Днепропетровск: НИИМ, 2000. 88 с.
2. Совершенствование методики определения показателей деформации металла для управления качеством профилей при прокатке в калибрах / Кинзин Д.И., Левандовский С.А., Наливайко А.В., Завьялов К.А. // Вестник МГТУ им Г.И. Носова. 2009. № 4. С. 54–57.
3. Мадатян С.А. Арматура железобетонных конструкций. М.: Воентехлит, 2000. 256 с.
4. Болотников С.А., Кузькина Н.Н., Мурзин И.С. Особенности технологии производства заготовок из низкоуглеродистой стали на сортовой МНЛЗ // Металлург. 2007. 7. С. 59–62.

5. Чигринов М.Г., Чигринов А.М., Пруцков М.Е. Производство мелких непрерывнолитых заготовок. М.: «СП Интермет инжиниринг», 1998. 127 с.

List of literature

1. Dubina O.V., Hudik U.T. (2000) Rolled rebar for reinforced steel structures (for structures made of reinforced steel): Reference book-catalogue. Dnepropetrovsk: SRIM. 88 p.
2. Kinzin D.I., Levandovskiy S.A., Nalivaiko A.V., Zav'yalov K.A. (2009) Perfection of the method of determination metal deformation indexes for shape quality control at the section rolling // MSTU Bulletin No. 4. P. 54–57.
3. Madatyan S.A. (2000) Rebar for reinforced steel. Moscow. Voentechlit. 256 p.
4. Bolotnikov S.A., Kuzkina N.N., Murzin I.S. (2007) Special features of production technology of low-carbon steel billets on continuous casting machine // Metallurg No. 7. P. 59–62.
5. Chigrinov M.G., Chigrinov A.M., Prutskov M.E. (1998) Small section billet production. Moscow: «JV Intermet Engineering». 127 p.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.785

Лебедев В.Н.

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Арматурную сталь периодического профиля в настоящее время можно отнести к числу наиболее востребованных видов продукции на отечественном рынке метизов. В связи с этим, освоение технологии изготовления высокопрочной стабилизированной арматуры в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» является одной из приоритетных задач для увеличения производства продукции, пользующейся спросом на рынке.

Рынок армирующих материалов испытывает дефицит качественной продукции, необходимой для производства железобетонных шпал нового поколения. Для получения проката с периодическим профилем с высокими физико-механическими свойствами в 2006 году приобретена новая итальянская линия фирмы "Mario Frigerio" для производства высокопрочной стабилизированной арматуры. ОАО «ММК-МЕТИЗ» стал первым метизным предприятием в России, использующим новую технологию, уже апробированную за рубежом. Комплекс оборудования включает волочильный стан RI 120/8, который позволяет из подката получить проволоку-заготовку, и линию стабилизации ISF5, позволяющую осуществлять процесс нанесения профиля на проволоку-заготовку, отпуск в индукционной печи и формование пачек готового проката.

Единственным конкурентом в России по производству прутковой арматуры является Омутнинский металлургический завод ОАО «ОМЗ».

Потребитель заинтересован в получении арматуры высокого качества. Арматура, поставляемая ОАО «ММК-МЕТИЗ», в части структуры металла, механических характеристик (предел прочности, относительное удлинение, твердость), стойкости против коррозионного растрескивания, усталостной прочности, кривизны прутков, точности геометрических размеров отвечает всем современным требованиям потребителя.

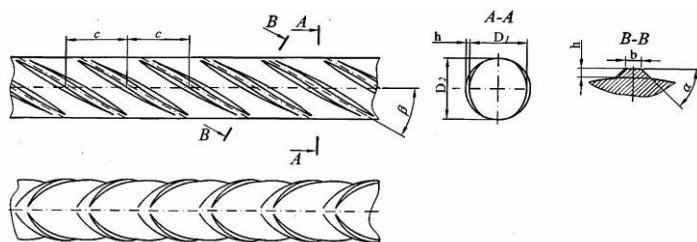


Рис. 1. Прокат с двухсторонним периодическим профилем

Механические и реологические свойства проката, форма поперечного сечения, от которой зависят характеристики сцепления арматуры с бетоном, определяются способом ее производства и принятыми технологическими режимами. От способа производства зависят и затраты на изготовление высокопрочной арматуры, а следовательно, и ее стоимость.

Для освоения производства нового вида продукции была разработана технология изготовления проката диаметром 10,0 мм с двухсторонним и трехсторонним периодическим профилем в соответствии с требованиями технических условий ТУ 14-176-127 (рис. 1, 2).

Наиболее эффективным и простым способом повышения сцепления арматуры с бетоном является ее профилирование путем придания поверхности проката периодической формы.

Сцепление арматуры с бетоном не является вполне жестким; при приложении нагрузки только к арматуре или только к бетону в некоторых зонах происходят взаимные смещения арматуры и бетона.

Существует много работ по исследованию изменения механических свойств при нанесении периодического профиля холодной деформацией. В этих работах авторами исследовались изменения механических свойств холоднодеформированной с высокими суммарными степенями деформации проката при нанесении на нее различных видов периодических профилей [1]. Целью этих исследований, в первую очередь, являлось сохранение комплекса механических свойств, полученных предварительной холодной пла-

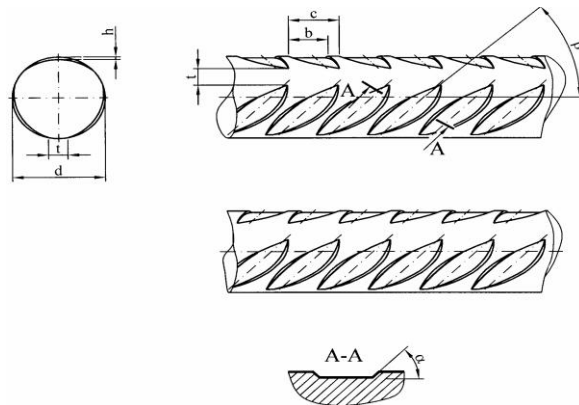


Рис. 2. Прокат с трехсторонним периодическим профилем

стической деформацией при формировании на гладкой поверхности периодического профиля.

Для обеспечения необходимой прочности и жесткости сцепления арматуры с бетоном, для ее более надежной анкеровки в бетоне, а также с целью минимального влияния профиля на механические свойства необходимо обеспечить плавную конфигурацию вмятин, чтобы радиус сопряжения не создавал концентраций напряжений в металле.

Основными параметрами профиля, определяющими качество сцепления, следует считать глубину, шаг поперечных ребер и ширину вмятин. При этом необходимо учитывать, чтобы принятые допуски на глубину и шаг профилировки не приводили к резким колебаниям качества сцепления.

Наличие анкерующих выступов снижает пластические характеристики и усиливает отрицательное воздействие исследованных факторов на их уровень. Это свидетельствует о том, что геометрия трехстороннего периодического профиля обеспечивает достаточно плавное сопряжение анкерующих выступов с поверхностью проката.

Для контроля глубины вмятины используется индикатор часового ИЧ-10 по ГОСТ 577 с ценой деления 0,01 мм в комплекте с измерительной стойкой типа С-IV по ГОСТ 10197.

Технологический процесс производства проката диаметром 10,0 мм с периодическим профилем для армирования предварительно напряженных железобетонных шпал включает в себя:

- травление и подготовку поверхности г/к подката к волочению;
- волочение г/к подката диаметром 15,0 или 16,0 мм на проволоку-заготовку диаметром 10,0 мм на прямоточном волочильном стане;
- нанесение двух- или трехстороннего периодического профиля на линии стабилизации;
- отпуск в индукционной печи при температуре 390–410°C с дальнейшим интенсивным охлаждением водой и удалением влаги с поверхности;
- натяжение проката с периодическим профилем;
- резку прутков на мерные длины;
- формирование пачек прутков.

Для получения необходимого комплекса механических и пластических свойств при производстве высокопрочной стабилизированной арматуры немаловажную роль играет выбор диаметра г/к подката, его химиче-

ский состав. Также определяющую роль оказывает качество подката: однородная структура и заданный комплекс механических свойств. Наиболее благоприятной для последующего волочения является структура мелкодисперсной ферритоцементитной смеси с межпластинчатым расстоянием, соответствующим параметрам сорбита. Получение такой структуры в условиях прокатного передела возможно при контролируемом охлаждении катанки в витках по методу Стеллора.

Пуск прямоточного стана и линии стабилизации осуществлен на привозном сырье - г/к прокат итальянского производства диаметром 15,0 мм и заготовка диаметром 10,0 мм стали марки 85CrV. В соответствии с Комплексной программой по разработке и совершенствованию технологии производства г/к проката ОАО «ММК» и ОАО «ММК-МЕТИЗ» было разработано техническое соглашение ТС 14-101-621 на прокат круглого сечения диаметром 10,0–18,0 мм из стали, легированной элементами – хромом, ванадием, алюминием.

Химический состав, легирование стали, требования к микроструктуре и величине неметаллических включений рекомендованы фирмой MFL – поставщиком оборудования при пуске линии и освоении производства прутков. Химический состав г/к проката стали марки 85ФЮ, 85ХФЮ по ТС 14-101-621 и г/к проката итальянского производства стали марки 85CrV приведен в **таблице**.

Для того, чтобы сталь приобрела те или иные физико-механические свойства, в нее вводят различные легирующие элементы. Далеко не всегда можно точно сказать, почему та или иная легирующая добавка придает стали определенные качества.

Ванадий придает стали такие качества, как прочность, легкость, устойчивость к воздействию высоких температур. Широкий диапазон полезных свойств объясняется тем, что расплавленная сталь поглощает много газов, прежде всего кислорода и азота. Когда металл остывает, газы остаются в слитках в виде мельчайших пузырьков. При ковке пузырьки вытягиваются в нити (волосовины) и прочность слитка в разных направлениях становится неодинаковой. Ванадий, введенный в сталь, активно реагирует с кислородом и азотом, продукты этих реакций всплывают на поверхность металла жидким шлаком, который удаляется в процессе плавки. Тем самым повышается прочность отливок, оставшийся ванадий раньше других элементов взаимодействует с растворенным в стали углеродом, образуя твердые и жаростойкие соединения – карбиды. Карбиды ванадия плохо растворяются в железе и неравномерно распределяются в нем, препятствуя образованию крупных кристаллов. Сталь получается мелкозернистой, твердой и ковкой. Структура ванадиевой стали сохраняется и при высоких температурах. Мелкокристаллическая структура обуславливает высокую ударную

Химический состав г/к проката стали марок 85ФЮ, 85ХФЮ

Марка стали	Содержание элементов, %								
	C	Mn	Si	S	Cr	Ni	P	Al	V
			Не более						
85CrV Италия	0,83	0,79	0,25	0,004	0,27	0,06	0,015	0,03	0,102
85ФЮ ОАО «ММК»	0,85–0,90	0,40–0,70	0,37	0,025	0,10	0,10	0,025	0,010–0,040	0,06–0,15
85ХФЮ ОАО «ММК»	0,85–0,90	0,40–0,70	0,37	0,015	0,20–0,30	0,10	0,020	0,010–0,050	0,06–0,15



Рис. 3. Тянущие кабестаны

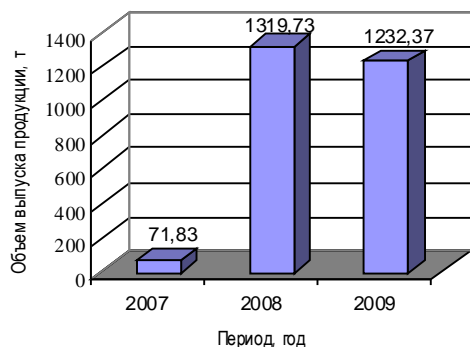


Рис. 4. Рост объема выпуска проката периодического профиля диаметром 10,0 мм в ОАО «ММК-МЕТИЗ»

вязкость и большую усталостную прочность ванадиевой стали [2].

Алюминий, введенный в сталь, активно удаляет азот, связывая его в нитриды, и тем самым повышает устойчивость стали против старения [3].

Хром – один из самых твердых металлов, который обладает высокой химической стойкостью. Хром – один из важнейших металлов, используемых в производстве легированных сталей. Хром увеличивает пределы прочности и текучести, твердость стали, снижает вязкие характеристики – относительное удлинение, число перегибов. Присадка хрома приводит к заметному измельчению зерна, что существенно повышает ударную вязкость. Как легирующий элемент хром – сильный карбидообразующий элемент, повышающий износостойкость стали [3]. Также сталь, легированная хромом, обладает стойкостью против коррозии в агрессивных и окислительных средах [2].

В последние годы за рубежом для производства высокопрочной арматурной проволоки получил широкое распространение способ, который заключается в одновременном механическом нагружении проволоки и ее термической обработке. Такое одновременное воздействие обеспечивает получение высоких упругих и реологических свойств в сочетании с высокими пластическими характеристиками. Релаксационная стойкость арматуры повышается при этом в три-четыре раза и очень мало изменяется с течением времени. Все это позволяет условно называть изготовленную таким образом проволоку стабилизированной, а способ получения ее – стабилизацией.

Натяжение проволоки-заготовки осуществляется за счет рассогласования скоростей вращения двух пар тя-

нущих кабестанов (рис. 3). Натяжение контролируется и управляется с помощью тензометра.

В процессе отработки технологии производства прутковой арматуры на линии стабилизации были опробованы различные технологические режимы за счет варьирования параметров: скорости, тяги, температуры.

Для настройки прямолинейности на прутках регулировалось положение рихтовок, на прокате контролировались овальность, кривизна, параметры периодического профиля.

На данный момент основным потребителем прутковой арматуры является Челябинский завод ЖБШ филиала ОАО «РЖД», в адрес которого были отгружены опытные партии проката с двухсторонним и трехсторонним периодическим профилем.

В результате переработки опытных партий на ЧЗЖБШ были замечания по величине относительного удлинения и параметрам периодического профиля. Замечания были устранены в процессе отработки технологии производства прутковой арматуры; внесены корректировки по параметрам периодического профиля в технические условия, после чего изготовлена опытно-промышленная партия.

Испытания опытных образцов шпал типа Ш1-4*10, армированных прокатом с двухсторонним и трехсторонним периодическим профилем производства ОАО «ММК-МЕТИЗ», показали соответствие установленным требованиям.

Рост объема выпуска проката периодического профиля диаметром 10,0 мм в ОАО «ММК-МЕТИЗ» с момента освоения нового вида продукции представлен на графике (рис. 4).

При закупке второй линии оборудования и при полном освоении производства объем производства холоднодеформированного проката с периодическим профилем возрастет до 1500 т/мес. При этом экономическая эффективность составит 22,0 млн руб./год.

Список литературы

1. Прыкин Б.В., Бойко В.Е., Дробот В.В. Технологическое проектирование арматурного производства. Киев, 1977. 196 с.
2. Популярная библиотека химических элементов: сайт. URL: <http://www.n-tr.ru/ri/ps/pb023.htm> (хром и ванадий).
3. Коковihin Ю.И. Технология сталепроволочного производства. Киев, 1995.
4. Никифоров Б.А., Харитонов В.А., Киреев Е.М. Производство высокопрочной арматурной проволоки: учеб. пособие. Свердловск, 1982. 96 с.
5. Юхвец И.А. Производство высокопрочной проволочной арматуры. М.: Металлургия, 1973. 264 с.

List of literature

1. Prykin B.V., Boiko V.E., Drobot V.V. reinforcement production process engineering. Kiev, 1977. 196 p.
2. Popular library of chemical element: website. URL: <http://www.nt.ru/ri/ps/pb023.htm> (chromium and vanadium).
3. Kokovihin Y.I. Steel wire production technology. Kiev, 1995.
4. Nikiforov B.A., Haritonov V.A. Kireev E.M. Production of high-strength reinforcement wire. Tutorial. Sverdlovsk, 1982. 96 p.
5. Iyhovec I.A. Production of high-strength wire reinforcement. Moscow: Metallurgy, 1973. 264 p.

УДК 621.785

Овчинников С.В.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРЕССИВНЫХ БОЛТОВ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

ОАО «Белебеевский завод «Автономаль» (ОАО «БелЗАН») – самый крупный среди российских производителей автомобильного крепежа и пружин; его доля в общероссийском выпуске составляет свыше 70%. Более 26% от общего объема продукции, изготавливаемой ОАО «БелЗАН», составляют изделия для ОАО «КамАЗ».

ОАО «КамАЗ» является ведущим производителем грузовых автомобилей в России, на протяжении нескольких лет стабильно наращивает объемы производства.

ОАО «БелЗАН» в настоящее время является практически монопольным поставщиком крепежных изделий для сборки автомобилей КамАЗ. Увеличение на протяжении ряда последних лет объемов производства сделало ОАО «КамАЗ» привлекательным потребителем для других производителей автокомпонентов.

В настоящее время в ОАО «БелЗАН» совместно с ОАО «КамАЗ» разработана и реализуется программа по техническому сотрудничеству и внедрению прогрессивных высокопрочных крепежных изделий на грузовых автомобилях КамАЗ.

В связи с началом производства в ОАО «КамАЗ» мощных дизельных двигателей, соответствующих требованиям международных экологических стандартов «Евро-3», увеличились требования к болтам моторной группы, в частности к болтам крепления головки блока цилиндров.

До настоящего времени БелЗАН делал заготовки

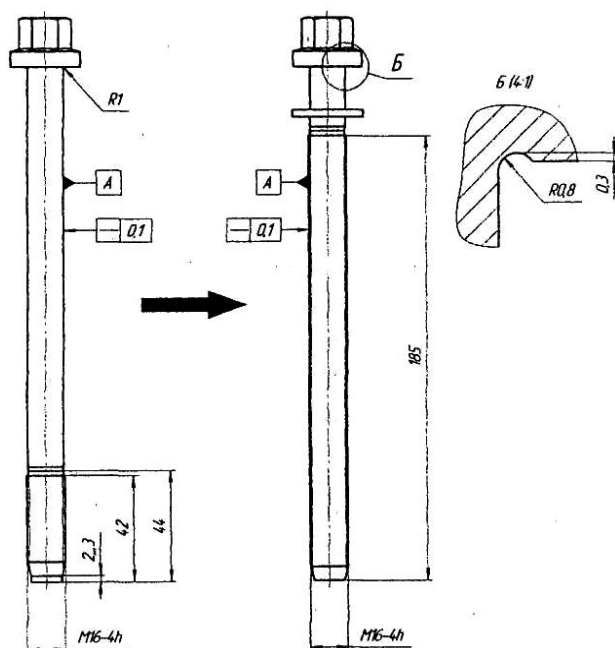


Рис. 1. Болты крепления блока головки цилиндров

болтов головки цилиндров для этих автомобилей. Далее их поставляли к потребителю для дальнейшей обработки, где производилась термообработка, накатка резьбы на длину $L=44^{+3}$ мм и гальваническая обработка – «цинкование». Затем термообработанный болт с накатанной резьбой и гальваническим покрытием поставляли вместе с шайбой на сборку двигателей.

«Старая» конструкция болта на современных дизельных двигателях не обеспечивала требования высокой циклической прочности и податливости крепежных изделий. Кроме того, ОАО «КамАЗ» реализует стратегию вывода изготовления комплектующих изделий с основной сборочной площадки и поэтому ведет активный поиск поставщиков, способных обеспечить данными деталями в готовом виде с соблюдением всех требований по технологии.

ОАО «БелЗАН» предложил новую прогрессивную конструкцию болта крепления блока головки цилиндров, удовлетворяющую требованиям равнопрочности. Это понятие связано с представлениями об одновременном исчерпании прочности и несущей способности всеми частями конструкции.

В случае кручения, изгиба и сложных напряженных состояний, когда равенство напряжений по сечению принципиально недостижимо, равнопрочными считают детали, у которых одинаковые максимальные напряжения в каждом сечении (с учетом концентрации напряжений).

При изгибе условие равнопрочности заключается в равенстве отношения рабочего изгибающего момента, действующего в каждом данном сечении, к моменту сопротивления данного сечения. При кручении это условие состоит в равенстве моментов сопротивления кручению каждого сечения детали, при сложных напряженных состояниях – в равенстве запасов прочности.

С этой целью в ОАО «БелЗАН» (г. Белебей) был реализован инвестиционный проект производства полностью готовых моторных болтов для грузовых автомобилей КамАЗ и МАЗ взамен заготовок. Общая сумма инвестиций составила более 70 млн рублей. В рамках проекта приобретены 2-е единицы резьбонакатного оборудования фирмы «INGRAMATIC» (Италия) и фирмы «PROFIROLL» (Германия), автоматическая линия цинкования подвесочного типа «ASMEGA» (Италия).

Все оборудование закуплено в полном объеме и введено в эксплуатацию. В настоящее время осуществляется поставка готовых деталей с использованием новой технологии (накатка резьбы после термообработки). Налажен полный цикл изготовления крепежных изделий, что позволяет сохранять объемы поставок данной продукции.

При изготовлении болта «старой» конструкции (рис. 1) не выдерживалась прямолинейность стержня

0,1 мм. После термической обработки «непрямолнейность» достигала 0,2–0,25 мм. Резьба накатывалась до термической обработки, а после термообработки ее приходилось калибровать с целью устранения повреждений и обеспечения первого класса точности 4h. Выравнивание структуры и предварительно полученных напряжений в поверхностных слоях резьбового участка при термообработке, а также отклонения от прямолинейности стержня болта приводят к уменьшению долговечности соединения, снижению циклической прочности и усталостному разрушению болта.

Недостатки были и на сборке двигателей – шайба «наезжала» на радиус $R1$ (см. рис. 1) под головкой болта и при эксплуатации образовывался срез подголовка болта, тем самым вызывая концентрацию напряжений на данном участке.

На этапе проектирования новой прогрессивной конструкции выбор конструктивного исполнения головки болта выполняли по результатам комплексного численного исследования напряженно-деформированного состояния по критерию с татической и циклической прочности. При исследованиях выполняли сравнение статической прочности головок болтов при их различном конструктивном исполнении, а также определяли коэффициент концентрации напряжений под головкой болта при их затяжке.

Замена радиуса $R1$ под головкой болта на галтель привела к уменьшению коэффициента концентрации напряжений под головкой болта на 25,5%.

Для обеспечения условия равнопрочности стержня болта была увеличена длина резьбы с 42 до 185 мм (см. рис. 1), а выбранное нами оборудование дало возможность проводить накатку резьбы на заготовках в термообработанном состоянии, что позволило:

1) обеспечить параметр «непараллельность» – 0,1 мм; фактически на готовых болтах «непараллельность» составляет 0,06–0,08 мм;

2) создать на резьбовом участке стержня благоприятные, с точки зрения эксплуатационных показателей (циклическая прочность и долговечность), характеристики качества поверхности и поверхностного слоя;

3) отказаться от операции «калибровка резьбы»; в свою очередь, сокращение количества операций при

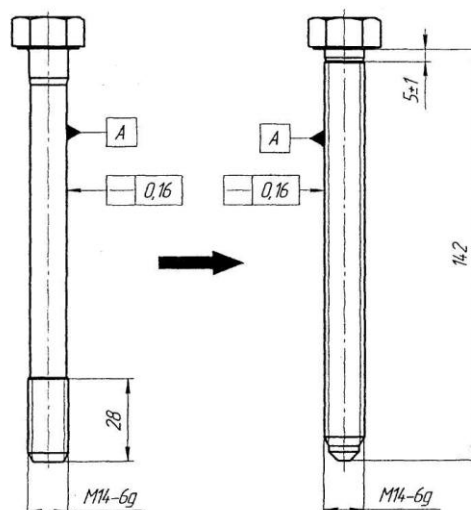


Рис. 2. Болты с накаткой резьбы в термообработанном состоянии

изготовлению болта позволяет уменьшить технологические потери.

Для Унитарного Предприятия «Минский моторный завод», выпускающего силовые агрегаты для грузовых автомобилей МАЗ, проведена аналогичная работа по увеличению надежности и долговечности работы дизельных двигателей. Предложена конструкция болта крепления головки цилиндров, обеспечивающая условия равнопрочности и увеличение циклической прочности (рис. 2).

За счет увеличения длины накатанной резьбы после термообработки болта, которое стало возможно с приобретением нового резьбонакатного станка фирмы «PROFIROLL», повышена циклическая прочность и выполнены требования потребителя к болтам (см. рис. 2).

Таким образом, нами в условиях ОАО «БелЗАН» на базе проведенных комплексных исследований разработаны новые конструкции равнопрочного болта для грузовых автомобилей, внедрение технологии производства их позволило получить конкурентоспособный крепеж моторной группы на уровне требований международных стандартов.

УДК 541.136 + 621.311.6 + 621.313

Сергеев Ю.С.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДБОРА МАКРОКИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ У ПОРИСТЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Пористые электроды широко применяются в прикладной электрохимии, особенно в таких её отраслях, как химические источники тока и электросинтез. Одним из практически применяемых типов пористых электродов является жидкостный диффузионный пористый электрод. В электродах этого типа все поры заполнены

жидкостью, в которой растворены реагирующие вещества. Подвод этих веществ в реакционные зоны, расположенные на стенках пор, осуществляется путём их диффузии или в результате фильтрационного потока всей жидкости. Электроды этого типа представляют собой электронные проводники (металлы, графит, по-

лупроводники), контактирующие с ионными проводниками (с растворами электролитов, расплавами солей или твёрдыми ионопроводящими электролитами). При прохождении электрического тока на поверхности электрода протекают электрохимические реакции, например растворения или осаждения металла, выделения водорода или кислорода, восстановления или окисления частиц, имеющих в растворе.

Задача о стационарном режиме работы жидкостно-пористого электрода при конвективном способе подвода реагента была сформулирована в работах [1, 2].

В более общей постановке эта задача сводится к выполнению расчёта изменения концентрации подаваемого в электрод реагента, концентрации образовавшегося продукта, а также изменения величины поляризации в зависимости от времени и координаты

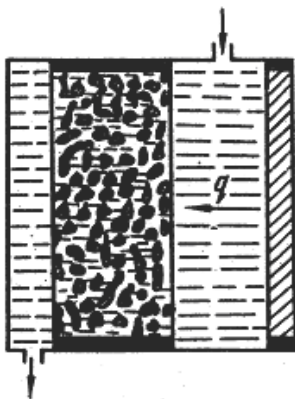


Рис. 1. Схемы конвективной подачи реагента в жидкостный пористый электрод с фронтальной стороны

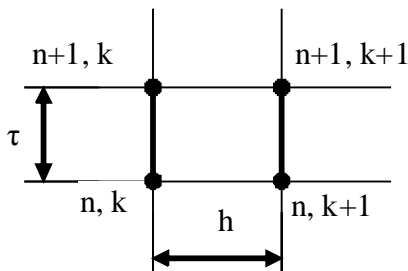


Рис. 2. Пространственно-временная схема распределения концентраций продукта и реагента, поляризации и тока в жидкостном пористом электроде

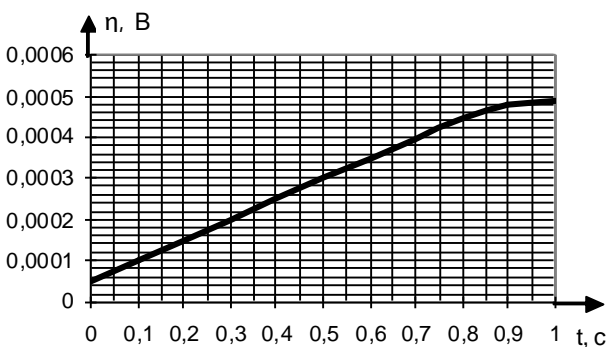


Рис. 3. График зависимости поляризации электрода от времени при постоянной координате $x=0,12$ см

прохождении реагента.

Рассматривается пористый электрод конечной толщины L , через который с постоянной удельной объемной скоростью v (см/с) протекает рабочий раствор. При этом подача реагента производится с фронтальной (поляризуемой) стороны электрода (рис. 1).

Считая, что перенос массы и зарядов пренебрежимо мал по сравнению с переносом за счет вынужденного конвективного потока, получаем для описания задачи о распределении электрохимического процесса в рассматриваемых макрокинетических условиях работы электрода следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial c_p}{\partial t} + w \frac{\partial c_p}{\partial x} = -\frac{v_p s}{nF} i(\eta; c_p; c_n), \\ \frac{\partial c_n}{\partial t} + w \frac{\partial c_n}{\partial x} = \frac{v_n s}{nF} i(\eta; c_p; c_n), \\ \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = \rho s i(\eta; c_p; c_n). \end{cases} \quad (1)$$

Дополним соответствующими граничными условиями уравнения для данного вида подачи реагента и решим данную систему методом сеток:

$$\begin{cases} \frac{U_k^{n+1} - U_k^n}{\tau} + w \frac{U_{k+1}^n - U_k^n}{h} = -\frac{v_p s}{nF} i_k^n, \\ \frac{V_k^{n+1} - V_k^n}{\tau} + w \frac{V_{k+1}^n - V_k^n}{h} = -\frac{v_n s}{nF} i_k^n, \\ \frac{\Theta_k^{n+1} - 2\Theta_k^n + \Theta_k^{n-1}}{\tau^2} + \frac{\Theta_{k+1}^n - 2\Theta_k^n + \Theta_{k-1}^n}{h^2} = \rho \cdot s \cdot i_k^n. \end{cases} \quad (2)$$

В данной системе τ – приращение по оси времени, а h – приращение по оси координат (рис. 2).

Подставляя начальные и граничные условия и соответствующие значения тока, можно подсчитать мгновенные значения тока, поляризации, концентраций продукта и реагента. Ток в каждой точке пространственно-временной схемы (см. рис. 2) можно рассчитать по следующей формуле [1]:

$$\begin{aligned} i &= i_0 \left\{ \left(\frac{c_1}{c_1^0} \right)^{\beta_1} \exp \left[\frac{\eta}{b} \right] - \left(\frac{c_2}{c_2^0} \right)^{\beta_2} \exp \left[-\frac{(1-\alpha)\eta}{ab} \right] \right\}, \\ k_1 &= \frac{A}{\Omega} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \left[\left(1 + \Theta \frac{v}{\xi} \right) - \alpha \cdot \Theta \left(1 + \frac{v}{\xi} \right) \right] \\ K^* &= A \left(1 + \frac{v}{\xi} \right); \\ b &= \sqrt{\left(K^*/2 \right)^2 + k_1}; \\ \xi &= c_n^{ex} / c_p^{ex}; \quad v = -v_n / v_p. \end{aligned} \quad (3)$$

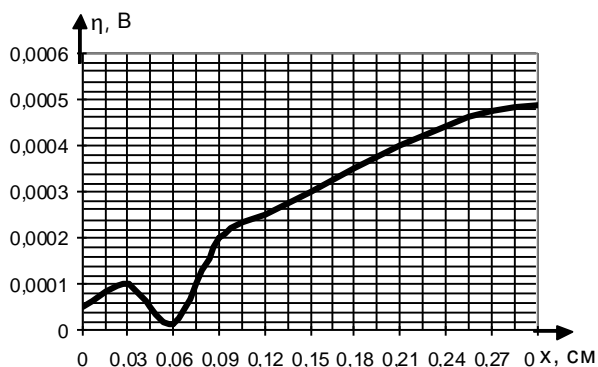


Рис. 4. График зависимости поляризации электрода от координаты при постоянном времени $t=0,4$ с

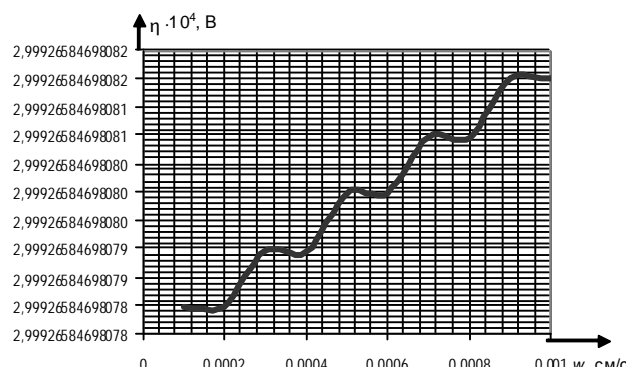


Рис. 5. График зависимости поляризации электрода от скорости прокачки электролита при постоянном времени ($t=0,4$ с) и координате ($x=0,12$ см)

Здесь i_0 – начальное значение тока; c_1 и c_2 – текущие значения концентраций продукта и реагента соответственно; c_1^0 и c_2^0 – концентраций продукта и реагента при отсутствии тока.

Полученная математическая модель позволяет рассчитывать поляризационные характеристики пористых электродов в зависимости от параметров системы. Наряду с конкретными значениями характеристик полученные с помощью ЭВМ данные позволяют производить качественную оценку этих вычисленных характеристик в зависимости от параметров системы и объяснить их.

В качестве примера рассмотрим жидкостный пористый электрод со следующими безразмерными и размерными параметрами:

$$L = 0,3 \text{ см}; \quad \rho = 25 \text{ Ом·см}; \quad \Omega = 2,5 \cdot 10^{-1}; \quad \alpha = 0,5; \\ s = 3210 \text{ см}^2/\text{см}^3; \quad A = 1,25 \cdot 10^{-2}; \quad c_p^{\text{ex}} = 10^{-3} \text{ моль}/\text{см}^3; \\ i_0 = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ а}/\text{см}^2.$$

Численные решения задачи позволяют установить зависимости поляризации электрода от времени (рис. 3) и координаты (рис. 4) прохождения электролита.

Изменяя скорость прокачки электролита, можно установить зависимости поляризации электрода от этого параметра (рис. 5).

В результате проведенной работы полученная математическая модель процесса массообмена в пористом электроде позволяет проанализировать влияние таких факторов, как скорость прокачки электролита и параметры пористой системы на протекание данного процесса. А это в итоге позволит оптимизировать подбор макрокинетических параметров для повышения эффективности электрохимических реакций, протекающих в пористых электродах.

Список литературы

1. Гуревич И.Г., Вольфович Ю.М., Багоцкий В.С. Жидкостные пористые электроды. Минск: Наука и техника, 1974.
2. Тепло- и массообмен при фазовых и химических превращениях / И.Г. Гуревич, В.С. Багоцкий, А.А. Единолич, И.А. Кедринский. Минск, 1968.

List of literature

1. Gurevich I.G., Volkovich U.M., Bagodskiy V.S. Liquid porous electrodes. Minsk: Science and technics, 1974.
2. Heat and mass exchange at phase and chemical transformations / I.G. Gurevich, V.S. Bagodskiy, A.A. Edinovich, I.A. Kedrenskiy. Minsk, 1968.

ЭКОНОМИКА И ПРАВО

УДК 658.1:669.1:338.4

Немцев В.Н.

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Конкурентоспособность современных предприятий, прежде всего, определяется инновативным характером его развития. Под конкурентоспособностью понимается способность предприятия создавать и использовать стратегические факторы успеха, выделяющие его среди конкурентов и дающие определенные рыночные конкурентные преимущества его продукции и организации. В свою очередь, конкурентные преимущества – это какие-либо дающие превосходство над конкурентами эксклюзивные ценности, которыми владеет предприятие и

стремится иметь в будущем. Их значимость определяется тем, насколько они способны превратиться в базисные или второстепенные, стратегические или тактические конкурентные преимущества. В конечном счете конкурентные преимущества воплощаются в товарах предприятия, которые реализуются на рынке и позволяют получить эффект [1, 2].

Схема получения эффекта от конкурентных преимуществ в результате инновационной деятельности предприятия представлена на рис. 1. В этой схеме автором статьи добавлены блоки жизнедеятельности и жизнеспособности предприятия в соответствии с разработанной концепцией управления его инновационным развитием. При этом если оценка конкурентоспособности организации осуществляется по коммерческим результатам деятельности предприятия на рынке (реакция потребителей на конкретный товар), то оценка конкурентных преимуществ осуществляется еще на стадии предынвестиционных исследований в рамках научнотехнической разработки новшеств и обоснования инновационных программ. Соответственно основная цель управления конкурентными преимуществами заключается в их своевременном формировании в ходе инновационных разработок и эффективном превращении в конкурентоспособность предприятия в процессе внедрения (коммерческого освоения).

Выявление резервов повышения конкурентоспособности черной металлургии возможно на основе модели оценки конкурентных преимуществ продукции в условиях применения новых, нетрадиционных материалов и новых технологий. Так, повышение качества исходных азотистых материалов сталеплавильного производства возможно на основе применения технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), позволяющей обеспечить массовое производство новых, нетрадиционных материалов сталеплавильного производства и достичь нового уровня качества в производстве трансформаторных, высокопрочных низколегированных, высокопрочных коррозионностойких, аустенитных коррозионностойких сталей. Применение СВС существенно расширяет сырьевую базу черной металлургии за счет вовлечения в производство огромного количества различных ферросплавов, которые значительно дешевле чистых металлов и неметаллов. Но главным достоинством коммерческого использования ферросплавов в качестве сырья в СВС-процессе является

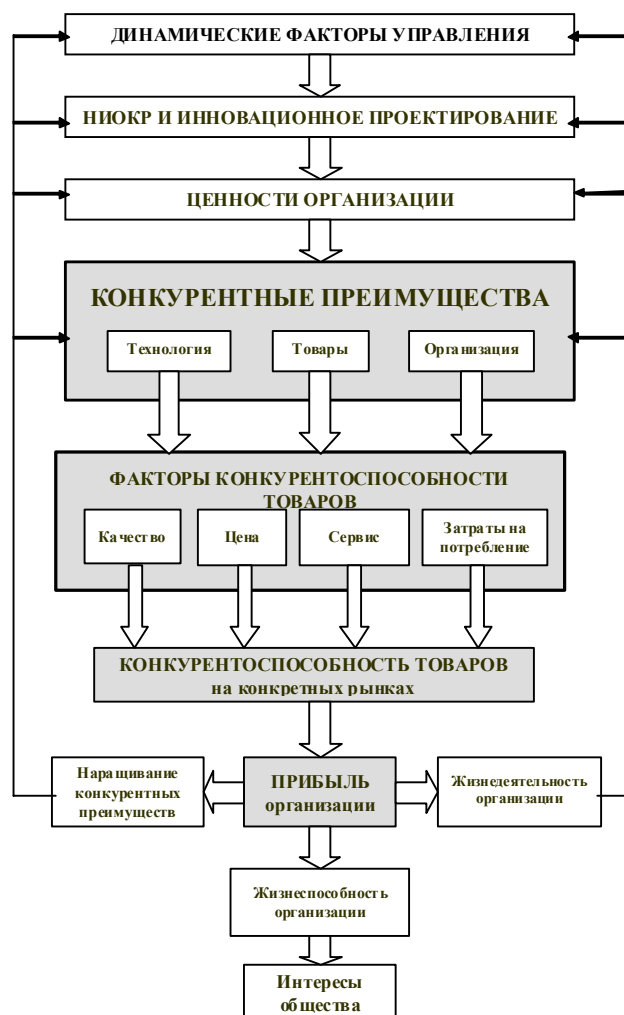


Рис. 1. Формирование и реализация конкурентных преимуществ инновационного предприятия [2]

возможность получения нового класса легирующих материалов, имеющих композиционную структуру и уникальное сочетание эксплуатационных свойств [1].

Крупнейшее предприятие отрасли ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» перешло к использованию ряда новых материалов металлургического производства в виде ферросплавов и лигатур, получаемых на основе СВС: азотированного ферросилиция, азотированного феррованадия, азотированного марганца, азотированного хрома, нитрида хрома, нитрида ферротитана, нитрида силикокальция, нитрида феррохрома, хрома металлического, феррохрома низкоуглеродистого и др. Применение новых материалов обеспечивает существенные конкурентные преимущества производства трансформаторных, высокопрочных легированных, аустенитных коррозионностойких, высокопрочных коррозионностойких сталей, сталей для объемной штамповки, двухфазных сталей, сложнофазных сталей и др.

Комплексная оценка конкурентных преимуществ предприятия проводится на основе 13 признаков классификации ценностей и представляет собой чрезвычайно сложный и трудоемкий процесс [2]. Согласно этим рекомендациям к внешним факторам Φ_{mn} конкурентных преимуществ товаров $KП_{kn}$ могут относиться уровень конкурентоспособности страны, отрасли, региона, предприятия, сила конкуренции на выходе предприятия, на входе системы (среди поставщиков), по товарам-заменителям, появление новых потребностей, уровень организации труда и производства у посредников, активность контактных аудиторий. При этом к внутренним факторам Φ_{mn} относятся новизна структуры товара, рациональность организационной и производственной структуры, конкурентоспособность персонала системы, прогрессивность информационных технологий, прогрессивность технологии и оборудования, научный уровень системы управления, обоснованность миссии организации.

Применение новых материалов обеспечивает конкурентные преимущества $KП_{kn}$ и повышение качества, экологичности и экономичности производства трансформаторных, высокопрочных легированных, аустенитных коррозионностойких, высокопрочных коррозионностойких сталей, высокопрочных сталей (сталей для объемной штамповки, двухфазных сталей, сложнофазных сталей) и др. В свою очередь, внедрение новых технологий производства металлопродукции требует применения адекватных организационных структур и систем управления в условиях металлургического предприятия, что предопределяет конкурентные преимущества организации $KП_o$. Собственно процесс превращения конкурентных преимуществ в конкурентоспособность организации можно представить схематически (рис. 2). На приведенной схеме выделены четыре основных этапа.

На этапе 1 проводятся исследования и разрабатываются мероприятия по выявлению и превращению отдельных внешних и внутренних факторов Φ_{mn} в конкурентные преимущества товаров предприятия. На этапе 2 происходит превращение этих факторов в

конкретные конкурентные преимущества $KП_{kn}$. На этапе 3 происходит воплощение конкурентных преимуществ в товарах и обеспечивается их конкурентоспособность K_n . На этапе 4 формируется уровень конкурентоспособности предприятия K , на который оказывает влияние конкурентоспособность его товаров K_n и конкурентные преимущества организации $KП_o$. При этом конкурентные преимущества организации могут отражать качество системы управления, миссию организации, ее достижения и авторитет в мире бизнеса, экологическую политику и др.

Однако, как представляется, в системе управления конкурентными преимуществами предприятия проще использовать не абсолютные величины конкурентоспособности или конкурентных преимуществ, а их относительные величины (темпы их изменения), что позволяет снизить трудоемкость расчетов:

$$K_i' = \Delta K_i / K_i, \quad (1)$$

где K_i' – темп изменения конкурентоспособности предприятия; K_i – уровень (размер) конкурентоспособности предприятия; ΔK_i – изменение уровня конкурентоспособности предприятия.

Интегральную оценку роста конкурентных преимуществ какого-либо вида продукции предприятия предлагается проводить по такой модели:

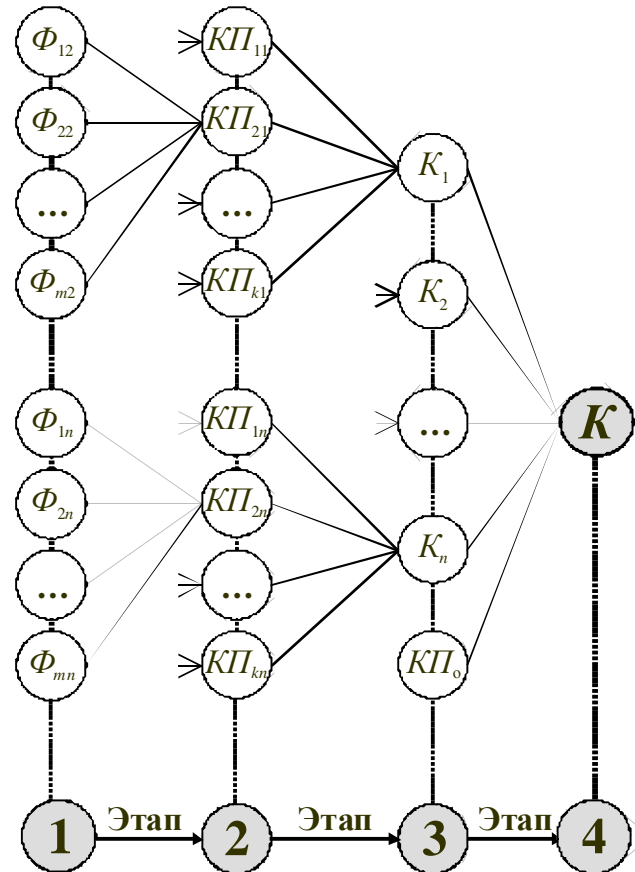


Рис. 2. Процесс превращения конкурентных преимуществ в конкурентоспособность предприятия [2]

$$\Delta K\Pi_{\text{инт}}^{\text{норм}} = \sum_{i=1}^k \psi_i \Delta K\Pi_i^{\text{норм}}, \quad (2)$$

где $\Delta K\Pi_{\text{инт}}^{\text{норм}}$ – изменение конкурентных преимуществ некоторого вида продукции предприятия, в баллах; $K\Pi_i^{\text{норм}}$ – изменение i -го конкурентного преимущества некоторого вида продукции предприятия, в баллах; ψ_i – значимость i -го конкурентного преимущества некоторого вида продукции предприятия, в долях единицы; k – перечень возможных конкурентных преимуществ продукции предприятия черной металлургии.

В свою очередь,

$$\Delta K\Pi_i^{\text{норм}} = \sum_{j=1}^m \phi_j \Delta \Phi_j^{\text{норм}}, \quad (3)$$

где $\Delta \Phi_j^{\text{норм}}$ – изменение j -го фактора i -го конкурентного преимущества продукции предприятия, в баллах; ϕ_j – значимость j -го фактора i -го конкурентного преимущества некоторого вида продукции предприятия, в долях единицы; m – перечень внешних и внутренних факторов возможных конкурентных преимуществ продукции предприятия.

Расчеты на основе дельфийского метода по формулам (1)–(3) при внедрении технологии производства трансформаторной стали с применением новых материалов, изготавливаемых по технологии СВС (в условиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»), показывают, что рост конкурентных преимуществ товарной продукции предприятия – трансформаторной стали составляет 9,85 баллов по 100-балльной шкале (при достаточной согласованности мнений экспертов: коэффициент конкордации составил 0,76).

Предложенная модель оценки конкурентных преимуществ предприятия может быть использована для формирования инновационной стратегии предприятия и разработки конкретных бизнес-планов, обеспечивающих повышение конкурентоспособности продукции. Применение модели позволяет существенно снизить риск реализации инновационных разработок на стадии их рыночного (коммерческого) освоения. Отечественная и зарубежная практика уже давно выявила существ-

венные проблемы коммерческого освоения инновационных разработок промышленными предприятиями, которые связаны с так называемыми «технологическими разрывами» в их развитии, их недостаточной прогнозируемостью и высоким риском [3, 4].

Традиционная методика позволяет достаточно хорошо экстраполировать показатели, определяющие прогноз жизнедеятельности предприятия (см. рис. 1), однако непригодны для выявления возможностей роста его жизнеспособности. Предложенная в данной работе методика представляет собой попытку определить дополнительные ориентиры для эффективного управления конкурентными преимуществами предприятий и выявления резервов повышения их конкурентоспособности. Предложенная методика позволяет давать более точные прогнозы ожидаемых значений экономических параметров инновационного предприятия по сравнению с обычно применяемой линейной экстраполяцией, т.к. ошибки экстраполяции, чаще всего, связаны с неудовлетворительным анализом конкуренции, а не с недостаточным исследованием развития технологии.

Список литературы

1. Мержанов А.Г. Твердотопливное горение. Черногловка: Исман, 2000. 224 с.
2. Фатхутдинов Р.А. Управление конкурентоспособностью организации: учеб. пособие. М.: Изд-во Эксмо, 2004. 544 с.
3. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают: пер с англ. М.: Прогресс, 1987. 272 с.
4. Королева Е.В., Ермолаева Т.К. Комплексный подход к формированию системы аналитических показателей инновационной деятельности предприятия // Страхование дело. 2009. № 11. С. 24–31.

List of literature

1. Merjanov A.G. Hard-flaming combustion. Chernogolovka: Esman, 2000. 224 p.
2. Fatkhutdinov R.A. A management of competitive ability of organization: Training aid. Moscow: Eksmo Publishing House, 2004. 544 p.
3. Foster R. A renovation of productions: Attackers win a battle. Moscow: Progress, 1987. 272 p.
4. Koroleva E.V., Ermolaeva T.K. A complex method of approach for forming of a system with analytic indexes of enterprise's innovative activity // Insurance business. 2009. № 11. P. 24–31.

УДК 342.9

Мещерякова Т.Р.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИСЧИСЛЕНИЯ СРОКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПО ДЕЛАМ ОБ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ

Истечение чего-либо, что движется, представляет собой последовательную смену событий – от прошлого через настоящее к будущему. Прошлое в движении и развитии общества не исчезает бесследно, оно всегда выступает в качестве того или иного результата человеческой деятельности в той или иной форме, вследствие определенных ограничений, остановок.

Истечение срока переносит наше внимание не на сам процесс движения, а на движение, ограниченное предделом, на его результат [1].

Несмотря на все многообразие сроков и их различное предназначение, порядок исчисления времени в материальных и процессуальных отраслях права должен быть понятным, удобным, непротиворечивым, ра-

зумным, по возможности – единообразным [2]. Поскольку дела об административных правонарушениях рассматриваются должностными лицами органов исполнительной власти, судами общей юрисдикции и арбитражными судами, особенности исчисления сроков в производстве по делам об административных правонарушениях должны удовлетворять этим критериям.

Сроки в законодательстве об административной ответственности исчисляются:

- минутами (немедленно, незамедлительно);
- часами (срок административного задержания);
- днями (срок рассмотрения дела, срок подачи и рассмотрения жалобы);
- сутками (срок административного ареста, срок временного запрета деятельности, административного приостановления деятельности);
- месяцами (срок административного расследования, срок продления рассмотрения дела, срок лишения специального права, срок дисквалификации, срок сообщения об устранении причин и условий, способствовавших совершению правонарушения);
- годами (давностные сроки, сроки административных наказаний).

А.С.Дугенец среди единиц измерения процессуальных сроков называет часы, сутки, месяцы. И далее, перечисляя виды сроков, указывает отдельно на сроки, исчисляемые днями и сутками [3]. Можно предположить, что автор вслед за законодателем разграничил понятия день и сутки, хотя в своей классификации этому объяснения не дает.

По мнению В.В.Долинской, день понимают как полные сутки: «Эта традиция имеет давние корни и интернациональный характер» [4. С. 5].

В результате анализа текста норм КоАП РФ можно утверждать, что термин «день» употребляется в различных значениях:

- рабочий день;
- календарный день (день как продолжительность работы в суде, государственном органе, но с учетом выходных дней);
- день как сутки.

По мнению С.С.Москаленко, В.В.Головки, при определении срока, исчисляемого днями, необходимо учитывать, что в сроки, исчисляемые днями, не включаются нерабочие дни [5].

С указанным мнением согласиться нельзя. Поскольку исчисление сроков в рабочих днях прямо предусмотрено в КоАП РФ (возврат удостоверения в течение 1 рабочего дня, сдача удостоверения в течение 3 рабочих дней), следует считать, что все остальные сроки «в днях» исчисляются с учетом выходных и нерабочих праздничных дней (хотя во многих случаях действия, для совершения которых установлены сроки, могут осуществляться только в течение рабочего дня). Иначе употребление законодателем понятия «рабочий день» лишено смысла.

Исчисление срока сутками тоже может осуществляться по-разному:

- продолжительность 24 ч с конкретного момента, часа (административный арест);

- продолжительность 24 ч с 0 часов (календарное исчисление), действие может быть осуществлено в любой момент суток;

- календарное исчисление, но действия осуществляются только в течение рабочего дня.

Совместное использование понятий «день» и «сутки» допускает неоднозначность понимания. Вызвано это тем, что понятие «день» употребляется, в том числе, в значении «сутки». И в этом случае особенностей для установления сроков в сутках или в днях нет, использование терминов осуществляется произвольно. Например, для исчисления срока одного и того же процессуального действия законодатель использует оба термина – и день, и сутки: «жалоба ... может быть подана в течение 10 суток ... (ч. 1 ст. 30.3 КоАП РФ), в пятидневный срок... (ч. 3 ст. 30.3 КоАП РФ)».

Так, в КоАП Казахстана понятие «сутки» используется для процессуальных сроков и сроков, в которых есть необходимость установить момент начала течения с точностью до минут (административный арест). Для исчисления сроков административных наказаний, кроме административного ареста, пользуются календарными днями (ст. 65, 623 КоАП Казахстана).

Уголовно-процессуальные сроки исчисляются только сутками (ст. 128 УПК РФ). Понятие «день» используется только для определения момента начала и окончания течения срока.

Для исключения неоднозначности понимания считаем необходимым ввести следующие правила использования этих понятий:

1) если предусмотрено исчисление срока рабочими днями, то норма должна содержать понятие «рабочий день». Во всех других случаях под днем должен пониматься календарный день;

2) для исчисления сроков административных наказаний, периодов совершения правонарушения, процессуальных сроков использовать понятие «сутки». Если есть необходимость в учете конкретного часа для начала исчисления суток, об этом следует дополнительно указать в норме.

Т.Н.Хохлова предлагает дополнить КоАП РФ статьей 1.8 «Порядок исчисления сроков, установленных законодательством об административных правонарушениях», изложив ее в следующей редакции:

«Установленный законодательством об административных правонарушениях срок определяется календарной датой или истечением периода времени, который исчисляется годами, месяцами или днями. Срок можно определить также указанием на событие, которое должно неизбежно наступить.

Сроки для совершения действий определяются точной календарной датой, указанием на событие, которое обязательно должно наступить, или периодом времени. В последнем случае действие может быть совершено в течение всего периода» [6].

В такой редакции статьи не учтены все особенности исчисления сроков, о которых говорилось выше. Не оговорены особые правила исчисления срока административного ареста, временного запрета деятельности. Ничего не сказано об исчислении сроков сут-

ками. Поэтому считаем, что дополнение текста КоАП РФ статьей, регламентирующей правила исчисления сроков необходимо, но необходимо изменить предложенную редакцию.

Знать размер срока недостаточно, важно еще и определить момент, с которого начинается этот срок.

Начальные сроки устанавливаются в зависимости от того или иного юридического факта:

- а) определенного действия:
 - составление протокола,
 - обнаружение нарушения,
 - вынесение постановления или принятие решения,
 - вступление решения суда в законную силу,
 - доставление нарушителя;
- б) технического обстоятельства:
 - получение протокола,
 - вручение копии постановления нарушителю,
 - поступление предложения сообщить органу (должностному лицу), вынесшему предложение, о принятых мерах,
 - заведение дела,
 - поступление (получение жалобы);
- в) события: срок административного задержания лица, находящегося в состоянии алкогольного опьянения, исчисляется с момента его вытрезвления [7. С. 396–401].

Технические действия, выделяемые И.В.Пановой в качестве юридических фактов, по своей сути являются тоже действиями, только совершенными не должностными лицами, осуществляющими производство по делу об административном правонарушении, а иными лицами (почтальоны, секретари, лица, в отношении которых ведется производство по делу об административном правонарушении).

Определение фактов, влияющих на начало течения срока, приведено И.В.Пановой только для процессуальных сроков. Началом исчисления срока давности привлечения к ответственности может быть действие или бездействие – совершение административного правонарушения, обнаружение длящегося правонарушения, началом срока административной наказанности, срока действия административного наказания – событие (вступление постановления в законную силу, истечение срока наказания).

Ученые, характеризующие правила исчисления сроков, различают два понятия: начало срока и начало исчисления срока.

Момент (день), которым определяется начало течения срока, не засчитывается в его продолжительность. Очевидно, законодатель стремился к тому, чтобы первый учитываемый день срока также был полными сутками [4. С. 7]. Однако в КоАП РФ предусмотрены случаи отсчета срока с того дня и даже часа, когда имело место процессуальное действие (административное задержание), с наступления события (вытрезвления).

Течение срока по общему правилу – на следующий день. Исключение – административный арест, вытрезвление, административное задержание [7. С. 402].

Исчисление всех сроков, определяемых периодом

времени, независимо от того, исчисляются они годами, месяцами или сутками, начинается на следующий день после календарной даты, которой определено начало процессуального срока [5].

Относительно давностных сроков у судов нет единого мнения. Одни считают, что давностные сроки начинают течь на следующий после совершения или обнаружения правонарушения день [8], другие – со дня совершения или обнаружения правонарушения [9].

Поскольку исчисление срока давности со дня совершения или обнаружения правонарушения является более благоприятным для правонарушителя, и в большинстве случаев процессуальные действия (составление протокола об административном правонарушении, сбор доказательств по делу) совершаются именно в день обнаружения правонарушения, исчислять срок давности со дня совершения правонарушения является более правильным.

В предложенной Т.Н.Хохловой для дополнения КоАП РФ статье 1.8 «Порядок исчисления сроков, установленных законодательством об административных правонарушениях» содержится правило о начале течения срока: «Течение срока, исчисляемого годами, месяцами или днями, начинается на следующий день после календарной даты или наступления события, которое определяет ее начало» [6].

Следует отметить, что данное правило предусматривает общее правило начала течения срока и не учитывает особенности исчисления сроков принудительного воздействия, которые начинают течь с того дня (а иногда и часа), когда они были применены.

Конец срока представляет собой момент, до истечения которого должны быть совершены действия, для которых определялся срок.

Конечные сроки могут завершать свое действие (течение) путем:

- прекращения (совершения),
- пропуска (истечения) [7. С. 401].

Таким образом, если говорить о юридических фактах как моментах окончания срока, можно заключить, что прекращение (совершение) является действием, пропуск (истечение) – событием.

В.В. Ярков указывает, что истечение срока исковой давности – событие, служащее основанием для совершения последующих процессуальных действий. Этот вид событий (в ряду других) указывается в гипотезе процессуальной нормы [10].

Аналогично можно сказать и о сроке давности привлечения к ответственности. Это событие является основанием для прекращения процессуальных действий, вынесения постановления о прекращении производства по делу об административном правонарушении.

По общему правилу и последний день срока продолжается до 24 часов. Исключение составляют сроки для процессуальных действий, которые могут быть выполнены только в арбитражном суде и ряде других организаций, не осуществляющих свою деятельность круглосуточно (ср. п. 6 и п. 7 ст. 114 АПК РФ). Однако, кроме заявления, что при исчислении сроков годами, кварталами, месяцами и неделями последним днем сро-

ка является соответствующее число последнего года (месяца) или соответствующий день последней недели, ст. 192 ГК, ст. 108 ГПК, ст. 114 АПК не содержат указания, что понимать под «соответствующим» днем (числом). В литературе и судебной практике встречаются противоречивые позиции: этот день должен соответствовать названию или числу первого дня срока, а не предыдущему дню [11]; этот день совпадает с числом, которым определяется начало срока [12].

Представляется, что решение этого вопроса зависит от того, включался ли в срок тот день, с которым связывали начало исчисления срока. Если включался, то соответствующим днем будет предыдущий по названию день, если срок исчислялся со следующего дня – то день будет соответствовать дню начала срока.

Кроме того, следует обратить внимание на правило о переносе дня окончания срока, в том случае, если он приходится на нерабочий день, на следующий за ним рабочий день. Это правило будет работать только в том случае, если его применение выгодно для лица, в отношении которого ведется производство по делу об административном правонарушении.

При рассмотрении административных дел арбитражному суду следует учитывать, что при исчислении сроков давности привлечения к административной ответственности и погашения административного наказания правило о переносе последнего дня срока с нерабочего дня на следующий за ним рабочий день не применяется [13].

Если последний день процессуального срока приходится на нерабочий день, днем окончания срока считается первый следующий за ним рабочий день. Это положение усиливает защиту прав и законных интересов участников административного производства [5]. Исключением из этого правила могут стать сроки рассмотрения дела об административном правонарушении, жалобы на постановление по делу об административном правонарушении, поскольку перенесение срока рассмотрения дела о нарушении избирательных прав может лишить возможности успеть реализовать свои избирательные права.

Для сроков принудительного воздействия правило о переносе сроков применяться не должно, поскольку оно будет ухудшать положение лица, в отношении которого ведется производство по делу об административном правонарушении.

Исключения из текущего срока можно рассматривать как особые правила исчисления срока и как изъятия из непрерывного течения срока.

Поскольку законодатель одним из принципов производства по делам об административных правонарушениях называет быстроту и оперативность процесса, приостановление течения сроков осуществляется в крайне редких случаях. Основаниями для приостановления, перерыва течения срока является невозможность дальнейшего движения производства по делу.

Таким образом, предлагаем дополнить текст КоАП РФ статьей 1.8 следующего содержания:

«Статья 1.8. Исчисление сроков

Сроки, установленные настоящим Кодексом, ис-

числяются часами, рабочими днями, сутками, месяцами, годами.

Началом течения срока является день, следующий за тем, с которым связывается начало срока, за исключением случаев, прямо указанных в тексте КоАП РФ.

Если последний день процессуального срока приходится на нерабочий день, окончание срока переносится на следующий за ним рабочий день, за исключением случаев, когда такой перенос нарушает права граждан. Для сроков давности, исчисления административных наказаний, мер процессуального принуждения правило о переносе не применяется.»

Кроме того, хотелось бы обратить внимание на определение момента времени совершения правонарушения, рассмотрения дела об административном правонарушении. Моментом совершения правонарушения определяется закон, на основании которого лицо будет привлекаться к ответственности, периодом рассмотрения дела будет определяться действующий порядок производства по делу об административном правонарушении, периодом исполнения – порядок исполнения (ст. 1.7 КоАП РФ).

Из общего правила существуют исключения, связанные с изменением закона в период производства по делу об административном правонарушении.

Закон, смягчающий или отменяющий административную ответственность за административное правонарушение либо иным образом улучшающий положение лица, совершившего административное правонарушение, имеет обратную силу, то есть распространяется и на лицо, которое совершило административное правонарушение до вступления такого закона в силу и в отношении которого постановление о назначении административного наказания не исполнено.

Обратная сила закона заключается в том, что все неисполненные к моменту вступления в силу нового смягчающего ответственность закона постановления должны быть приведены в соответствие с ним: либо прекращено исполнение (в случае отмены ответственности), либо уменьшено наказание (в случае изменения размера санкции).

Интересным представляется вопрос о дате, с которой начинается действие закона, имеющего обратную силу, поскольку, прежде чем вступить в действие, закон принимается, утверждается, подписывается, публикуется, вступает в силу. Практика исходит из того, что началом действия закона, имеющего обратную силу, является день, с которого закон вступает в силу. Подтверждает правильность указанной позиции и Высший Арбитражный Суд РФ [14].

В судебной практике не существует единого мнения о порядке прекращения исполнения постановления в случае отмены ответственности, смягчения санкции. В одних случаях суды указывают на обязанность должностного лица, вынесшего постановление, привести его в соответствие с новым законом [15], в других – выносят решение об отмене постановления по делу, прекращении производства на основании поступившей жалобы [16, 17]. Представляется, что изменить или отменить постановление по делу об ад-

министративном правонарушении должно должностное лицо, судья, орган, вынесшие постановление по делу об административном правонарушении. Вышестоящие инстанции имеют право отменить или изменить постановление только в том случае, если указанное должностное лицо отказывается это сделать.

Если после вступления в силу смягчающего ответственность или декриминализирующего правонарушения закона постановление все-таки будет исполнено, представляется необходимым (если это возможно) вернуть уплаченный (взысканный) штраф, конфискованный или изъятый товар. Другое порождает бы неравноправное положение лиц, привлеченных к административной ответственности. Хотя в судебной практике встречаются случаи, когда невозврату находят законное обоснование.

Законодатель предусмотрел обратную силу для закона, смягчающего или отменяющего ответственность, а сроки, в течение которых должны быть приведены в соответствие с ним неисполненные постановления по делам об административных правонарушениях, не установил. Такое положение представляется недопустимым. Поэтому предлагаем ст.31.7 КоАП РФ дополнить частью второй следующего содержания: «При вступлении в силу закона, смягчающего или отменяющего ответственность, решение об изменении или отмене ранее вынесенного постановления должно быть принято должностным лицом, судьей, органом, рассматривавшими дело, в десятидневный срок».

Список литературы

1. Мордачев В.Д. Сроки в советском трудовом праве: дис. ... канд. юр. наук. Свердловск, 1972. С. 47–48.
2. Исаков В.Б. Фактический (юридический) состав в механизме правового регулирования: дис. ... канд. юр. наук. Свердловск, 1975. С. 118.
3. Дугенец А.С. Процессуальные сроки в производстве по делам об административных правонарушениях: монография. М.: ВНИИ МВД РФ, 2002. С. 58.
4. Долинская В.В. Сроки в материальном и процессуальном праве // Закон. 2004. № 6. С. 5–9.
5. Москаленко С.С., Головкин В.В. К вопросу о совершенствовании применения процессуальных сроков по делам об административных правонарушениях в области дорожного движения // Административное право и процесс. 2006. № 3. С. 35.
6. Хохлова Т.Н. Производство по делам об административных правонарушениях в федеральных органах налоговой полиции: дис. ... канд. юр. наук. М., 2002. С. 131–132.
7. Панова И.В. Актуальные проблемы административного процесса в РФ: дис. ... д-ра юр. наук. Екатеринбург, 2000.
8. Постановление ФАС Московского округа от 16.11.2009 г. по делу № А40-49851/09-145-307.
9. Постановление ФАС Волго-Вятского округа от 02.11.2009 г. по делу № А82-3846/2009-28.
10. Ярков В.В. Юридические факты в механизме реализации норм

гражданского процессуального права. Екатеринбург, 1992. С. 16–17.

11. Постановление Президиума ВАС РФ № 6071/98 от 01.12.1998 г.
12. Постановление Президиума ВАС РФ № 7816/95 от 05.03.1995 г.
13. Рекомендации НКС №15 (в Арбитражном суде Свердловской области) по вопросам административного права от 16.11.2007.
14. Постановление Пленума Высшего Арбитражного Суда РФ от 27 января 2003 г. N 2 «О некоторых вопросах, связанных с введением в действие КоАП РФ», п. 5.
15. Постановление ФАС Волго-Вятского округа от 08.09.2009 г. по делу № А28-8529/2009-229/27.
16. Постановление ФАС Северо-Западного округа от 21.04.2009 г. по делу № А42-4604/2008.
17. Постановление ФАС Волго-Вятского округа от 15.12.2009 г. по делу № А28-10623/2009-305/15.

List of literature

1. Mordachyov V.D. Terms in the Soviet labour law: Thesis of a candidate of juridical sciences. Sverdlovsk, 1972. P. 47–48.
2. Isakov V.B. Juridical staff in the mechanism of law regulation: Thesis of a candidate of juridical sciences. Sverdlovsk, 1975. P. 118.
3. Dugenev A.S. Process terms in the production concerning administrative infringements of the law cases: Monography. M.: ASRI MI of Russia, 2002. P. 58.
4. Dolinskaja V.V. Terms in material and process law // Law. 2004. № 6. P. 5–9.
5. Moskalenko S.S., Golovko V.V. To the question of improving of usage of process terms as for the administrative infringements of the law cases in the sphere of traffic // Administrative law and process. 2006. № 3. P. 35.
6. Chochlova T.N. Production concerning the cases of administrative infringements of law in the federal organs of tax police: Thesis of a candidate of juridical sciences. M., 2002. P. 131–132.
7. Panova I.V. Actual problems of administrative process in RF: Thesis of a doctor of juridical sciences. Ekaterinburg, 2000.
8. Decree of Federal Arbitration Court (FAS) of Moscow region 16.11.2009 case № А40-49851/09-145-307.
9. Decree of FAS of Volga-Vjatskii region 02.11.2009 case № А82-3846/2009-28.
10. Jarkov V.V. Juridical facts in the mechanism of realization of civil process law rates. Ekaterinburg, 1992. P. 16–17.
11. Decree Presidium of Supreme Arbitration Court RF № 6071/98 01.12.1998.
12. Decree Presidium of Supreme Arbitration Court RF № 7816/95 05.03.1995.
13. Recommendations SCU № 15 (in the Arbitration Court of Sverdlovsk Region) conserving the questions of administrative law 16.11.2007.
14. Decree of the Supreme Arbitration Court RF Plenum 27.01.2003. N 2 «About some questions connected with introduction CaAI RF», i. 5.
15. Decree of FAS of Volga-Vjatskii region 08.09.2009 case № А28-8529/2009-229/27.
16. Decree of FAS of North-West region 21.04.2009 case № А42-4604/2008.
17. Decree of FAS of Volga-Vjatskii region 15.12.2009 case № А28-10623/2009-305/15.

РЕФЕРАТЫ

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.2:502.174.1

Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В. Определение ценности техногенных георесурсов.

Отвалы горных пород и выработанное пространство карьеров, с учетом дальнейшего их использования, являются техногенными георесурсами, имеющими различную ценность.

Под понятием «ценность техногенных георесурсов» понимается денежное выражение стоимости всех полезных свойств, качеств или компонентов, содержащихся в техногенных объектах, сформированных в результате горных работ, с учетом затрат на использование георесурсов или извлечение из них полезных компонентов.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 6 назв.

Ключевые слова: комплексное освоение, техногенные георесурсы, ценность, емкость для размещения промышленных отходов.

УДК 621.926 – 251:622.778

Гмызина Н.В. Влияния скорости вращения ротора центробежной дробилки на показатели магнитного обогащения конвертерного шлака.

Установлено повышение показателей обогащения с увеличением скорости вращения ротора центробежной дробилки. Предложена формула, которая позволяет определять скорость удара куска об отражательную плиту центробежной дробилки, необходимую для его разрушения.

Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: конвертерный шлак, магнитная сепарация, массовая доля железа, центробежная дробилка, скорость вращения.

УДК 622.013.364

Вохмин С.А., Загиров Н.Х., Требуш Ю.П., Курчин Г.С. Методические основы нормирования показателей извлечения из недр при отработке рудных и нерудных месторождений подземным способом.

Предложена методика нормирования и планирования потерь и разубоживания на предприятиях, отрабатывающих месторождения полезных ископаемых системами с открытым очистным пространством. При этом выявлены сходные для рудных и нерудных месторождений места и источники образования потерь и разубоживания, нормирование которых производится аналогично, а также выявлено принципиальное различие в подходах к нормированию потерь и разубоживания на рудных и нерудных месторождениях полезных ископаемых, заключающееся в том, что за основной критерий оценки эффективности для нерудных принимается содержание компонентов в товарной массе.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 7 назв.

Ключевые слова: методика, нормирование, планирование, показатели извлечения.

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 624.127.8

Кондратьев Л.И., Манушин А.А., Мельников И.Т., Суров А.И. Комбинированная технология складирования хвостов производства минеральных удобрений.

Приведён опыт внедрения комбинированной технологии складирования отходов фосфогипса IV класса опасности, который образуется при производстве экстракционной фосфорной кислоты. Трёхсекционное шламохранилище, занимаемое площадью около 60 га, было заполнено до проектных отметок традиционным гидромеханизированным способом. Было предложено в технологическую цепь складирования хвостов включить репульпатор для добавления известкового молока. В итоге получается фосфогипс-мелиорант, который можно отнести к V классу опасности. После поэтапного осушения намытых хвостов производится наращивание существующих накопителей автомобильно-экскаваторными комплексами. Внедрение комбинированной технологии позволяет исключить возведение нового шламонакопителя, реконструкцию систем гидротранспорта, оборотного водоснабжения и снизить негативное воздействие на окружающую природу.

Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: технология складирования, хвосты, опасные производственные отходы, шламохранилище, репульпатор, гидротранспорт.

УДК 658.511.5

Гибадуллин З.Р., Макшуков Ф.Х. Оценка технико-технологических возможностей производственных подразделений Сибайского подземного рудника.

Статья посвящена выявлению резервов в производственных подразделениях путем оценки технико-технологических возможностей повышения производительности оборудования в технологических процессах на Сибайском подземном руднике.

Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: технико-технологические возможности, производственные подразделения, резерв.

МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 662.162.12

Сигагатуллин С. К., Харченко А.С., Полинов А.А., Семенюк М.А., Бегинюк В.А. Результаты совместного использования в доменной печи коксового орешка с одновременным улучшением качества скипового кокса.

Представлены результаты оценки дренажной способности горна доменной печи № 9 ОАО «ММК» при использовании в шихте различного количества коксового орешка с одновременным улучшением качества скипового кокса. Выявлено, что при загрузке в доменную печь коксового орешка в количестве 1000 кг в подачу с коксом, имеющим показатели качества $M_{10} = 8\%$, $CRI = 31,97\%$; $CSR = 57,93\%$ (в базовом периоде они были выше на 6,1; 25,2; 2,6% отн. соответственно), фильтрация жидких продуктов плавки через слой кокса соответствовала требованиям. Коэффициент замены кокса косовым орешком составил 0,89 кг/кг.

Ил. 2. Табл. 9. Библиогр. 7 назв.

Ключевые слова: коксовый орешек, дренажная способность, кокс.

УДК 621.746.33

Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А. Технология изготовления шлаковых чаш.

Рассмотрена технология изготовления шлаковых чаш. Основной причиной вывода из работы чаш является образование трещин. Горячие трещины также являются главным видом брака. Снизить количество трещин, образующихся в процессе кристаллизации и эксплуатации чаш, можно путём увеличения пластических свойств металла, в частности ударной вязкости.

Ил. 5.

Ключевые слова: шлаковая чаша, горячая трещина, пластические свойства металла, ударная вязкость.

УДК 621.742.4:53.093

Савинов А.С., Тубольцева А.С. Расчет движения фронта влажности в сырой песчано-глинистой форме.

В данной работе рассмотрен принцип моделирования динамики распространения зоны влажности в сырой песчано-глинистой форме под воздействием теплового потока отливки. Метод основан на математическом анализе существующей экспериментальной базы. Представленные в работе расчеты проверены опытным путем, показана удовлетворительная сходимость экспериментальных и расчетных данных.

Ил. 5. Библиогр. 9 назв.

Ключевые слова: сырая песчано-глинистая форма, зона испарения, зона конденсации, сухой слой формы, физико-аналитическое моделирование, миграция влаги, динамика распространения.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.771.07

Белевский Л.С., Исмагилов Р.Р., Москвин В.М. Расчёт напряжённого состояния рабочего и опорного бандажированных валков при прокатке складки тройной толщины.

Исследовано влияние складки на полосу на напряжения в валках клетей кварто станов холодной прокатки. Разработана математическая модель, позволяющая определять напряженное состояние валков. На основании разработанной математической модели получены эпюры нормальных и касательных контактных напряжений.

Ил. 17. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: холодная прокатка, валки, складка, напряжения.

УДК 621.77

Шеметова Е.С., Огарков Н.Н. Оценка длины контакта криволинейной волоки с деформируемым материалом с учетом ее упругой деформации.

Выполнен расчет по определению длины контакта волоки с криволинейной рабочей поверхностью с учетом ее упругой деформации при волочении проволоки. Приведены значения упругой деформации криволинейной

проволоки, выполненной из быстрорежущей стали и твердого сплава низкоуглеродистой и высокоуглеродистой марок стали.

Табл. 2. Библиогр. 3 назв.

Ключевые слова: волочение, волока, канал волоки, длина контакта, упругая деформация, проволока, очаг деформации.

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.771.07

Огарков Н.Н., Залетов Ю.Д., Ласьков С.А., Звягина Е.Ю., Пожидаев Ю.А. Совершенствование дробебетной обработки прокатных валков для производства автомобильного листа.

Проанализированы параметры шероховатости автомобильного листа, замеренные по различным методикам. Выявлен значительный разброс параметров шероховатости Ra и Pc (коэффициенты вариации 0,422 и 0,316).

Внесены изменения в конструкцию ротора дробебетной установки. С измененной конструкцией насечены валки дрессировочного стана 2500 и протренирована опытная партия металла. Получены более стабильные показатели шероховатости по параметрам Ra и Pc (коэффициенты вариации 0,232 и 0,198).

Предложено выполнить обработку валков дрессировочного стана по новой технологии и внести изменения в технологическую инструкцию по подготовке прокатных валков.

Ил. 5.

Ключевые слова: шероховатость, автолист, рабочий прокатный валок, плотность пиков.

УДК 621.753

Сергеев С.В. Научные основы процессов формообразования внутренних поверхностей вращающимися многоэлементными проникателями.

В работе рассматриваются вопросы об устойчивости процесса формообразования отверстий мерными многолезвийными инструментами, а также о влиянии поперечных и осевых автоколебаний этих инструментов на точность обработанных отверстий.

Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: изделия из металлов, процессы формообразования поверхностей, управление амплитудно-фазочастотными характеристиками технологических систем.

УДК 621.983

Семашко М.Ю., Шеркунов В.Г., Карева Н.Т., Эрк Е.В. Деформирование натуральных образцов из свинца и алюминия с целью экспериментального исследования способа пластического структурообразования металлов.

В статье описана методика проведения натурального эксперимента с целью выявления изменений в микроструктуре металла, подверженного деформации по предложенному способу. Представлены технологическая оснастка, используемое оборудование и исследуемые образцы. Предложен рациональный режим деформирования и оценены изменения в микроструктуре исследуемых образцов.

Ил. 8. Табл. 4. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, микроструктура металла, интенсивная пластическая деформация, заготовки, циклы деформирования.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

УДК 621.771: 621.777

Загиров Н.Н., Сидельников С.Б., Иванов Е.В., Аникина В.И. Исследование структуры и свойств деформированных полуфабрикатов, полученных из сыпучей стружки сплава системы алюминий-магний-кремний.

Предложена технология переработки сыпучей стружки из сплава АД31 с использованием операций совмещенной прокатки-прессования и волочения. Представлены результаты металлографических исследований структуры металла и данные по механическим свойствам полученных деформированных полуфабрикатов, имеющих ярко выраженную волокнистую структуру и прочностные характеристики, сопоставимые с аналогичными для компактных материалов.

Ил. 8. Табл. 2. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: сыпучая стружка, брикетирование, совмещенная прокатка-прессование, волочение, волокнистый материал, структура, механические свойства.

УДК 658.562

Федосеев С.А. Управление производством как механизм повышения качества продукции.

Рассмотрены принципы Всеобщего управления качеством (TQM) во взаимосвязи с реализующими их механизмами и моделями управления производством. Приведен обзор современных информационных систем для управления производством.

Ил. 4. Библиогр. 8 назв.

Ключевые слова: управление качеством, производственная система, механизмы управления, информационные системы.

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 538.95

Анциферов В.Н. Каменева А.Л. Сапегин Г.А. Каменева Д.В. Баяндина М.В. Установление корреляционной связи между температурными условиями формирования ионно-плазменных пленок и процессом структурообразования.

Изучено влияние температурных условий формирования на процесс структурообразования, установлены условия наноструктурирования кристаллитов и формирования поликристаллической пленки на основе Ti-Al-N методом электродугового испарения. Показано, что формирование поликристаллической пленки связано с обязательной последовательностью следующих стадий: глобулярная; зарождение и коалесценция/коагуляция зародышей поликристаллической составляющей пленки, образование граней {100} на глобулах; формирования первичной аксиальной текстуры <100>, геометрический отбор; образование вторичной конической текстуры <110> на аксиальной текстуре <100>; формирование первичной неравновесной поликристаллической пленки с неплотной структурой, текстурирование кристаллитов; наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки с гомогенной (однородной) структурой.

Ил. 6. Табл. 2. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: процесс структурообразования, стадии формирования, пленки на основе Ti-Al-N, электродуговое испарение, морфологические особенности, наноструктурирование кристаллитов и формирование сплошной поликристаллической пленки.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 658.652; 621.79

Яковлева Е.С., Мезин И.Ю., Касаткина Е.Г., Куцендик В.И. Квалиметрическая оценка производственных процессов изготовления металлоизделий.

В статье представлена квалиметрическая модель оценки результативности технологических схем производства штампованных изделий. На основании результатов оценки с помощью представленной модели можно осуществить выбор наиболее подходящего варианта технологической схемы производства металлоизделий из ограниченного множества возможных вариантов для конкретных условий производства.

Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: квалиметрическая модель, обобщенный комплексный показатель, результативность технологии, порог чувствительности, порог ограничения.

УДК 621.771

Наливайко А.В. Стеблов А.Б. Тулупов О.Н. Рычков С.С. Исследование уровня механических свойств арматуры класса А500С с целью оценки влияния особенностей технологии на показатели качества.

В статье рассматривается вопрос влияния технологии производства на показатели качества. Дано описание технологического процесса на предприятии ГУП «ЛПЗ» в г. Ярцево, а также операций взятия проб и проведения механических испытаний изделий. Найденны соотношения химических элементов в стали, при которых деформация минимально. Полученные уравнения позволяют выполнить прогноз механических свойств стали до прокатки и дать рекомендации по температурному режиму прокатки и режиму охлаждения. Произведена оценка механических свойств арматуры, что позволило снизить количество снимаемых проб и, следовательно, производить меньше проката немерной длины.

Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. 5 назв.

Ключевые слова: арматура, механические свойства, углеродный эквивалент, качество, химсостав стали, немера.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.785

Лебедев В.Н. Опыт освоения производства высокопрочной стабилизированной арматуры для железобетонных шпал нового поколения.

Проведен анализ рынка прутковой арматуры. Определено, что наибольшим спросом пользуется прутковая

арматура с периодическим профилем, используемая при производстве железобетонных шпал. Выявлены основные факторы, влияющие на качество сцепления арматуры с бетоном. Разработан технологический процесс производства проката диаметром 10,0 мм с периодическим профилем для армирования предварительно напряженных железобетонных шпал. Испытания опытных образцов шпал типа ШП-4*10, армированных прокатом с двухсторонним и трехсторонним периодическим профилем производства ОАО «ММК-МЕТИЗ», показали соответствие установленным требованиям.

Ключевые слова: стабилизированная арматура, железобетонные шпалы, периодический профиль, армирование, прямолинейность.

УДК 621.785

Овчинников С.В. Разработка конструкции и технологии прогрессивных болтов для двигателей грузовых автомобилей.

В статье приводятся результаты комплексных исследований, на базе которых разработаны новые конструкции равнопрочного болта для грузовых автомобилей. Внедрение технологии производства позволило получить конкурентоспособные болты моторной группы на уровне требований международных стандартов.

Ил. 2.

Ключевые слова: автомобильный крепеж, конкурентоспособность, прогрессивные болты, головка блока цилиндров, двигатели грузовиков, равнопрочность, накатка резьбы, коэффициент концентрации напряжений.

УДК 541.136 + 621.311.6 + 621.313

Сергеев Ю.С. Оптимизация подбора макрокинетических параметров методом конечных элементов у пористых электродов источников электрического тока.

В работе рассматривается математическая модель массообмена в пористом электроде. Приводится численное решение системы дифференциальных уравнений в частных производных. Результаты расчета показали, что зависимость величины поляризации от скорости прокачки электролита имеет волновой характер.

Ил. 5. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: электрический ток, пористый электрод, динамика массообмена.

ЭКОНОМИКА И ПРАВО

УДК 658.1:669.1:338.4

Немцев В.Н. Резервы повышения конкурентоспособности продукции черной металлургии.

Представлено исследование резервов повышения конкурентоспособности продукции черной металлургии. Сформулирована методика оценки конкурентных преимуществ на основе применения новых, нетрадиционных материалов для повышения конкурентоспособности металлургического предприятия. Сформулирована модель оценки конкурентных преимуществ металлургической продукции. Модель учитывает влияние внешних и внутренних факторов на изменение уровня конкурентных преимуществ продукции металлургии. Оценка конкурентных преимуществ проводилась группой экспертов с использованием дельфийского метода.

Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

Ключевые слова: инновация; конкурентоспособность; конкурентное преимущество; черная металлургия; новые, нетрадиционные материалы; группа экспертов; дельфийский метод.

УДК 342.9

Мещерякова Т.Р. Об особенностях исчисления сроков в производстве по делам об административных правонарушениях.

Рассмотрены правила исчисления сроков в производстве по делам об административных правонарушениях. Изучены особенности начала исчисления отдельных видов сроков. Предложена редакция статьи о порядке исчисления всех видов сроков.

Библиогр. 17 назв.

Ключевые слова: исчисление сроков, начало и окончание срока, исключения из правил

REPORTS

EXPLOITATION OF MINERAL RESOURCES. MINING

UDC 622.2:502.174.1

Gavrishev S.E., Zalyadnov V.U., Pitalev I.A., Pavlova E.V. Determination to value of anthropogenic georesources.

If mine dumps and worked-out area of open pit will be generated with a glance to subsequently using in the capacity of alternate materials of some natural and industrial resources they comes anthropogenic georesources which had different value.

Under conception of «value of anthropogenic georesources» should understand money terms of cost all useful properties, quality's or component parts contains in anthropogenic resources, generated by mining, with an allowance for use of georesources or extraction useful properties.

Fig. 3. Table 1. Bibliogr. 6 names.

Key words: integrated development, anthropogenic georesources, value, waste products disposal pit, open pit mine, refuse disposa.

UDC 621.926 – 251:622.778

Gmyzina N.V. Influences of the rotation rotor velocity of centrifugal grinder on magnetic ore dressing factors converter slag.

Installed increasing of ore dressing factors to account of the increase the rotation rotor velocity of centrifugal grinder. There is offering the formula, which allows to define piece of the blow velocity about reflective plate of centrifugal grinder, it is necessary for the destructions.

Fig. 3. Bibliogr. 2 names.

Key words: converter slag, magnetic separation, content of iron, centrifugal grinder, velocity of the rotation.

UDC 622.013.364

Vokhmin S.A., Zagirov N.H., Trebush Yu.P., Kurchin G.S. Methodical bases of rationing of indicators of extraction from bowels at working off of ore and nonmetallic deposits by underground way.

The technique of rationing and planning of losses and dilution at the enterprises fulfilling mineral deposits by systems with open clearing space is offered. Thus similar places for ore both nonmetallic deposits and sources of formation of losses and dilution were revealed. Which rationing is made similarly as basic distinction in approaches to rationing of losses and dilution on the ore and nonmetallic mineral deposits, consisting that the maintenance of components is accepted to the basic criterion of an estimation of efficiency for the nonmetallic in commodity weight is revealed.

Fig. 4. Table 1. Bibl. 7 titles.

Key words: technique, rationing, planning, indicators of extraction.

PROCESSING AND UTILIZATION TECHNOLOGIES OF FORMATIONS AND WASTE

UDC 624.127.8

Kondratyev L.I., Manushin A.A., Melnikov I.T., Surov A.I. Mineral fertilizers production tails storing combined technology/

In this work here is phosphor-gyps waste of IV dangerous class storing intrusion of combined technology an experiment of protecting, that is generated because of producing of extracting phosphorus acid. Trisection slime storages that is 60 hectare by area, was filled to the designed notes with traditional way of hydro pilling. It was offered to incline repulpator in technological chain of tails storing for addition of lime milk. As a result phosphor-gyps is obtained, that might be attributed to the V dangerous class. After staged draining packed tails accumulation of existing storages is made by cars – excavator complexes. Intrusion of combined technology lets to exclude erection of new slime storages, reconstructions of hydro transport system, circulating water supply and decrease negative influence on the environment.

Fig. 4. Bibliogr. 4 names.

Key words: storing technology, tails, dangerous industry waste, slime storages, repulpator, hydro transport.

UDC 658.511.5

Gibadullin Z.R., Makshukov F.H. Assessment of technical and technological capacity of production units of the underground mine in Sibai.

The article is devoted to reserves in production units by an assessment of technical and technological possibilities to increase the productivity of equipment in technological processes at Sibai underground mine.

Key words: technical and technological possibilities, industrial division, reserve.

METALLURGY OF FERROUS, NON-FERROUS AND RARE METALS. FOUNDRY ENGINEERING

UDC 662.162.12

Sibagatullin S.K., Kharchenko A.S., Polinov A.A., Semenyuk M.A., Beginyuk V.A. The results of the joint use of coke nut with a simultaneous improvement of a skip coke quality in a blast furnace.

The evaluation results of the hearth drainage capacity of blast furnace № 9 at OJSC MMK while using the different quantity of coke nut in the burden with the simultaneous improvement of the coke nut quality are represented here.

It was determined that while charging the nut into the blast furnace in the amount of 1000 kg to the batch, with coke, which has quality indexes of $M_{10} = 8\%$, $CRI = 31,97\%$; $CSR = 57,93\%$, (in the base period they were lower, up to 6.1; 25.2; 2.6% correspondingly), the filtration of the melting liquid products through the coke layer corresponded to the requirements. The changing factor of coke for the coke nut was 0.89 kg/kg.

Fig. 2. Table 9. Bibliogr. 7 names.

Key words: coke nut, drainage capacity, coke.

UDC 621.746.33

Vdovin K.N., Feoktistov N.A. Technology of slag chalices production are considered.

The basic reason of chalice's breakages is formation of cracks. Hot cracks also are the main type of reject. Reduction of cracks, which are forming in crystallization process and in process of exploitation, is possible through the improvement of plastic characteristics of metal, in particular by way of improvement of striking viscosity.

Fig. 5.

Key words: slag chalices, hot crack, plastic characteristics of metal, striking viscosity.

UDK 621.742.4:53.093

Savinov A.S., Tuboltseva A.S. Calculation of moisture front motion in the damp sandy-argillaceous form.

This work considers the principle of simulation of dynamics of moisture zone spreading in the damp sandy-argillaceous form under the impact of heat flow of a cast. This method is based on the mathematical analysis of the existing experimental base. The calculations represented in this work are verified experimentally, and satisfactory convergence of experimental and calculated data is also shown.

Fig. 5. Bibliogr. 9 names.

Key words: damp sandy-argillaceous form, evaporation zone, condensation zone, dry layer of a form, physico-analytical simulation, moisture migration, dynamics of spreading.

METAL FORMING

UDC 621.771.07

Belevskiy L.S., Ismagilov, R.R., Moskvina V.M. The analysis of stressed state of working and backing-up rolls during rolling of fold.

Influence of fold on strip at stresses in rolls of four-high stand has been investigated. The mathematical model, which enables to determine stress state of rolls, has been developed. On the basis of the developed mathematical model the load diagram of normal and tangential contact stress has been created.

Fig. 17. Bibliogr. 5 names.

Key words: cold mill, rolls, fold, stress.

UDC 621.77

Shemetova E.S., Ogarkov N.N. Rated length contact curvilinear lines with deformable material, taking into account its elastic deformation.

Executed on determining the length of the contact with curved lines work surface with its elastic deformation during wire drawing. Describes the elastic deformation curved wire performed from and solid alloy steels низкоуглеродистой and высокоуглеродистой.

Fig. 2. Bibliogr. 3 names.

Key words: draws lines, draw plate, channel, contact elastic deformation length, wire, hotbed of deformation.

TECHNOLOGIES OF MATERIAL PROCESSING

UDC 621.771.07

Ogarkov N.N., Zaletov Y.D., Laskov S.A., Zvyagina E.Y., Pozhidaev Y.A. Perfection of shot blasting working of cold rolls for production of automobile sheet.

The analysis of the surface roughness parameters for automobile sheet have been done, measured by different methods. High difference of Ra and Pc parameters have been indicated (the coefficients of variation are 0,422 and 0,316).

The definite changes were made in the construction in the turbine of the shot-blasting machine. The rolls of the planishing mill «2500» have been worked according new technology and the experimental cold sheet have been rolled and investigated. More stabilized results were received for parameters Ra and Pc (variation coefficients are 0,232 and 0,198).

There is suggested to make rolls working for the planishing mill «2500» according the new technology and to change «The technological instruction for the preparation of the rolls».

Fig. 5.

Key words: roughness, automobile sheet, working roll, density of picks.

UDC 621.753

Sergeev S.V. Scientific bases of the shaping processes of internal by rotating multiple-point tools.

Problems on the resistance of the processes of shaping of apertures by the measurement multiple-point tools, and also about influence of cross and axial oscillations of these instruments on accuracy of treated apertures are in-process considered.

Fig. 4. Bibliogr. 4 names.

Key words: products from metals, processes forming surfaces, management of peak-fazo-frequency characteristics of technological systems.

UDC 621.983

Semashko M. Y, Sherkunov V. G, Kareva N.T., Ekk E.V. Deformation of natural samples from lead and aluminium for the purpose of an experimental research of a way of the plastic change in structure of metals.

In article the technique of carrying out of natural experiment for the purpose of revealing of changes in a microstructure of metal subject to deformation on the offered way is described. The industrial equipment, the used equipment and investigated samples are presented. The rational mode of deformation is offered and changes in a microstructure of investigated samples are estimated.

Fig. 8. Table 4. Bibliogr. 5 names.

Key words: experimental researches, a metal microstructure, intensive plastic deformation, preparations, deformation cycles.

MATERIAL SCIENCE AND THERMAL METAL TREATMENT

UDC 621.771: 621.777

Zagirov N.N., Sidelnikov S.B., Ivanov E.V., Anikina V.I. The research of structure and properties of deformed semi products, that were receipt from friable chip of aluminium-magnesium-silicon alloy.

There is suggested a technology for processing a friable chip from alloy AD31 with using the combination of rolling and pressing and drawing. There were presented the results of metallographic researches of structure of metal and data of mechanical properties of receipted deformed semi products, that have fibrous structure and strength characteristics that competitive with analogical structures and characteristics for compact materials.

Fig. 8. Table 2. Bibliogr. 5 names.

Key words: friable chip, briquetting, complex rolling and pressing, drawing, fibrous material, structure, mechanical properties.

UDC 658.562

Fedoseev S.A. Production management as a mechanism of product quality improvement.

The principals of Total Quality Management (TQM) are analyzed together with their mechanisms and production management models. The review of the modern informational systems for production management is presented.

Fig. 4. Bibliogr. 8 names.

Keywords: quality management, production system, management mechanisms, information systems

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES

UDC 538.95

Antsiferov V.N., Kameneva A.L., Bayandina M.V., Sapegin G.A., Kameneva D.V. Correlation netting between temperature forming conditions of ion-plasmous films and their structurization process.

Influence of temperature forming conditions structurization process have been studied, nanostructuring crystallites conditions and polycrystalline films forming based on Ti–Al–N by electroarc evaporation have been established. Polycrystalline film forming connect with obligatory consecution of following stages: globular; conception and coagulation/coalescence crystallites of polycrystalline constituent film, border {100} forming on globules; primary axial texture <100> forming, geometric choice; repeated conic texture <110> formation on axial texture <100>; forming of primary disbalance polycrystalline film with uncompact structure, crystallite texture; crystallite nanostructuring and continuous

polycrystalline film forming with homogeneous structure have been achieved.

Fig. 6. Table 2. Bibliogr. 4 names.

Key words: structurization process, forming stage, films based on Ti–Al–N, electroarc evaporation, morphologic feature, crystallite nanostructuring, forming of the continuous polycrystalline film.

STANDARDIZATION, CERTIFICATION AND QUALITY MANAGEMENT

UDC 658.652; 621.79

Yakovleva E.S., Mezin I.Yu., Kasatkina E.G., Kutsependik V.I. Qualimetry estimation of productions of manufacturing of hardware.

In article is presented qualimetry model of an estimation of productivity of technological schemes of manufacture stamping products. On the basis of results of estimation by means of the presented model it is possible to carry out a choice of the most suitable variant of the technological scheme of manufacture of hardware from the limited set of possible variants for concrete conditions of manufacture.

Fig. 2. Bibliogr. 3 names.

Key words: qualimetry model, the generalized complex parameter, productivity of technology, a threshold of sensitivity, a threshold of restriction.

UDC 621.771

Nalivaiko A.V., Steblov A.B., Tulupov O.N., Rychkov S.S. The analysis of mechanical properties state of rebar (strength grade A500C) to evaluate the influence of technological process on quality factors.

This article reviews the problem production technology influence on quality factors. The technological process on «LPZ» in Yartsevo (Smolensk region) is described as well as a process of taking samples and testing their mechanical properties. The correlation of chemicals in steel has been established which allows minimization of defect production. Acquired equations enabled prediction of mechanical properties of steel even before rolling and granted the possibility to recommend rolling temperature and cooling mode. Mechanical properties of rebar are evaluated, hence the number of samples is reduced and it allows to produce less off-gauge reinforced bar.

Fig. 2. Table 3. Bibliogr. 9 names.

Key words: reinforced bar, mechanical properties, carbon equivalent, quality, chemical composition of steel, off-gauge rebar.

NEW TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT

UDC 621.785

Lebedev V.N. Launching the production of high-strength stabilized reinforcement for up-to-date ferroconcrete crossties.

The rod iron reinforcement market was analyzed in the research. It was defined that the rod iron reinforcement with die-rolled section which is used for ferroconcrete crossties production, is in the maximal demand. The main factors influencing the concrete-to-steel bond quality were defined. The manufacturing process for 10mm. diameter mill product with die-rolled section for reinforcement of prestressed ferroconcrete crossties is engineered. The tests of engineering samples of crossties IIII-4*10 reinforced by mill products with double-sided and three-sided die-rolled section manufactured in the «MMK-METIZ» public corporation, presented conforming to the specified requirements.

Key words: stabilized reinforcement, ferroconcrete crossties, die-rolled section, reinforcement, straightness.

UDC 621.785

Ovchinnikov S.V. Designing of construction and technology of progressive auto truck engines bolts.

In the report are presented the complex studies results, and is designed the new configuration of the full-strength bolt for trucks. Introduction of these results enabled to get the competitive bolts of the engine group in conformity with the international standards requirements.

Fig. 2.

Key words: the truck fasteners, competitiveness, the progressive bolts, the engine basic block head, the truck engines, the uniform strength, the thread knurling, the strength concentration rate.

UDC 541.136 + 621.311.6 + 621.313

Sergeev Y.S. Optimization of selection of macro kinetic parameters by finite element method for the efficiency of electrochemical processions in porous electrodes.

In work the mathematical model exchange mass in a porous electrode is considered. The numerical decision of system of the differential equations in private derivatives is resulted. Results of calculation have shown that dependence of

size of polarization on speed of prorolling of electrolyt has wave character.

Fig. 5. Bibliogr. 2 names.

Key words: electric current, porous electrode, dynamics mass- exchange.

ECONOMICS AND LAW

UDC 658.1:669.1:338.4

Nemtcev V.N. Reserve of competitive ability rising of the ferrous metallurgy production.

Reserve of competitive ability rising of the ferrous metallurgy production is present. A superior advantage was been created with unusual, non-traditional materials employ for creating competitive advantage of the steelwork production. The model for competitive advantage's estimation of the steelwork production was been working up. The model was been including an external and internal factors for competitive advantage of the steelwork production like variable. An estimation of competitive advantages was been working up with expert group using Delphy's method.

Fig. 2. Bibliogr. 4 names.

Key words: innovation; competitive ability; competitive advantage; ferrous metallurgy; unusual, non-traditional materials; expert group; Delphy's method.

UDC 342.9

Mescheryakova T.R. About peculiarities of calculating terms in production concerning administrative infringements of the law cases.

The rules of calculating terms in production concerning administrative infringements of the law cases are considered. The peculiarities of beginning of calculating separate kinds of terms are studied. The author suggests wording of the article about the order of calculating all the kinds of terms.

Bibliogr. 17 items.

Key words: calculating terms, beginning and ending, cases of exceptions.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аникина Валентина Ильинична – канд. техн. наук, доцент кафедры МИТОМ института цветных металлов и материаловедения ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». Тел. 8(391)2133286. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Анциферов Владимир Никитович – д-р техн. наук, академик РАН, зав. кафедрой ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: порошковое материаловедение и функциональные покрытия. Тел. 8(342)2391119. E-mail: director@pm.pstu.ac.ru.

Баяндина Мария Валерьевна – студентка ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Бегинюк Виталий Александрович – и.о. инженера ТГ ДЦ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Тел. (3519) 24-10-38. E-mail: kanina@mmk.ru.

Белевский Леонид Сергеевич – д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной механики и графики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: защитные покрытия, прочность, прокатные валки. Тел. 8(3519) 29-84-38. E-mail: l.belevskiy@mail.ru.

Вдовин Константин Николаевич – проректор по НР, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой электрометаллургии и литейного производства ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 8(3519)29-85-30. E-mail: vdovin@magtu.ru.

Вохмин Сергей Антонович – канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Шахтное и подземное строительство» Института горного дела, геологии и геотехнологий ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. E-mail: KurchinGS@mail.ru.

Гавришев Сергей Евгеньевич – д-р техн. наук, профессор, декан факультета горных технологий и транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: otmprc@mail.ru.

Гибадуллин Закария Равгатович – директор Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК», Республика Башкортостан. Тел. (34775) 3-41-98. E-mail: oit.sfugok@mail.ru.

Гмьзина Наталья Викторовна – старший преподаватель кафедры обогащения полезных ископаемых ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследования: переработка техногенных железосодержащих материалов. Тел. (3519) 298555. E-mail: gmnat78@mail.ru.

Загиров Наиль Хайбуллович – д-р техн. наук, профессор кафедры «Подземная разработка месторождений» Института горного дела, геологии и геотехнологий ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. E-mail: KurchinGS@mail.ru.

Загиров Николай Наильич – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ОМД института цветных металлов и материаловедения ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (СФУ). Тел. 8(391)2133550. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Залетов Юрий Дмитриевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: zvugina@mail.ru.

Заляднов Вадим Юрьевич – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры открытой разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: zalyadnov@mail.ru.

Звягина Елена Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: zvugina@mail.ru.

Иванов Евгений Владимирович – старший преподаватель кафедры ОМД института цветных металлов и материаловедения ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». Тел. 8(391)2133550. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Исмагилов Рамиль Равкатович – ведущий специалист по валкам и подшипникам отдела оборудования ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Направление исследований: прокатные валки, прочность, износостойкость. Тел. 8(3519) 24-75-20. E-mail: valki@mmk.ru.

Каменева Анна Львовна – канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник Научного центра порошкового материаловедения ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: разработка, получение и исследование упрочняющих и защитных наноструктурированных пленок. Тел. 8-9504667693. E-mail: kameneva@pstu.ru.

Каменева Дарья Владимировна – студентка ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Карева Надежда Титовна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Физическое материаловедение и физика твердого тела» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. Направление исследо-

ваний: изучение структуры металлов. Тел. 8 (351)2679013. E-mail: dean@met.susu.ac.ru.

Касаткина Елена Геннадьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии, сертификация и сервис автомобилей» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. +7(3519)29-84-31. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Кондратьев Леонид Иванович – д-р техн. наук ООО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва, академик Академии проблем водохозяйственных наук. E-mail: nii-vodgeo@mail.ru.

Курчин Георгий Сергеевич – ассистент кафедры «Шахтное и подземное строительство» Института горного дела, геологии и геотехнологий ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. E-mail: KurchinGS@mail.ru. Телефон/факс: 8-904-895-9490.

Куцендик Вячеслав Иосифович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии, сертификация и сервис автомобилей» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. +7(3519)29-84-31. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Ласьков Сергей Алексеевич – главный инженер ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Лебедев Владимир Николаевич – директор ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ». Область научных интересов: технологические процессы обработки металлов давлением, высокопрочная арматура, реология конструкционных углеродистых сталей. Тел. 8(3519)241527. E-mail: bakolomiec@mmk-metiz.ru.

Макшуков Фарит Хатыпович – начальник управления по персоналу Сибайского филиала ОАО «Учалинский ГОК», Республика Башкортостан. Тел. (34775) 2-20-03. E-mail: oit.sfugok@mail.ru.

Манушин Александр Анатольевич – ведущий инженер лаборатории накопителей промышленных отходов ООО «НИИ ВОДГЕО», г. Москва. E-mail: nii-vodgeo@mail.ru.

Мезин Игорь Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии, сертификация и сервис автомобилей» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. +7(3519)29-84-31. E-mail: mezinii@mail.ru.

Мельников Иван Тимофеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры открытой разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: silk52@mail.ru.

Мещерякова Татьяна Радиковна – старший преподаватель кафедры права ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: административное правонарушение и административная ответственность. Тел. 8-9028621838. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Москвин Владимир Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной кибернетики и систем управления ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Направление исследований: прокатные станы, валки, системы управления. Тел. 8 (3519) 29-85-58. E-mail: vladimir.moskvin2010@yandex.ru.

Наливайко Александр Владимирович – первый заместитель Генерального директора ОАО «АХК ВНИИМЕТМАШ». Тел. 8(495)7304530. E-mail: mail@vniimetmash.ru.

Немцев Виктор Николаевич – канд. техн. наук, член-корреспондент Российской Академии естественных наук, профессор кафедры экономики и коммерции ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 8-9068539627. E-mail: tolya@magtu.ru.

Овчинников Сергей Васильевич – генеральный директор ОАО «Белебеевский завод «Автономаль», Башкортостан. Тел. +7(34786)32893, 61660. E-mail: ovchinnikov@belzan.ru.

Огарков Николай Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: zvugina@mail.ru.

Павлова Елена Витальевна – аспирант кафедры открытой разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: Pavlova-ev-mgn@rambler.ru.

Пожидаев Юрий Александрович – аспирант ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: yoran 74@rambler.ru.

Полинов Андрей Александрович – заместитель начальника доменного цеха по технологии ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Тел. 8(3519)24-29-73. E-mail: kanina@mmk.ru.

Пыталев Иван Алексеевич – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры открытой разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: vehicle@list.ru.

Рычков Сергей Сергеевич – студент ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 8(922)7099866. E-mail: macarry@rambler.ru.

Савинов Александр Сергеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: savinov_nis@mail.ru.

Сапегин Григорий Анатольевич – студент ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Семашко Марина Юрьевна – заведующая лабораторией кафедры «Машины и технологии обработки материалов давлением» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. Направление исследований: обработка металлов давлением. Тел. 8 (351) 267-92-24. E-mail: mara1979@mail.ru.

Семенов Михаил Александрович – и.о. ведущего специалиста ТГ ДЦ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Тел. 8(3519)24-10-38. E-mail: kanina@mmk.ru.

Сергеев Сергей Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, станки и инструмент» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», филиал в г. Златоусте. E-mail: sergeev-sv@list.ru.

Сергеев Юрий Сергеевич – аспирант кафедры «Электромеханика и электромеханические системы» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. Тел. +79127728777. E-mail: kbvt@list.ru.

Сибгатуллин Салават Камилевич – д-р техн. наук, профессор кафедры металлургии черных металлов ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 8(3519) 29-84-30. E-mail: 10skt@mail.ru.

Сидельников Сергей Борисович – д-р техн. наук, профессор кафедры ОМД института цветных металлов и материаловедения ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». Тел. 8(391)2133550. E-mail: sbs270359@yandex.ru.

Стеблов Анвер Борисович – главный научный сотрудник ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ». Тел. 8(495)7304530. E-mail: mail@vniimetmash.ru.

Суров Александр Иванович – ведущий специалист группы мониторинга безопасности гидротехнических сооружений ГОП ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». E-mail: surov@mmk.ru.

Требуш Юрий Прокопьевич – доцент кафедры «Шахтное и подземное строительство» Института горного дела, геологии и геотехнологий ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск. E-mail: KurchinGS@mail.ru.

Тубольцева Алена Сергеевна – ст. преподаватель кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: a-tus@mail.ru.

Тулунов Олег Николаевич – д-р техн. наук, профессор кафедры ОМД ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 8(495)7304999. E-mail: o.tulunov@mail.ru.

Федосеев Сергей Анатольевич – канд. физ.-мат. наук, доцент ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет». Направление исследований: управление сложными системами. Тел. +7-9058613939. E-mail: fsa@gelicon.biz.

Феоктистов Николай Александрович – аспирант кафедры электрометаллургии и литейного производства ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. +79028950151. E-mail: koljan_87@mail.ru.

Харченко Александр Сергеевич – аспирант кафедры металлургии черных металлов ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. 89097495369. E-mail: sanchomagn@mail.ru.

Шеметова Елена Сергеевна – студентка ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: hellensh88@list.ru.

Шеркунов Виктор Георгиевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и технологии обработки материалов давлением» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. Направление исследований: обработка давлением сплошных и композиционных материалов. Тел. 8 (351) 267-92-24. E-mail: mitomd@susu.ru.

Экк Евгений Вальтерович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Машины и технологии обработки материалов давлением» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск. Направление исследований: обработка металлов давлением. Тел. 8 (351) 267-92-24. E-mail: mitomd@susu.ru.

Яковлева Екатерина Сергеевна – старший преподаватель кафедры «Технологии, сертификация и сервис автомобилей» ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел. +7(3519)29-84-31. E-mail: katrinkati@mail.ru.

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anikina Valentina Ilmichna – candidate of technical sciences, docent of M&TTM department of institute of non-ferrous metals and metallurgy (INM&M) of Siberian Federal University (SFU). Tel. 8(391) 2133286.

Antsiferov Vladimir Nikitovich – Doctor of Science, academician, head of the sub-faculty of State educational institution of the higher professional education Perm state technical university. Trend research: powder materials science and functional coatings. Tel.: (342)2391119. E-mail: director@pm.pstu.ac.ru.

Bayandina Mariya Valeryevna – student of State educational institution of the higher professional education Perm state technical university. E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Beginyuk Vitaly Alexandrovich – acting duties of the engineer of the technological group of JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”. E-mail: kanina@mmk.ru

Belevskiy Leonid Sergeevich – Doctor of Tech. Sci., professor of the applied mechanics department of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I.Nosov». Tel. 8(3519)29-84-38. E-mail: l.belevskiy@mail.ru.

Ekki Evgenie Valterovich – Cand.Tech.Sci., associate professor of chair «Machines and Technologies of Handling Materials by Pressure» department of South Ural State University. The area of scientific interest – handling materials by pressure. Tel.: 8 (351) 2679224. E-mail: mitomd@susu.ru.

Fedoseev Sergei Anatoljevich – Cand. Tech. Sci., associate professor of the systems and processes mathematical modeling department, State Educational Institution Higher Professional Educational Perm State Technical University. Tel.: +7-9058613939. E-mail: fsa@gelicon.biz.

Feoktistov Nikolay Aleksandrovich – post-graduate student of pulpit electrometallurgy and casting production of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 89028950151. E-mail: koljan_87@mail.ru.

Gavrishev Sergey Evgenevich – a Dr. Sci. Tech., the professor, the dean of faculty of Mountain technologies and transport of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: ormpi-cg@mail.ru.

Gibadullin Zakaria Ravgatovich – director Sibai branch OAO «Uchalinskiy GOK», Republic Bashkortostan. Tel.: 8(34775)34198. E-mail: oit.sfugok@mail.ru.

Gmyzina Nataly Victorovna – h. teacher of «Ore dressing» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: (3519) 298555. E-mail: gmnat78@mail.ru.

Ismagilov Ramil Rafkatovich – the leading specialist of equipment department of JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”. Tel. 8 (3519) 24-75-20. E-mail: valki@mmk.ru.

Ivanov Evgeniy Vladimirovich – senior lecturer of Metal Forming department of institute of non-ferrous metals and metallurgy (INM&M) of Siberian Federal University (SFU). Tel. 8(391) 2133550.

Kameneva Anna Lvovna – Cand. of Sc., Associate professor, Senior researcher of State educational institution of the higher professional education Perm state technical university. Trend research: receiving and investigation of strengthening and protective nanostructured films. Tel.: 8-9504667693. E-mail: kameneva@pstu.ru.

Kameneva Dariya Vladimirovna – student of State educational institution of the higher professional education Perm state technical university. E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Kareva Nadezhda Titovna – Cand. Tech.Sci, associate professor of chair «Physical metallurgical science and the physicist of a firm body» department of South Ural State University. The area of scientific interest – studying of structure of metals. Tel. 8 (351) 2679013. E-mail: dean@met.susu.ac.ru.

Kasatkina Elena Gennad'evna – candidate technical sciences, assistant professor of the department «Technologies, certification and automobile's service» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: +7(3519)29-84-31.

Kharchenko Alexander Sergeevich – a post-graduate student of chemistry and metallurgy the faculty of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: sanchomagn@mail.ru.

Kondratyev Leonid Ivanovich – the doctor of technical sciences «SSI (Scientific Search Institute) Vodgeo» Moscow, academician of «Problems of water economy sciences Academy» nii-vodgeo@mail.ru

Kurchin George Sergeevich – the senior teacher of department «Mine and underground construction» at the Institute of mining, geology and geotechnologies of the FSEI HPT “Siberian Federal University”, Krasnoyarsk. E-mail: KurchinGS@mail.ru.

Kutsependik Vyacheslav Iosifovich – candidate technical sciences, assistant professor of the department «Technologies, certification and automobile's service» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: +7(3519)29-84-31.

Laskov Sergey Alexeevich – chief Engineer JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”.

Lebedev Vladimir Nikolaevich – director of «Magnitogorsk hardware-calibrating plant «MMK-METIZ». The scientific field: metal forming technological processes, high-strength reinforcement, rheological features of engineering high carbon steel. Tel. +7(3519)241527.

Makshukov Farit Hatypovich – head staff Sibai branch OAO «Uchalinskiy GOK», Republic Bashkortostan. Tel.: (34775) 2-20-03. E-mail: oit.sfugok@mail.ru.

Manushin Alexandr Anatolyevich – leading engineer of laboratory «Hoarders of industrial waste» Co.Ltd «SSI (Scientific Search Institute) Vodgeo» Moscow nii-vodgeo@mail.ru

Melnikov Ivan Timofeevich – candidate of technical sciences, reader of the department «Open working exploitation of mineral deposits» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel. 8(3519)298466. E-mail: silk52@mail.ru.

Mescheryakova Tatjana Radikovna – the senior teacher of Law department. The state general training institution. The higher professional training of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8-9028621838.

Mezin Igor Yur'evich – dr. of technical sciences, professor, head of the department «Technologies, certification and automobile's service» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: +7(3519)29-84-31.

Moskvin Vladimir Michaylovich – candidate of Tech. Sci., Associate professor of industrial cybernetics of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Тел. 8(3519)29-85-58. E-mail: vladimir.moskvin2010@yandex.ru.

Nalivaiko Alexander Vladimirovich – First deputy General Director of OJSC «AHK VNIIMETMASH». Tel.: 8(495)7304530. E-mail: mail@vniimetmash.ru.

Nemtcev Victor Nickolaevich – candidate of engineering sciences, corresponding member RAEN, professor by the department of economy and commerce of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8-9068539627. E-mail: tolya@magtu.ru.

Ogarkov Nikolai Nikolaevich – prof., Dr. of Sc., head of the кафедра «Machine technology» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: zvugina@mail.ru.

Ovchinnikov Sergei Vasilievich – the general director of the «Belebei plant «Autonormal», Bashkortostan, Belebei town. Tel. +7(34786)32893, 61660. E-mail: ovchinnikov@belzan.ru.

Pavlova Elena Vitalevna – the post-graduate student of chair of open-cast mining of mineral deposits of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: Pav-ev-mag@rambler.ru.

Polinov Andrey Alexandrovich – head assistant of the blast – furnace plant on technology of JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”. E-mail: kanina@mmk.ru.

Pozhidaev Yriy Alexandrovich – postgraduate of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: yoran 74@rambler.ru.

Pytalev Ivan Alekseevich – a Cand. Tech. Sci., the senior teacher of chair of open-cast mining of mineral deposits of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: vehicle@list.ru.

Rychkov Sergey Sergeevich – student of «Metal forming» department of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8(922)7099866. E-mail: macarry@rambler.ru.

Sapegin Grigoriy Anatolyevich – student of State educational institution of the higher professional education Perm state technical university. E-mail: kpmc@pm.pstu.ac.ru.

Savinov Alexander Sergeevich – k.t.s., associate professor of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8-906-852-3515.

Semashko Marina Yurevna – managing chair laboratory of «Machines and Technologies of Handling Materials by Pressure» department of South Ural State University. The area of scientific interest – handling materials by pressure. Tel. 8 (351) 2679224. E-mail: mara1979@mail.ru.

Semenyuk Mikhail Alexandrovich – acting duties of the leading specialist of the technological group of JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”. E-mail: kanina@mmk.ru.

Sergeev Sergey Vasiljevich – candidate of technical science, associate professor of department «Engineering technology, mills and instrument» at the State Educational Institution of High Professional Education South Ural State University, branch in Zlatoust. E-mail: sergeev-sv@list.ru.

Sergeev Yury Sergeevich – post-graduate student of South Ural State University. Tel. +79127728777. E-mail: kbvt@list.ru.

Shemetova Elena Sergeevna – student of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov».

Sherkunov Victor Georgievich – the doctor of engineering science, professor, the head of chair «Machines and Technologies of Handling Materials by Pressure» department of South Ural State University. The area of scientific interest – handling of solid and composite materials by pressing. Tel.: 8 (351) 2679224. E-mail: mitomd@susu.ru.

Sibagatullin Salavat Kamillovich – doctor of technical sciences, professor of the chemistry and metallurgy faculty of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8(3519)29-84-30. E-mail: 10skt@mail.ru.

Sidelnikov Sergey Borisovich – dr. of technical sciences, professor of Metal Forming department of institute of non-ferrous metals and metallurgy (INM&M) of Siberian Federal University (SFU). Tel. 8(391) 2133550. E-mail sbs270359@yandex.ru.

Steblov Anver Borisovich – chief research scientist of OJSC «VNIIMETMASH». Tel.: 8(495)7304530. E-mail:

mail@vniimetmash.ru.

Surov Alexandr Ivanovich – Hydro technical constructions security monitoring group leading specialist MCE (Mountain Concentration Enterprise) JSC “Magnitogorsk Iron & Steel Works”. Tel. 8(3519)247224. E-mail: surov@mmk.ru

Trebush Yury Prokopevich – the associate professor of department «Mine and underground construction» at the Institute of mining, geology and geotechnologies of the FSEI HPT “Siberian Federal University”, Krasnoyarsk.

Tuboltseva Alena Sergeevna – h. teacher of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8(3519)41-81-00.

Tulupov Oleg Nikolayevich – doctor of technical sciences, prof. of «Metal forming» department of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: 8(495)7304999. E-mail: o.tulupov@mail.ru.

Vdovin Konstantin Nikolaevich – Dr.Sci.Tech., the professor of chair of Electrometallurgy and foundry manufacture, the pro-rector on scientific job of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: (3519) 29-85-30. E-mail: vdovin@magtu.ru.

Vokhmin Sergey Antonovich – Cand.Tech.Sci., professor, chief of Mining and underground building department at the Institute of mining, geology and geotechnologies of the FSEI HPT “Siberian Federal University”, Krasnoyarsk. E-mail: KurchinGS@mail.ru.

Yakovleva Ekaterina Sergeevna – senior lecturer of the department «Technologies, certification and automobile’s service» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Tel.: +7(3519)29-84-31. E-mail: katrinkati@mail.ru.

Zagirov Nail Hajbullovich – the doctor of engineering sciences, the professor of department «Underground mining of deposits» at the Institute of mining, geology and geotechnologies of the FSEI HPT “Siberian Federal University”, Krasnoyarsk.

Zagirov Nikolai Nailich – candidate of technical sciences, docent, head of Metal Forming department of institute of non-ferrous metals and metallurgy (INM&M) of Siberian Federal University (SFU). Tel. 8(391) 2133550.

Zaletov Yury Dmitrievich – Cand. of Sc., docent кафедра «Machine technology» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: zvugina@mail.ru.

Zaljadnov Vadim Jurevich – a Cand. Tech. Sci., the senior teacher of chair of open-cast mining of mineral deposits of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: zalyadnov@mail.ru.

Zvyagina Elena Yurevna – senior teacher of the кафедра «Machine technology» of SEI HPT «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». E-mail: zvugina@mail.ru.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей. Журнал формируется по разделам, отражающим основные направления научной деятельности ученых МГТУ, в частности:

- РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
- МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ.
- ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.
- ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ.
- МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.
- СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ.
- МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.
- НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.
- ЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛУРГИИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ.
- УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.
- ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.
- ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ.
- СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ, ПОДГОТОВКА И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ.
- ИНФОРМАЦИЯ И ДР.

Раздел «Новые исследования» или «Краткие сообщения» предназначен для оперативной публикации работ преимущественно аспирантов. В журнал входят учебно-методический и библиографический разделы. Общее количество разделов и их объем может варьироваться от номера к номеру.

ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПРИНИМАЕМЫМ К ПУБЛИКАЦИИ

I. Рекомендуемый объем статьи – 6–8 стр.

К статье прилагаются:

- 1) акт экспертизы;
- 2) рецензия;
- 3) сведения об авторах (на английском и русском языках): фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, полное название учреждения, направление исследований, контактный телефон и E-mail каждого автора;
- 4) реферат на английском и русском языках по следующему образцу (~200 знаков):

UDC 622.27

Ivanov I.I., Petrov P.P. Development of gold-ore deposits extraction systems.

The method of sloping is represented...

Fig. 2. Table 2. Bibliogr. 7 names.

5) библиографический список на английском и русском языках;

6) ключевые слова на английском и русском языках.

II. Текст статьи, сведения об авторах, реферат, библиографический список и ключевые слова представляются на электронном носителе в виде файла, созданного средствами Microsoft Word 2003, и распечаткой на стандартных листах бумаги формата А4.

При наборе статьи в Microsoft Word рекомендуются следующие установки:

- 1) **шрифт** – **Times New Roman**, размер – 14 пт, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический;
- 2) при вставке **формул** использовать встроенный редактор формул **Microsoft Equation** со стандартными установками;
- 3) **рисунки и фотографии**, вставленные в документ, должны быть четко выполнены, допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров (толщины линий и размеры обозначений должны обеспечивать четкость при уменьшении рисунка до рациональных размеров). Рисунки предоставлять в виде распечатки на стандартных листах бумаги формата А4 и отдельным файлом в формате *.TIF, *.JPG, с разрешением **300 dpi**, V&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с подписью – 150×235 мм. В тексте статьи должны быть подрисовочные надписи в местах размещения рисунков. Например:

Рис. 4. Расчётная зависимость $\gamma(t)=I_{nv}/I_{n0}$ от времени и удалённости КЗ от выводов асинхронного двигателя

Внимание! Публикация статей является бесплатной. Преимущество опубликования представляется авторам и учреждениям, оформившим подписку на журнал.

Статьи проходят обязательное научное рецензирование.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Магнитогорский государственный технический университет, Редколлегия журнала «Вестник МГТУ» М. Чукину.

Телефоны: (3519) 29-85-26, 29-85-17.

Факс (3519) 22-41-46.

E-mail: vestnik@magtu.ru; mgtu@magtu.ru; nis@magtu.ru (с указанием темы сообщения «Вестник МГТУ»).