

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 3 (21), 2017

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Редакционная коллегия

М.В. Темлянец
(главный редактор)
С.В. Коновалов
(отв. секретарь)
П.П. Баранов
Е.П. Волынкина
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
Жан-Мари Дрезет
Стефан Золотарефф
Пенг Као
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
Е.Г. Оршанская
Т.В. Петрова
Е.В. Протопопов
В.И. Пантелеев
Арвинд Сингх
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
А.В. Феоктистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал
Си Чжан Чен

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Guoyi Tang, Xiaohui Li, Guolin Song, Gromov V.E. Recent progress of external field processing technology in China.....4
Прудников А.Н., Попова М.В., Прудников В.А. Воздействие деформации на структуру и свойства силуминов.....11
Попова М.В., Прудников А.Н., Долгова С.В., Малюх М.А. Перспективные алюминиевые сплавы для авиационной и космической техники.....18
Уманский А.А., Козырев Н.А., Думова Л.В. Анализ взаимосвязи состава металлошихты электроплавки с основными технико-экономическими показателями выплавки рельсовой стали.....24

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Домрачев А.Н., Риб С.В. Обоснование алгоритма оценки влияния состояния выемочных выработок при моделировании работы длинного очистного забоя.....29

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом.....32
Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe в нейтральной среде.....40

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Благиных Е.А., Стерлигов В.В. Обоснование пространственного развития поселения Теба Междуреченского городского округа кемеровской области.....45

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Шмыглева А.В. Заповедники раннесоветской эпохи: теория и практика.....51
Панова В.Ф., Панов С.А., Карпачева А.А., Прохоренко О.Д. Переработка отходов обогащения железной руды.....56

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Думова Л.В., Уманский А.А. Проблема идентификации заинтересованных сторон российскими компаниями в рамках функционирования концепции устойчивого развития (на примере металлургической отрасли).....63

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

К 60-летию Евгения Валентиновича Протопопова	70
Громову Виктору Евгеньевичу 70 лет.....	72
Рефераты	74
К сведению авторов	80

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-52991 от 01.03.2013 г.

Адрес редакции:

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 433 М
тел. 8-3843-74-86-28
http: www.sibsiu.ru
e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru

Адрес издателя:

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 336 Г
тел. 8-3843-46-35-02
e-mail: rector@sibsiu.ru

Адрес типографии:

654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
каб. 280 Г
тел. 8-3843-46-44-02

Подписные индексы:

Объединенный каталог «Пресса России» – 41270

Подписано в печать

26.09.2017 г.

Выход в свет

30.09.2017 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,5.

Уч.-изд.л. 4,9.

Тираж 300 экз.

Заказ № 462.

Цена свободная.

Guoyi Tang^{1,2}, Xiaohui Li^{1,2,3}, Guolin Song¹, V.E. Gromov⁴

¹Advanced Materials Institute, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University

²Key Laboratory for Advanced Materials of Ministry of Education, Department of Materials Science and Engineering, Tsinghua University

³Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals

⁴Siberian State Industrial University

RECENT PROGRESS OF EXTERNAL FIELD PROCESSING TECHNOLOGY IN CHINA*

1. Introduction

The properties of materials and plastic deformation usually can be modified when it is exposed to a specific field. The common external field is composed of electric field [1], magnetic field [2], and ultrasonic field [3], as well as combinations, etc. For example, electropulsing, as an instantaneous high-energy input method, has been applied for enhancement of the plasticity of metallic materials. It not only can reduce the deformation resistance, but also can reduce a large number of defects to improve the surface quality of metals, which is especially applicable to the materials that are difficult to deform. In the early 1960's, a number of investigations have shown that except electronic properties, mechanical properties such as the flow stress, creep rate and stress relaxation also undergo a change, a decrease in the flow stress and an increase in the creep rate and stress relaxation, occurring upon going from the normal to the superconducting state [4].

In China, most of researchers focused on the electromagnetic casting in the liquid forming and electric-pulse assisted plastic deformation in the solid forming. The direct chill casting with electromagnetic stirring has been a main method for producing the semi-solid billets on a commercial scale due to its non-pollution, easy control and continuous production [5, 6]. Low frequency electromagnetic casting (LFEC) is the attracted one among electromagnetic casting compared to conventional casting methods. LFEC was developed by Cui et al [7, 8], in which the low skin effect of low frequency electromagnetic field is used to control the macro-physical fields in the casting

process. External field has long been employed to assist the deformation and control the microstructure of metallic materials since the discovery of electroplastic effect [9]. In the past several decades, researches on the influence of external field on the homogenization [10], solid solution [11], aging [12], recovery and recrystallization [13-15] behavior of metals and alloys have been carried out by many scientists. Recently, Tang et al have dedicated to apply the complex external fields to improve the surface quality and enhance the mechanical properties by means of surface modification. This is greatly expanded the application of external field processing in manufacturing.

In the following a review about the external field processing is presented. After a description of the process principle and process variants mentioned in the literature (see Section 2), information about basic research considering the process analysis and examples is given in Section 3.

2. Principle of the external field processing

Electromagnetic casting

Electromagnetic casting (EMC) is a special semi-continuous process. The absence of contact with the mold eliminates mechanical defects on the surface of the ingot, so the EMC ingots have a very smooth and uniform surface irrespective of the dimensions and the alloys. During the EMC process, the Joule heating produced by the induced currents will heat the metal and obviously influence the temperature field of EMC. There are main two reasons: heat transport and solidification in electromagnetic casters. The function of shape control is based on the magnetic pressure given as $P_m = B^2/2\mu$. The function of fluid driving is induced by imposing a direct electric current and a magnetic field, $F = JB$, or by imposing a traveling

* **Acknowledgements.** GT acknowledges to the financial support from the National Science Foundation of China (Grant No. 50571048).

magnetic field (TMF) [16]. The function of flow suppression appears when applying a direct magnetic field on moving molten metal, based on the principle of $F = \sigma(vB)B$. The function of levitation appears when the gravity force balances with the electromagnetic force, $JB = \rho g$. When electromagnetic force is much larger than the gravity force or the adhesion force due to surface tension, $JB > \max \{|\rho g|, 6\sigma/a^2\}$, the function of splashing takes places. The Joule heat, $q = |J|^2/\sigma$, indicates the function of heat generation. Regarding a magnetization force given as $(\chi/\mu)(B \cdot \nabla)B$ and MB , which is familiar to us as the force to attract iron to a magnet, the functions of crystal orientation and alignment of solidified structures are useful in the materials processing.

The geometry of the solidification front, along with the thermal gradient, determines ingot structure, including the microstructure and segregation, in this technology, as in other casting technologies. From electromagnetic theory [17], the skin depth of the induced currents can be calculated by means of Eq. (1):

$$\delta = \sqrt{2/\mu\sigma\omega}, \quad (1)$$

where μ is the magnetic permeability, σ , the electric conductivity, and $\omega = 2\pi f$, where f is frequency applied in the process. In addition, the relationship between the induced currents and the skin depth is derived from the following equation:

$$I = e^{-\frac{y}{\delta}} I_0, \quad (2)$$

where I is the induced current inside the ingot, y , the distance from the surface to the center of the ingot, δ , the skin depth, and I_0 , the maximum induced current on the surface of the ingot.

Electroplastic forming

The idea that the electrons in a metal exert a drag on dislocations, is now generally accepted [1]. The electron drag coefficient B_e is given by the following expression:

$$(f/l) = \tau b = B_e v_d, \quad (3)$$

where (f/l) is the force per unit length acting on the dislocation, τ is the resolved shear stress, b the Burgers vector and v_d the dislocation velocity.

The other is that drift electrons in a metal may assist dislocations in overcoming obstacles to their motion; i.e. that drift electrons can exert a push or «wind» dislocations, in contrast to drag. That moving electrons in a metal crystal may interact

with the dislocations therein was first reported by Troitskii and Lichtman [18].

Theoretical considerations of the force exerted by drift electrons on dislocations are put forward by Kravchenko [19] and Klimov [20] et al. In these considerations, the force due to drift electrons is proportional to the difference between the drift electron velocity v_e and the dislocation velocity v_d . Further, the theory indicates that the electron wind force f_{ew}/l is proportional to the current density, i.e.

$$\tau_{ew} b = K_{ew} J, \quad (4)$$

where τ_{ew} is the stress acting on the dislocation due to an electron wind, b the Burgers vector, K_{ew} the electron force coefficient and J the current density.

The value of the electron push (drag) coefficient B_{ew} given by:

$$B_{ew} = \tau_{ew} b / v_e = K_{ew} e n, \quad (5)$$

where e is the electron charge and n the electron density. Computer calculations indicated that the plastic flow associated with the stress drop could be explained by assuming the existence of an electron-dislocation interaction stress with added to the applied thermal component of the flow stress in providing thermally-activated plastic flow. Therefore, in addition to the force exerted on the dislocations by an electron wind, the drift electrons also had an effect on one or more of the other parameters of the thermally-activated rate equation.

3. Process analysis

Electromagnetic casting

A comprehensive mathematic model was developed by Tang [6] et al, to describe the interaction of the multiple physics fields (electromagnetic field, fluid flow, heat transfer and solidification) during the electromagnetic stirring process. Fig. 1 shows a sketch of the EMDC installation. The annulus gap is advantageous to increasing circular flow, reducing the temperature gradient as well as hallowing liquid sump depth in the EMDC. In terms of the thermal boundary condition, the heat transfer coefficient at annulus graphite is 2000 W/(m²·K). The secondary cooling boundary is divided into two zones, impingement zone and streaming zone. There are also Cauchy-type boundary conditions, which are formulated according to Eq. (6) and Eq. (7),

$$h = Q^{0.33} [352(T_s + T_w) - 167000] + 20,8(T_s - 273)^3 \quad (6)$$

where h is the heat transfer coefficient at impingement zone; T_s is the ingot surface temperature; T_w is the saturation temperature of water; Q is the cooling water flow rate per unit width of film;

$$h_c = (-1,67 \cdot 10^5 + 704T)Q^{1/3}, \quad (7)$$

where h_c is the heat transfer coefficient at streaming zone; T is the average of bulk temperature and

wall temperature; Q is the cooling water flow rate per unit width of film.

The numerical magnetic flux density and temperature are in good qualitative agreement with the measurements. With increasing annulus gap width, the vortexes would decrease, and move somewhat upward. But too narrow gap is not in favor of operating. With increasing center pipe depth, the circular flow would decrease due to the dislocation of center pipe. When annulus gap is at periphery of the billet, there are two large vortexes

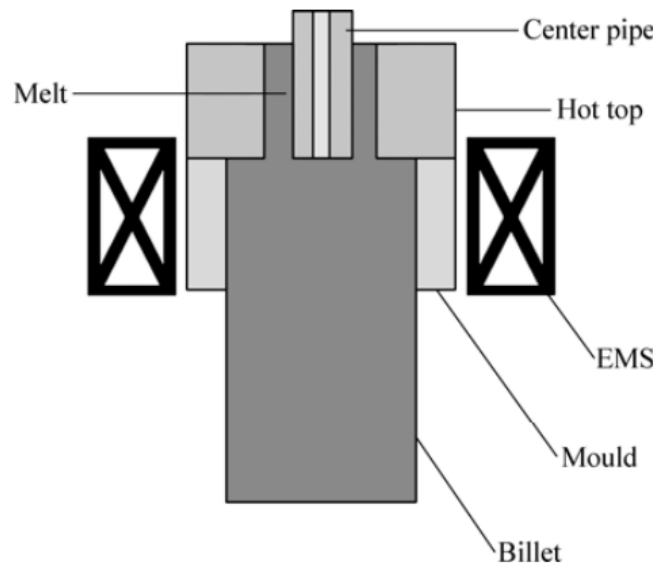


Fig. 1. Schematic diagram of EMDC casting apparatus

under the center pipe. And the temperature gradient of the longitudinal direction in the solidification region falls and the depth of liquid sump shallows evidently.

Wang [21] et al investigated the effect of the electro-magnetic level stabilizer (EMLS) on the molten steel flow. Simulation results indicate that, due to the electromagnetic force, the molten steel is forced to flow toward the magnetic field traveling direction in the region where the magnetic field imposed. The molten steel flow is decelerated in proportion to the imposed electromagnetic force. Consequently, the molten steel flows toward the mold center near the free surface with a smaller imposed electromagnetic force, and it flows toward the nozzle at the nozzle side and toward the narrow face at the narrow face side with a larger imposed electromagnetic force. However, the magnitude of the electromagnetic force is decided by the current intensity and frequency, a suitable imposed electric current can be chosen to minimize the flow velocity and also the amount of mold powder entrancements.

Zhang [22] et al reported that the effects of low frequency electromagnetic field on the macro-

physical fields in the semi-continuous casting process of aluminum alloys. Comparison of the results for the macro-physical fields in the low frequency electromagnetic casting process with the conventional DC casting process indicates the following characteristics due to the application of electromagnetic field: an entirely changed direction and remarkably increased velocity of melt flow; a uniform distribution and a decreased gradient of temperature; elevated isothermal lines; a reduced sump depth; decreased stress and plastic deformation.

Electroplastic rolling

Li [23] et al investigated the effect of current frequency on the electroplastic rolling in AZ31 magnesium alloy. It is shown that the mechanical properties, microstructure, and texture are highly current frequency-dependent. Best mechanical properties are obtained from 500 Hz ER specimen by carrying out tensile tests for all the rolled strips. Besides, the frequencies of twin boundaries, which are reduced to the minimum at 500 Hz, vary with the current frequency.

The schematic view of the ER equipment is shown in Fig. 2. Multiple current pulses were applied to the strip directly between the anode and the cathode (two rolls of mill) at a distance of 225 mm on-line continuously when the strip was rolled with the speed of 1.5 m/min. When the activated slip modes are insufficient to accommodate strain along a specific direction, twinning would become a supplement as another deformation mode. Whereas once the CRSSs for certain slip systems are reduced to relatively low values or enough driving force is provided to facili-

tate the motion of dislocations, slip is supposed to be the dominant deformation mode, vice versa, twinning will be suppressed at the same time. Electroplastic effect is a combination of thermal and athermal effect. Athermal effect is weakened as current frequency rises, and the thermal effect is strengthened. Since the two components behave conversely as current frequency rises, a balance point should exist to maximize this effect. The point is supposed to be at 500 Hz. During ER, the thermal effect mainly contributes to reducing the

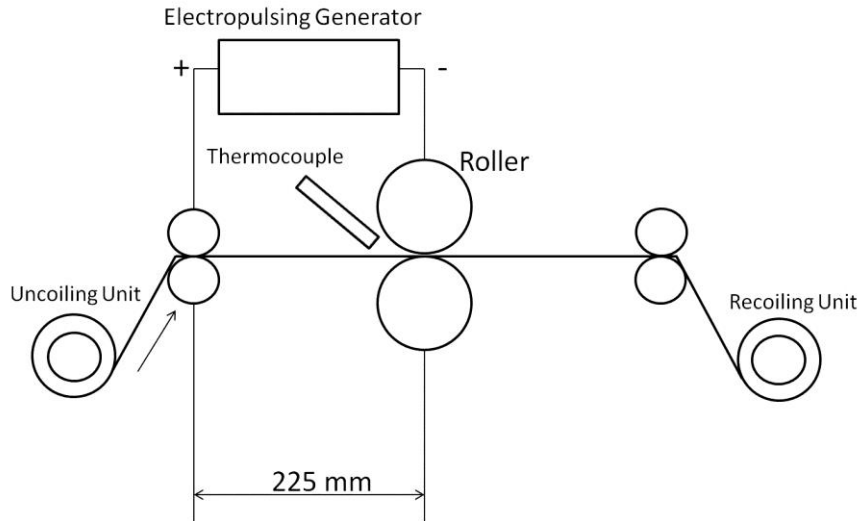


Fig. 2. Schematic drawing of electropulsing rolling (ER) process

CRSSs for non-basal slip systems, while the athermal effect is more responsible for the dragging force that is directly exerted on dislocations.

The effect of electroplastic-differential speed rolling (EDSR) on manufacturing thin AZ31 strip was further investigated by Li [24] et al. The strips were cold rolled at room temperature with 8 % reduction per pass by symmetrical electroplastic rolling (ER) and EDSR. The ductility of rolled strip is significantly enhanced by EDSR, with an acceptable decrease of tensile strength compared to the strip by ER, which may be attributed to the fully dynamic recrystallization (DRX) and tilted basal poles in the EDSR sample. It can be found that for the EDSR and ER samples, both the grain morphology and grain size are totally different. The ER sample exhibits equiaxial grains with relatively large grain size. In contrast, fine grains elongated along the RD are observed in the EDSR sample. It can be inferred that DRX takes place in the ER sample, promoted by the cooperation of thermal and athermal effect of current pulse. The thermal effect can be expressed by rising temperature related to the Joule law, and the athermal effect can be offered by periodic drastic impacting force between electrons and atoms. During EDSR, the deformation resistance is substantially de-

creased. Besides, the elongation to failure of rolled strip by EDSR increases significantly with an acceptable decrease of tensile strength, compared with the strip by ER. This is related to the microstructure and texture evolution of these two processes. During ER, a number of compression twin and double twin generate on account of limited slip modes to accommodate the strain along ND as reduction increases, resulting in serious stress concentration and premature failure in uniaxial tensile tests. Whereas for EDSR, refined grains with a tilt of basal poles towards RD about 15° are formed as result of fully DRX promoted by the cooperation of current pulse and shearing stress induced by DSR.

Electroplastic treatment

Two magnesium alloys AZ31 and ZEK100 were subjected to cold rolling followed by electropulse treatment (EPT) for different durations in order to investigate the microstructure and texture evolution during EPT [25]. AZ31 started to recrystallize once the electropulse current was applied. The low local misorientation value in the nuclei, which is usually interpreted as the nuclei being strain free, indicates the discontinuous nature of the process. Tremendous texture weaken-

ing is achieved in both alloys when comparing the {0002} pole figures of deformed matrix and the nuclei, suggesting a significant role the nucleation stage played in the texture modification.

It is interesting to note that rather than being unique in samples subjected to EPT, the nucleation at shear bands are actually very common phenomena in conventional annealing treatment. In the latter treatment, though we will not feel surprise to obtain weak in the RE containing alloy, up till now, texture modification in the commercial alloy has not been reported yet. For AZ31 subjected to conventional annealing, unlike its

EPT counterpart, strong basal texture is usually maintained during the whole process of the static recrystallization, even when only the textures corresponding to the nuclei at shear bands are considered. This suggests that the modified texture obtained in AZ31 in the present case is not appropriate to be ascribed to the special nucleation sites (shear bands) but to the selective effect brought about by the electropulse current: in EPT, the nucleation of non-basal nuclei is promoted at the expense of the basal oriented ones.

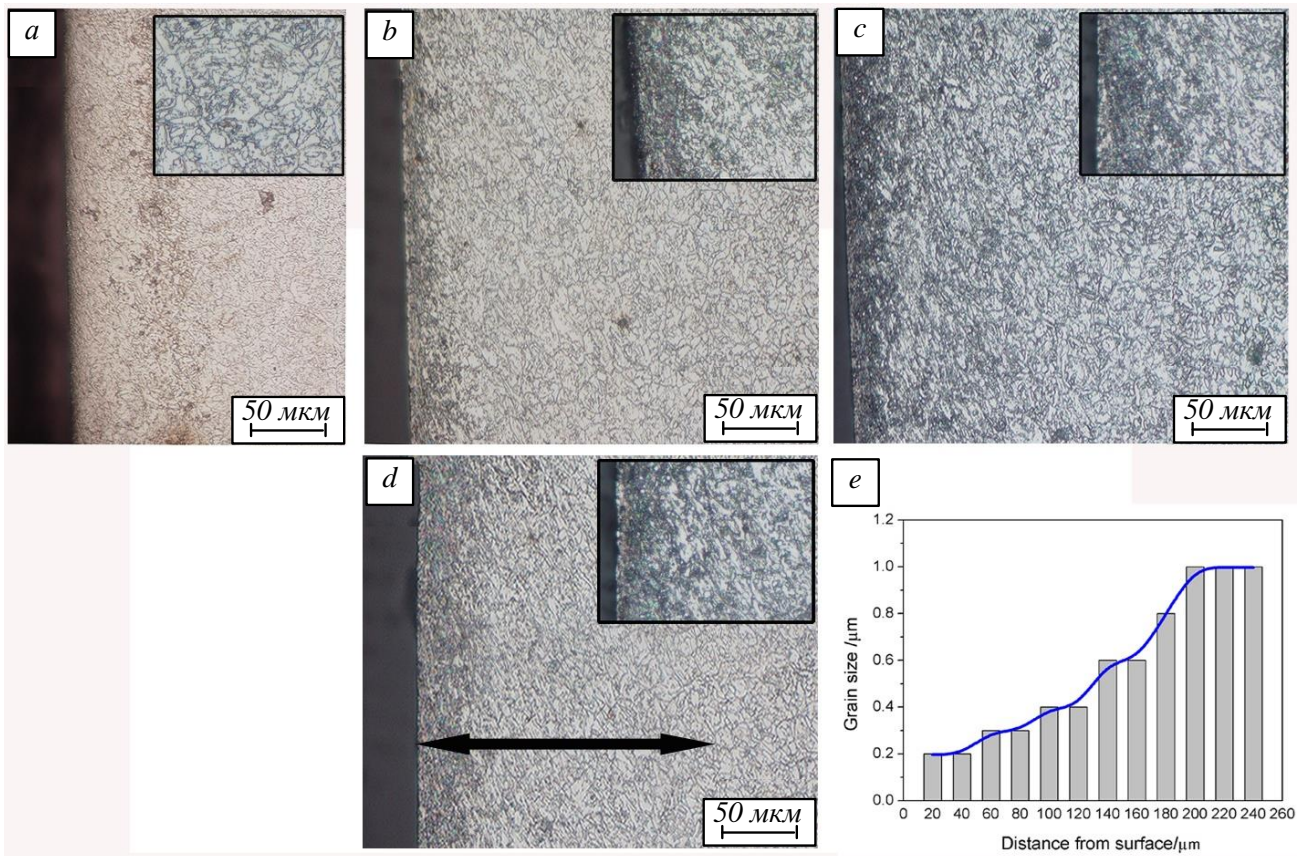


Fig. 3. 3D micrograph of cross-section specimens after treatment of conventional cutting (a); UESM at 2t (b); UESM at 4t (c); UESM at 6t, top right corner with higher magnification 1400X (d); Histogram of grain size distribution (e)

Ultrasonic-electric surface modification

An ultrasonic-electric surface modification (UESM) treatment, under different vibration frequencies, was employed by Liu [26] et al. to improve the surface properties of 2316 stainless steel. A grain refinement layer was formed on the specimen's surface after UESM treatment. The average grain size on the top surface was refined into the submicrometer or nanometers scales (Fig. 3). The needle-shaped martensitic phase after conventional cutting was observed in Fig. 3, a. After UESM at 2t and 4t, the thickness of the refined zone was about 90 μm and 180 μm, respectively. The

UESM surface showed a gradient grain size distribution from the top surface to the interior (Fig. 3, e). The average grain size in the gradient grain layer was about 1 μm. The majority of broken grains were below 0.4 μm and a few of nano-particles also appeared.

The effect of electropulsing assisted ultrasonic impact treatment (EUIT) on the mechanical properties and microstructure evolution of S50C steel welded components has been investigated by Ye [27] et al. They developed a relatively new post-weld treatment method to eliminate the residual stress and improve the surface mechanical proper-

ties (Fig. 4). The results show that EUIT exhibited better surface modification capability under the condition of electropulsing than using exclusively ultrasonic impact treatment (UIT). After EUIT treatment, plastic deformation layer consists of refinement grains formed on the sample surface, and residual tensile stress converted into residual compressive stress attributed to dislocation rearrangements.

The mechanism of UIT eliminate residual stress is to input vibrational energy on welding structures, make the plastic deformation happened on the surface, and change the dislocation distribution, dislocations move from high-energy state to a lower-energy state, and form stable dislocation. Microscopic stress field disappears since the appearance of stable dislocation. So the severer

surface plastic deformation, the better eliminate residual stress rate. The surface microhardness depends on the size of grains and dislocation density. Hall-Petch Equation showed the relationship between microhardness H_v and grain size d . Hall-Petch Equation is useful to explain the behavior of the refined layer. The finer grain caused the greater hardness.

Conclusions. As this literature review shows external field processing technology aroused lively interest being invented in the 1960 s. Different applications ranging from the liquid forming, solid forming and materials surface modification as well as highly demanding parts in a small number of items to scale production with large lot sizes and high production rates are reported about the research and development of external field

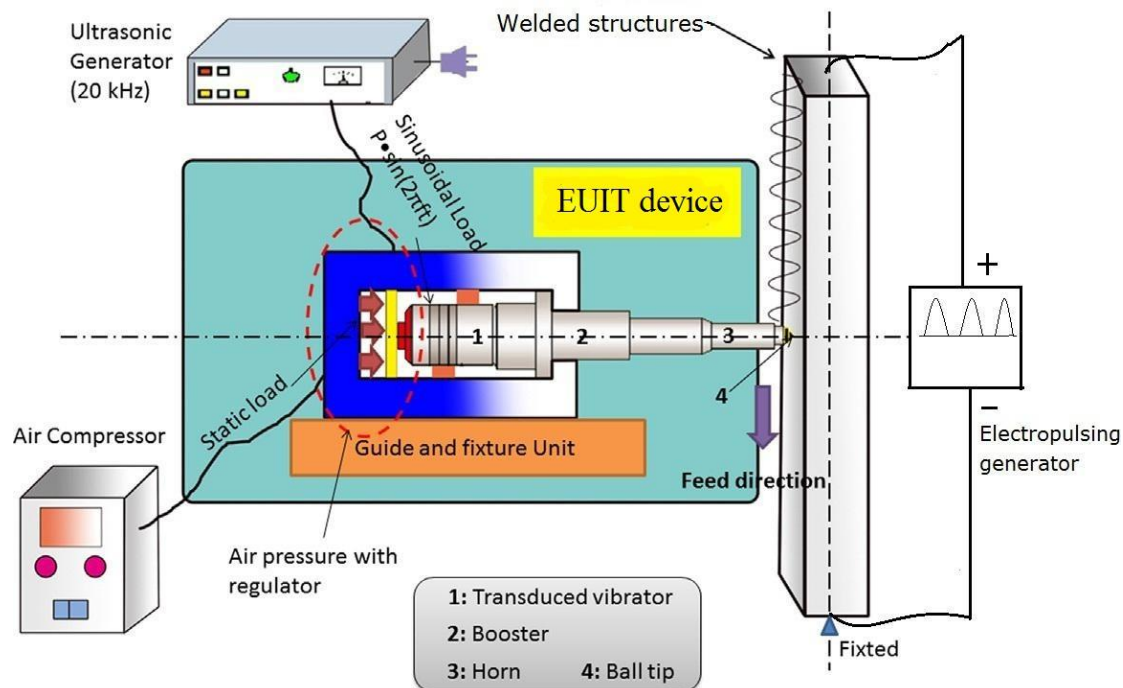


Fig. 4. The schematic diagram of the EUIT process and installation.

processing technology in China. Despite or maybe even due to this novel technology and the emphasis on the process advantages and principles without comparable mentioning the production cost, which might have led to disappointment. This might be ascribed to the following open questions and unsolved problems, which demonstrate the need for the future work.

REFERENCES

1. Sprecher A.F., Mannan S.L., Conrad H. On the mechanisms for the electroplastic effect in metals // *Acta Metal. Mater.* 1986. No. 34. P. 1145 – 1162.
2. Lv B., Qiao S., Sun X. Exploration on repairing fatigue damage of steel specimens with magnetic treatment // *Scripta Mater.* 1999. No. 40. P. 767 – 771.
3. Liu Y., Zhao X., Wang D. Determination of the plastic properties of materials treated by ultrasonic surface rolling process through instrumented indentation // *Mater Sci Eng: A.* 2014. No. 600. P. 21 – 31.
4. Okazaki K., Kagawa M., Conrad H. A study of the electroplastic effect in metal // *Scripta Metal. Mater.* 1978. No. 12. P. 1063 – 1068.
5. Fan Z. *International Materials Reviews*, 2002. No. 47. P. 1 – 37.
6. Tang M., Xu J., Zhang Z., Bai Y. Effects of annulus gap on flow and temperature field in electromagnetic direct chill casting process // *Trans. Non-ferrous Met Soc. China.* 2011. No. 21. P. 1123 – 1129.

7. Dong J., Cui J. Effect of low-frequency electromagnetic field on microstructures and macrosegregation of $\Phi 270$ mm DC ingots of an Al–Zn–Mg–Cu–Zr alloy // *Mater Letts*. 2005. No. 59. P. 1502 – 1506.
8. Dong J., Cui J., Ban C., Liu X. Effect of Low Frequency Electromagnetic Casting on the Castability, Microstructure, and tensile properties of DC cast Al-Zn-Mg-Cu Alloy // *Metalurgical and Materials Transactions A*. 2004. No. 35. P. 2487 – 2494.
9. Conrad H., Sprecher A.F. *Dislocations in Solids*. – Elsevier: Amsterdam, 1989. P. 497 – 540.
10. Liu W., Liang K., Zheng Y., Cui J. Influence of homogenization treatment in an electric field on the workability of 1420 Al-Li alloy during hot rolling // *Journal of materials science letters*. 1996. No. 15. P. 1918 – 1920.
11. Jiang Y., Tang G., Shek C., Zhu Y., Xu Z. On the thermodynamics and kinetics of electropulsing induced dissolution of β -Mg₁₇Al₁₂ phase in an aged Mg–9Al–1Zn alloy // *Acta Mater*. 2009. No. 57. P. 4797 – 4808.
12. Liu W., Cui J. A study on the ageing treatment of 2091 Al-Li alloy with an electric field // *Journal of materials science letters*. 1997. No. 16. P. 1410 – 1411.
13. Conrad H., Guo Z., Sprecher A. Effect of electropulse duration and frequency on grain growth in Cu // *Scripta Metal. Mater*. 1990. No. 24. P. 359 – 362.
14. Xu Z., Tang G., Ding F., Tian S., Tian H. *Applied Physics A*. 2007. No. 88. P. 429 – 433.
15. Gromov V.E., Ivanov Y.F., Stolboushkina O.A., Konovalov S.V.. Dislocation substructure evolution on Al creep under the action of the weak electric potential // *Mater. Sci. Eng: A*. 2010. No. 527. P. 858 – 861.
16. Asai S. Recent development and prospect of electromagnetic processing of materials // *Sci. and Tech. of Advanced Materials*. 2000. No. 1. P. 191 – 200.
17. Hao H., Jin J., Zhang X. Joule heating in electromagnetic casting // *Sci. and Tech. of Advanced Materials*. 2001. No. 2. P. 93 – 96.
18. Troitskii O.A., Likhtman V.I. The anisotropy of the electron and gamma-irradiation action on the deformation process of zinc single crystals in a brittle state // *Dokl Akad Nauk S.S.S.R*, 1963. No. 148. P. 332 – 334.
19. Kravchenko V.Y. Role of electron wind in electroplastic deformation of metals // *J. Exp. Theoret. Phys. U.S.S.R*. 1966. No. 511. 976 p.
20. Klimov K.M., Shnyrev G.O., Novikov I.I. Electroplastic effect in metals // *Soviet Phys. Dokl*. 1975. No. 19. P. 787.
21. Wang H., Zhu M., Yu H. Numerical Analysis of Electromagnetic Field and Flow Field in High Casting Speed Slab Continuous Casting Mold With Traveling Magnetic Field // *Journal of Iron and Steel Research*. 2010. No. 17. P. 25 – 30.
22. Zhang H., Cui J. Production of super-high strength aluminum alloy billets by low frequency electromagnetic casting // *Trans. Non-ferrous Met. Soc. China*. 2011. No. 21. P. 2134 – 2139.
23. Li X., Tang G., Kuang J., Li X., Zhu J. Effect of current frequency on the mechanical properties, microstructure and texture evolution in AZ31 magnesium alloy strips during electroplastic rolling // *Mater. Sci. Eng: A*. 2014. No. 612. P. 406 – 413.
24. Li X., Wang F., Li X., Tang G., Zhu J. Improvement of formability of Mg–3Al–1Zn alloy strip by electroplastic-differential speed rolling // *Mater. Sci. Eng: A*. 2014. No. 618. P. 500 – 504.
25. Ion S.E., Humphreys F.J., White S.H. Dynamic Recrystallisation and the Development of Microstructure during the High Temperature Deformation of Magnesium // *Acta Metallurgica*. 1982. No. 30. P. 1909 – 1919.
26. Liu D., Li X., Tang G., Chen L., Wang H. An ultrasonic-electric surface modification of stainless steel treatment // *Materials Science and Technology*. 2014. Submission.
27. Ye Y., Li X., Tang G. The effect of electropulsing assisted ultrasonic impact treatment on the mechanical properties and microstructure evolution of steel // *Materials Science and Technology*. 2014. Submission.

© 2017 г. Guoyi Tang,
Xiaohui Li, Guolin Song,
V.E. Gromov

Поступила 15 августа 2017 г.

УДК 621.777:669.715

*А.Н. Прудников, М.В. Попова, В.А. Прудников***Сибирский государственный индустриальный университет****ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СИЛУМИНОВ***

В настоящее время некоторые металлические материалы не могут быть использованы в промышленности для получения изделий путем обработки давлением из-за их низкой пластичности или полного ее отсутствия. К таким материалам можно отнести заэвтектические силумины. Первые работы по деформации таких силуминов появились сравнительно недавно – в конце XX века, хотя еще в 1930-ые годы С.М. Воронин установил возможность обработки давлением сплавов, содержащих до 20 % гитвубз [1]. В последние несколько десятилетий появились работы, посвященные различного вида пластической деформации высококремнистых силуминов. Так, в работах [2 – 6] показана связь химического состава заэвтектических силуминов с ресурсом пластичности и с энергосиловыми и термоскоростными параметрами процессов горячего прессования и прокатки, осуществляемых различными способами. В работах, посвященных технологиям изготовления заготовок и поршней двигателей обработкой давлением из легированных заэвтектических силуминов [7 – 12], результаты получены в промышленных условиях. Однако работ, выполненных по этой тематике в области заэвтектических силуминов, недостаточно. Кроме того, необходимо учитывать присутствие в алюминиевых сплавах водорода (объем которого составляет 60 – 90 % от общего объема газов), который способен взаимодействовать с металлом в процессе его деформирования [13]. Сведения, приводимые в литературе, в основном носят отрывочный характер и, в подавляющем большинстве, не учитывают связь содержания водорода со структурой и механическими свойствами при деформации силуминов.

В настоящей работе проведено исследование влияния деформации на микроструктуру,

содержание водорода и механические свойства силуминов, содержащих 11 – 30 % кремния.

В работе исследовали бинарные эвтектические и заэвтектические силумины, содержащие 11, 15, 20, 25 и 30 % кремния. Сплавы готовили в электрической печи сопротивления с карбидокремневыми нагревателями из технической чистого алюминия А6 и кремния Кр0. Силумины, содержащие 15 – 30 % кремния, модифицировали фосфористой медью МФ-1 (содержание фосфора составляло примерно 10 %) в количестве 0,1 % от массы расплава. Содержание фосфора в сплавах составляло 0,008 – 0,0011 % по показаниям эмиссионного спектрометра ARL 4460. При выплавке силумина эвтектического состава модифицирование не проводили. Заливку проводили в алюминиевую форму квадратного сечения с размером стороны 80 мм и высотой 250 мм. Для получения заготовок под деформацию от слитка отрезали донную (высотой 15 мм) и прибыльную (высотой 50 мм) части. Масса заготовки составляла 3,20 – 0,05 кг. Заготовки перед деформацией подвергали гомогенизирующему отжигу при температуре 500 ± 10 °С в течение 2 ч. Температура нагрева заготовок под ковку, которую проводили на пневматическом молоте МВ 412 с массой падающих частей 150 кг, составляла 510 – 550 °С в зависимости от содержания кремния в силумине. Заготовки из сплавов, содержащих 11 – 15 % кремния, благодаря достаточной пластичности были прокованы на пруток сечением 15×15 мм без промежуточных отжигов. Температура окончанияковки составляла 350 – 400 °С. Для сплавов, содержащих 20 – 30 % кремния, в процессековки проводили промежуточные отжиги при температуре 510 – 550 °С в течение 1,0 – 1,5 часа. Сечение прутка 15×15 мм было получено после 3 – 5 цикловковки. Величина общего коэффициента укова ($K_{\text{общ}}$) для прутков из всех исследуемых сплавов составляла 28. Постдеформационный отпуск поковок проводили при температуре 520 ± 10 °С в течение 2 ч.

* Работа выполнена под руководством профессора В.К. Афанасьева.

Для исследования микроструктуры сплавов и определения объемных долей структурных составляющих использовали оптический анализатор «EPIQANT» (Karl Zeiss).

Механические характеристики определяли по испытаниям на статическое растяжение в соответствии с ГОСТ 1497 – 84 на цилиндрических образцах с диаметром рабочей части 6 мм на машине «Instron – 3369». Для измерения микротвердости α -твердого раствора алюминия в силуминах использовали прибор ПМТ-5.

Рентгеноструктурный анализ проводили с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3,0 в кобальтовом K_{α} -излучении с длиной волны (λ) 0,1790 нм. Для расчета параметра решетки α -твердого раствора алюминия использовали линию $(331)_{\alpha}$ с поправками на преломление и поглощение.

Содержание водорода определяли методом вакуумной экстракции на газоанализаторе В-1 с использованием образцов диам. 8 мм и длиной 45 мм.

Известно, что в алюминиевых сплавах со структурой твердого раствора после горячей пластической деформации – содержание водорода уменьшается, а после холодной деформации – увеличивается [14, 15]. Деформация алюминий-кремниевых сплавов приводит к изменению содержания водорода не только в твердом растворе, но и в выделениях эвтектического и первичного кремния.

На рис. 1 показано влияние содержания кремния и состояния сплава на содержание водорода, определенное в сплавах Al – 11 ÷ 30 % Si. В литом состоянии в силуминах большая часть водорода методом вакуумной экстракции не определяется, так как он находится в связанном виде в выделениях фазы β -Si и на межфазных границах [16]. Резкое увеличение экстрагированного количества водорода в горячедеформированном сплаве, видимо, связано с его перераспределением из выделений фазы β -Si в твердый раствор. После холодной деформации содержание водорода в сплавах увеличивается еще значительно – до 10 – 30 $\text{см}^3/100$ г металла, а отжиг деформированной заготовки существенно снижает газосодержание. Объяснить полученные результаты можно, если учесть тот факт, что при деформации силумина под действием повышенных температур и напряжений, возникающих в металле, водород переходит из выделений фазы β -Si и с межфазных границ в матричный твердый раствор алюминия. Этот процесс вызывает резкое увеличение содержания экстрагированного водорода в деформированном силумине. В то же время при горячей

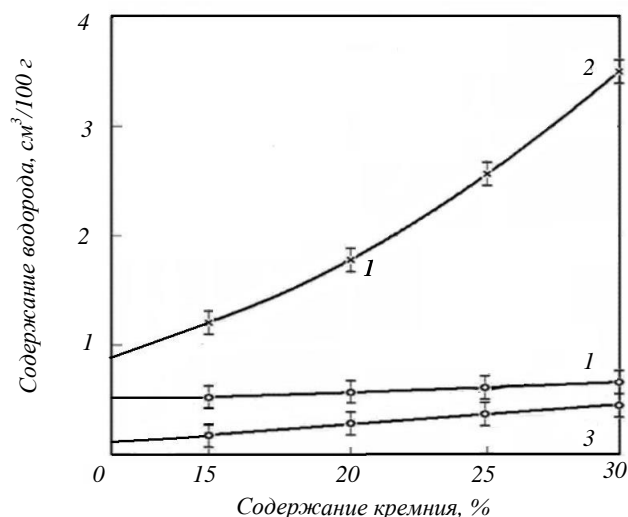


Рис. 1. Влияние содержания кремния и состояния сплава на количество экстрагированного водорода из силуминов: 1 – литое состояние; 2 – состояние после отжига при 500 °С в течение 2 ч и горячейковки; 3 – состояние после постдеформационного отжига при 520 °С в течение 2 ч

деформации протекает процесс дегазации, то есть выхода водорода из твердого раствора алюминия в атмосферу. По-видимому, соотношение интенсивностей протекания этих процессов и определяет содержание водорода в заготовке после его деформации. Можно полагать, что именно поэтому резко возрастает содержание водорода в заэвтектических силуминах при холодной деформации: содержание водорода повышается в твердом растворе весьма интенсивно, а его дегазация практически не протекает при комнатной температуре.

С повышением содержания кремния в силуминах в их структуре увеличивается объемная доля кристаллов первичного и эвтектического кремния и, следовательно, возрастает количество водорода, связанного в них. Такое положение при деформации литых сплавов приводит к более интенсивному росту содержания экстрагированного водорода в деформированных заготовках, имеющих в своем составе большее количество кремния. Для высококремнистых силуминов с содержанием кремния более 25 % уже при незначительных степенях деформации при ковке и прокатке содержание водорода в твердом растворе резко возрастает (до 3 – 4 $\text{см}^3/100$ г и выше) и только с помощью длительного отжига можно снизить его содержание.

Указанные изменения содержания водорода при деформации силуминов в наибольшей мере справедливы для заэвтектических сплавов, в структуре которых содержится значительное количество кристаллов первичного кремния (КПК). Если же с помощью наводороживания

расплава и увеличения скорости кристаллизации в слитках из заэвтектических сплавов подавлено образование первичных кристаллов [17 – 19], то увеличение содержания водорода при последующей деформации происходит в меньшей мере. Например, при деформации сплава Al – 20 % Si с эвтектической структурой выделение количества экстрагированного водорода намного меньше ($0,8 \text{ см}^3/100 \text{ г}$), чем в сплаве того же состава, модифицированном фосфористой медью ($1,8 \text{ см}^3/100 \text{ г}$).

Горячая деформация совместно с отжигом значительно уменьшает содержание водорода в силуминах и приводит к существенным изменениям их структуры. Причем наибольшие изменения микроструктуры фиксируются в зонах с максимальной степенью деформации. Так как при прокатке максимальные напряжения и деформации сосредоточены в поверхностных слоях заготовок, то именно здесь в наибольшей мере измельчаются КПК и протекает процесс дегазации при отжиге, который приводит к уменьшению травимости выделений первичного кремния и твердого раствора. Послековки заготовок максимальные структурные изменения происходят в центральной части, а при прессовании их расположение определяется схемой истечения металла.

Микроструктура силуминов, содержащих 11 и 20 % кремния, в литом состоянии и после горячейковки с общим коэффициентом укова 28 приведена на рис. 2. Можно констатировать, что деформация с отжигами приводит к измельчению КПК, сфероидизации выделений эвтектического кремния и значительному увеличению количества α -твердого раствора. С увеличением суммарной степени деформации усиливается строчное расположение как первичных, так и эвтектических выделений кремния в структуре поковок. Причем в их центральной зоне формируется структура с минимальным количеством КПК и более мелкой глобулированной эвтектикой, чем в остальных зонах, что объясняется возникновением максимальных деформаций в этой зоне при ковке. С увеличением продолжительности и числа промежуточных отжигов различия по структуре между зонами поковки для заэвтектических силуминов уменьшаются. Результаты количественного анализа микроструктуры сплава Al – 20 % Si в зависимости от степени горячей деформации (рис. 3) соответствуют литературным данным [20 – 22] об измельчении КПК, а также показывают значительное

увеличение объемной доли α -твердого раствора. Такое изменение соотношения структурных составляющих сплава находится в соответствии с процессами дегазации, протекающими при горячей ковке и отжиге силуминов. В то же время в результате холодной деформации повышается содержание водорода в сплавах и увеличивается объемная доля эвтектики.

Так, в структуре слитка из сплава Al – 11 % Si объемные доли твердого раствора и эвтектики составляли 34,8 и 65,2 % соответственно. После горячейковки в микроструктуре определили уже 46,6 % α -твердого раствора и 53,4 % эвтектики, а микроструктура этого же сплава после холодной деформации состояла из 28,4 % твердого раствора и 71,6 % эвтектики. Отжиг деформированного металла приводит к увеличению объемной доли твердого раствора до 66,6 % при уменьшении доли эвтектики до 33,4 % (рис. 4). Для сплава, содержащего 20 % кремния, объемная доля твердого раствора увеличивается от 9 % в литом состоянии до 43,6 % в сплаве, подвергнутом горячей циклической деформации с последующим отжигом.

Указанные изменения микроструктуры, происходящие при горячей деформации и отжиге силуминов, определяются величиной степени деформации и позволяют говорить о растворении части кремния в α -твердом растворе алюминия. Рентгеноструктурный анализ образцов, вырезанных из силуминовых поковок, показал, что после горячей пластической деформации происходит некоторое уменьшение параметра решетки α -твердого раствора алюминия (см. таблицу). Такое уменьшение параметра решетки α -твердого раствора в заэвтектических силуминах можно объяснить одновременным протеканием нескольких процессов при горячей деформации. Прежде всего происходит растворение части кремния в алюминиевой матрице, при этом уменьшается параметр ее кристаллической решетки. Это уменьшение связано с тем, что кремний образует в алюминии твердый раствор замещения, а радиус его атома меньше, чем у атома основы [23]. Наряду с этим при разложении кристаллов кремния под действием температуры и напряжений, возникающих при деформации, происходит выделение водорода, растворенного в них и находящегося на межфазных границах, в твердый раствор и последующий его выход из решетки алюминия в атмосферу.

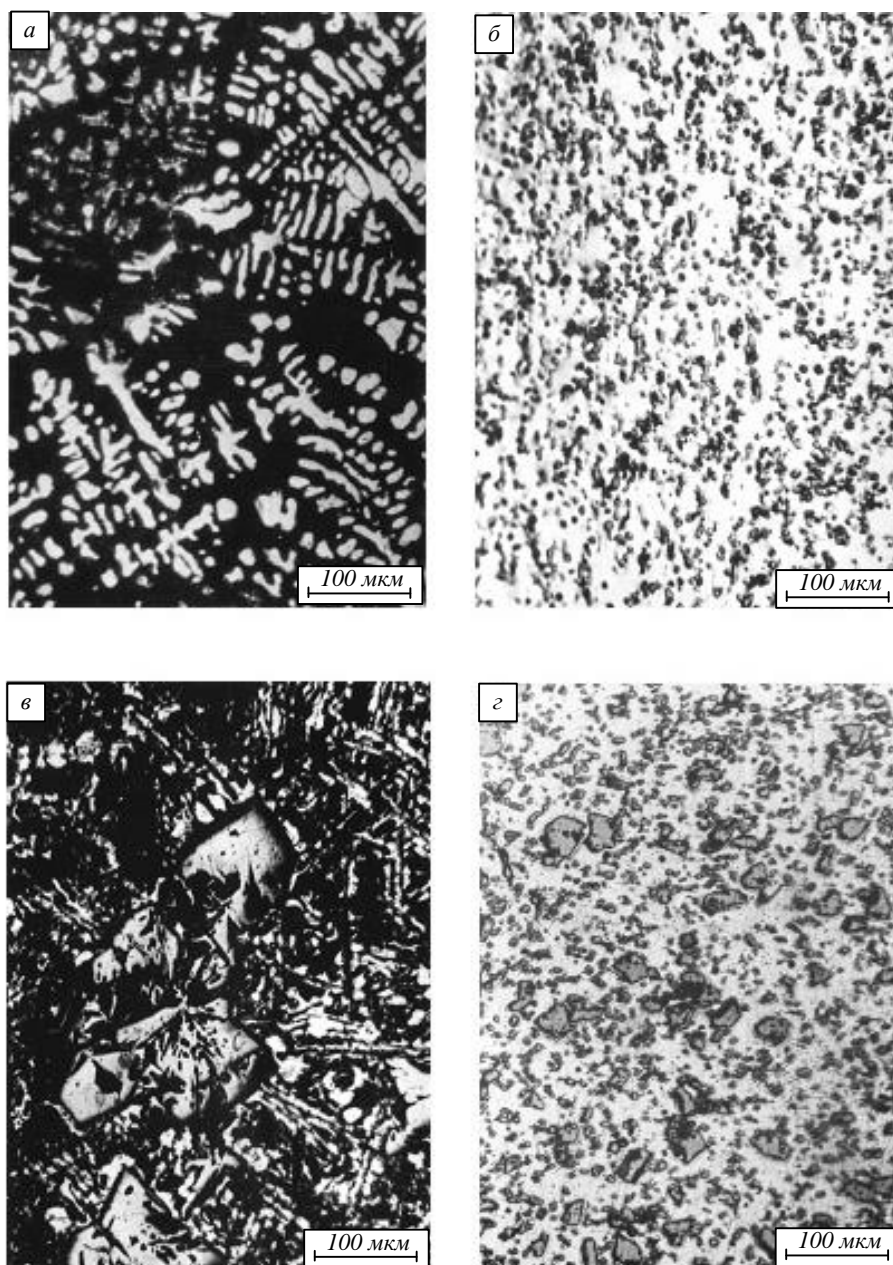


Рис. 2. Микроструктура силуминов с 11 % Si (а, б) и 20 % Si (в, г) в литом состоянии (а, в) и после гомогенизирующего отжига при 500 °С в течение 2 ч последующей горячейковки ($K_{\text{общ}} = 28$) и отжига при 520 °С в течение 2 ч (б, г) $\times 120$

Если переход водорода в α -твердый раствор алюминия увеличивает параметр решетки последнего, то удаление его в атмосферу оказывает противоположное действие. Данные по микротвердости α -твердого раствора алюминия для силуминов с содержанием кремния 11 – 25 % подтвердили возможность его упрочнения за счет растворения в нем части кремния в процессе деформации сплавов. Для заэвтектических силуминов упрочнение твердого раствора после деформации составило 8 – 17 %, а для эвтектического состава – 6 % (см. таблицу). Результаты определения механических характеристик при растяжении образцов, изготовлен-

ных из литых и горячедеформированных силуминов после отжига, приведены на рис. 5. Можно констатировать, что горячая деформация совместно с отжигами положительно влияет на механические свойства силуминов, особенно на пластичность, что, в первую очередь, связано с измельчением и сфероидизацией первичных и эвтектических выделений β -Si. Так, поковки, полученные из силуминов с содержанием кремния 20 – 30 % ($K_{\text{общ}} = 28$), имеют временное сопротивление разрыву на 15 – 75 % выше, чем сплавы в литом состоянии. Отсутствие прироста прочности для поковок, содержащих 11 и 15 % кремния, можно

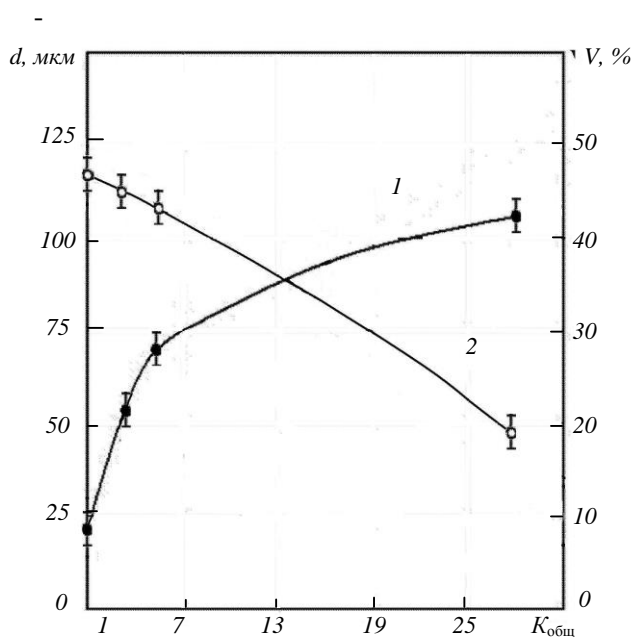


Рис. 3. Изменение объемной доли α -твердого раствора V (1) и среднего размера КПК d (2) в зависимости от общего коэффициента укова ($K_{обш} = 28$) для сплава Al – 20 % Si

объяснить влиянием динамической рекристаллизации, протекающей при температуре горячей деформации и снижающей эффект наклепа и измельчения КПК, тем более, что в структуре эвтектического силумина они отсутствуют (Al – 11 % кремния), а в сплаве с 15 % кремния

Влияние горячей пластической деформации ($K_{обш} = 28$) на микротвердость (H_{μ}) и параметр решетки α -твердого раствора алюминия (a) в силуминах

Сплав*	H_{μ} , МПа	a , нм
Al – 11 % Si	520	0,40580
	551	0,40556
Al – 15 % Si	548	0,40573
	644	0,40556
Al – 20 % Si	558	0,40550
	630	0,40525
Al – 25 % Si	499	0,40515
	542	0,40488

*Приведены значения параметров в литом состоянии (числитель) и после отжига иковки (знаменатель)

Так, в несколько раз увеличивается относительное удлинение, достигая для эвтектического силумина значений, превышающих 16 %, а для поковок из заэвтектических силуминов – 5 – 14 %. Такой характер изменения механических свойств силуминов при их деформации согласуется с результатами работ [3, 20].

Выводы. Горячая деформация высококремнистых силуминов приводит к измельчению и сфероидизации первичных и эвтектических

их доля незначительна. Наиболее существенно после отжигов и горячейковки повышается пластичность силуминов.

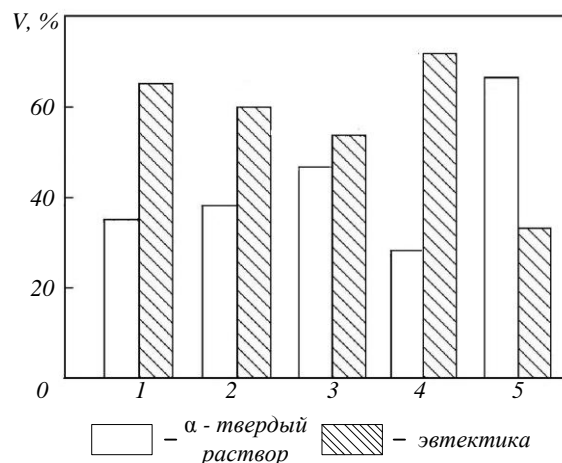


Рис. 4. Зависимость объемных долей (V) α -твердого раствора и эвтектики (Al + Si) в сплаве Al – 11% Si от его состояния:

1 – литое; 2 – после отжига при 500 °C в течение 2 ч; 3 – после отжига при 500 °C в течение 2 ч и горячейковки; 4 – после отжига при 500 °C в течение 2 ч и холоднойковки; 5 – после постдеформационного отжига при 520 °C в течение 2 ч

кристаллов β -Si, а также к увеличению в структуре объемной доли α -твердого раствора. Указанные изменения структуры эвтектических и заэвтектических силуминов обеспечивают значительное повышение их механических характеристик, особенно пластических, что открывает широкие перспективы использования этих сплавов в деформированном состоянии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов С.М., Саморуков И.А. Исследование сплавов типа силумин. – М.: Металлургиздат, 1933. – 100 с.
2. Эскин Г.И., Артес А.Е., Панов Е.И. и др. Исследование технологии изготовления деформированных полуфабрикатов из заэвтектических силумина 01392 с использованием поперечно-винтовой прокатки // Технология легких сплавов. 2008. № 1. С. 83 – 89.
3. Панов Е.И., Эскин Г.И. Влияние поперечно-винтовой прокатки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // МиТОМ. 2004. № 9. С. 7 – 13.
4. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // Технология металлов. 2014. № 2. С. 8 – 11.
5. Афанасьев В.К., Прудников А.Н., Перетячко В.Н. Оценка пластичности и сопротивления деформации заэвтектического поршневого силумина // Изв. вуз. Цветная металлургия. 2003. № 2. С. 23 – 25.
6. Афанасьев В.К., Прудников А.Н. Разработка состава поршневого заэвтектического силумина // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 4. С. 35 – 37.
7. Эскин Г.И., Пименов Ю.П. Получение деформированных полуфабрикатов из заэвтектических силуминов // Технология легких сплавов. 1996. № 2. С. 51 – 55.
8. Прудников А.Н. Технология производства, структура и свойства поршней двигателей из заэвтектического деформируемого силумина // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 5. С. 45 – 48.
9. Афанасьев К.В., Прудников А.Н., Горшенин А.В. Технология получения слитков, деформированных заготовок и поршней из заэвтектического жаропрочного силумина и их свойства // Обработка металлов. 2010. № 3. С. 28 – 31.

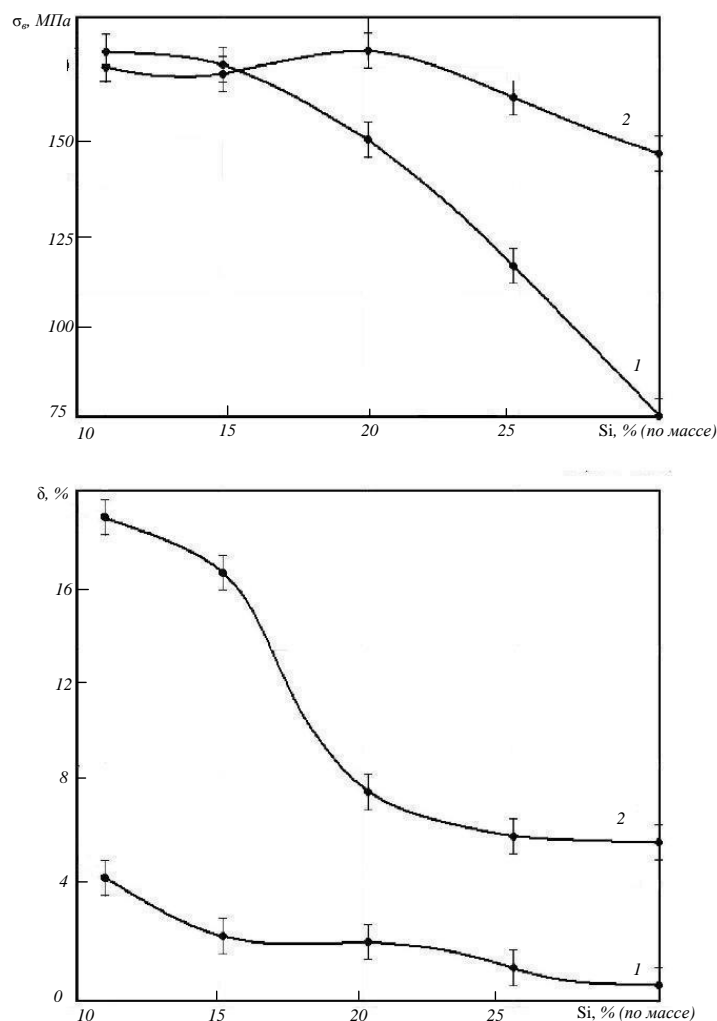


Рис. 5. Зависимость временного сопротивления разрыву (σ_v) и относительного удлинения (δ) образцов из силуминов в литом состоянии (1) и после отжига при 500 °С в течение 2 ч и горячейковки ($K_{обц} = 28$) (2)

10. Прудников А.Н., Прудников В.А. Формирование структуры заэвтектического силумина при литье слитков полунепрерывным способом // Актуальные проблемы в машиностроении. 2017. Т. 4. № 3. С. 78 – 83.
11. Prudnikov A.N. Deformable heatproof transeutectic sillumin for pistons // Steel in Translation. 2009. Vol. 39. No. 6. P. 456 – 459.
12. Прудников А.Н., Прудников В.А. Использование термоциклической деформации для получения полуфабрикатов из заэвтектических силуминов. – В кн.: *Металлургия: технологии, инновации, качество. Сб. материалов XIX Международной научно-практич. конф.* – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 15 – 18.
13. Газы и окислы в алюминиевых деформируемых сплавах. / В.И. Добаткин, Р.М. Габидуллин, Б.А. Колачев и др. – М.: *Металлургия*, 1976. – 264 с.
14. Гельд П.В., Рябов Р.А. Водород в металлах и сплавах. – М.: *Металлургия*, 1974. – 272 с.
15. Колачев Б.А. Водород в металлах и сплавах // *МиТОМ*. 1999. № 3. С. 3 – 11.
16. Чернега Д.Ф. Массоперенос водорода в алюминии и сплавах на его основе. – В кн.: *Водородная экономика и водородная обработка материалов. Сб. трудов V межд. конф. Донецк, Украина 21-25 мая .2007.* – Донецк: ДонНГУ, 2007. Т. 2. С. 651 – 654.
17. Прудников А.Н. Роль условий кристаллизации в формировании структуры и свойств слитков и поковок из заэвтектических силуминов // *Материаловедение*. 2014. № 1. С. 10 – 13.
18. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода: Автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.16.09. Новосибирск, 2013. – 40 с.
19. Prudnikov A.N. Formation of eutectic structure in Al-20 % Si alloy during crystallization // *Металлургия машиностроения*. 2009. № 4. С. 10 – 13.
20. Елисеев А.Н., Щерба В.Н., Эскин Г.И и др. Особенности горячего прессования заэвтектических силуминов // *Изв. вуз. Цветная металлургия*. 1996. № 4. С. 25 – 29.
21. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжига и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // *Деформация и разрушение материалов*. 2014. № 2. С. 14 – 20.
22. Прудников А.Н., Бочкарева Ю.В. Формирование структуры поршневого алюминиево-кремниевого сплава в процессе получения заготовок. – В кн.: *Физика твердого тела. Сб. материалов VI Российской научн. конф.* – Томск: изд. ТГУ, 1998. 39 с.
23. Шаскольская М.П. *Кристаллография*. – М.: Высшая школа, 1976. – 391 с.

© 2017 г. А.Н. Прудников,
М.В. Попова, В.А. Прудников
Поступила 25 августа 2017 г.

УДК 669.782'71.018.046.516.4:536.413.2

*М.В. Попова, А.Н. Прудников, С.В. Долгова, М.А. Малюх***Сибирский государственный индустриальный университет****ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ***

Авиационная и космическая промышленность является одним из наиболее высокотехнологичных секторов экономики, развитие которого невозможно без разработки новых материалов и внедрения технологий их производства [1]. Для обеспечения конкурентоспособности отечественных изделий необходимо создание и применение материалов, обладающих высокими удельными свойствами и низкой плотностью [2].

Для авиационно-космической техники повышение весовой эффективности изделий является актуальной задачей, которая решается путем применения материалов пониженной плотности, прежде всего, алюминиевых сплавов. К современным сплавам для авиационной и космической техники предъявляют требования не только по механическим характеристикам и плотности, но и по теплофизическим свойствам, в частности, они должны иметь низкий коэффициент линейного расширения (КЛР) [3, 4]. В качестве авиационных материалов чаще всего используют деформируемые алюминиевые сплавы, легированные медью, цинком, магнием, марганцем и литием. Однако деформируемые сплавы на основе системы алюминий – кремний до настоящего времени не получили широкого распространения, несмотря на важные шаги, сделанные в этом направлении [5 – 9].

Сплавы системы Al – Si имеют весьма привлекательный комплекс свойств. Они легки ($\gamma = 2600 \div 2700 \text{ кг/м}^3$), немагнитны, обладают высокой коррозионной стойкостью практически во всех агрессивных средах, высокими твердостью и износостойкостью. Эти сплавы характеризуются хорошими литейными свойствами и герметичностью. Кремний, имеющий малый коэффициент линейного расширения, эффективно снижает КЛР алюминия. Многолетние исследования [10] особенностей теплового расширения сплавов Al – Si позволяют

утверждать, что увеличение содержания кремния и переход к сплавам на основе кремния обеспечивает снижение коэффициента линейного расширения в среднем на 10^{-6} К^{-1} на каждые 5 % кремния в интервале температур испытания 50 – 250 °С. Таким образом, КЛР сплавов Al – Si при увеличении содержания кремния от 10 до 50 % снижается с $22 \cdot 10^{-6}$ до $11 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ [10].

Большим достоинством и интересной особенностью этих сплавов является то, что они не склонны к хладноломкости, более того, в области отрицательных температур КЛР этих сплавов становится ниже, а механические свойства – выше, чем при комнатной температуре (так, например, при –203 °С прочность сплавов примерно на 20 % превышает прочность при 20 °С при сохранении пластичности) [11, 12]. Таким образом, сплавы системы алюминий – кремний могут сохранять свои свойства в широком температурном интервале: от –200 до 100 °С.

Применение сплавов на основе системы Al – Si как конструкционных материалов, а также в качестве сплавов специального назначения во многом определяется параметрами их микроструктуры. Кремний, введенный в расплав уже в количестве 6 – 7 %, склонен к ликвации и образованию первичных выделений кремнистой фазы, как правило, в виде крупных частиц. Поэтому свойства сплавов Al – Si зависят не только от их химического состава, но и от размеров, формы и характера распределения частиц кремнистой фазы. Эффективно управлять структурой, а, следовательно, и свойствами силуминов возможно с позиций «водородного материаловедения», предусматривающего разработку новых материалов и способов их получения, в которых водород играет важную функциональную роль [13 – 17].

Как было показано ранее [18, 19], применение различных способов подготовки шихты, обработки расплава и кристаллизации, увели-

* Работа выполнена под руководством профессора В.К. Афанасьева.

чивающих содержание атомарного водорода, позволяет получить однородную мелкодисперсную структуру заэвтектических силуминов. Это, в свою очередь, повышает их технологическую пластичность, что обеспечивает возможность проведения не только горячей, но и холодной пластической деформации с большой степенью нагартовки.

В соответствии с механизмом теплового расширения, согласно которому существует тесная связь между величиной КЛР и содержанием водорода в силуминах, коллективом авторов под руководством профессора В.К. Афанасьева были разработаны холоднодеформируемые сплавы системы Al – Si с низким КЛР, в состав которых в качестве легирующего элемента входит водород [20].

Разработанная серия деформируемых сплавов на основе алюминия содержит кремний и водород: 15 – 20 % Si; 0,00134 – 0,00259 % H;

остальное алюминий (по массе). Смесь компонентов для каждого сплава, составы которых приведены в табл. 1, плавил в алундовом тигле. Водород в расплав вводили с помощью обработки влажным асбестом с последующим выстаиванием в атмосфере водяных паров. При введении в расплав водород способствует увеличению числа центров кристаллизации и появлению в структуре затвердевших сплавов мелких равномерно распределенных кристаллов первичного кремния. Сплав с минимальным содержанием кремния (Al – 15 % Si) после обработки расплава, увеличивающей количество водорода, приобретает структуру неравновесной эвтектики. Рентгеноструктурный анализ показал, что формирование эвтектики в сплаве Al – 15 % Si приводит к увеличению периода решетки α -твердого раствора с 4,056 до 4,058 Å. Поскольку кремний и основные примеси, присутствующие в алюминии

Т а б л и ц а 1

Химический состав и физико-механические свойства холоднодеформированных сплавов Al – Si

Состав сплава, % (Al – остальное)	$\alpha \cdot 10^6, K^{-1}$, в интервале температур испытания, °C			Механические свойства	
	20 – 100	100 – 150	150 – 200	σ_B , МПа	δ , %
15 Si – 0,00259 H	13,6	5,9	4,9	241	2,3
17 Si – 0,00193 H	12,5	6,2	5,7	236	2,3
18 Si – 0,00170 H	11,1	4,6	7,2	212	2,0
20 Si – 0,00134 H	10,6	3,3	5,1	194	1,6

технической чистоты, уменьшают период решетки алюминия, следует сделать вывод, что не происходит пересыщения α -твердого раствора кремнием, а образуется пересыщенный твердый раствор водорода. Кроме того, увеличение массовой доли водорода в сплаве уменьшает устойчивость кремнистой фазы и поэтому позволяет проводить пластическую деформацию без образования надрывов и трещин.

Слитки разработанных сплавов толщиной 15 – 20 мм подвергали прокатке со степенью деформации 90 – 95 %. Разработанные деформируемые сплавы на основе алюминия имеют значения КЛР (табл. 1), сравнимые с КЛР литых высококремнистых силуминов при температурах испытания 20 – 100 °C, и ниже в два – три раза при температурах испытания 100 – 200 °C.

Металлографический анализ показал, что введение водорода в состав сплавов в заданных пределах (0,00134 – 0,00259 %, что составляет 15 – 29 см³/100 г металла) способствует образованию эвтектической структуры

с малым количеством равномерно распределенных первичных кристаллов кремния, в результате чего становится возможной холодная пластическая деформация (рис. 1). Деформированные сплавы имеют еще более тонкодисперсную структуру. Средний размер эвтектических кристаллов составляет 4 – 8 мкм, размеры отдельных первичных кристаллов могут достигать 80 – 100 мкм (рис. 2).

Благодаря тонкодисперсному строению эвтектики и малому количеству первичных кристаллов кремния полиэдрической формы разрушение сплавов носит в основном вязкий характер. Фрактографические исследования проводили путем визуального анализа изломов и использовали растровый электронный микроскоп при увеличениях 1000 – 8000 (рис. 3). При визуальном осмотре излом выглядит как тонкокристаллический, имеющий бархатистое строение, а на микрофрактограммах видно, что участки вязкого разрушения с явно выраженным ямочным рельефом (рис. 3, в, е) чередуются

ются с небольшими участками скола по частицам кремнистой фазы (рис. 3, б, д).

В процессе пластической деформации происходит дополнительное дробление кремнистой фазы (рис. 3, б, д), в результате чего часть водорода из нее переходит в алюминий, образуя в нем пересыщенный твердый раствор внедрения, что, в свою очередь, приводит к снижению коэффициента линейного расширения и повышению механических свойств. Разработанные сплавы отличаются хорошим сочетанием прочностных и пластических свойств: $\sigma_b = 194 \div 241$ МПа, $\delta = 1,8 \div 2,3$ %. Последующая термическая обработка (закалка и старение) приводит к увеличению прочности при некотором уменьшении пластичности (табл. 2).

Разработанные сплавы имеют не только высокие прочностные свойства, но и хорошее сопро-

тивление усталостному разрушению. На рис. 4 представлены кинетические диаграммы усталостного разрушения сплавов Al – (15 – 20) % Si – H. Видно, что на ранних стадиях роста сопротивления распространению усталостной трещины сплавы с разным содержанием кремния различаются мало. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений ΔK_{th} изменяется от 4,8 МПа·м^{1/2} (сплав Al – 20 % Si) до 5,3 МПа·м^{1/2} (сплав Al – 15 % Si). При переходе от стадии припорогового роста усталостной трещины к стадии стабильного ее распространения при скоростях, превышающих 10⁻⁸ м/цикл, различие в химическом составе сплавов сказывается более существенно. Наиболее высокие характеристики трещиностойкости наблюдали у сплава Al – 15 % Si – H, что объясняется

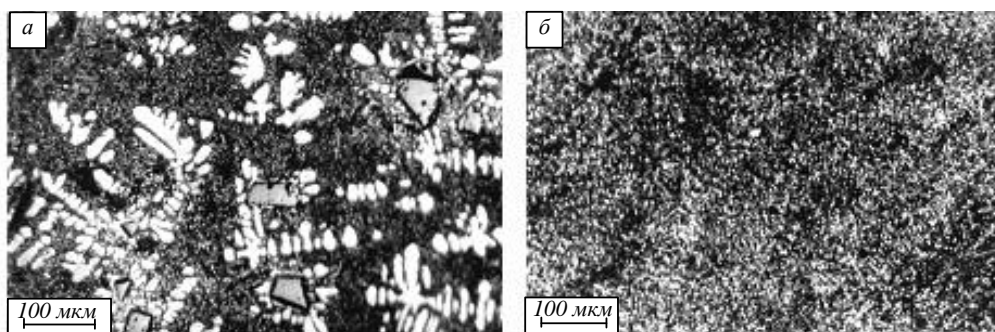


Рис. 1. Микроструктура сплава Al – 15 % Si:
а – обычное приготовление; б – продувка расплава водородом

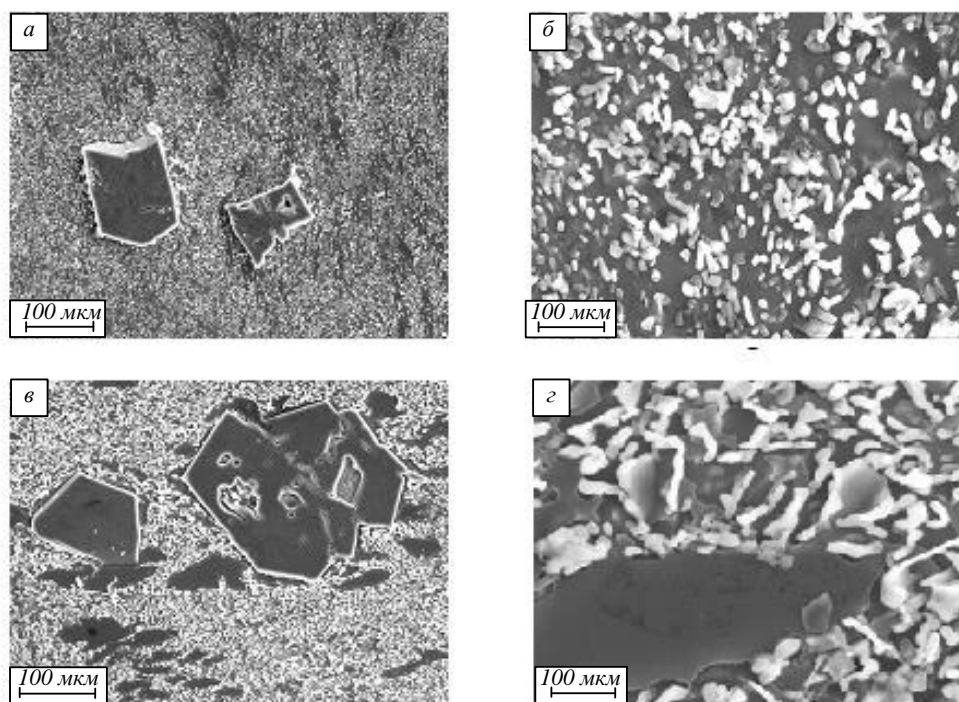


Рис. 2: Микроструктура сплава системы Al – 15 % Si – H (а, б); Al – 20 % Si – H (в, г)

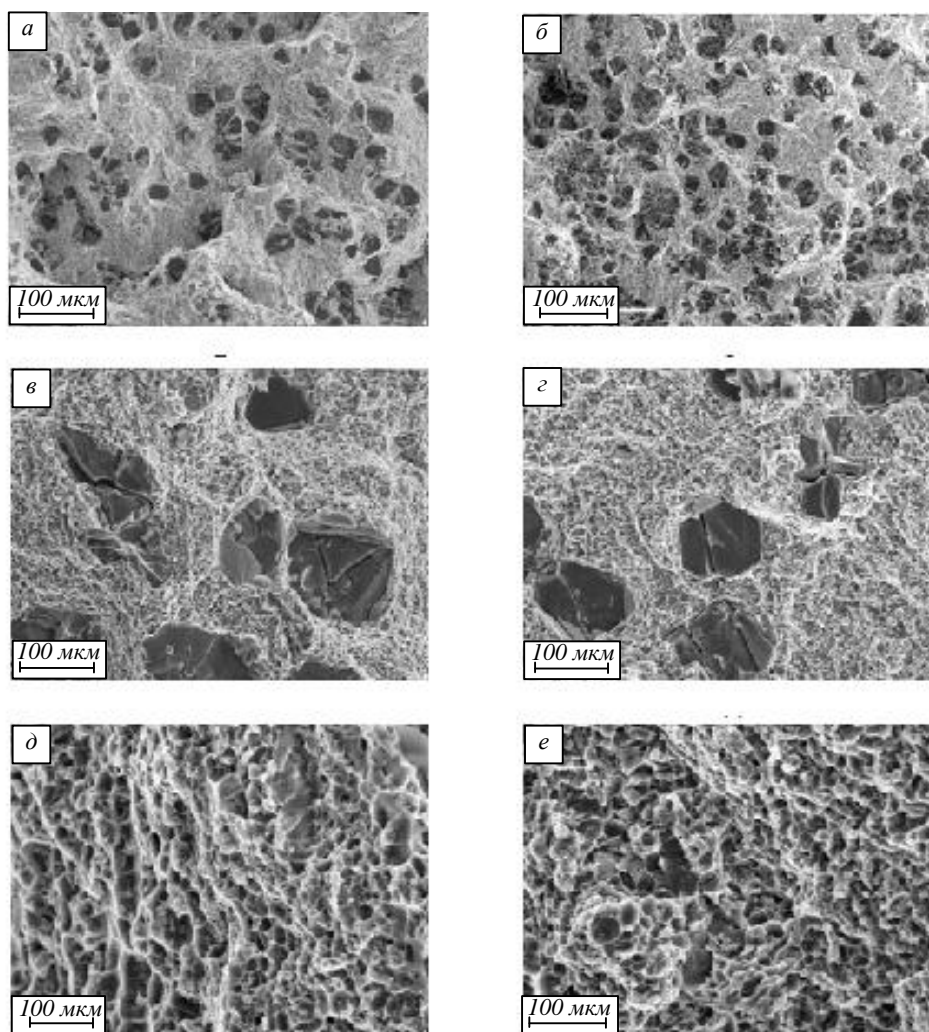


Рис. 3. Микрофрактограммы сплава Al – 15 % Si – H (а, в) и Al – 20 % Si – H (з, е)

Таблица 2

Влияние термической обработки на механические свойства холоднодеформированного сплава Al – 15 % Si – H

Режим термической обработки	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %
–	160	241	2,3	10,5
Закалка с 530°C, в течение 1 ч, вода	165	246	2,0	9,6
Закалка с 530°C, в течение 1 ч, вода + старение 160°C, в течение 10 ч, воздух	169	251	1,5	11,4

лучшей морфологией его структуры. Для дальнейшего повышения прочности и пластичности при сохранении низкого коэффициента линейного расширения в сплавы на основе алюминия, содержащие кремний и водород, дополнительно вводили титан и никель при соотношении компонентов: 15,0 – 20,0 % Si; 0,05 – 0,40 % Ti; 0,40 – 0,80 % Ni; 0,00162 – 0,00270 % H; остальное алюминий (по массе).

Введение титана в состав в количестве 0,05 – 0,40 % (по массе) совместно с водородом (0,00162 – 0,00270 % или 18 – 30 см³/100 г ме-

талла) за счет дополнительного измельчения структурных составляющих повышает технологическую пластичность сплавов и их механические свойства. Никель также повышает прочность сплавов, сохраняя низкий коэффициент линейного расширения. Смесь компонентов для каждого из разработанных составов сплавов, приведенных в табл. 3, плавил в шахтной печи в алундовом тигле. Водород вводили с помощью обработки влажным асбестом. Слитки толщиной 15 – 20 мм подвергали холодной прокатке со степенью деформации 90 – 95 %. Из полу-

ченных заготовок вырезали образцы и изучали свойства сплавов. Результаты испытаний приведены в табл. 3. Как следует из приведенных данных, введение титана и никеля обеспечивает повышение прочности на 11 – 20 %, пластичности – на 30 – 56 % при сохранении значения коэффициента линейного расширения на том же уровне.

Выводы. Приведенные сведения о сплавах с низким коэффициентом линейного расширения наглядно показывают существование реальной возможности получения легких материалов, которые смогут конкурировать по величине КЛР со сплавами на основе железа и титана. Малая плотность деформируемых алюминий-кремниевых сплавов при достаточных механических свойствах обеспечит им широкое применение в различных областях машиностроения и, прежде всего, в авиационно-космической и приборной технике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года. – В кн.: Юбилейный науч.-технич. сб. «Авиационные материалы и технологии» (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). – М.: ВИАМ, 2012. С. 7 – 17.
2. Антипов В.В. Стратегия развития титановых, магниевых, бериллиевых и алюминиевых сплавов. – В кн.: Юбилейный науч.-

технич. сб. «Авиационные материалы и технологии» (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). – М.: ВИАМ, 2012. С. 157 – 167.

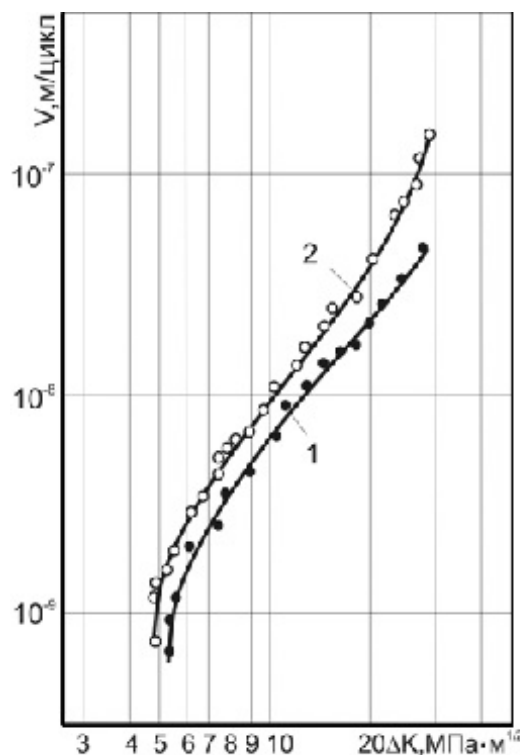


Рис. 4. Кинетические диаграммы усталостного разрушения разработанного сплава Al – (15 ± 20 %) Si – Ni при содержании кремния 15 % (1) и 20 % (2) при R = 0,1

Т а б л и ц а 3

Химический состав и физико-механические свойства и коэффициент линейного расширения сплавов Al – Si – Ni – Ti – Ni

Состав сплавов, % (Al - остальное)	Механические свойства		$\alpha \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ в интервале температур испытания, °C		
	σ_b , МПа	δ , %	20 – 100	100 – 150	150 – 200
15 ± 20 Si – 0,00134 ± 0,00259 Ni	194 – 241	1,6 – 2,3	10,6 – 13,6	3,3 – 5,9	4,9 – 5,1
15 Si – 0,4 Ti – 0,6 Ni – 0,00207 Ni	275	3,6	13,3	5,9	4,9
18 Si – 0,2 Ti – 0,8 Ni – 0,00162 Ni	290	3,0	11,6	5,9	4,2
20 Si – 0,05 Ti – 0,4 Ni – 0,00270 Ni	267	3,2	10,7	4,0	4,3

3. Афанасьев В.К., Попова М.В. Перспективы развития легких сплавов с малым тепловым расширением для космической техники // *Металлургия машиностроения*. 2012. № 6. С. 8 – 13.
4. Афанасьев В.К., Попова М.В., Самонь В.А. О создании новых легких деформированных сплавов для космической техники // *Металлургия машиностроения*. 2014. № 5. С. 21 – 28.
5. Эскин Г.И., Артес А.Е., Панов Е.И., Бер Л.Б., Бочвар С.Г., Ялфимов В.И., Гуреева Т.В. Исследование технологии изготовления деформированных полуфабрикатов из заэвтектического силумина 01392 с использованием поперечно-винтовой прокатки // *Технология легких сплавов*. 2008. № 1. С. 83 – 89.
6. Эскин Г.И., Бочвар С.Г., Ялфимов В.И. Влияние технологии литья и деформации

- на структуру и свойства деформированных полуфабрикатов из заэвтектических силуминов. – В кн.: Материалы Всероссийской научно-технической конференции Новые материалы и технологии «НМТ-2008». Т. 1. – М.: МАТИ, 2008. С. 112, 113.
7. Эскин Г.И., Бочвар С.Г., Ялфимов В.И. Новые тенденции в технологии литья и деформирования заэвтектических силуминов // *Металлургия машиностроения*. 2009. № 4. С. 21 – 24.
 8. Афанасьев В.К., Прудников А.Н. Высокопрочный алюминиевый сплав для деталей узлов летательных аппаратов // *Металлургия машиностроения*. 2011. № 5. С. 31 – 34.
 9. Афанасьев В.К., Герцен В.В., Коровин Г.Т., Долгова С.В., Попова М.В. Водородная обработка расплава для увеличения деформируемости высококремнистых Al-сплавов // *Металлургия машиностроения*. 2015. № 4. С. 14 – 18.
 10. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Попова М.В., Прудников А.Н., Старостина М.А. О влиянии кремния на тепловое расширение алюминия // *Металлургия машиностроения*. 2010. № 6. С. 23 – 26.
 11. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. / Пер. с англ. – М.: *Металлургия*, 1979. – 640 с.
 12. Кошелев П.Ф., Беляев С.Е. Прочность и пластичность конструкционных материалов при низких температурах: справочное пособие. – М.: *Машиностроение*, 1967. – 364 с.
 13. Колачев Б.А. Водород в металлах и сплавах // *МиТОМ*. 1999. № 3. С. 3 – 11.
 14. Шаповалов В.И. Водород как новый легирующий элемент. – В кн.: *Водородное материаловедение и химия гидридов металлов*. Сборник тезисов VI международной конференции. – Украина, Ялта, 1999. С. 213.
 15. Афанасьев В.К. Некоторые итоги и перспективы металлургии // *Литейное производство*. 2000. № 3. С. 3 – 5.
 16. Goltsov V.A. Fundamentals of hydrogen treatment of materials. – In book: *Progress in Hydrogen Treatment of Materials*. – Donetsk-Coral Gables: *Kassiopeya Ltd*, 2001. P. 161 – 184.
 17. Афанасьев В.К. Водородная платформа периодической системы элементов. Часть II // *Металлургия машиностроения*. 2012. № 4. С. 3 – 8.
 18. Афанасьев В.К., Герцен В.В., Долгова С.В., Мусохранов Ю.М., Попова М.В. О влиянии водяного пара на формирование свойств высококремнистых Al-сплавов // *Металлургия машиностроения*. 2015. № 5. С. 17 – 1.
 19. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Долгова С.В., Самонь В.А., Попова М.В. Литье под давлением медистого силумина // *Литейное производство*. 2015. № 6. С. 22 – 26.
 20. Афанасьев В.К., Попова М.В., Прудников А.Н., Зезиков М.В., Горшенин А.В. Водород – легирующий элемент алюминиевых сплавов // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2005. № 6. С. 36 – 39.

© 2017 г. М.В. Попова, А.Н. Прудников,
С.В. Долгова, М.А. Малюх
Поступила 30 августа 2017 г.

УДК 669.187.012.7

А.А. Уманский, Н.А. Козырев, Л.В. Думова

Сибирский государственный индустриальный университет

**АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ СОСТАВА МЕТАЛЛОШИХТЫ
ЭЛЕКТРОПЛАВКИ С ОСНОВНЫМИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВЫПЛАВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ**

В настоящее время в мировой металлургии основная масса стали рельсовых марок выплавляется в кислородных конвертерах. В частности, кислородно-конвертерная рельсовая сталь производится в США, Японии, Австрии, Франции, Италии, Польше. Известно о промышленном производстве стали в дуговых электропечах в Канаде, однако завод в настоящее время закрыт.

В отечественной металлургии выплавку рельсовой стали в кислородных конвертерах осуществляют на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат («НТМК») и ПАО «Челябинский металлургический комбинат («ЧМК» – входит в состав компании «Мечел»), выплавку стали рельсовых марок в дуговых сталеплавильных печах – на АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» («ЕВРАЗ ЗСМК»).

До 1995 г. в РФ выплавку 100 % рельсовой стали осуществляли в мартеновских 400-тонных печах скрапрудным процессом. Переход на выплавку стали в кислородных конвертерах осуществлен на «НТМК» в 1995 г., выплавка стали в дуговых электропечах освоена на Новокузнецком металлургическом комбинате (в настоящее время входит в состав «ЕВРАЗ ЗСМК») с 2000 г. В 2014 г. в связи с запуском в эксплуатацию нового рельсобалочного стана на «ЧМК» освоена выплавка рельсовых сталей в кислородных конвертерах.

Основной причиной малой распространенности производства рельсов из электростали является целевая направленность строительства современных электросталеплавильных цехов с печами большой емкости на утилизацию региональных ресурсов скрапа и обеспечение регионов металлопродукцией промышленного и строительного назначения. При этом достигаются достаточно высокая экономическая эффективность и конкурентоспособность. Кроме того, при производстве ряда марок стали (как правило, подвергаемых термообработ-

ке), в том числе и рельсовых, возникает проблема обеспечения низкого и стабильного уровня содержания в стали примесей остаточных элементов (хрома, никеля, меди), которая не может быть разрешена без значительных дополнительных затрат или резкого ограничения сырьевой базы.

Тем не менее, производство рельсов из электростали представляется перспективным по ряду причин [1, 2]:

- электродуговая печь является универсальным агрегатом, позволяющим с высокой экономичностью проводить широкий спектр технологических операций, использовать для производства стали шихтовые материалы различного происхождения. Работа дуговой сталеплавильной печи хорошо сочетается с агрегатами внепечной обработки и установками непрерывной разливки стали;

- более широкие технологические возможности электродуговых печей позволяют организовать производство рельсов улучшенного металлургического качества, в том числе предназначенных для эксплуатации в особо сложных условиях.

Фактически дуговая электросталеплавильная печь является более гибким агрегатом по сравнению с кислородным конвертером по следующим параметрам [3, 4]:

- обеспечение заданной скорости расплавления, нагрева, обезуглероживания, гомогенизации по температуре и химическому составу;

- возможности легирования (в том числе прямого легирования стали) металлического расплава;

- обеспечение заданной скорости расплавления шлакообразующих, формирования гомогенного, обладающего высокой рафинирующей способностью шлака для проведения дефосфорации в печи, а при выпуске из печи и десульфурации – расплава шлака, способствующего удалению неметаллических включений и дегазации стали.

Следует отметить, что замещение части лома чугуном продиктовано, прежде всего, необходимостью выполнения требований по концентрации примесей цветных металлов. При этом технико-экономическая эффективность такой замены не всегда очевидна.

В частности, технология использования чугуна в электроплавке имеет такие технологические и экономические недостатки, как [5, 6]:

- повышение кратности шлака из-за высокого содержания кремния в чугуне, что, в свою очередь, обуславливает повышение затрат на утилизацию шлака, повышение угара ферросплавов;

- увеличение расхода извести для получения требуемой основности шлака, а также увеличение тепловых потерь со шлаком;

- увеличение расхода марганецсодержащих ферросплавов вследствие меньшего содержания марганца в чугуне по сравнению с металлоломом;

- увеличение затрат на металлошихту из-за более высокой стоимости чугуна по сравнению с металлоломом;

- повышение расхода окислителей вследствие необходимости удаления из расплава вносимого чугуном углерода.

В случае использования жидкого чугуна также дополнительно имеют место следующие недостатки [7 – 9]:

- разрушение футеровки печи при падении струи чугуна со значительной высоты в печь;

- возможность возникновения дополнительных аварийных ситуаций, связанных с нерегламентированными режимами заливки чугуна в печь;

- необходимость дополнительных инвестиций для дооборудования печей;

- возможность спелеобразования в случае пониженной температуры заливаемого чугуна, что приводит к отклонениям в работе электроустановок.

Замена части лома чугуном в металлошихте позволяет добиться и ряда существенных преимуществ:

- уменьшить расход топлива (природного газа);

- снизить расход науглероживателей (кокса);
- сократить затраты на подготовку металлолома к плавке;

- уменьшить концентрацию азота в стали вследствие интенсификации окислительного периода и общего уменьшения продолжительности плавки;

- снизить расход огнеупорных изделий за счет уменьшения перепадов температур и от-

сутствия механических разрушений футеровки при загрузке тяжеловесной металлошихты;

- уменьшить загрязненность стали экзогенными неметаллическими включениями.

В целом оценку технико-экономической эффективности использования чугуна в металлосвалке дуговых электропечей и выбор оптимального расхода чугуна следует проводить для условий конкретного агрегата и с учетом текущего уровня цен на материалы и энергоносители.

Данный подход реализован при исследовании влияния состава металлошихты на технико-экономические показатели работы электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК» [10, 11]. Следует отметить, что в период с 2000 г. по 2010 г. выплавку стали рельсовых марок в указанном цехе осуществляли с использованием жидкого чугуна, с 2010 г. в связи с закрытием собственного доменного производства в металлошихте используется твердый чугун внешних поставщиков.

Проведено статистическое исследование влияния соотношения количества лома и чугуна в металлосвалке на технико-экономические показатели производства рельсовой стали в периоды, характеризующиеся следующими технологическими схемами производства:

1 – выплавка в дуговой сталеплавильной печи с использованием 30 – 60 % жидкого чугуна с последующей внепечной обработкой стали на агрегате «ковш–печь» и разливкой на МНЛЗ в заготовки сечением 300×330 мм (2007 г.);

2 – выплавка в дуговой сталеплавильной печи с использованием 20 – 50 % твердого (чушкового) чугуна, последовательная внепечная обработка на двух агрегатах «ковш–печь» и вакууматоре и разливка на реконструированной МНЛЗ в заготовки сечением 300×360 мм (2016 г.).

Исследовали влияние состава металлосвалки на следующие показатели работы электропечей при выплавке рельсовой стали: удельный расход электроэнергии, кислорода, извести, содержание марганца и кремния на выпуске из печи (характеризует расход ферросплавов), безвозвратные потери металла (угар), длительность плавки.

В качестве базы для исследования использовали массив из 1000 плавов рельсовой стали марок Э76Ф (2007 г.) и Э76ХФ (2016 г.). Выбор указанных марок стали обусловлен их наибольшей долей в сортаменте рассматриваемого цеха.

В результате проведенного анализа установлено значимое влияние состава металлошихты на следующие параметры: удельный расход электроэнергии и кислорода, содержа-

ние марганца на выпуске из печи, длительность плавки.

По полученным данным при увеличении доли как жидкого, так и твердого чугуна в металлозавалке удельный расход электроэнергии линейно уменьшается (рис. 1).

Изменение расхода жидкого чугуна несколько более значительно сказывается на расходе электроэнергии по сравнению с твердым чугуном. Данное различие обусловлено повышенным теплосодержанием жидкого чугуна, что обуславливает сокращение периода плавления. Более низкая температура плавления твердого чугуна по сравнению с металлическим ломом также приводит к уменьшению длительности плавления, которое, однако, не

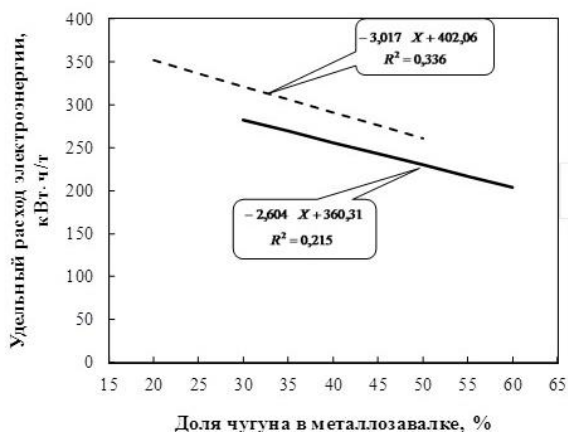


Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии от доли чугуна в металлозавалке:
 — жидкий чугун; - - - - - твердый чугун

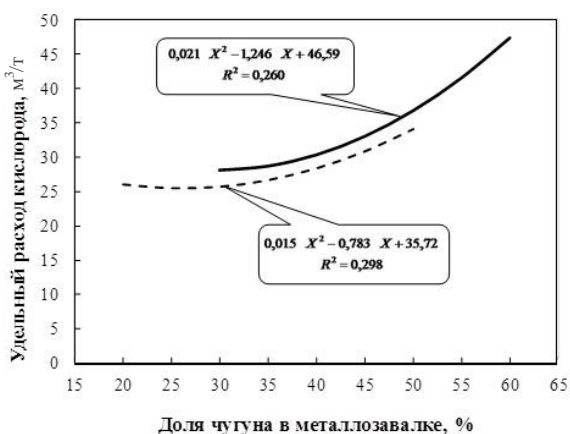


Рис. 2. Зависимость удельного расхода кислорода от доли чугуна в металлозавалке:
 — жидкий чугун; - - - - - твердый чугун

столь значительно, как в случае применения жидкого чугуна. Удельный расход кислорода при повышении доли чугуна в металлозавалке возрастает по параболическому закону (рис. 2)

независимо от агрегатного состояния используемого чугуна. Увеличенный расход кислорода обусловлен необходимостью окисления дополнительного вносимого чугуном углерода, а параболический характер полученной зависимости свидетельствует об увеличении интенсивности продувки кислородом для снижения продолжительности окислительного периода и плавки в целом.

Полученные результаты свидетельствуют о снижении содержания марганца на выпуске из печи при повышении расхода чугуна на плавку (рис. 3), что объясняется пониженным содержанием марганца в чугуне относительно лома и повышенным окислением марганца за счет увеличения продолжительности и интенсивности продувки кислородом.

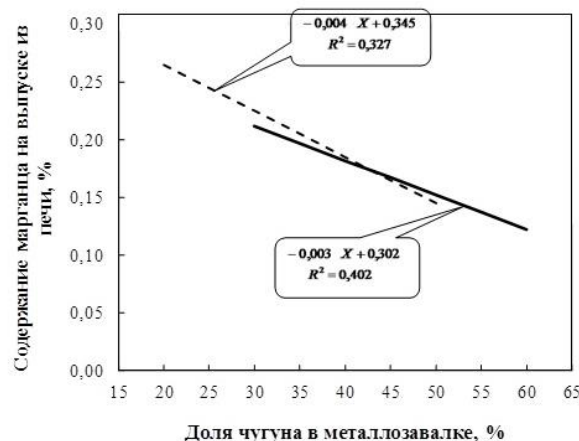


Рис. 3. Зависимость содержания марганца на выпуске из печи от доли чугуна в металлозавалке:
 — жидкий чугун; - - - - - твердый чугун

Зависимость длительности плавки от соотношения компонентов шихты в металлозавалке свидетельствует о наличии выраженного минимума на рассматриваемом интервале изменения расхода чугуна (рис. 4).

При этом указанный минимум при использовании жидкого чугуна находится в интервале 35 – 40 %, а при использовании твердого чугуна – 30 – 35 %. Такой характер зависимости, очевидно, обусловлен разнонаправленным влиянием увеличения расхода чугуна на продолжительность периодов плавки (период плавления, окислительный период, количество подвалок металлолома) и нелинейным изменением продолжительности самих периодов. Так, при увеличении расхода чугуна происходит снижение продолжительности периода плавления при одновременном увеличении длительности окислительного периода. При этом, как показано выше, увеличение расхода жидкого чугуна оказывает более сильное влияние на ускорение расплавления шихты по сравне-

нию с твердым чугуном. Также повышение расхода чугуна приводит к снижению или полному отказу от подвалок металлолома, что, естественно, уменьшает продолжительность плавки.

На основании полученных зависимостей построена статистическая модель влияния состава металлошихты на технико-экономические показатели работы ЭСПЦ при выплавке рельсовой стали. В качестве параметров оптимизации выбрали суммарные затраты по статьям себестоимости, зависящим от состава металлошихты, и производительность цеха по годным непрерывнолитым заготовкам.

В качестве формирующих суммарные затраты по зависящим от состава металлошихты статьям себестоимости компонентов выступи-

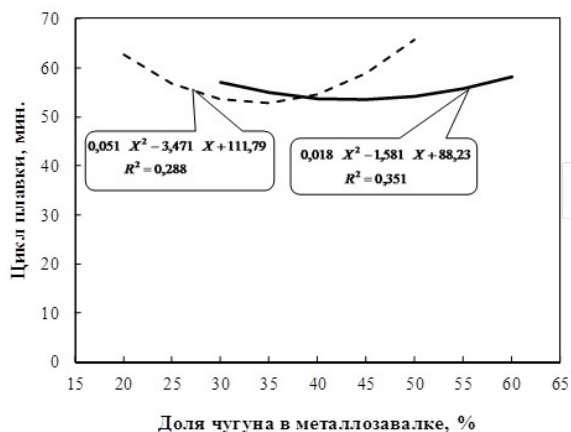


Рис. 4. Зависимость длительности электроплавки от доли чугуна в металлозавалке:

— жидкий чугун; - - - - - твердый чугун

ли затраты на шихтовые материалы (чугун и лом), затраты на электроэнергию, кислород, ферросплавы:

$$Z_{\text{сум}} = (P_{\text{чуг}} \cdot \Pi_{\text{чуг}} + P_{\text{лом}} \cdot \Pi_{\text{лом}} + P_{\text{эл.эн.}} \cdot \Pi_{\text{эл.эн.}} + P_{\text{кисл.}} \cdot \Pi_{\text{кисл.}} + P_{\text{фер}} \cdot \Pi_{\text{фер}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{чуг}}$, $P_{\text{лом}}$, $P_{\text{эл.эн.}}$, $P_{\text{кисл.}}$, $P_{\text{фер}}$ – удельные расходы чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно; $\Pi_{\text{чуг}}$, $\Pi_{\text{лом}}$, $\Pi_{\text{эл.эн.}}$, $\Pi_{\text{кисл.}}$, $\Pi_{\text{фер}}$ – цена чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно.

Расход марганецсодержащих ферросплавов обратно пропорционален содержанию марганца на выпуске из печи. С учетом содержания марганца в ферросплаве и с учетом угара марганца удельный расход ферросплавов определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{фер}} = \frac{10(C_{\text{гот}} - C_{\text{вып}})}{C_{\text{ф}}(100 - Y)}, \quad \text{т/т}, \quad (2)$$

где $C_{\text{гот}}$ – содержание марганца в готовой стали, %; $C_{\text{вып}}$ – содержание марганца на выпуске из печи, %; $C_{\text{ф}}$ – содержание марганца в ферросплаве, %; Y – угар марганца, %.

Производительность цеха определяли по формуле:

$$\Pi_{\text{заг}} = \frac{1440M}{100T} \cdot B\Phi, \quad (3)$$

где M – масса металлозавалки, т; B – выход годного, %; Φ – фонд времени работы цеха, сут/год; T – цикл плавки, мин.

Модель реализована в программе «Excel», в качестве изменяющихся исходных данных использовали цены на чугун, металлический лом, электроэнергию, кислород и марганецсодержащие ферросплавы, а также такие параметры, как средняя масса металлозавалки, выход годного, фактическое время работы цеха, среднее содержание марганца в ферросплавах, угар марганца при раскислении и легировании.

После ввода исходных данных программа рассчитывает прогнозные значения расходов электроэнергии, кислорода, содержания марганца на выпуске из печи и длительности плавки по уравнениям регрессии (рис. 1 – 4). Затем проводится расчет прогнозируемой величины суммарных затрат по статьям, зависящим от соотношения количества чугуна и лома в металлозавалке и прогнозируемой производительности цеха. Полученные данные выводятся на экран в виде графики ков. На рис. 5 в качестве примера представлены графики изменения затрат по статьям, зависящим от доли чугуна в металлозавалке, при различном соотношении цен на чугун и металлолом;

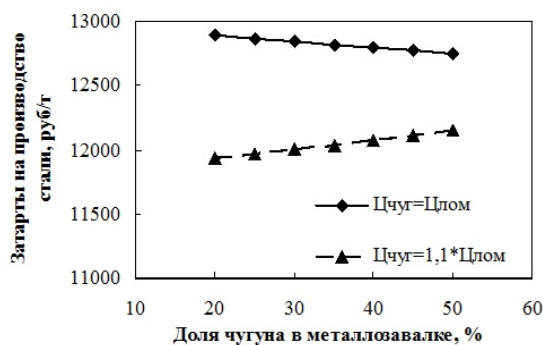


Рис. 5. Зависимость затрат на производство стали от доли чугуна в металлозавалке

на рис. 6 приведен график изменения прогнозируемой производительности цеха при варьировании доли чугуна в металлозавалке.

Выводы. Использование разработанной модели позволяет выработать обоснованные рекомендации по оптимальной доле чугуна в металлозавалке для текущего уровня цен на используемые при электроплавке материалы и энергоносители, а также с учетом изменения производительности цеха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миллюц В.Г., Бочарников А.Ф., Куликов В.В. Опыт разработки технологии выплавки стали в 100-тонных дуговых печах с использованием жидкого чугуна // *Сталь*. 1997. № 8. С. 30 – 32.
2. Катунин А.И., Годик Л.А., Обшаров М.В., Козырев Н.А., Тиммерман Н.Н. Применение жидкого чугуна в дуговых электропечах // *Металлург*. 2000. № 6. С. 32.
3. Липухин Ю.В., Молчанов О.Е., Балдаев Б.Я. Опыт выплавки стали в 100-т дуговых электропечах с использованием в шихте жидкого чугуна // *Сталь*. 1997. № 7. С. 26 – 27.
4. Годик Л.А., Козырев Н.А., Данилов А.П., Захарова Т.П., Тиммерман Н.Н. Использование жидкого чугуна при выплавке стали в дуговых электропечах // *Электрометаллургия*. 2002. № 1. С. 9 – 14.
5. Уйманов В.А., Балдаев Б.Я., Шурыгин А.В., Громов Г.И. Опыт выплавки стали в 100-тонных дуговых электропечах АО «Северсталь» с использованием в шихте жидкого чугуна. – В кн.: *Труды четвертого конгресса сталеплавателей*. – М.: Черметинформация, 1997. С. 148, 149.
6. Хмиров В.П., Гордиенко М.С., Махницкий В.А. Производство кислородно-конвертерной рельсовой стали // *Металлург*. 1987. № 3. С. 20 – 21.
7. Катунин А.И., Годик Л.А., Козырев Н.А. Разработка технологии выплавки стали в электропечах с использованием жидкого чугуна // *Сталь*. 2000. № 5. С. 33 – 35.
8. Катунин А.И., Годик Л.А., Козырев Н.А., Тиммерман Н.Н., Сычев П.Е. Экономические аспекты использования жидкого чугуна // *Сталь*. 2001. № 7. С. 26, 27.

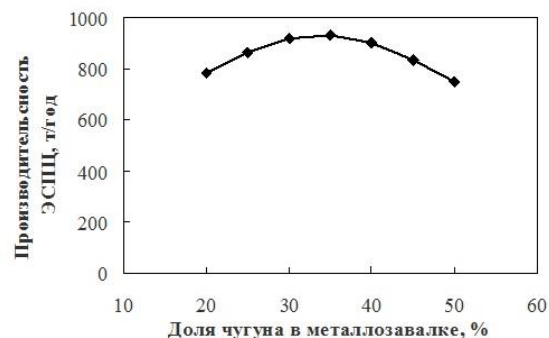


Рис. 6. Зависимость прогнозируемой производительности ЭСПЦ при различной доле чугуна в металлошихте

9. Катунин А.И., Козырев Н.А., Данилов А.П., Негода А.В., Шуклин А.В. Экономические и технологические аспекты использования жидкого чугуна при выплавке стали в дуговых электропечах // *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2001. № 4. С. 24 – 26.
10. Айзатулов Р.С., Уманский А.А., Чернышева Н.А. Статистический анализ влияния состава металлической шихты на основные технико-экономические показатели работы электросталеплавильного цеха ОАО «НКМК» // *Вестник горно-металлургической секции российской академии естественных наук. Отделение металлургии*. 2009. Вып. 23. С. 39 – 46.
11. Думова Л.В., Уманский А.А. Исследование влияния параметров металлозавалки на технико-экономические показатели производства электростали. – В сб.: *Роль технических наук в развитии общества*. Кемерово: Западно-Сибирский научный центр, 2017. С. 131 – 134.

© 2017 г. А.А. Уманский,
Н.А. Козырев, Л.В. Думова
Поступила 30 августа 2017 г.

А.Н. Домрачев, С.В. Риб

Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ДЛИННОГО ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Фундаментальные работы в области геологии и геомеханики показали, что в условиях постоянного усложнения горно-геологических условий подземной разработки угольных месторождений в массиве горных пород вокруг выемочных выработок с увеличением глубины имеет место не только рост напряжений, но и наблюдается повышение их концентрации в окрестности неоднородностей различной природы: разрывов, твердых включений, узлов складчатости и т.п. Это обстоятельство, несомненно, создает определенные трудности для обеспечения работоспособности выемочных выработок на весь период эксплуатации.

Кроме общей повышенной опасности при ведении горных работ на отдельных участках возникают особо опасные области – опасные зоны, в пределах которых требуется осуществлять дополнительные меры по поддержанию работоспособности выемочных выработок. Работы Кемеровского Представительства ВНИМИ за последние годы позволили сформулировать рекомендации в части дополнения действующей классификации видов опасных зон при подземной разработке угольных месторождений [1], однако проблема учета влияния опасных зон на технико-экономические показатели отработки угольных пластов еще далека от своего решения.

По результатам наблюдений и обработки статистического материала [2] было установлено, что отдельную группу простоев очистного оборудования составляют остановки по внеплановым причинам, зависящим в том числе и от ухудшения состояния выемочных выработок. Одной из таких причин может быть разрушение закрепленных стенок выработок и, как следствие, увеличение высоты и объема вывалов пород кровли.

Так, например, на шахте Полысаевская, входящей в состав СУЭК-Кузбасс, при отработке пласта Толмачевский горное давление от

очистного забоя 18-25 стало оказывать негативное влияние через целик в 17 м на вентиляционный штрек 18-27 смежного выемочного столба, что привело к отслаиванию угля с боков выработки на глубину до 1,0 м, опусканию кровли до 0,5 – 0,7 м, пучению почвы по выработке до 1,2 м [3].

На других шахтах Кузбасса в подготовительных горных выработках, закрепленных сталеполимерной анкерной крепью (ш. Комсомолец, ш. Талдинская Западная-1) наблюдали аналогичные нарушения устойчивости выработок, потребовавшие проведения ремонтных работ [4], что отразилось на технико-экономических показателях работы предприятий.

В связи с этим неотъемлемой частью повышения эффективности проектирования и эксплуатации угольных шахт является проведение комплекса исследований по оценке влияния состояния выемочных выработок на технико-экономические показатели очистных работ.

В традиционной методике расчета нагрузки на очистной забой влияние состояния выемочных выработок оценивается коэффициентом μ_c готовности сопряжения (сопряжений) очистной и прилегающих выработок, который определяется по формуле

$$\mu_c = \mu_{э,с} [1 - (1 - \mu_{э,с}) \Sigma k_l],$$

где $\mu_{э,с}$ – коэффициент готовности эталонного сопряжения; Σk_l – коэффициент увеличения времени простоев.

Значение Σk_l определяется сложением ряда коэффициентов увеличения времени простоев, среди которых наиболее важными являются коэффициенты, учитывающие подрывку боковых пород (1,2), повторную эксплуатацию выработки (1,2), проведение выработки позади очистного забоя (1,0), проведение выработки вприсечку (0,6), наличие промежуточной выработки (0,8) и

др. При разработке имитационной модели длинного комплексно-механизированного забоя [5] детерминированный подход оценки надежности выемочных выработок оказался неприемлемым, возникла задача оценки влияния аварий, связанных с разрушением выемочных выработок очистного участка, на показатели очистных работ (нагрузку на очистной забой, коэффициент машинного времени и др).

В ходе разработки модели длинного комплексного механизированного забоя был реализован алгоритм, включающий следующие основные элементы:

– расчет вероятности обрушения горной выработки с использованием методики, предложенной и частично апробированной в работе [6];

– определение среднего числа аварий в подготовительных выработках в качестве параметра моделирования числа обрушений выработок с использованием генератора случайных чисел, распределенных по закону Пуассона [7, 8];

– розыгрыш длительности восстановления горных выработок после аварии с использованием генератора случайных чисел, распределенных по закону Гаусса [7, 8];

– оценка длительности работы очистного забоя, нагрузки на очистной забой и коэффициента машинного времени [5].

Для выбора варианта решения поставленной задачи было выполнено моделирование нагрузки на очистной забой и коэффициента машинного времени при трех различных значениях вероятности обрушения выемочных выработок очистного участка ($p_{огв}$) как случайной величины с последующим дисперсионным анализом полученных результатов. Для каждого значения $p_{огв}$ имитировали работу очистного забоя в течение 15 сут с определением среднегодового числа обрушений выемочных выработок ($N_{огв}$) и ежесуточного коэффициента машинного времени (K_m).

Средние значения результатов моделирования приведены ниже:

Набор параметров					
1		2		3	
$N_{огв}$	K_m	$N_{огв}$	K_m	$N_{огв}$	K_m
2,07	0,41	2,53	0,40	4,27	0,29

Так как с учетом специфики модели на значение коэффициента K_m оказывали влияние и другие факторы (прежде всего надежность элементов очистного механизированного комплекса и неравномерность газовыделения в очистной забой) для полученных результатов был выполнен дисперсионный анализ, позво-

ляющий оценить влияние изменения вероятности обрушения выемочных выработок очистного участка по критерию F Фишера-Снедекора при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

По результатам анализа $F_{набл} = 27,6$, тогда как $F_{кр}(2; 42; 0,05) = 3,22$. Таким образом $F_{набл} > F_{кр}$, что позволяет отвергнуть гипотезу о равенстве средних значений K_m при различных параметрах вероятности обрушения выработок, и, соответственно, подтвердить наличие влияния аварий в выемочных выработках очистного участка на коэффициент машинного времени очистного забоя.

Выводы. Предлагаемый алгоритм можно рассматривать в качестве базового для адаптации имитационной модели длинного комплексно-механизированного забоя к условиям действующих шахт юга Кузбасса и дальнейшего развития имитационной модели подготовки и отработки пологого пласта средней мощности с учетом влияния состояния выемочных выработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лазаревич Т.И., Власенко Ю.Н., Рогова Т.Б. Виды опасных зон при подземной разработке угольных месторождений. – В кн.: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Сб. науч. статей / Под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2013. С. 244 – 250.
2. Антипов И.В., Савенко А.В., Турбор И.А. Зависимость производительности очистного забоя от продолжительности нештатных операций. Вып. 15. – Донецк: УкрНИМИ НАНУ, 2015. С. 68 – 78.
3. Ремизов А.В., Климов В.В., Жаров А.И., Костинец И.К., Кочкин Р.О. Современные взгляды на существующие технологии охраны горных выработок оконтуривающих выемочные столбы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 2 (108). С. 65 – 72.
4. Казанин О.И., Ютяев Е.П., Ермаков А.Ю. Организация непрерывного контроля за состоянием анкерной крепи горных выработок на шахтах ОАО «СУЭК-КУЗБАСС» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 253 – 256.
5. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой // Вестник Сибирского

государственного индустриального университета. 2016. № 3. С. 8 – 10.

6. Домрачев А.Н., Риб С.В., Никитина А.М. Адаптация методов оценки риска обрушения подземных горных выработок к условиям шахт юга Кузбасса // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 81 – 89.
7. Домрачев А.Н., Лукин К.Д. К вопросу об особенностях реализации генераторов случайных чисел при моделировании воспро-

изводства очистного фронта на шахте // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 8. С. 24 – 27.

8. Press Numerical Recipes in C++ / William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery. – Cambridge University Press, 2002. – 976 p.

© 2017 г. А.И. Домрачев, С.В. Риб
Поступила 14 августа 2017 г.

И.Н. Ганиев¹, Х.Х. Ниёзов, ¹Б.Н. Гулов, ¹З. Низомов¹, А.Э. Бердиев²

¹Таджикский национальный университет

² Российско-Таджикский (Славянский) университет, г. Душанбе

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СПЛАВА АК1М2, ЛЕГИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ И НЕОДИМОМ

В отечественной и зарубежной практике для создания тонких металлических пленок при разработке интегральных микросхем наметился поворот от использования индивидуальных металлических материалов к сплавам на основе высокочистых металлов, содержащих два или более легирующих компонента. Такой поворот весьма естественен, поскольку при использовании в качестве проводникового материала чистых металлов возможен целый ряд технологических и эксплуатационных отклонений, устранить которые можно, используя процесс микролегирования. Однако на пути использования микролегирующих добавок возникает ряд проблем, незнание и пренебрежение которыми может привести к отрицательным результатам. К числу таких проблем, прежде всего, относятся:

– выбор вида и оптимального состава добавок;

– примесная чистота легирующих компонентов, которая на сегодняшний день трудно разрешима;

– наличие стабильной технологии и надежной аппаратуры для получения сплавов высокой чистоты и отсутствие в достаточной степени разработанной теоретической базы для выбора нужных композиций [1 – 3].

Познания природы, структуры и свойств сплавов высокой чистоты на основе алюминия позволяют резко изменить в лучшую сторону служебные характеристики приборов, а также служат источником для расширения сферы применения алюминия высокой степени чистоты в других областях науки, техники и порой раскрывают у них новые свойства. В этом плане работа, связанная с использованием новых сплавов на основе особочистого алюминия, является актуальной и своевременной [4].

К сожалению, на сегодняшний день остались незаслуженно обойденными вниманием исследователей вопросы разработки теоретиче-

ских основ для выбора нужных композиций сплавов, к числу которых относятся исследования физико-химических свойств сплавов на основе особочистого алюминия. К таким системам можно отнести алюминиево-кремниевый сплав АК1 и сплав с медью АК1М2 с участием редкоземельных элементов [4].

Материалы и методика исследования

Измерения теплоемкости и ее температурной зависимости хода процесса играют большую роль в исследованиях сплавов. В литературе практически отсутствуют экспериментальные данные по теплоемкости многокомпонентных алюминиевых сплавов.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию температурной зависимости удельной теплоемкости сплава АК1М2 (Al + 1 % Si + 2 % Cu), легированного празеодимом и неодимом. Поскольку монотонное изменение температуры объекта в режиме «нагрева» осуществить крайне сложно из-за наличия целой цепочки внешних факторов (напряжение в сети питания печи, теплопроводность окружающей среды и пр.), т.е. из-за многофакторности эксперимента наиболее удобным и простым с этой точки зрения является режим «охлаждения» образца.

Теплоемкость сплавов измеряли на установке, в основу работы которой положен метод С-калориметра с тепломером и адиабатической оболочкой. Методика измерения теплоемкости и схема установки описаны в работах [5 – 12].

Принцип измерения теплоемкости заключается в том, что тепловой поток, проходящий через среднее сечение тепломера, идет на разогрев испытуемого образца и ампулы. Величина теплового потока, проходящего через тепломер, оценивается по перепаду температуры на тепломере и тепловой проводимости тепломера, определенной из независимых градуиро-

вочных экспериментов с медным образцом. Температурный диапазон — до 800 К.

Для измерения удельной теплоемкости металлов использовали закон охлаждения Ньютона-Рихмана. Всякое тело, имеющее температуру выше окружающей среды, будет охлаждаться, причем скорость охлаждения зависит от величины теплоемкости тела и коэффициента теплоотдачи [11, 12].

Если взять два металлических стержня определенной формы, то, сравнивая кривые охлаждения (температуры как функции времени) этих образцов, один из которых служит эталоном (его теплоемкость и скорость охлаждения должны быть известны), можно определить теплоемкость другого, определив скорость его охлаждения.

Количество теплоты δQ , теряемое предварительно нагретым телом массой m при его охлаждении на dT градус, будет

$$\delta Q = C_p^0 m dT, \quad (1)$$

где C_p^0 – стандартная удельная теплоемкость вещества, из которого состоит тело при постоянном давлении.

Потеря энергии происходит через поверхность тела. Следовательно, можно считать, что количество теплоты δQ_s , теряемое через поверхность тела за время $d\tau$, будет пропорционально времени, площади поверхности S и разности температур T тела и окружающей среды T_0 :

$$\delta Q_s = -\alpha(T - T_0)S d\tau. \quad (2)$$

Коэффициент теплоотдачи α при перепаде температур на 1 К измеряется в Вт/(м²·К). В реальности он не всегда постоянен и может зависеть от разности температур, делая закон приблизительным. Если рассматривать тепловой поток как вектор, то он направлен перпендикулярно площадке поверхности, через которую протекает α – количество теплоты, отдаваемое с 1 м² поверхности за единицу времени при единичном температурном напоре. Тепловой поток зависит от вида теплоносителя и его температуры; температуры напора, вида конвекции и режима течения; состояния поверхности и направления обтекания; геометрии тела. Поэтому α – функция процесса теплоотдачи – величина расчетная, а не табличная, и определяется экспериментально.

Если тело выделяет теплоту так, что температура всех его точек изменяется одинаково, то будет справедливо равенство:

$$\delta Q = \delta Q_s \text{ и } C_p^0 m dT = -\alpha(T - T_0)S d\tau. \quad (3)$$

Выражение (3) можно представить в виде

$$C_p^0 m \frac{dT}{d\tau} = -\alpha(T - T_0)S. \quad (4)$$

Полагая, что C_p^0 , α , T и T_0 в малом интервале температур не зависят от координат точек поверхности образца, нагретых до одной температуры, и одинаковой температуры окружающей среды, напишем соотношение (4) для двух образцов:

$$C_{p_1}^0 m_1 S_1 \alpha_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 S_2 \alpha_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2. \quad (5)$$

При использовании этой формулы для двух образцов (эталона и любого другого), имеющих одинаковые размеры $S_1 = S_2$ и состояния поверхностей предполагают равными, их коэффициенты теплоотдачи $\alpha_1 = \alpha_2$:

$$C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1 = C_{p_2}^0 m_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2. \quad (6)$$

Следовательно, зная массы образцов m_1 и m_2 , скорости охлаждения эталона $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$ и образцов $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ и удельную теплоемкость $C_{p_1}^0$ эталона, можно вычислить теплоемкость другого вещества $C_{p_2}^0$:

$$C_{p_2}^0 = \frac{C_{p_1}^0 m_1 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{m_2 \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}. \quad (7)$$

Для оправданности такого допущения авторами работы [11] были получены зависимости температуры образцов от времени охлаждения для алюминия и меди. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными [13, 14].

В рамках настоящей работы исследовано влияние празеодима и неодима на теплоемкость и термодинамические функции сплава АК1М2. Для получения сплавов были использованы особочистый алюминий марки А5N (99,999 % Al), монокристаллический кремний, а также промышленная лигатура на основе алюминия, содержащая по 4,0 % празеодима и неодима. Содержание последних в сплаве составляло: 0,005; 0,05; 0,1; 0,2 и 0,5 % (по массе). Легирование сплавов лигатурой осуществ-

ляли в открытых шахтных печах типа СШОЛ. Затем из расплавов отливались цилиндрические образцы размером 30x16 мм.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Экспериментально полученные временные зависимости температуры образцов описывали уравнением вида

$$T = ae^{-bt} + pe^{-kt}, \quad (8)$$

где a, b, p, k – константы; τ – время охлаждения.

Дифференцируя выражение (8) по τ , получаем уравнение для скорости охлаждения образцов

$$dT / d\tau = -\alpha be^{-bt} - pke^{-k\tau}. \quad (9)$$

Ранее в работе [15] было показано, что значения коэффициента теплоотдачи α для меди, алюминия и цинка сильно отличаются. Поэтому при определении удельной теплоемкости относительным методом для исследованной группы легированных сплавов использовали значение α , Вт/(м²·К), для сплава Al+2%Cu, определенное нами ранее в работе [16]:

$$|\alpha(T)| = -4,850 + 0,0418T + 4,516 \cdot 10^{-5} T^2 - 5,7191 \cdot 10^{-8} T^3, \quad (10)$$

считая что, оно не зависит от концентрации легирующего металла. Далее была вычислена

удельная теплоемкость исследуемых сплавов по формуле

$$C_p^0 = \frac{|\alpha(T)|S(T-T_0)}{m(dT/d\tau)}, \quad (11)$$

где m и S – соответственно масса и площадь поверхности образца; T и T_0 – температура образца и окружающей среды.

Используя выражение (7), получили следующие уравнения температурной зависимости теплоемкости:

для сплава АК1М2:

$$C_{p \text{ АК1М2}}^0 = 636,6712 + 0,3694T + 1,428 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,1913 \cdot 10^{-6} T^3.$$

Для сплавов, легированных празеодимом и неодимом, такие зависимости представлены формулами (12).

В табл. 1 приведена температурная зависимость удельной теплоемкости сплава АК1М2, легированного различным количеством празеодима и неодима.

Приведенные данные показывают, что при низких температурах теплоемкость легированных сплавов меньше чем, у исходного сплава, а при высоких температурах больше для всех исследованных концентраций.

Для расчета температурной зависимости энтальпии, энтропии и энергии Гиббса использовали интегралы от удельной теплоемкости (13).

$$\begin{aligned} \text{АК1М2 0,05 Pr: } C_p^0 &= 636,0754 + 0,3698T + 1,4387 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,1908 \cdot 10^{-6} T^3; \\ \text{АК1М2 0,1 Pr: } C_p^0 &= 636,374 + 0,3696T + 1,4333 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,1911 \cdot 10^{-6} T^3; \\ \text{АК1М2 0,5 Pr: } C_p^0 &= 633,4693 + 0,3727T + 1,5056 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,1905 \cdot 10^{-6} T^3; \\ \text{АК1М2 0,05 Nd: } C_p^0 &= 636,4344 + 0,3693T + 1,4274 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,191 \cdot 10^{-6} T^3; \\ \text{АК1М2 0,1 Nd: } C_p^0 &= 636,1983 + 0,3691T + 1,427 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,190 \cdot 10^{-6} T^3; \\ \text{АК1М2 0,5 Nd: } C_p^0 &= 636,4344 + 0,36T + 1,4216 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,1883 \cdot 10^{-6} T^3. \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} H^0(T) - H^0(298,15) &= \int_{298,15}^T C_p^0 dT; \\ S^0(T) - S^0(298,15) &= \int_{298,15}^T \frac{C_p^0(T)}{T} dT; \end{aligned} \quad (13)$$

$$[G^0(T) - G^0(298,15)] = [H^0(T) - H^0(298,15)] - T[S^0(T) - S^0(298,15)].$$

Зависимость удельной теплоемкости сплава АК1М2, легированного празеодимом (верхний ряд) и неодимом (нижний ряд) от температуры

T, К	Значения $C_p^0(T)$, Дж/(кг·К), для сплавов			
	АК1М2	АК1М2+ 0,05 % РЗМ	АК1М2+ 0,1 % РЗМ	АК1М2+ 0,5 % РЗМ
300	766,80	766,22	766,51	763,87
		766,53	766,24	764,00
400	837,83	837,19	837,51	834,65
		837,54	837,22	834,82
500	934,58	933,86	934,23	930,99
		934,27	933,92	931,31
600	1064,22	1063,38	1063,81	1060,04
		1063,88	1063,49	1060,60
700	1233,89	1232,88	1233,41	1228,93
		1233,51	1233,07	1229,84
800	1450,74	1449,53	1450,17	1444,81
		1450,31	1449,81	1446,14

Получены следующие уравнения температурной зависимости энтальпии (Дж/кг):

для сплава АК1М2:

$$\text{АК1М2: } H^0(T) - H^0(298,15) = -205150,2783 + (636,6712 \cdot T) + (0,1847 \cdot T^2) - (4,76 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (2,9782 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

для сплавов с празеодимом и неодимом % (по массе):

$$\text{АК1М2 0,05 Pr: } H^0(T) - H^0(298,15) = -205000,85 + (636,0754 \cdot T) + (0,1849 \cdot T^2) - (4,8 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (3 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

$$\text{АК1М2 0,1 Pr: } H^0(T) - H^0(298,15) = -505075,63 + (636,374 \cdot T) + (0,1848 \cdot T^2) + (4,777 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (2,977 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

$$\text{АК1М2 0,5 Pr: } H^0(T) - H^0(298,15) = -204412,44 + (633,4693 \cdot T) + (0,1863 \cdot T^2) - (5,018 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (2,97 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

$$\text{АК1М2 0,05 Nd: } H^0(T) - H^0(298,15) = -205075,2943 + (636,4344 \cdot T) + (0,1846 \cdot T^2) + (4,758 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (2,9775 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

$$\text{АК1М2 0,1 Nd: } H^0(T) - H^0(298,15) = -204997 + (636,1983 \cdot T) + (0,1845 \cdot T^2) + (4,756 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (2,975 \cdot 10^{-7} \cdot T^4);$$

$$\text{АК1М2 0,5 Nd: } H^0(T) - H^0(298,15) = -204662,1497 + (636,4344 \cdot T) + (0,18 \cdot T^2) + (4,738 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) - (3 \cdot 10^{-7} \cdot T^4).$$

В табл. 2 приведена температурная зависимость изменения энтальпии для сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом, рассчитанная по этим уравнениям.

Для температурной зависимости энтропии (Дж/(кг·К)) сплава АК1М2 с празеодимом и неодимом получены следующие уравнения:

для сплава АК1М2

$$\text{АК1М2: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3733,4547 + (636,6712(\ln T)) + (0,3694 \cdot T) - (7,14 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,971 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

для сплавов с празеодимом и неодимом % (по массе):

$$\text{АК1М2 0,05 Pr: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3730,2313 + (636,0754(\ln T)) + (0,3698 \cdot T) + (7,2 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,969 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

$$\text{АК1М2 0,1 Pr: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3731,8463 + (636,374(\ln T)) + (0,3696 \cdot T) + (7,1665 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,97 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

$$\text{АК1М2 0,5 Pr: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3716,5475 + (633,4693(\ln T)) + (0,3727 \cdot T) + (7,528 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,9683 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

$$\text{АК1М2 0,05 Nd: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3732,076 + (636,4344(\ln T)) + (0,3693 \cdot T) - (7,137 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,97 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

$$\text{АК1М2 0,1 Nd: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3730,678 + (636,1983(\ln T)) + (0,3691 \cdot T) + (7,135 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,966 \cdot 10^{-7} \cdot T^3);$$

$$\text{АК1М2 0,5 Nd: } S^0(T) - S^0(298,15) = -3729,301 + (636,4344(\ln T)) + (0,36 \cdot T) + (7,108 \cdot 10^{-5} \cdot T^2) - (3,961 \cdot 10^{-7} \cdot T^3).$$

Т а б л и ц а 2

Изменение температурной зависимости энтальпии сплава АК1М2, легированного празеодимом (верхний ряд) и неодимом (нижний ряд)

T, К	Значения $H^0(T) - H^0(298,15)$, для сплавов			
	АК1М2	АК1М2+ 0,05 % PЗМ	АК1М2+ 0,1 % PЗМ	АК1М2+ 0,5 % PЗМ
300	1,35	1,32	1,34	1,34
		1,34	1,34	1,31
400	74,49	74,40	74,47	74,39
		74,45	74,42	74,06
500	146,70	146,51	146,67	146,60
		146,63	146,57	145,72
600	215,03	214,69	215,01	215,08
		214,93	214,85	213,35
700	275,84	275,28	275,84	276,20
		275,71	275,62	273,26
800	324,78	323,89	324,81	325,63
		324,61	324,53	321,06

В табл. 3 приведены значения изменения температурной зависимости энтропии (кДж/(кг·К)) для сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом, рассчитанные по вышеприведенным уравнениям.

По температурной зависимости энергии Гиббса (Дж/кг) для сплава АК1М2 и сплавов, легированных празеодимом и неодимом, получены уравнения:

$$\begin{aligned}
 \text{AK1M2: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-205150,2783) + (4369,75 \cdot T) - (0,1847 \cdot T^2) - (2,38 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + \\
 &+ (9,91 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,6712 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0.05 Pr: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-205000,8599) + (4366,3067 \cdot T) - (0,1849 \cdot T^2) - \\
 &- (2,4 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,69 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,0754 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0.1 Pr: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-205075,6349) + (4368,22 \cdot T) - (0,1848 \cdot T^2) - \\
 &- (2,3895 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,93 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,374 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0,5 Pr: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-204412,4423) + (4350 \cdot T) - (0,1863 \cdot T^2) - \\
 &- (2,51 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,98 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (633,4693 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0,05Nd: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-205075,2943) + (4368,50 \cdot T) - (0,184 \cdot T^2) - \\
 &- (2,379 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,925 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,4344 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0,1Nd: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-204997,6339) + (4366,68 \cdot T) - (0,1847 \cdot T^2) - \\
 &- (2,379 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,91 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,1983 \cdot T)(\ln T); \\
 \text{AK1M2 0,5Nd: } G^0(T) - G^0(298,15) &= (-204662,1497) + (4365,73 \cdot T) - (0,18 \cdot T^2) - \\
 &- (2,37 \cdot 10^{-5} \cdot T^3) + (9,61 \cdot 10^{-8} \cdot T^4) - (636,4344 \cdot T)(\ln T).
 \end{aligned}$$

Т а б л и ц а 3

Изменение температурной зависимости энтропии сплава АК1М2, легированного празеодимом (верхний ряд) и неодимом (нижний ряд)

T, К	$S^0(T) - S^0(298,15)$, кДж/(кг·К), для сплавов			
	AK1M2	AK1M2+ 0,05 % PЗМ	AK1M2+ 0,1 % PЗМ	AK1M2+ 0,5 % PЗМ
300	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045
		0,0045	0,0045	0,0044
400	0,21	0,21	0,21	0,21
		0,21	0,21	0,21
500	0,37	0,37	0,37	0,37
		0,37	0,37	0,37
600	0,50	0,50	0,50	0,50
		0,50	0,50	0,49
700	0,59	0,59	0,59	0,59
		0,59	0,59	0,60
800	0,66	0,66	0,66	0,66
		0,66	0,65	0,65

В табл. 4 приведена температурная зависимость изменения энергии Гиббса (кДж/кг) для сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом, рассчитанная по приведенным уравнениям.

Выводы. В режиме «охлаждения» исследована температурная зависимость теплоемкости и изменения термодинамических функций сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом в диапазоне температур 298,15 – 800 К. Показано, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а с повышением концентрации легирующего ком-

понента уменьшаются. Энергия Гиббса сплавов характеризуется обратной зависимостью, т.е. от температуры – уменьшается, от содержания легирующего компонента – растет. Сплавы, содержащие неодим, характеризуются более высокими значениями теплоемкости, энтальпии и энтропии и несколько меньшими значениями энергии Гиббса. Уменьшение теплоемкости объясняется увеличением степени гетерогенности сплавов при их легировании празеодимом и неодимом, из-за модифицирующего влияния этих элементов на характер кристаллизации алюминиевого твердого раствора [17, 18].

Т а б л и ц а 4

Изменение температурной зависимости энергии Гиббса сплава АК1М2, легированного празеодимом (верхний ряд) и неодимом (нижний ряд)

T, К	$G^0(T) - G^0(298,15)$, кДж/кг, для сплавов			
	AK1M2	AK1M2+ 0,05 % Nd	AK1M2+ 0,1 % Nd	AK1M2+ 0,5 % Nd
300	-0,11	$-2,36 \cdot 10^{-2}$	$-4,13 \cdot 10^{-3}$	$-8,98 \cdot 10^{-5}$
		0,051292	-0,07663	-0,02965
400	-11,62	-11,5268	-11,4677	-11,4355
		-11,3667	-11,5664	-11,4964
500	-41,56	-41,4959	-41,3538	-41,26916
		-41,1911	-41,4736	-41,3486
600	-85,73	-85,7644	-85,4675	-85,32309
		-85,2268	-85,6057	-85,4244
700	-140,81	-141,04	-140,484	-140,2826
		-140,148	-140,64	-140,44
800	-203,87	-204,423	-203,463	-203,2146
		-203,016	-203,641	-203,503

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. – Самара: СГТУ, 2013. – 81 с.
- Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение.) Справочник / Под общей ред. И.Н. Фридляндера. – Киев: Коминтех, 2005. – 365 с.
- Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. – М.: МИСиС, 2005. – 376 с.
- Ниёзов Х.Х., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э. Сплавы особочистого алюминия с редкоземельными металлами. – Душанбе: ЧДММ «Сармад компания», 2017. – 146 с.
- Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High Temperature. 2014. Vol. 52. Iss. 1. P. 138 – 140.
- Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Махмадуллоев Х.А., Низомов З. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb-Sr. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 6. № 6. С. 38 – 42.
- Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние церия на теплофизические свойства сплава АМг2 // Физика металлов и металловедение. 2016. Т. 117. № 1. С. 53 – 58.
- Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Махмадуллоев Х.А. Теплофизические и термодинамические свойства сплавов свинца с щелочноземельными металлами. – Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 152 с.
- Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава АМг4 // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 16. № 4. С. 256 – 260.
- Бердиев А.Э., Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Дадаматов Х.Д. Термодинамические функции сплава АК1М2, легированного неодимом: Материалы Международной научно-технической конференции «Нефть и газ Западной Сибири», посвященной 50-летию Тюменского индустриального института. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. С. 88 – 93.
- Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н. и др. Исследование температурной зависимости удельной теплоемкости алюминия марок ОСЧ и А7 // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 1. С. 53 – 59.
- Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н. и др. Температурная зависимость теплоемкости сплава АК1М2, легированного редкоземельными металлами // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. № 11. С. 917 – 921.
- Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1984. – 384 с.
- Маджидов Х., Аминов Б., Сафаров М., Вахобов А., Обидов Ф.У. // Доклады АН Республики Таджикистан. 1990. Т. 33. № 6. С. 380 – 383.
- Низомов З., Саидов Р.Х., Гулов Б.Н., Аевзов З. Исследование температурной зависимости коэффициента теплоотдачи меди,

алюминия А7 и цинка. – Материалы Международной конф. «Современные проблемы физики конденсированных сред и астрофизики». – Душанбе: Бахт LTD, 2010. С. 38 – 41.

- 16.** Гулов Б.Н., Саидов Р.Х., Низомов З. Исследование температурной зависимости термодинамических свойств сплава АК1+2%Cu // Вестник Таджикского технического университета. 2012. Вып. 1 (17). С. 7 – 11.

17. Мальцев М.В. Модификаторы структуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1964. – 238 с.

- 18.** Ганиев И.Н., Пархутик П.А., Вахобов А.В., Куприянова И.Ю. Модифицирование силиминов стронцием. – Минск: Наука и техника, 1985. – 143 с.

© 2017 г. *И.Н. Ганиев, Х.Х. Ниёзов, Б.Н. Гулов, З. Низомов, А.Э. Бердиев*
Поступила 23 июля 2017 г.

УДК 620.193 + 669.715

*И.Н. Ганиев¹, Дж.Х. Джайлоев¹, И.Т. Амонов², Н.Р. Эсанов¹*¹Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан²Технологический университет Таджикистана**ВЛИЯНИЕ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Al + 2,18 % Fe В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ**

Железо всегда присутствует в алюминии, так как является преобладающей примесью технического алюминия и основной примесью чистого алюминия. Оно попадает в алюминий при использовании стальной оснастки при плавке и литье, значительная часть – из сырья для производства алюминия – глинозема.

При изучении физико-химических свойств высокопрочных, высокопроводящих сплавов Al – Fe выявлено, что с ростом содержания железа повышается вязкость расплавов, снижается теплопроводность, увеличивается электросопротивление, значительно повышается предел ползучести, тогда как предел усталости снижается благодаря присутствию фазы FeAl₃.

Электродный потенциал меняется незначительно, поскольку потенциал фазы FeAl₃ находится в пределах $-0,4 \div -0,5$ В, а алюминия – 0,8 В, разность потенциалов 0,4 В между алюминием (матрицей) и частицами фазы FeAl₃ снижает коррозионную стойкость сплавов. Влияние фазы FeAl₃ достаточно велико, так как несколько сотых долей процента железа входят в состав твердого раствора, сегрегируя по границам зерен и субзерен, что может привести к межкристаллитной коррозии. Последующие добавки к сплавам Al – Fe образуют дисперсные частицы FeAl₃ и тем самым меняют характер коррозии от межкристаллитной до питтинговой [1 – 4].

В работах [5, 6] показано влияние чистоты алюминия на его коррозионную стойкость. Так, сравнительное исследование коррозионной стойкости алюминия марок А6 (99,6 % Al) и А995 (99,995 % Al) показало, что скорость коррозии металла марки А6 составляет 8,04 г/(м²·ч), а алюминия А995 – 1,68 г/(м²·ч) в среде 3%-ного NaCl.

Известно, что низкосортный алюминий с повышенным содержанием железа практически не находит применения, за исключением дегазации и раскисления стали. Цель настоящих исследований заключается в разработке сплавов на основе низкосортного алюминия с тем, чтобы превратить

этот металл в сплав, который отличался бы особыми свойствами и мог применяться в промышленности. Для достижения поставленной цели в качестве объекта исследования выбран сплав эвтектического состава Al + 2,18 % Fe, который подвергался легированию щелочноземельными металлами (Ca, Sr, Ba) в количествах от 0,005 до 0,5 % (по массе). Ранее сообщалось о влиянии кальция и стронция на анодное поведение указанного сплава [7, 8]. Однако нет данных о влиянии добавок бария на коррозионно-электрохимическое поведение сплавов.

Экспериментальная часть

Сплавы для коррозионно-электрохимических исследований получали в шахтной печи сопротивления типа СШОЛ с использованием двойных алюминиевых лигатур с железом (2,18 %) и щелочноземельными металлами (5 %). Применение лигатур дает возможность уменьшить угар легирующих металлов, а также получить сплавы исследуемых систем при более низких температурах. Из полученных сплавов отливали в графитовую изложницу стержни diam. 8 мм и длиной 140 мм. Нерабочая часть образцов изолировалась смолой (смесь 50 % канифоли и 50 % парафина). Рабочей поверхностью служил торец электрода. Перед погружением образца в рабочий раствор его торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали, обезжиривали, тщательно промывали спиртом и затем погружали в раствор электролита NaCl. Температура раствора в ячейке поддерживалась постоянной (20 °С) с помощью термостата МЛШ-8.

Для изучения электрохимических свойств тройных сплавов применяли потенциостатический метод исследования. Электрохимические испытания образцов проводили в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1.1 со скоростью развертки потенциала 2 мВ/с в среде электролита NaCl. ГОСТ 908 – 85 «Металлы и сплавы. Определение показателей коррозии и коррозионной стойкости» рекомендует провести определение коррозионной стойкости металлов в

среде электролита 3 %-ного раствора NaCl. Для выяснения влияния хлорид-иона на коррозионную стойкость сплавов исследования также проводились при 10-кратном (0,3 % NaCl) и 100-кратном (0,03% NaCl) уменьшении концентрации коррозионно-активного хлорид-иона. Электродом сравнения служил хлорсеребряный, вспомогательным – платиновый.

Образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования (рис. 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении (рис. 1, кривая II) и по перечению кривых I и II определяли величину потенциала репассивации. Далее образцы поляризовали в катодной области до значения потенциала $-1,1$ В для удаления оксидных пленок с поверхности электрода (рис. 1, кривая III) в результате подщелачивания при электродной поверхности. Затем образцы поляризовали вновь в положительном направлении,

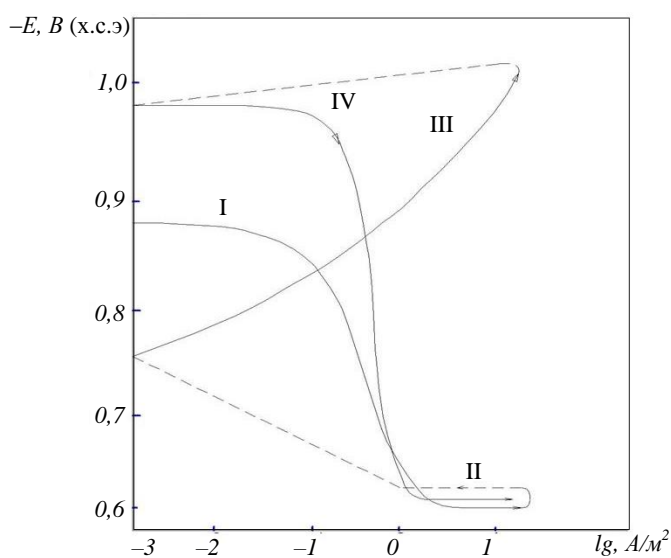


Рис. 1. Полная поляризационная кривая сплава Al + 2,18 % Fe в среде электролита 3 %-ного NaCl при скорости развертки потенциала 2 мВ/с

и из анодных кривых определяли основные электрохимические параметры (рис. 1, кривая IV).

В качестве примера на рис. 1 представлена полная поляризационная диаграмма исходного сплава Al + 2,18 % Fe в среде электролита 3 %-ного NaCl. На полученных таким образом поляризационных кривых определяли основные электрохимические характеристики сплавов: потенциал питтингообразования ($E_{\text{пю}}$), потенциал и ток коррозии ($E_{\text{кор}}$ и $i_{\text{кор}}$). Потенциал репассивации ($E_{\text{рп}}$) определяли графически как первый изгиб на обратном ходе анодной кривой или как точку пе-

ресечения прямого и обратного ходов. Расчет тока коррозии как основной электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учетом таффеловской наклонной $B_k = 0,12$ В, поскольку в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии в свою очередь является функцией тока коррозии, найденной по формуле

$$K = i_{\text{кор}} k,$$

где $k = 0,335$ г/(А·ч) для алюминия.

Подробная методика снятия поляризационных кривых представлена в работах [7 – 13].

Обобщенные результаты исследования сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) представлены в табл. 1 и 2. Потенциал свободной коррозии сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) с ростом концентрации щелочноземельного металла изменяется в положительном направлении оси ординат. С увеличением концентрации хлорид-иона потенциал свободной коррозии сплава Al + 2,18 % Fe уменьшается от $-0,680$ В в среде 0,03 % NaCl до $-0,860$ В в среде 3 %-ного NaCl (табл. 1).

Такая зависимость имеет место также и для сплава Al + 2,18 % Fe, легированного ЩЗМ, т. е. при переходе от слабого электролита к более сильному электролиту наблюдается уменьшение величины потенциала свободной коррозии независимо от содержания легирующего компонента. Значения потенциалов питтингообразования и репассивации сплава Al + 2,18 % Fe с ЩЗМ также, по мере роста концентрации хлорид-иона в электролите, изменяются в более отрицательном направлении оси ординат. Увеличение концентрации легирующего компонента способствует росту потенциалов питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации хлорид-иона. Установленные зависимости характерны для сплавов Al + 2,18 % Fe со всеми щелочноземельными металлами. При переходе от сплавов Al + 2,18 % Fe с кальцием к сплавам со стронцием и барием потенциал свободной коррозии уменьшается, т.е. изменяется в отрицательном направлении оси ординат, потенциал питтингообразования также уменьшается (табл. 1).

Плотность тока коррозии и соответственно скорость коррозии сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) с ростом концентрации хлорид-иона увеличиваются. Указанная зависимость характерна для всех сплавов независимо от их состава и особенностей физико-химических свойств легирующего компонента. При переходе от сплавов Al + 2,18 % Fe с кальцием к сплавам со стронцием и барием наблюдается рост скорости коррозии,

что коррелирует со свойствами самих щелочно-земельных металлов. Для сплава Al + 2,18 % Fe также характерен рост скорости коррозии с увеличением концентрации хлорид-иона в электролите (табл. 2).

Анодные ветви потенциодинамических кривых сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr) в сре-

де 3%-ного NaCl (рис. 2) показывают, что кривые, относящиеся к легированным сплавам, располагаются левее кривой исходного сплава Al + 2,18 % Fe, т.е. скорость анодной коррозии легированных сплавов несколько меньше скорости анодной коррозии сплава Al + 2,18 % Fe во всех исследованных средах.

Т а б л и ц а 1

Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии ($-E_{св.корр}$) и питтингообразования ($-E_{по}$) сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca(Sr, Ba) в среде электролита NaCl

Среда	Содержание ЦЗМ % (по массе)	Сплавы с Ca		Сплавы со Sr		Сплавы с Ba	
		$-E_{св.корр}$, В	$-E_{по}$, В	$-E_{св.корр}$, В	$-E_{по}$, В	$-E_{св.корр}$, В	$-E_{по}$, В
0,03 % NaCl	–	0,680	0,484	0,680	0,484	0,680	0,484
	0,005	0,700	0,350	0,690	0,518	0,672	0,450
	0,01	0,690	0,340	0,682	0,500	0,665	0,440
	0,05	0,670	0,320	0,670	0,487	0,654	0,440
	0,1	0,660	0,320	0,658	0,460	0,640	0,430
	0,5	0,640	0,300	0,640	0,450	0,634	0,415
0,3 % NaCl	–	0,850	0,560	0,850	0,560	0,850	0,560
	0,005	0,840	0,520	0,794	0,530	0,790	0,480
	0,01	0,830	0,520	0,780	0,510	0,770	0,450
	0,05	0,790	0,480	0,768	0,500	0,754	0,440
	0,1	0,770	0,460	0,740	0,480	0,720	0,440
	0,5	0,762	0,450	0,700	0,464	0,695	0,418
3 % NaCl	–	0,860	0,600	0,860	0,600	0,860	0,600
	0,005	0,860	0,560	0,860	0,550	0,858	0,500
	0,01	0,856	0,520	0,848	0,534	0,840	0,484
	0,05	0,844	0,500	0,832	0,518	0,832	0,460
	0,1	0,830	0,470	0,818	0,500	0,810	0,446
	0,5	0,820	0,460	0,800	0,480	0,798	0,420

Т а б л и ц а 2

Зависимость скорости коррозии сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) от содержания ЦЗМ в среде электролита NaCl

Среда	Содержание ЦЗМ, % (по массе)	Скорость коррозии					
		сплавов с Ca		сплавов со Sr		сплавов с Ba	
		$i_{корр} \cdot 10^{-2}$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3}$ г/(м ² ·ч)	$i_{корр} \cdot 10^{-2}$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3}$ г/(м ² ·ч)	$i_{корр} \cdot 10^{-2}$ А/м ²	$K \cdot 10^{-3}$ г/(м ² ·ч)
0,03 % NaCl	–	0,130	4,35	0,130	4,35	0,130	4,35
	0,005	0,125	4,19	0,122	4,09	0,118	3,95
	0,01	0,120	4,02	0,118	3,95	0,115	3,85
	0,05	0,115	3,85	0,115	3,85	0,112	3,75
	0,1	0,113	3,79	0,112	3,69	0,090	3,01
	0,5	0,110	3,69	0,100	3,35	0,080	2,69
0,3 % NaCl	–	0,160	5,36	0,160	5,36	0,160	5,36
	0,005	0,148	4,96	0,145	4,86	0,140	4,69
	0,01	0,135	4,52	0,130	4,45	0,133	4,36
	0,05	0,130	4,35	0,124	4,35	0,130	4,15
	0,1	0,127	4,25	0,120	4,15	0,124	4,02
	0,5	0,122	4,08	0,118	3,95	0,110	3,68
3 % NaCl	–	0,170	5,70	0,170	5,70	0,170	5,70
	0,005	0,165	5,53	0,162	5,42	0,160	5,36
	0,01	0,156	5,22	0,150	5,03	0,148	4,96
	0,05	0,150	5,02	0,146	4,89	0,140	4,69
	0,1	0,145	4,86	0,134	4,52	0,135	4,48
	0,5	0,130	4,35	0,130	4,35	0,128	4,29

Положительное действие щелочноземельных металлов на анодные свойства сплава Al + 2,18 % Fe не может объясняться только увеличением истинной поверхности анода или уплотнением продуктов коррозии на поверхности электрода. Стойкость сплава Al + 2,18 % Fe, легированного ЦЗМ, зависит также от изменения и модифицирования структуры эвтектики (α -Al + FeAl₃), которая является основной фазой сплавов. Добавки ЦЗМ значительно измельчают структуру эвтектики (α -Al + FeAl₃), изменяя величину кристаллов фазы FeAl₃ в эвтектике.

Как известно, модификаторами структуры сплавов могут служить металлы, имеющие малую межатомную связь и следовательно низкую температуру плавления, малую прочность и твердость [14 – 16]. Диффузия в металлах происходит быстрее вдоль границ зерен, чем в самих зернах. Наличие границ зерен в поликристаллах влияет на такие свойства, как внутреннее трение, скольжение и т.д. В случае диспергирования структуры продукты коррозии полностью перекрывают незначительную по величине межкристаллитную прослойку и этим усиливают пассивность металла. Таким действием чаще всего обладают *s*- и *p*-элементы, к которым относятся и щелочноземельные металлы. Таким образом, существует корреляция между увеличением коррозионной стой-

кости и изменением зернистости сплава, что подтверждает существующие представления о модифицирующей роли модификаторов в коррозии сплавов. Как известно, при переходе границы растворимости на кривой зависимости состав – свойства наблюдается перелом, что соответствует точке предельной растворимости второго компонента в металле – основе (Al + 2,18 % Fe). Были исследованы электрохимические характеристики сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba), содержащих до 0,5 % (по массе) ЦЗМ. В изученном диапазоне концентраций зависимость плотности тока коррозии от состава носит монотонный характер, т.е. отсутствует точка перегиба, характерная для перехода границы области твердого раствора ЦЗМ в сплаве Al + 2,18 % Fe.

Следовательно, ЦЗМ до содержания 0,5 % (по массе), растворяясь в сплаве Al + 2,18 % Fe, модифицируют кристаллическую структуру эвтектики (α -Al + FeAl₃), не изменяя его фазовый состав, повышают анодную устойчивость. Последнее подтверждается диаграммой состояния системы Al – Fe – Sr, в которой отсутствует кристаллизация тройных фаз [17, 18].

Выводы. Установлено, что легирование щелочноземельными металлами сплава Al + 2,18 % Fe до 0,5 % (по массе) повышает его анодную устойчивость в 1,5 – 2 раза в среде электролита NaCl. При этом с ростом концентрации леги-

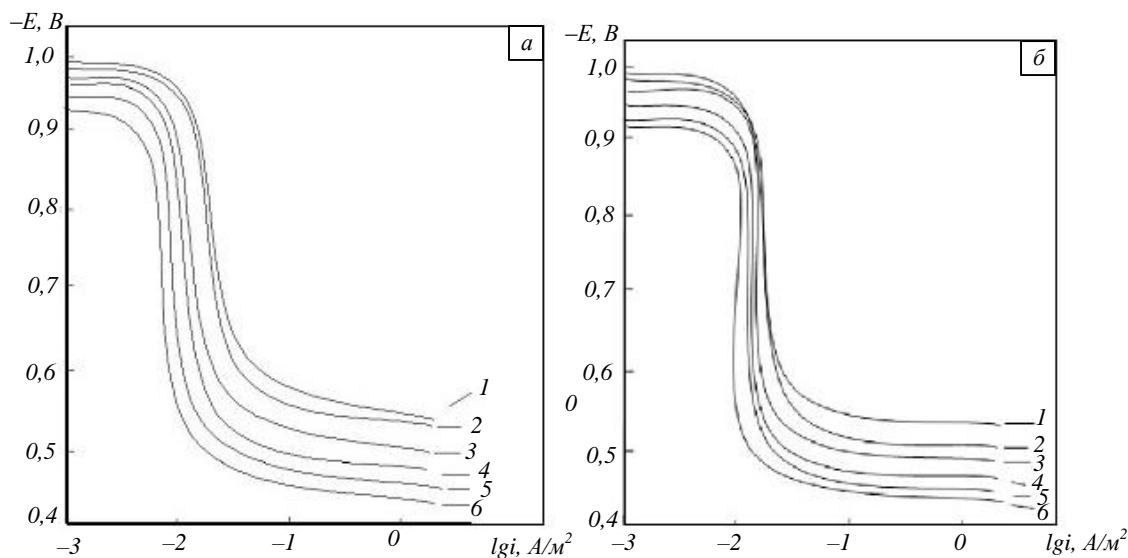


Рис. 2. Анодные ветви потенциодинамических кривых (2 мВ/с) сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca и Al + 2,18 % Fe – Sr, содержащих кальций (а) и стронций (б): 1 – 0 %; 2 – 0,005 %; 3 – 0,01 %; 4 – 0,05 %; 5 – 0,1 %; 6 – 0,5 % в среде электролита 3 %-ного NaCl

рующего компонента отмечается изменение в положительном направлении оси ординат потенциалов свободной коррозии, питтингообра-

зования и репассивации. С увеличением концентрации хлорид-иона в электролите потенциалы свободной коррозии, питтингообразо-

вания и репассивации сплавов уменьшаются, скорость коррозии увеличивается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. – Самара: изд. Самарского государственного технического ун-та, 2013. – 81 с.
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). Справочник / Под ред. И.Н. Фридляндера. – Киев: КОМИТЕХ, 2005. – 365 с.
3. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1973. – 639 с.
4. Красноярский В.В., Сайдалиев Н.Р. Коррозионно-электрохимические свойства сплавов алюминия с железом в нейтральных растворах. Э.И.: Защита от коррозии и окружающей среды. – М., 1991. Вып. 3. С. 14 – 19.
5. Умарова Т.М., Ганиев И.Н. Анодные сплавы алюминия с марганцем, железом и редкоземельными металлами. – Душанбе: Дониш, 2009. – 232 с.
6. Ганиев И.Н., Умарова Т.М., Обидов З.Р. Коррозия двойных алюминиевых сплавов в нейтральных средах. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 198 с.
7. Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Азимов Х.Х. Потенциодинамическое исследование сплава Al + 2,18 % Fe, легированного барием // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 2. С. 97, 98.
8. Джайлоев Дж.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Азимов Х.Х. Анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe, легированного кальцием в среде электролита NaCl // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. № 12. С. 38 – 42.
9. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И. Влияние лантана на анодное поведение сплава Al +6 % Li // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 1 (44). С. 49 – 53.
10. Раджабалиев С.С., Ганиев И.Н., Амонов И.Т. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe // Вопросы материаловедения. 2016. № 2 (86). С. 147 – 152.
11. Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Джайлоев Дж.Х. Потенциодинамическое исследование сплава Al + 2,18 % Fe, модифицированного литием в среде электролита NaCl // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2016. Т. 59. № 2. С. 74 – 79.
12. Назаров Ш.А., Ганиев И.Н., Норова М.Т., Ганиева Н.И. Потенциодинамическое исследование сплава Al+6%Li с иттрием в среде электролита NaCl // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. № 2. С. 95 – 100.
13. Одинаев Ф.Р., Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Якубов У.Ш. Потенциодинамическое исследование сплава АЖ4.5, легированного свинцом в среде электролита NaCl // Обработка сплошных и слоистых материалов. 2016. № 2 (45). С. 64 – 68.
14. Модифицирование силуминов стронцием / И.Н. Ганиев, Г.А. Пархутик, А.В. Вахобов, И.Ю. Куприянова. – Минск: Наука и техника, 1985. – 143 с.
15. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
16. Семенченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. – М.: Изд-во научно-техн. литературы, 1956. – 135 с.
17. Ганиев И.Н., Вахобов А.В., Назаров Х.М. Металлургия стронция и его сплавов. – Душанбе: Дониш, 2000. – 205 с.
18. Вахобов А.В., Ганиев И.Н. Диаграммы состояния двойных и тройных систем с участием бария и стронция. – Душанбе: Дониш, 1992. – 296 с.

© 2017 г. И.Н. Ганиев, Дж.Х. Джайлоев,
И.Т. Амонов, Н.Р. Эсанов
Поступила 28 августа 2017 г.

Е.А. Благиных, В.В. Стерлигов

Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ ПОСЕЛЕНИЯ ТЕБА МЕЖДУРЕЧЕНСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

На современном этапе развития российского общества все более актуальным становится устойчивое развитие¹ не только городских, но и сельских поселений в системе регионального планирования. Такое развитие совместно с решением социальных проблем сельского населения являются одними из основных условий экономического и социального благополучия регионов Кемеровской области и страны в целом.

В связи с этим необходимы научные и концептуальные разработки архитектурно-пространственного подхода к развитию сельских территорий, в том числе для обеспечения их конкурентоспособности. В настоящей работе изложен материал научно-концептуального и архитектурного обоснования разработки пространственного развития сибирского поселения Теба, расположенного в юго-восточной части Кемеровской области.

Цель обоснования: определение градостроительных условий и предпосылок для создания зон территориального развития и центров активизации (точек роста), направленных на развитие наиболее перспективных направлений и территорий.

Задача обоснования заключается в привязке приоритетных направлений социально-экономического развития (региональных и муниципальных) к территории поселения на основе сбалансированного учета экологических, экономических и социальных факторов и формирования безопасных, благоприятных условий жизнедеятельности людей.

Поселение Теба входит в состав Междуреченского городского округа, расположено в юго-восточной части Кемеровской области, в

36 км к востоку от города Междуреченск и в 130 км от города Новокузнецк (рис. 1). Географическое положение поселка: в отрогах Саянского хребта, в южной части Кузнецкого Алатау, к северу от Горной Шории, в месте впадения в реку Томь ее левого притока горной речки Теба.

Общая площадь поселения Теба составляет 128,26 га, большую его часть занимают территории со сложным рельефом. Северная часть поселения имеет более крутой рельеф, а южная – пологий и находится в зоне 1 % паводка реки Томь, протекающей в южной его части с востока на запад, отделяя при этом левобережную меньшую часть поселения, связь с которой осуществляется по единственному мосту – железнодорожному (в зимнее время – по ледовой переправе).

Поселение Теба, отметившее свое 140-летие, имеет несколько этапов исторического развития: золотые прииски с XVIII века, перевалочная база Абаканского железодобывающего завода с 1874 г., строительство железнодорожной ветки «Сталинск – Абакан» в 50-е годы XX века, отдельный лагерный пункт до 70-х годов XX века, лесное промышленное хозяйство, добыча гранита. Но до этого, многие столетия назад, здесь проживали тюркоязычные обитатели бассейна Верхней Томи и «кузнецкие люди» (предки современных шорцев). Само название Теба – топоним тюркского происхождения. С узбекского «тепа» – натоп (площадка), шорцы переводят слово Теба как «причал для лодок».

Поселение Теба относится к месту традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации – шорцев. Рядом с поселением на левом берегу Томи располагается высокая гора Чёрный Салан (1208 м над уровнем моря), до самой вершины покрытая пихтовым лесом. Существует легенда о Шамане, которая может быть положена в основу бренда этой обновленной территории.

¹ Устойчивое развитие территории подразумевает обеспечение при осуществлении градостроительной деятельности: безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, снижение негативного воздействия хозяйственной и прочей деятельности на окружающую среду, рациональное использование природных ресурсов (Градостроительный кодекс РФ, 2004 г.)

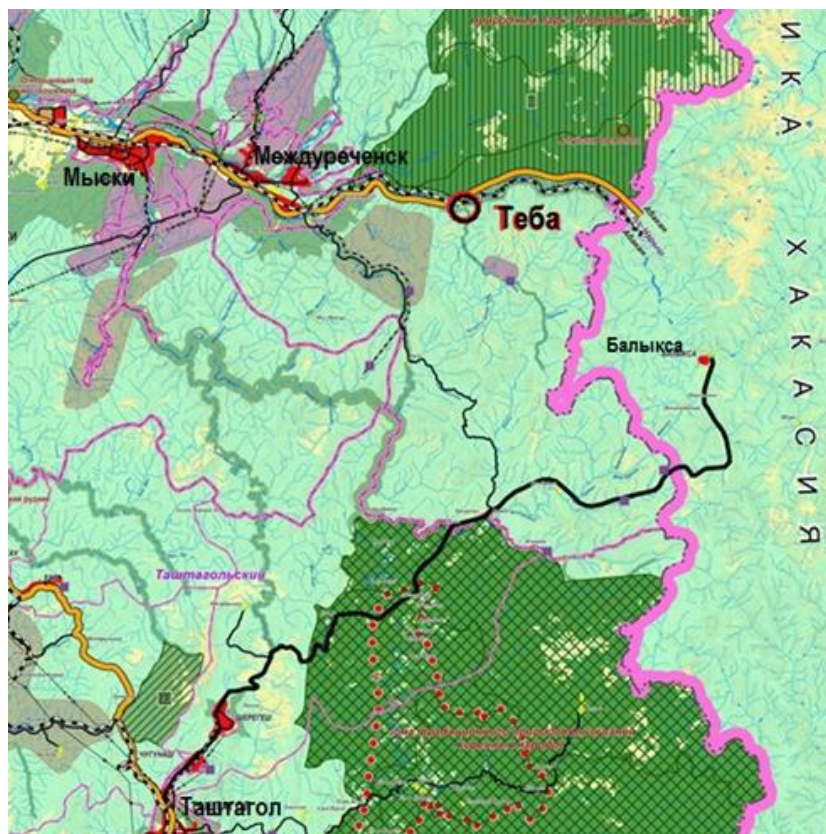


Рис. 1. Географическое месторасположение поселения Теба в юго-восточной части Кемеровской области

Мощный потенциал территории, заложенный в истории поселения и его жителей, необходимо раскрыть для нового этапа развития, формирования пространственного облика этой местности, открыть ее и сделать привлекательной для инвестиций.

На основе картографических материалов и визуального обследования поселения Теба проведен предварительный анализ существующего зонирования и планировочной структуры села, выявлены планировочные ограничения. Поселение сформировано кварталами индивидуальной жилой застройки и имеет расчлененную планировочную структуру, большая часть поселения расположена на правом берегу реки Томь, меньшая – на левом. Улицы имеют как меридиональное, так и широтное направление. Существующая жилая застройка расположена в основном в северной части населенного пункта, она представлена одноэтажными домами усадебного типа с земельными участками.

Определенный процент жилищного фонда можно отнести к ветхому, часть жилых домов являются брошенными. Ветхие двухэтажные дома (баракы) расположены на границе с полосой отвода железной дороги и находятся в аварийном состоянии. В центральной части поселения расположены такие социально-значимые объекты, как фельдшерско-акушерский пункт,

средняя школа, магазины, административное здание. Отсутствуют рекреационные объекты, объекты культурно-досугового назначения, детский сад.

Производственные территории расположены по обе стороны от железной дороги, пересекающей на две примерно равные части правобережную часть поселка. Промышленные площадки Томлеспромхоза в настоящее время заброшены и не эксплуатируются. Среди действующих стоит отметить пристанционные объекты, мастерские. К ним примыкает территория электросетевого хозяйства железной дороги, санитарно-защитная зона 25 м от жилой застройки не выдержана. Кладбище села располагается в северо-западной части в лесном массиве. Объект расширяется в сторону поселка, нарушая при этом санитарно-защитную зону.

С учетом сказанного территория поселения в целом характеризуется как ограниченно-благоприятная для строительства. Освоение таких территорий потребует проведения специальных мероприятий по инженерной подготовке (вертикальная планировка, понижение уровня грунтовых вод, соблюдение санитарных разрывов, защита от затопления и др.).

Анализ транспортной ситуации выявил необходимость строительства автодороги Междуреченск – Теба и далее до Балыксы (Республика Хакассия), которая будет межре-

гиональной, способствующей также освоению природно-ресурсного и рекреационного потенциала смежных территорий. В настоящее время через поселение Теба проходит железная дорога, которая является единственной транспортной артерией, соединяющей его с центром Междуреченского городского округа городом Междуреченском. Также на территории поселения отсутствует автомобильный и пешеходный мосты через реку Томь на левобережную часть жилой застройки.

Демографическая ситуация поселений Междуреченского городского округа как и всей Кемеровской области характеризуется снижением численности населения. Уменьшение числа жителей обусловлено преобладанием естественной убыли населения над миграционным приростом. Так, численность населения поселения Теба на данный момент составляет 718 человек (вместо 812 человек в 2009 году).

Приоритетным направлением развития поселения станет не диверсификация его хозяйственного комплекса, а вовлечение в хозяйственный оборот ресурсного потенциала примыкающих к поселку территорий, преимущественно за счет вахтового метода освоения. Возможность стабильного развития поселка в предгорной зоне может быть обеспечена за счет значительных запасов полезных ископаемых и лесосырьевых ресурсов, а также перспективного развития туристско-рекреационной деятельности.

Необходимо отметить, что важным проектируемым узлом эксплуатации природного потенциала для Кемеровской области является Усинское месторождение марганцевых руд – крупнейшее в Российской Федерации. Полное отсутствие населенных мест в ближнем окружении (около 60 км от поселения Теба) и прогнозируемые объемы добычи определяют необходимость вахтового метода освоения для обслуживания инфраструктуры объекта (до создания постоянного населенного пункта). При этом обязательным условием должно стать использование экологически безопасных технологий добычи и транспортировки добываемого сырья.

Климат характеризуется как резко-континентальный, формируется под влиянием Сибирского антициклона. Поэтому в зимнее время устанавливается ясная морозная погода со средними температурами января –18, –19 °С. В то же время на климат оказывает воздействие западный перенос воздушных масс. Циклоны, формирующиеся над Атлантикой, доходят до горных систем Кузнецкого Алатау

и Горной Шории и приносят значительные осадки. Часть осадков выпадает в виде снега, образуя мощный снеговой покров (до трех метров), позволяющий заниматься горнолыжным туризмом шесть месяцев в году.

Обилие осадков способствует развитию речной сети, которая принадлежит бассейну реки Оби. Основная водная артерия – река Томь. На территории поселения в реку Томь впадает левый ее приток порожистая речка Теба со множеством горных ручьев. Лес преимущественно хвойный – сосна, кедр, пихта. Значительный интерес представляют многочисленные геологические памятники природы, палеонтологические находки флоры и фауны, которые все являются важными экскурсионными объектами, раскрывающими историю развития Земли, и могут быть включены в туристские маршруты [1]. Этот аспект особенно актуален при развитии туристских маршрутов по реке Томи и в Природный парк «Поднебесные Зубья», расположенный к северо-востоку от поселения Теба.

Основным принципом организации территории в границах поселения и прилегающих к нему территорий является повышение эффективности их использования в связи с размещением новых общественных объектов как местного, так и регионального значения. Помимо общественных объектов (нового здания средней школы), на территории поселения планируется размещение инфраструктурных объектов новой туристско-рекреационной зоны и современной жилой застройки.

Предлагается провести комплексный анализ по следующим укрупненным направлениям: производственно-хозяйственное; инфраструктурное; социо-культурное и рекреационное.

Архитектурно-планировочные предложения по развитию территории поселения Теба базируются на основных положениях, таких как:

- рациональная организация территории с реновацией неиспользуемых производственных и коммунально-складских площадок;
- определение зон планируемого размещения новых объектов капитального строительства и инфраструктурных объектов;
- благоустройство общественных территорий, территорий жилых дворов, мест отдыха;
- инженерное обеспечение для создания комфортных условий проживания и др.

Концепция пространственного развития поселения Теба может базироваться на его вовлечении как составной или даже главной части нового территориального инновационного субкластера «Шаман» как зоны развития активного туризма.

По аналогии с субкластером «Горная Шория» (юг и юго-восток Кемеровской области) и субкластера «Поднебесные Зубья» (к югу от заповедника «Кузнецкий Алатау» до дороги Новокузнецк – Междуреченск – Абакан, с включением долин рек Бельсу, Алгуй, Уса, Большой Тумуяс, Шантай и др.).

Таким образом, вновь проектируемый инновационный субкластер с рабочим названием «Шаман» (включая пространство территорий от поселения Тебы и Лужбы до поселения Ортона) станет буферным между субкластерами «Горная Шория» и «Поднебесные Зубья», а также межрегиональным – как приграничный с республикой Хакасия (рис. 2).

Эти три субкластера как природно-рекреационные районы Кемеровской области объединены внутренним единством природы, территории, транспортной доступностью и вместе с этим являются составными частями единого туристского кластера «Кузбасс» [2].

Заявленная туристско-рекреационная зона будет сформирована на территории зон различного функционального назначения (лесохозяйственного, сельскохозяйственного, природоохранного), будет способствовать определению приоритетов территориального развития системы рекреации. Такое проектирование должно выполняться на основе комплексной оценки рекреационных ресурсов (ландшафтно-

рекреационная оценка территории, наличие объектов историко-культурного значения, объектов рекреационного значения – турбаз, пансионатов, гостиниц и т.д.), с учетом предложений по развитию планировочной структуры территории Междуреченского городского округа.

Данный район может специализироваться на следующих видах туризма: горнолыжный, культурно-исторический, спортивный, экологический, социальный, промышленный. Туристский продукт субкластера в данном районе будет ориентирован на коммерческий и социальный туризм [3].

К первой категории потребителей следует отнести жителей России и иностранных туристов со средне-высокими и высокими доходами и сформировавшимися предпочтениями (активный отдых, приоритет содержательных экскурсионных и развлекательных программ; акцент на природных ресурсах и экологии).

Туристские ресурсы субкластера ориентированы на молодежь. В аспекте социального туризма наиболее перспективны организация летнего отдыха для детей и сотрудников бюджетных предприятий (на базе пустующих летних отелей горнолыжного комплекса и разработки для них программ активного отдыха на природе), организации летних туристских лагерей на реках Томи, Тебе, краеведческих и экологических походов-экспедиций.

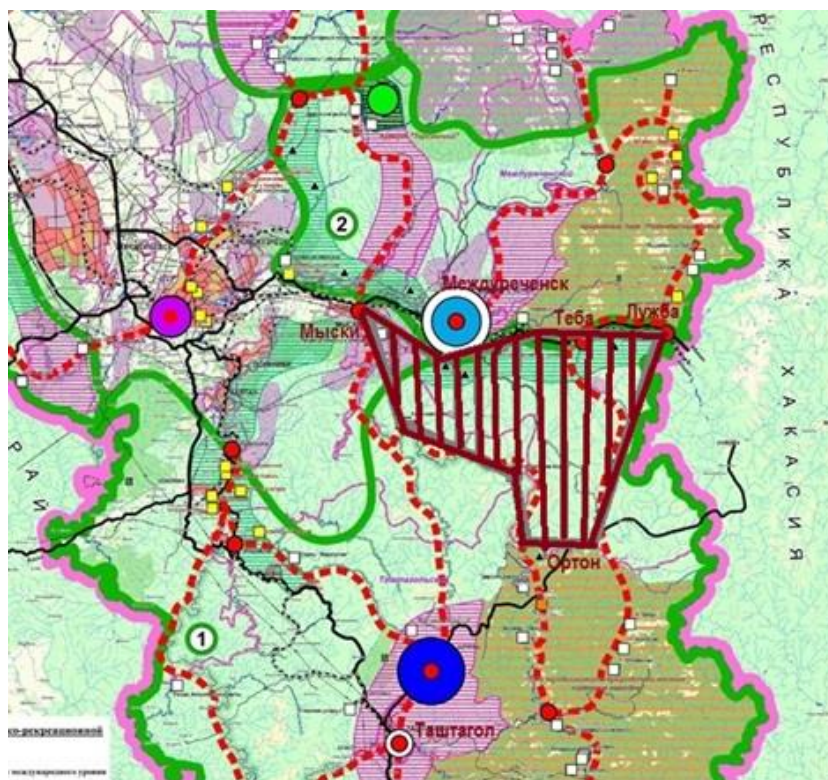


Рис.2 Месторасположение инновационного субкластера «Шаман» (выделено вертикальной штриховкой)

Данный район имеет большие перспективы для увеличения потока въездного туризма. Территория привлекательна для туристов из Кемеровской области и близлежащих регионов за счет обеспечения приемлемого соотношения цена/качество, доступности и возможности для регулярного (несколько раз за сезон) посещения.

Проектируемый субкластер носит трансграничный характер и охватывает наиболее уникальные высокогорные сообщества к югу и юго-востоку от «Поднебесных зубьев» как Кемеровской области, так и со стороны Хакасии, где вносились предложения о создании природного парка «Золотая долина» («Харатас»).

Требуется разработка предложений по организации сети спортивно-оздоровительных туристских маршрутов и опорных центров маршрутного туризма. Функция центров – размещение туристских гостиниц и приютов, палаточных лагерей (вне территории поселений), баз проката спортивного снаряжения, информационных служб. Подробная разработка туристских маршрутов является предметом специализированных проектов по организации туристско-рекреационной деятельности.

В концепцию необходимо также включить создание межрайонной сети этнокультурных центров с этнографическими музеями, организовать там предпринимательскую деятельность (этнографический туризм, сувенирная продукция и др.), направленную на поддержание и сохранение традиционного образа жизни, культуры коренных малочисленных народов (шорцев, телеутов, татар и пр.). С таким же функциональным наполнением в поселении Теба, на левом берегу рядом с существующей усадебной застройкой, можно основать «Шорскую деревню» – музей под открытым небом с эко-технологиями в строительстве.

Такая уникальна эко-деревня будет содержать:

- комфортное пространство и примеры взаимодействия с водными и природными объектами;
- озеленение и ландшафтный дизайн;

Работа над концепцией субкластера «Шаман» поможет определить места преимущественного размещения объектов стационарного и кратковременного отдыха, создать «организационно-хозяйственные центры туристско-рекреационной деятельности» [3]. Функция центров – материально-техническое снабжение и коммуникационное обеспечение дисперсно расположенных рекреационных объектов, координация деятельности по обустройству мест кратковременного отдыха и туристских маршрутов. В качестве таких центров предлагаются поселения Теба, Лужба и Ортон с выделением Тебы как центра туристской дестинации

- использование малых форм и природных объектов для создания этно- и исторической идентичности;

- создание успешных общественных пространств как средство интеграции и коммуникации для жителей.

Итогом политики устойчивого развития поселения станет рост численности и благосостояния его населения, выполнение поселением его экономических, социально-культурных, рекреационных, экологических и других народно-хозяйственных функций. Эко-туризм может стать самоорганизующейся системой, способной решать основные социально-экономические проблемы поселения, будет способствовать:

- обеспечению занятости населения (в первую очередь для молодежи);
- повышению уровня доходов населения;
- развитию социальной и инженерной инфраструктуры территории;
- диверсификации экономики и возрождению поселения;
- сбыту продукции личных подсобных хозяйств;
- остановке миграции населения в города;
- снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду (путем переключения туристских потоков с прибрежных на удаленные территории).

Выводы. Представленная комплексная концептуальная модель формирования архитектурного пространства территории поселения Теба может стать основой для разработки специального программного продукта, который даст решение оптимизированных задач в процессе проектирования и реновации, управлении функционированием и развитием поселения с учетом обеспечения его экологической устойчивости. Это поможет решению ряда задач планирования территории поселения, повысить эстетику и качество архитектурного

¹ **Туристская дестинация** – решающий элемент туристской системы. Ее можно охарактеризовать как центр (территорию) со всевозможными удобствами, средствами обслуживания и услугами для обеспечения всевозможных нужд туристов. Другими словами, туристская дестинация включает в себя наиболее важные и решающие элементы туризма, необходимые для туристов.

пространства ландшафта поселения, гармонично сочетая его с существующим природным окружением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Схема территориального планирования Кемеровской области (утверждена Постановлением Коллегии Администрации Кемеровской области № 458 от 19.11.2009г).
2. Стратегия развития туристского кластера «Кузбасс» на период до 2025 года (Утверждена Постановлением Коллегии Админи-

страции Кемеровской области, № 30 – 1Р от 03.06.2015г.)

3. ГОСТ Р 55881 – 2016. Туристские услуги. Общие требования к деятельности горнолыжных комплексов.

© 2017 г. *Е.А. Благиных,*
В.В. Стерлигов

Поступила 11 сентября 2017 г.

А.В. Шмыглева

Сибирский государственный индустриальный университет

ЗАПОВЕДНИКИ РАННЕСОВЕТСКОЙ ЭПОХИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

В конце XIX – начале XX веков в России проявились экологические проблемы общегосударственного масштаба: интенсивные вырубки лесов в европейской части страны, усиление эрозии почв в степных районах, хищническая добыча промысловых животных и т.п. Они были обусловлены резким ускорением экономического развития, вызванного отменой крепостного права, и реформами начала XX века, сопровождавшимися переселением населения, развитием промышленности и транспорта, для которых требовалось большое количество энергии и ископаемых ресурсов.

В связи с этим ученые неоднократно высказывали идеи о необходимости сохранения природных участков, не тронутых хозяйственной деятельностью [1 – 11]. Еще в 1895 г. В.В. Докучаев писал: «Наши девственные черноземные степи, с их своеобразной прелестью, беспредельной ширью... с удивительной быстротой исчезают с земли русской» [1, с.126]. В отличие от национальных парков в США, которые служили для охоты, рыбалки, развлечения и отдыха, Докучаев предложил заповедывать участки сохранившейся в нетронутом состоянии дикой природы и предоставлять их в исключительное пользование коренным видам флоры и фауны.

Идеология сохранения природы ради нее самой стала основополагающей для общественного движения в защиту памятников природы. Во главе этого движения стояли выдающиеся отечественные ученые: ботаник И.П. Бородин, антрополог и географ Д.Н. Анучин, лесовод Г.Ф. Морозов, петербургский зоолог Д.К. Соловьёв, заведующий кафедрой зоологии МГУ Г.А. Кожевников, ботаник Харьковского университета В.А. Талиев, географ В.П. Семёнов-Тян-Шанский и его брат энтомолог А.П. Семёнов-Тян-Шанский и другие. На рубеже XIX – XX вв. ими были заложены научные основы учения о заповедниках, которые остаются актуальными для заповедного дела в современной России.

В 1908 г. председатель общества акклиматизации животных и растений профессор зоо-

логии и директор Зоологического музея МГУ Григорий Александрович Кожевников (1866 – 1933 гг.), выступая на акклиматизационном съезде с докладом «О необходимости устройства заповедных участков русской природы», призывал к сохранению отдельных территорий дикой природы в неприкосновенности: «Участки, предназначенные для того, чтобы сохранить образцы первобытной природы, должны быть довольно большого размера, чтобы влияние культурности соседних местностей не отражалось на них, по крайней мере, на далеких от края частях их. Участки эти должны быть заповедными в самом строгом смысле слова. По отношению к фауне в них должна быть абсолютно запрещена всякая стрельба и ловля каких бы то ни было животных, за исключением тех случаев, когда это нужно для научного исследования. Всякие меры, нарушающие естественные условия борьбы за существование, здесь недопустимы. По отношению к флоре необходимо отменить прорубание просек, подчистку леса, даже сенокос и, уж конечно, всякие посевы и посадки. Не надо ничего устранять, ничего добавлять, ничего улучшать. Надо предоставить природу самой себе и наблюдать результаты. Заповедные участки имеют громадное значение, а потому устройство их должно быть прежде всего делом государственным. Конечно, это может быть делом общественной и частной инициативы, но государство должно здесь идти впереди» [2, с. 25].

Иван Парфеньевич Бородин, академик Петербургской Академии наук, основатель и председатель Русского ботанического общества, вице-президент Академии наук в 1910 г. в докладе «Охрана памятников природы» писал, что создание заповедных территорий – «это наш нравственный долг перед родиной, человечеством и наукой. Мы уже поняли необходимость охранять памятники нашей старины; пора нам проникнуться сознанием, что важнейшими из них являются остатки той природы, среди которой когда-то складывалась наша государственная мощь, жили и дей-

ствовали наши предки. Растерять эти остатки было бы преступлением» [3, с.129].

Одним из самых радикальных сторонников самоценности дикой природы был Андрей Петрович Семёнов-Тян-Шанский, президент Русского энтомологического общества. О заповедниках он писал: «Нетронутая человеком природа дает ему ничем не заменимые эстетические наслаждения, возвышая его душу, – на нас лежит и большой нравственный долг перед природой, сыновний долг перед матерью» [2, с.7].

Значительное влияние на концепцию охраны природы в России оказала Международная конференция по охране окружающей среды, проходившая в Берне 17 – 19 ноября 1913 г. В ней приняли участие 17 стран, Россия представлена двумя делегатами – И.П. Бородиным и Г.А. Кожевниковым. Участники конференции отмечали, что «наиболее успешными мерами против истребления животных и растительности являются:

- принятие природоохранных законов в каждом государстве;
- заключение международных конвенций по охране отдельных видов животных;
- устройство больших заповедников, которые являются наиболее действительными средствами для охраны флоры и фауны всего земного шара» [4, с.5].

Основываясь на предложениях Природоохранительной комиссии ИРГО, Главное управление землеустройства и земледелия Департамента земледелия России организовало десятки научных экспедиций в дельту Волги, на Северный Урал, в Печорскую тайгу, на Камчатку, в Прибайкалье, Саяны. В этих промысловых районах предполагалось создание заповедников для сохранения наиболее ценных и потому наиболее хищнически истребляемых охотничьих ресурсов. Особые опасения вызывала судьба соболя, который исчез из значительной части ареала или сохранился единично в наиболее труднодоступных участках. В 1912 г. был принят закон, запрещающий промысел соболя на три года, и постановление Совета Министров о признании неотложности выделения охранных участков, которые служили бы местом для спокойного существования и размножения соболей и центром их расселения в прилегающие охотничьи районы. Отдел рыбных промыслов и охоты Департамента земледелия приступил к работам по организации соболиных заповедников.

Первый проект соболиного заповедника был разработан в 1912 г. выпускником Лесного института В.И. Белоусовым. В 1913 г. Департамент земледелия учредил три экспеди-

ции: Баргузинскую, Саянскую и Камчатскую. Эти экспедиции изучали местность и границы будущих заповедников, работая в очень тяжелых условиях на протяжении 1914 – 1916 гг. Их труды сохранили актуальность и до сих пор являются примером работы по проектированию заповедников.

Необходимо заметить, что в дореволюционной России особо охраняемые природные территории возникали, как правило, по инициативе частных лиц или местных властей, некоторые заповедники создавались под патронажем Академии наук [4, с.12]. Создание государственной системы особо охраняемых природных территорий в нашей стране связано с организацией 29 декабря 1916 г. (11 января 1917 г. по новому стилю) первого государственного заповедника – Баргузинского. Поводом для его создания стало катастрофическое сокращение популяции соболя, экспорт шкур которого по-прежнему составлял значительную часть доходов государственного бюджета. Этому значимому событию предшествовало принятие 30 октября 1916 г. Правил об охотничьих заповедниках по инициативе Постоянной природоохранной комиссии Императорского русского географического общества (ИРГО), выполнявшей функции по охране природы государства в условиях, когда специальный природоохранный орган еще не был создан.

Тогда же появился первый проект общероссийской сети заповедников, предложенный Г.А. Кожевниковым и В.П. Семеновым-Тян-Шанским. В работе ученых «О типичных местностях, в которых необходимо организовать заповедники по типу американских национальных парков» с целью сохранения в неизменном виде ценных природных участков, их охраны и изучения был обобщен опыт «соболиных» экспедиций, которые изучали районы пушного промысла. Таким образом, по инициативе и при активном участии ученых ИРГО в предреволюционной России были организованы три государственных охотничьих заповедника: Саянский, Баргузинский и Кедровая падь.

В качестве одного из «препятствий» на пути создания сети заповедников в дореволюционный период специалисты называют право частной собственности на землю. Известно, что некоторые проекты заповедников, предложенные учеными ИРГО, так и не были реализованы в связи с сопротивлением землевладельцев. Государственная собственность на все российские природные ресурсы была установлена Постановлением ВЦИК «О социали-

зации земли» 19 февраля 1918 г. Распоряжение природными ресурсами передавалось «уездной, губернской, областной и федеральной Советской власти, под контролем последней». Отмена собственности на землю, воду, леса, объекты животного мира позволила активизировать процесс.

Важное значение для заповедного дела в Советской России имел декрет СНК от 16 сентября 1921 г. «Об охране памятников природы, садов и парков». Декрет предоставлял право Народному комиссариату просвещения по согласованию с другими заинтересованными ведомствами и учреждениями объявлять участки природы и отдельные объекты (животные, растения, горные породы и т.д.), представляющие особую научную и культурно-историческую ценность, неприкосновенными памятниками природы. Наряду с заповедниками декрет предусматривал создание национальных парков, памятников природы, садов и парков историко-художественного значения. Таким образом, были заложены принципы классификации охраняемых природных территорий в СССР [5, с.19].

В соответствии с Декретом в 1920-х гг. в стране была развернута масштабная работа по выявлению особо ценных объектов природы для их дальнейшего сохранения. Главнаука Наркомпроса, Комитет по охране природы, созданное в 1924 г. при Главнауке Всероссийское общество охраны природы осуществили в этот период десятки экспедиций и обследований для создания новых заповедников [5, с. 20]. Выявление и организация новых заповедников проводились достаточно активно благодаря деятельности отдела охраны природы Главнауки НКП РСФСР, и в первую очередь усилиям Г.А. Кожевникова, Ф.Ф. Шиллингера, С.А. Северцова, В.П. Дитмара. Определенную роль сыграли также охотохозяйственные ведомства Наркомзема.

Что же заставило большевиков, столкнувшихся после революции 1917 г. с целым комплексом экономических, социальных и политических проблем, обратиться к проблемам сохранения природы? В большей степени это связано с проявлениями в начале 1920-х гг. признаков экологического кризиса, истоки которого были заложены Первой мировой войной и бурными событиями 1917 г., а затем и гражданской войной, охватившей значительную часть территории страны. О проявлениях экологического кризиса и его причинах А.П. Семенов-Тянь-Шанский высказывался на собрании музейной конференции еще 18 февраля 1919 г.: «Ужасная, подорвавшая наши хозяй-

ственные ресурсы война, последовавшая за ней революция с ее эксцессами и экономическая разруха, которую мы столь длительно переживаем, нанесла тяжкий, во многих случаях трудно поправимый ущерб природе. Вместе с частновладельческими усадьбами и благоустроенными культурными хозяйствами уничтожены и перепорчены обширные в сумме площади лесов и парков, животное население многих строго охранявшихся раньше лесов, рощ и парков, бессмысленно уничтожено» [1, с. 170].

Несмотря на понимание значимости природоохранных мер на государственном уровне, методы решения проблем экологического характера были далеки от реальности и не опирались на результаты научных исследований. Мировоззрение политических лидеров Советского государства основывалось на идее о безграничных способностях и возможностях человека как преобразователя природы. В качестве примера приведем высказывание Л.Д. Троцкого, который в 1923 г. заявлял: «Социалистический человек хочет и будет командовать природой во всем ее объеме, с тетеревами и осетрами, через машину. Он укажет, где быть горам, а где расступиться. Изменит направление рек и создаст правила для океанов. Останутся, вероятно, и глушь, и лес, и тетерева, и тигры, но там, где им укажет быть человек» [1, с. 172]. Таким образом в советском обществе постепенно закреплялось представление о превосходстве человека над природой и его праве преобразовывать ее в своих интересах. Именно с этих позиций выступали наиболее радикально настроенные лидеры советской власти, проявляя стремление подчинить окружающий мир и его ресурсы политико-экономическим целям. Представления о характере взаимоотношений человека и природы также передают слова одного из советских деятелей в сфере охраны природы В.Н. Макарова: «Среди факторов, изменяющих природу, значительная роль принадлежит человеку. Он сознательно воздействует на изменяемую природу посредством различных орудий в целях использования сил природы и ее благ в своих интересах для улучшения условия своего существования» [4, с. 7].

В 1920-е гг. сложились два подхода по отношению к вновь создаваемым заповедникам: первый отставался Наркомземом и предполагал в первую очередь обеспечение условий для сохранения и увеличения численности промысловых животных; второй поддерживался Наркомпросом и был направлен преимущественно на развитие комплексной научно-исследовательской работы на особо охраняе-

мых природных территориях. Научно-исследовательский характер в деятельности заповедников должен был стать важнейшим принципом их деятельности. Это принцип нашел отражение еще в проекте Декрета, разработанном Н.Н. Подъяпольским в 1919 г., который указывал на необходимость государственного «заповедания с научной или художественной целью участков суши, вод и недр земли» [5, с. 21]. Проведение научных исследований природы в ее прошлом и настоящем в связи с хозяйственными задачами страны устанавливалось Типовым положением о заповедниках, состоящих в ведении Наркомпроса [6]. Заповедникам разрешалось организовывать собственные музеи, станции, библиотеки, лаборатории, обсерватории, опытные участки, зоофермы и другие вспомогательные учреждения, издавать научные труды, устраивать диспуты, публичные лекции, курсы, конференции, семинары и т.д.

В качестве наиболее важных научных задач Г.А. Кожевников в 1928 г. предлагал «изучение постепенных изменений организмов в связи с изменениями окружающей среды». Начинать такие исследования надо было с описания состояния природы в данное время, детальных метеорологических наблюдений, различных форм «биологической съемки». Ученый считал, что при помощи непрерывных и длительных наблюдений в условиях строгого сохранения подлинного заповедного режима могут быть решены сложные научные проблемы биоценологического характера. По мнению С.А. Северцова, ученого секретаря Государственного комитета по охране природы, в отличие от зарубежных национальных парков и «охотничьих» заповедников, создаваемых Наркомземом, заповедники Наркомпроса выполняли функции научно-исследовательских учреждений. В качестве первоочередных задач научно-исследовательской деятельности в заповедниках С.А. Северцов предлагал строительство наблюдательных пунктов и специальных станций. Важными задачами заповедников он также считал создание библиотек, привлечение опытных специалистов, повышение квалификации работников, улучшение материальных условий, увеличение ассигнований, издание печатных трудов.

Согласно Типового положения о заповедниках, состоящих в ведении Наркомпроса (Утверждено коллегией Наркомпроса 22 февраля 1929 г.), заповедниками признавались «участки земельной или водной площади, которые навсегда подлежат оставлению в неприкосновенном виде или ограничению их хозяй-

ственного использования» [6]. Территория заповедников и их охранных районов являлась участками особого назначения, состоящими в ведении Наркомпроса по Главнауке.

Разногласия относительно целей и задач, стоящих перед заповедниками, усилились в начале 1930-х гг. В резолюции I Всероссийского съезда по охране природы (1929 г.) еще фигурировала трактовка заповедников как эталонов природы, «которых не будет касаться рука человека». Однако уже в 1930 гг. классические взгляды на заповедники как на научные резерваты не тронутой человеком природы, и особенно принцип «невмешательства в природу», были подвергнуты резкой критике сторонниками активного преобразования природы и ее хозяйственной реконструкции. Этот подход получил развитие в политических решениях. Постановлением ВЦИК и СНК РСФСР «Об охране и развитии природных богатств в РСФСР» (1930 г.), наряду с задачей сохранения «первоначальных природных условий» заповедникам предписывалось «вводить естественные произведения природы, в особенности не использованные еще человеком, в хозяйственный оборот» и «всесторонне использовать не затронутые культурой участки природы для изучения тех изменений природных условий, которые вносит деятельность человека» [7]. Для осуществления стоящих перед ними задач заповедники должны стать самостоятельными научно-исследовательскими учреждениями, либо прикрепиться к научным учреждениям. Показательным является трансформация в 1930 г. Комитета по охране природы при Главнауке Наркомпроса в Комитет содействия развитию природных богатств РСФСР, а журнал «Охрана природы» с 1931 г. стал называться «Природа и социалистическое хозяйство».

В 1931 - 1933 гг. тезис об охране природы в заповедниках в целях максимального ее использования, об увязке работы заповедников не только с хозяйственными задачами страны, но и с актуальными проблемами регионов, где располагались заповедники, получил широкое распространение. Следующим шагом на пути преобразования заповедников стало подчинение в 1933 г. почти всей сети заповедников Наркомпроса вновь организованному Комитету по заповедникам при Президиуме ВЦИК. Неприемлемые ранее акклиматизационные и биотехнические мероприятия, борьба с хищниками, подкормка копытных и другие формы вмешательства в экосистему заповедника, активное развитие массового туризма стали для них первоочередными задачами.

Выводы. Изучение истории заповедников, созданных в раннесоветскую эпоху, позволяет сделать вывод о том, что они стали важной частью государственной системы охраны природы в СССР. Заповедники выполнили поставленные перед ними задачи сохранения фауны и флоры, сыграли важную роль в сохранении и увеличении численности многих ценных животных. Они способствовали восстановлению ранее подорванных запасов соболя, лося, благородного оленя, кавказских туров и других видов. Кроме того, необходимо отметить серьезную роль этих учреждений в расселении по стране таких ценных животных, как речной бобр, зубр, выхухоль и т.п. В рассматриваемый период заповедники выполнили огромный объем работ научно-практического плана. Большое значение имеют данные многолетних постоянных наблюдений, которые ими накоплены в процессе ведения «летописей природы». В заповедниках работало немало выдающихся ученых и натуралистов, которые не только внесли значительный вклад в развитие отечественной науки и практики, но и были активными пропагандистами идей охраны природы. Они регулярно выступали в печати, по радио и телевидению с лекциями и беседами, содействовали формированию экологической культуры общества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколов В.В. Очерки эколого-климатической истории России. – СПб.: РГГМУ, 2010. - 309 с.
2. Борейко В.Е. Последние островки свободы. История украинских заповедников и заповедности (пассивной охраны природы) (X век – 2015 г.). – Киев: Логос, 2014. – 240 с.
3. Очерки деятельности Русского географического общества за 170 лет: 1845 – 2015. – М.: Исполнительная дирекция Русского географического общества, 2015. – 300 с.
4. Заповедники СССР / Отв. ред. А.И. Соловьев. Т 1. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1951.
5. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории в СССР. – М., 1978. – 298 с.
6. Типовое положение о заповедниках, состоящих в ведении Наркомпроса. URL: <http://ecoethics.ru/tipovoe-polozhenie-o-zapovednikah-sostoyashhih-v-vedenii-narkomprosa-utverzhdno-kollegiey-nkp-22-fevralya-1929-g/>
7. Об охране и развитии природных богатств РСФСР. Постановление ВЦИК, СНК РСФСР от 20.06.1930 // Информационный портал СССР. URL: <http://sssr.regnews.org/doc/vw/83.htm>
8. Вайнер (Уинер) Д. Экология в Советской России. Архипелаг свободы: заповедники и охрана природы. – М.: Прогресс, 1991. – 400 с.
9. Сыроечковский Е.Е., Штильмарк Ф.Р. Исторический обзор заповедной системы Сибири // Заповедники Сибири. – М., 1999. – 19 с.
10. Штильмарк Ф.Р. Историография российских заповедников (1895 - 1995). – М.: ТОО Логата, 1996. – 340 с.
11. Этико-эстетический подход в охране дикой природы и заповедном деле / Сост. В.Е. Борейко. Изд. 2-е доп. – Киев: КЭКЦ, 1990. – 196 с.

© 2017 г. А.В. Шмыглева
Поступила 9 сентября 2017 г.

УДК 666.9: [658.567.1:622.7]

В.Ф. Панова, С.А. Панов, А.А. Карпачева, О.Д. Прохоренко
Сибирский государственный индустриальный университет

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

Отходы обогащения железных руд образуются при мокрой магнитной сепарации (ММС) и сухой магнитной сепарации (СМС) предварительно измельченных горных пород. Магнитная часть руды поступает на агломерацию и далее используется в металлургической промышленности, минеральная часть гидротранспортом подается в отвалы, которые окружены дамбой. Из отвала вода дренирует в сооруженный вокруг него канал. Водная суспензия, находящаяся в канале, называется шламистой частью. В отвале после высыхания отходы (хвосты) имеют мелкозернистый состав. Обезвоженные хвосты представляют собой мелкий песок с модулем крупности 0,64 – 1,7. Наличие илистых глинистых примесей составляет 5 – 8 % (определены по методу Б.И. Рудковского) [1].

Результаты исследования показали, что рудные хвосты содержат как кислотные оксиды (SiO_2 , Al_2O_3), так и основные (CaO , MgO), а также примеси (см. табл. 1). В целом отходы обогащения железных руд относятся к группе «кислых», модуль основности $M_0 = 0,34$.

Хвостохранилище Абагурской обогатительной фабрики занимает большие площади (около 35 га), в нем накоплено более 50 млн. м^3 отходов, что пагубно влияет на экологию города Новокузнецка. Хранение хвостов обходится дорого. Расходы по содержанию отвалов в процентном соотношении распределяются следующим образом: заработная плата обслуживающего персонала составляет 6,3 %; эксплуатационные расходы – 1,6 %; затраты на электроэнергию – 82,1 %; на текущий ремонт – 5,5 %; прочие расходы – 5,5 % [2].

Минералогический состав и идентификацию железосодержащих и глинистых составляющих хвостов определяли рентгеноструктурным и термогравиметрическим анализами (рис. 1). Пробы, полученные измельчением в фарфоровой ступке путем раздавливания пестиком, просеивались через сито № 008. Исследование составляющих техногенной породы осуществлялось по разработанной и проверенной методикам [3]. Для уточнения вида железистого минерала, содержащегося в продукте, пробы обрабатывали теплым раствором $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в течение 30 мин с последующим фильтрованием, промывкой 0,5Н раствором соляной кислоты и дистиллированной водой. Минерал типа $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ в этом случае разрушается, характерный дифракционный максимум, соответствующий $2,7\text{Å}$, исчезает. Оставшаяся часть пика, характерная для исследуемых отходов (16 %), отнесена к гидрослюде (рис. 1, кривая 8). Такой вид обработки позволил определить в материале минерал $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ [4, 5].

Обработка глицерином пробы проводилась для подтверждения присутствия набухающих минералов (монтмориллонита, нонтронита, хлорида набухающего). В исследуемом материале набухающие минералы отсутствуют (рис. 1, кривая 3). Характерные пики для них: 16Å и $17,8 - 18\text{Å}$ после обработки глицерином. Смешанослоистые минералы представлены каолинитом и хлоридом. Установлено наличие вермикулита, а также карбонатных включений, что подтверждено характерными пиками $3,01 - 2,87\text{Å}$.

Т а б л и ц а 1

Химический состав рудных хвостов

Наименование пробы	Содержание, %, на сухое вещество										
	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	SO_3	K_2O	MnO	TiO_2	ППП
Общая часть	38,2	12,6	5,80	9,7	8,0	11,0	2,80	2,17	0,45	0,28	7,56
Шламистая часть	33,5	16,5	11,84	7,8	–	13,9	1,47	4,80	0,44	0,40	10,40

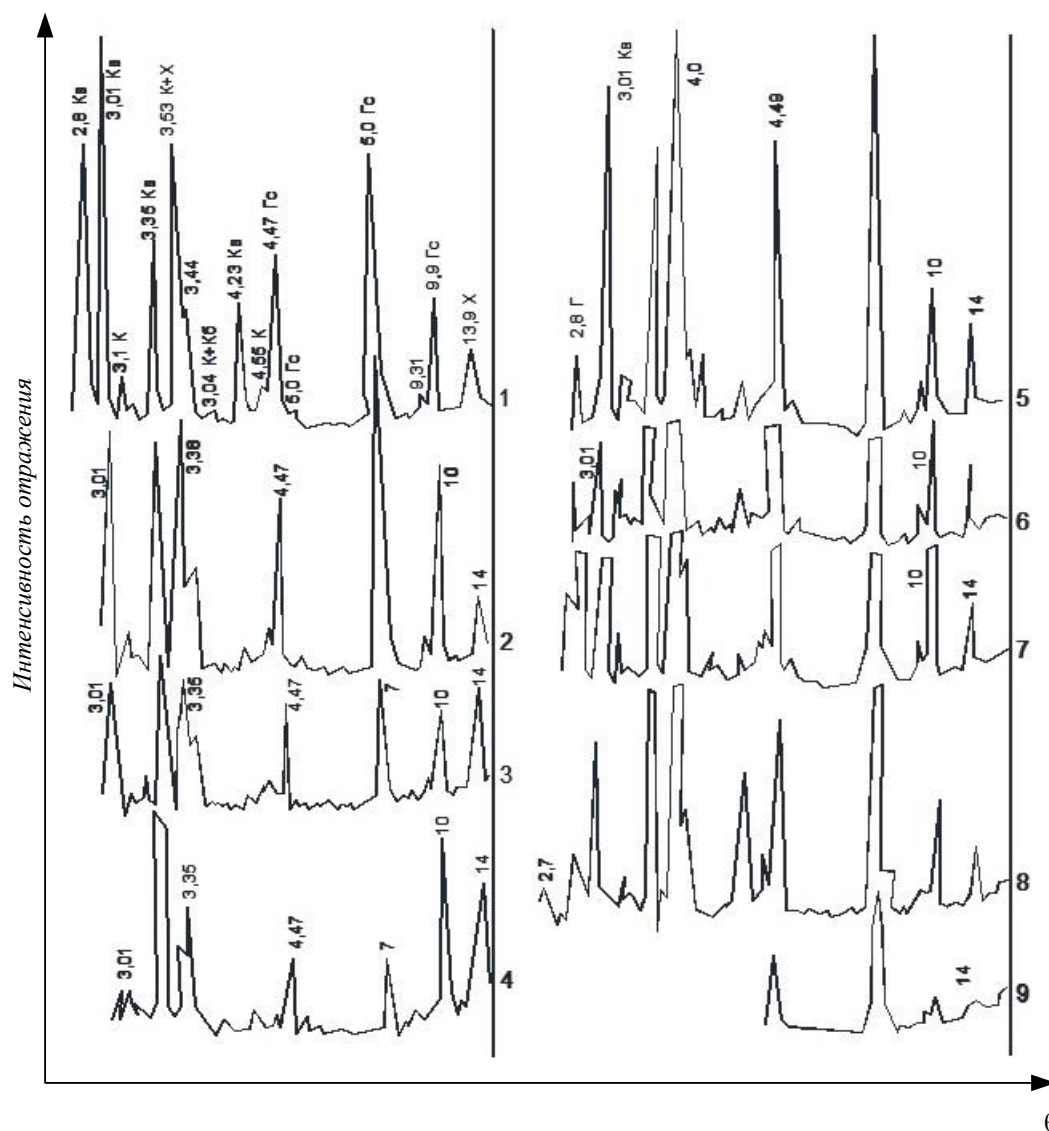


Рис. 1. Дифрактограммы отходов обогащения железной руды:

1 – необработанная проба; обработанные: 2 – 350 °С; 3 – 550 °С; 4 – 700 °С; 5 – HCl, 30 мин; 6 – HCl, 2 ч; 7 – NH₄Cl; 8 – NaHSO₄·H₂O; 9 – глицерином. Условные обозначения: Кв – кварц; ПШ – полево шпат; Кб – карбонаты; Гс – гидрослюда; X – хлорит; К – каолинит

Дифрактограммы проб отходов, подвергнутых термической обработке, показывают, что основные изменения минералов начинаются при повышенной температуре 500 – 700 °С. Диссоциируют карбонаты, железистые компоненты; разлагаются глинистые минералы, полевые шпаты, гидрослюда, которые обеспечивают образование газообразных веществ. Наличие газообразующих минералов важно знать при исследовании отходов, которые могут быть применены в сырье для производства обжиговых строительных материалов. Приведенное в работе рентгеновское исследование позволило определить минералогический состав глинистой и железосодержащей составляющих, наличие примесей, а также некоторые технологические особенности отходов (тугоплавкость, газовыделение при термической обработке, реакцию на химические воздействия).

Термогравиметрические исследования подтвердили наличие оксидов железа и органических примесей (экзотермический эффект при 400 – 470 °С) (рис. 2, 3). Установлено, что процессы восстановления железа сопровождаются потерями по массе. Диссоциация карбонатов отмечена эндоэффектом при 720 – 850 °С, алюмосиликатов – при 500 – 700 °С, который наблюдается при разрушении кристаллической решетки гидрослюда, хлоридов, установленных рентгеноструктурным анализом. Наличие органических примесей (углерода) отмечается эндоэффектом при 400 – 470 °С. Установлено, что основная потеря по массе (около 90 %) происходит в области повышенных температур, начиная с 500 до 1000 °С, что связано с диссоциацией минеральных составляющих [6].

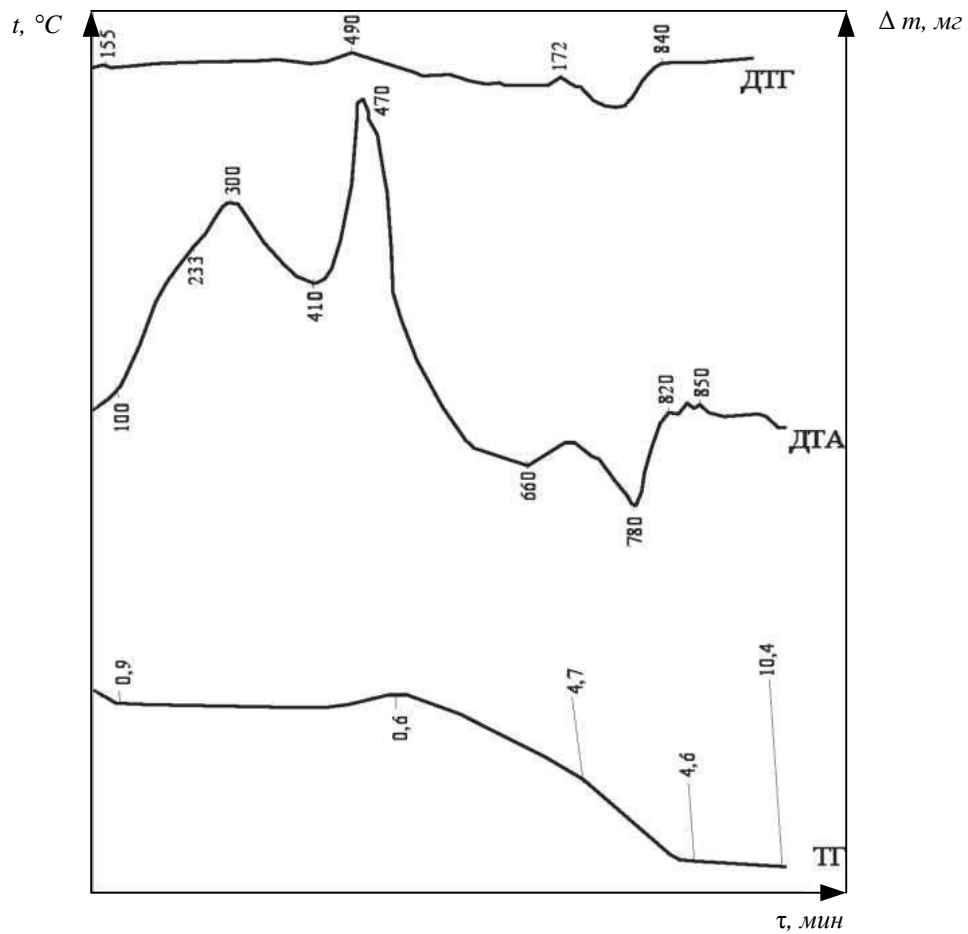


Рис. 2. Дериватограмма отходов обогащения железной руды Абагурской обогатительной фабрики (магнитная часть)

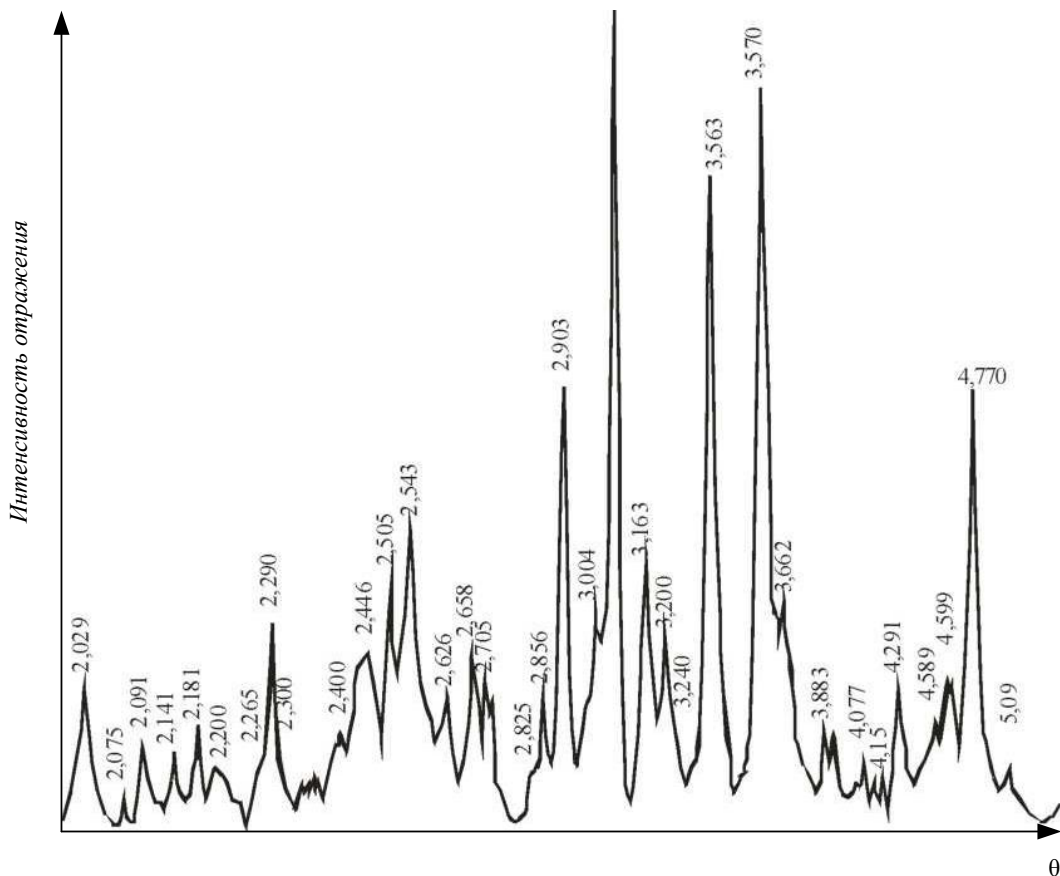


Рис. 3. Дифрактограмма отходов обогащения железной руды Абагурской обогатительной фабрики

**Гранулометрический состав отходов мокрой магнитной сепарации
на стадии обогащения**

Стадия обогащения	Выход, %, фракции, мм					
	>1,6	1,6 – 0,5	0,5 – 0,2	0,2 – 0,1	0,1 – 0,07	<0,07
I	4,6	25,3	27,6	11,7	6,2	24,6
II	0,1	3,4	23,3	21,9	12	39,3
III	-	0,6	6,3	13,3	11,5	68,3
IV	-	-	0,3	3,7	9,7	86,3
Проба из отвала	3,5	19,9	25,7	13,6	7,5	29,8

Для уточнения минералогического состава отходов проведено их разделение на фракции (табл. 2).

Условно были выделены: глинистая часть, собственно хвосты, железо хвостов, которое отбиралось с помощью магнита. Установлено, что основными минералами, составляющие отходы обогащения железных руд, являются хлориды, полевые шпаты, биотит, кальцит, магнетит, небольшое количество смешанослоистых глинистых минералов (рис. 2, 3).

Установлено, что остаточное магнитное железо неравномерно распределено по фракциям. В крупных фракциях песков содержание общего железа не превышает 12,15 %, а магнитного – 2,5 – 5 %. Определено, чем мельче проба, тем выше содержание общего и магнитного железа, а именно во фракциях 0,315 – 0,14 мм. Следовательно, эти фракции необходимо подвергать дополнительному обогащению и далее использовать в производстве, например керамзита и других керамических изделий. Количество магнитного железа колеблется от 3 до 10,6 % (табл. 3).

Разработку отвала провели на примере хвостохранилища Абагурской обогатительной фабрики. Объект относится к равнинному отвалу. Он огражден дамбой, ширина которой должна обеспечивать движение автотранспорта, завозящего материал для ее наращивания. Дорога должна быть освещена. Минеральные породы после измельчения и многократного отмагничивания (до 5 стадий) гидротранспор-

том под давлением подаются в систему, установленную по периметру отвала, и выбрасываются через специальные выпуски. В центральной части отвала располагается несколько дренажных колодцев, через которые вода в виде суспензии по дренажным трубам, уложенным по основанию отвала, отводится в канал, который окружает систему. При высушивании шлама образуется тонкодисперсный порошок с содержанием до 10 – 12 % глинистых веществ.

Шлам был применен в качестве добавки к керамической шихте и как опудриватель при производстве керамзита. Результаты этих исследований запатентованы (А.С. № 2853532/29-33; Патент № 2844913/29-33; Патент № 2957643/29-33).

Технологическая схема разработки осушенного отвала должна выбираться с учетом способа его заполнения и оптимального усреднения добываемого материала. Разработка отвала осуществляется выступлениями с применением различных механизмов: многоковшовым экскаватором, драглайном, бульдозером и др. Фронт работ следует располагать вдоль наибольшей оси разрабатываемой зоны. Для усреднения состава техногенные породы должны перемешиваться и складываться вначале в бурт, а далее в конус, из которого они загружаются в автотранспорт и увозятся для переработки и применения. Влажность сырья не должна превышать 30 %. На зимний период следует создавать запас сырья как в отвале,

Распределение железа по фракциям в хвостах Абагурской аглофабрики

Проба	Содержание Fe, %, фракции, мм			
	0,63	0,63 – 0,315	0,315 – 0,14	<0,14
Общая	11,65	14,8	32,23	21,19
	3,03	4,83	21,82	10,63
Магнитная часть	21,27	29,97	45,35	39,08
	18,8	21,36	60,33	26,6

Пр и м е ч а н и е. В числителе – содержание Fe_{общ}, в знаменателе – Fe_{маг}.

так и на заводе. Породу, запасенную в конусах, необходимо утеплять, применяя различные укрывные материалы. Разработку отвала эффективнее вести летом. Отвалы, непредназначенные для повторного использования, должны быть рекультивированы. В перечень горностроительных работ по добыче хвостов следует включать: вскрышные работы на площади, обеспечивающей запас сырья сроком на 8 месяцев; строительство заезда на кровлю отвала; строительство подъездных путей; мероприятия по добыче и созданию запасов сырья в конус в объеме, обеспечивающем месячную потребность карьера в осенний период и 8-месячную – для расхода зимой; комплекс электроснабжения и водоснабжения. Учитывая мелкозернистый состав рудных хвостов, с целью обеспыливания при работе и перевозке, необходимо проводить следующие мероприятия: орошение разрабатываемой площадки с применением оросительно-вентиляторных установок типа ОВ-1,2,3; РС-2,5; автомобили должны иметь специальные укрывные тенты [7].

Рудные хвосты, имея дисперсный состав, могут применяться как мелкий заполнитель. Технология получения песка из рудных хвостов достаточно проста и не требует больших затрат. Пульпа текущего выхода обогатительной фабрики поступает на классификатор, где происходит отбор крупной фракции (0,14 мм) и обезвоживание ее до 16 – 18 %. Песок транспортируется на склад готовой продукции [8].

Мелкая фракция отходов после доизвлечения железа может использоваться для получения плотных автоклавных и безавтоклавных бетонов, в качестве отошающей добавки для получения керамического кирпича и компонента для силикатных изделий. Лучшим сырьем для изготовления силикатных изделий из хвостов ММС являются отходы, полученные с применением анионоактивных флотореагентов. Из исследованных флотореагентов повышенные результаты по прочности силикатных изделий дает добавка талового масла в расчете 0,04 % при всех режимах тепловой обработки. Получен кирпич марок М150 – М250. Отвальные, лежалые хвосты позволяют изготавливать стеновой строительный материал меньшей марки М100, так как в процессе долгого хранения эффект флотореагентов резко снижается в результате их выветривания и удаления.

Рудные хвосты были исследованы в качестве опудривателя гранул и добавки в керамическую шихту при производстве керамзитового заполнителя. Были исследованы несколько видов добавок: рудные хвосты, опилки, графит, масляная окалина, поверхностное актив-

ное вещество (ПАВ). Определялось влияние добавок к суглинку на их температурный интервал действия. Полученные кривые ДТГ шихт с добавками по очереди совмещались с началом и концом кривой ДТГ шихты без добавок. В результате вырисовывалась площадь между этими кривыми, точки пересечения которых позволили определить температурный интервал влияния добавки [3]. Установлено, что при добавке опилок эта область составляет 300 – 500 °С; графита – 700 – 900° С. Оба вещества имеют локальное действие, чем и объясняется их меньшее влияние на образование пор керамзита по сравнению с третьим видом добавок – ПАВ, для которых область влияния составила 200 – 650 °С. Шихта с добавкой ПАВ плюс железорудные хвосты имела самый широкий интервал влияния – 200 – 800 °С. Керамзит, полученный из последней шихты, был в 1,5 раза легче. Железородная минеральная добавка в составе керамической шихты позволяет снизить среднюю плотность керамзита до 0,43 г/см³ и получить марку 400 – 500 из некондиционного суглинистого сырья.

Установлено, что отходы обогащения не обладают пластичностью, поэтому для получения стенового керамического материала с использованием хвостов была применена технология полусухого прессования. В лабораторных условиях использовали следующий режим изготовления образцов: влажность пресс-порошка 8 – 12 %, давление прессования 10 – 25 МПа, диаметр изделия 50 мм, высота 56 – 67 мм, сушка и обжиг при 1000 °С. Результаты экспериментальных исследований показывают, что из шихты, состоящей из 70 % отходов обогащения железной руды и 30 % суглинка, получен стеновой материал марок М100 – М150.

Разработаны модель и последовательность переработки рудных хвостов как сырья для стройиндустрии. На первом этапе предложено оценить агрегатное состояние и объем запасов породы. Хвосты обогащения встречаются в виде шламистой и песчаной частей. Установлено, что в стройиндустрии можно применять и те, и другие. Необходимо оценить экологичность отходов (радиоактивность, токсичность), их вещественный, химический и минеральный составы. Для этого нужно взять средние пробы в отдельных точках по горизонтали и вертикали отвала, т.е. изучить усредненную пробу, чем будет обеспечена достоверность результатов. На начальном этапе переработки необходимо выделить ценные составляющие отходов: цветные, черные и другие металлы. Оставшаяся минеральную часть – использовать в

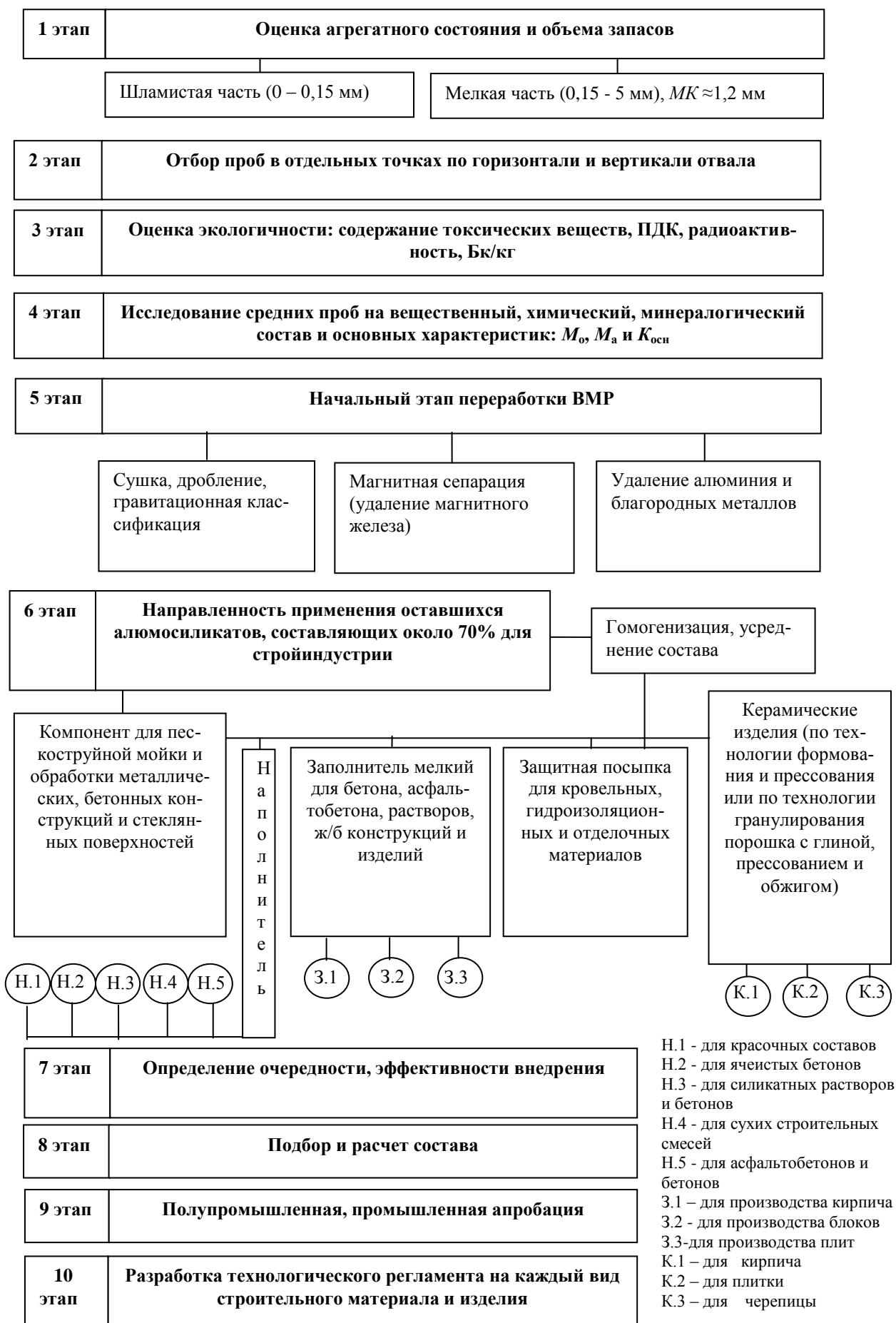


Рис. 4. Модель переработки и использования отходов как вторичных минеральных ресурсов

стройиндустрии. Заключительные этапы – это определение очередности, эффективности получения того или иного строительного материала. Необходимо сделать подбор и расчет состава шихты и далее провести полупромышленную и промышленную апробации. Последний этап – это разработка технологического регламента на каждый вид строительного материала и изделия, внедрение его в производство (рис. 4).

Выводы. Результаты исследования рудных хвостов показали, что они относятся к группе «кислых», их модуль основности составляет 0,34. Их вещественный состав представлен минеральной кварцевой составляющей, присутствуют глинистые примеси, железорудные вещества, небольшое количество карбонатных, полевошпатных компонентов. Эти отходы содержат ряд ценных компонентов, поэтому их необходимо предварительно дообогащать, а оставшуюся минеральную часть использовать как сырье для строительной индустрии. Предложено разработку отвала вести выступлениями с применением различных механизмов: многоковшового экскаватора, драглайна, бульдозеров. Для выравнивания состава отходов необходимо осуществлять их перемешивание, для этого вначале создавать бурт, а потом из него получают конус с последующей его отгрузкой в автотранспорт. Необходимо предусматривать мероприятия по обеспыливанию при проведении технологических операций разработки, отгрузки и транспортировки. Исследования показали, что отходы обогащения железной руды можно использовать в качестве мелкого заполнителя в бетоны и растворы; в качестве опудривателя и добавки в керамзитовую шихту; как компонент для производства силикатного и керамического кирпича. Разработана модель переработки и использования отходов

обогащения железной руды как вторичного минерального ресурса для стройиндустрии, которая отражает последовательность исследования и переработки рудных отходов для получения строительных материалов и изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Книгина Г.И., Вершинина Э.Н., Тацки Л.Н. Лабораторный практикум по искусственным пористым заполнителям и керамике. – М.: Стройиздат, 1980. – 208 с.
2. Боженов П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: Учеб. пособие. – М.: изд. АСБ, 1994. – 264 с.
3. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 287 с.
4. Гуревич М.Я. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов. – М.: Мир, 1965. – 458 с.
5. Бриндли Г.Ф. – В кн.: Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. – М.: Мир, 1965. С. 45 – 63.
6. Горшков В.С. Термография строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1968. – 584 с.
7. Storozhenko G., Stolboushkin A. Ceramic bricks from industrial waste // Ceramic & Sakhteman. Seasonal magazine of Ceramic & Building. Winter. 2010. № 5. P. 2 – 6.
8. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов, 2008. – 300 с.

© 2017 г. В.Ф. Панова, С.А. Панов,
А.А. Карпачева, О.Д. Прохоренко
Поступила 20 августа 2017 г

Л.В. Думова, А.А. Уманский

Сибирский государственный индустриальный университет

ПРОБЛЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН РОССИЙСКИМИ КОМПАНИЯМИ В РАМКАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ)

Зарождение концепции устойчивого развития было обусловлено масштабными экологическими проблемами, возникшими во второй половине XX века в результате активного негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Невозможность постоянного экономического роста привела к появлению масштабной дилеммы при поиске путей дальнейшего движения, в основе которых лежали два противоположных подхода: ориентация на рост или на развитие. И, если первый подход нацелен на постоянное расширение [1], невозможное вследствие ограниченности природных ресурсов, то второй подход был ориентирован на ограничение текущего потребления ради сохранения ресурсов для будущих поколений.

Такой подход расширился до концепции устойчивого развития, которая начала оформляться в 1972 г. на Стокгольмской конференции (Первая всемирная конференция по окружающей среде) [2].

Определение устойчивому развитию было дано 1987 г. в Докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию. Так, указывалось, что устойчивое и долговременное развитие должно отвечать «потребностям ныне живущих людей, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять свои потребности» [3, 4].

В основе реализации этой концепции лежит принцип «триединого итога» (triple line bottom), который основан на балансе интересов компании и широкого круга заинтересованных сторон по трем сферам деятельности: экономической, экологической и социальной [5]. Дальнейшее развитие данного подхода привело к идентификации элементов, обеспечивающих достижение устойчивости. Эти элементы представляют собой механизмы, обеспечивающие долгосрочные перспективы компании (рис. 1) [6, 7].



Рис. 1. Элементы устойчивости

Такие элементы, как воздействие на персонал, на окружающую среду и социальное воздействие, носят комплексное название «корпоративной социальной ответственности» (КСО). Именно ее можно считать ключевым механизмом достижения устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов и предприятий, направленным на поддержание равновесия между отраслью и средой существования [8].

Реализация принципов КСО находит свое отражение в нефинансовых отчетах, представляемых компаниями широким группам заинтересованных сторон (стейкхолдеров). В сформированном на международном уровне депозитарии нефинансовых отчетов [9] представлено порядка 7000 отчетов крупных и средних национальных компаний, соответствующих определенным критериям [10].

В России созданы Национальный регистр и электронная Библиотека корпоративных нефинансовых отчетов.

нансовых отчетов Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) [11]. По состоянию на начало 2015 г. в Национальный регистр корпоративных нефинансовых отчетов РСПП внесена 151 компания [10].

Нефинансовый отчет является ключевым инструментом взаимодействия с заинтересованными сторонами (стейкхолдерами), что способствует балансировке интересов и, таким образом, снижению рисков компании и расширению возможностей ее деятельности. При организации процесса взаимодействия с заинтересованными сторонами важным шагом является их идентификация, что способствует адекватному раскрытию информации в отчете через определение существенных аспектов деятельности организации. В основе организации эффективных коммуникаций лежит определение уровней стейкхолдеров [12]. Наиболее адекватной представляется модель, основанная на разделении стейкхолдеров по трем уровням: институциональный, конъюнктурный и операционный.

Институциональный уровень представлен органами государственной власти, которые не поддаются влиянию со стороны предприятия, но сами оказывают не него значительное влияние.

Конъюнктурный уровень включает прямое или косвенное окружение предприятия, с которым оно находится в активном взаимодействии, оказывая влияние и подвергаясь его влиянию. К этой группе стейкхолдеров относятся потребители, поставщики, посредники, средства массовой информации, общественные организации, профсоюзы и т.д. В результате взаимодействия с конъюнктурными стейкхолдерами создаются репутация и рыночные перспективы компании.

Операционный уровень представлен внутренними стейкхолдерами, состоящими с компанией в трудовых отношениях, осуществляющие руководство ею и имеющими правами принятия решений (совет директоров, персонал).

Российская система взаимоотношений со стейкхолдерами имеет ряд особенностей, обусловленных историческим развитием нашей страны. В отличие от американской и европейских моделей, в российской модели значимую роль играет государство, которое является важным двигателем КСО [13].

В любом случае идентификация заинтересованных сторон в зависимости от степени оказываемого влияния по указанным уровням позволяет определить наиболее подходящие методы взаимодействия с ними и, таким обра-

зом, повысить эффективность деятельности компании по достижению устойчивости. Вопросы адресности отчетности, организации процесса сбора и обобщения информации, ее востребованности являются определяющими при оценке результативности деятельности компании в области КСО. Стоит отметить, что среди российских компаний в настоящее время существует тенденция по формированию масштабных нефинансовых отчетов, в которых подробно описываются система корпоративного управления и достигнутые результаты в экологической и социальной (внутренней и внешней) сферах. При этом среди российских компаний, зачастую, недостаточно внимания уделяется верной идентификации заинтересованных сторон [14, 15] и недостаточный уровень коммуникаций с ними. Российские компании предпочитают знакомить заинтересованные стороны с результатами своей социальной деятельности путем представления объемных отчетов по результатам прошедшего периода (год, реже – два года).

В мировой практике такой подход заменяется интерактивным взаимодействием со стейкхолдерами через социальные сети и мультимедиа технологии, что позволяет, с одной стороны, более эффективно привлечь внимание к социальной ориентированности деятельности компании, а с другой стороны – способствует развитию двусторонних коммуникаций и, таким образом, способствует целеориентированному планированию и наполнению проектов, соответствующему запросам стейкхолдеров, а значит и имиджу компании. Такой подход, основанный на активном вовлечении стейкхолдеров в процесс планирования и разработки программ, носит название краудсорсинг [10].

Несмотря на то, что нефинансовые отчеты российских компаний содержат раздел по взаимодействию с заинтересованными сторонами, оно направлено на решение внутренних задач компании, а данная информация находится за пределами границ отчета. Только 11 % компаний (рис. 2) ориентированы на динамические отношения со стейкхолдерами.

Активное взаимодействие с заинтересованными сторонами является ключевым инструментом, позволяющим корректировать направления и объемы реализуемых мероприятий в области устойчивого развития и КСО. Оценка деятельности может проводиться как по инициативе самих компаний в виде самообследования, так и по инициативе третьих сторон с использованием индексов, рейтингов, рэнкингов, конкурсов и т.д.



Рис. 2. Механизмы взаимодействия с заинтересованными сторонами

Широкое распространение получили рейтинговые оценки при помощи индексов, которые позволяют сопоставить деятельность разных компаний в области КСО и УР. Высокие позиции в таких рейтингах способствуют росту заинтересованности инвесторов в отношении данной компании. Но рост количества таких рейтингов создает проблемы в их использовании и сравнении, что вызвано разными подходами к определению рейтингов и разным объемам информации, входящей в расчет итогового индекса.

В целях совершенствования процесса планирования мероприятий в области КСО и УР наиболее эффективной является ориентация компаний на самооценку своей деятельности и корректировку планов по ее итогам.

Внутренним инструментом такой оценки может служить предложенная модель [16] для определения интегрального коэффициента эффективности КСО.

В основе указанной модели заложен интегральный коэффициент совокупного влияния качественных и количественных параметров социальной деятельности предприятия:

$$K_{\text{инт}} = K_{\text{кач}} \cdot K_{\text{кол}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{кач}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие качественным признакам; $K_{\text{кол}}$ – ко-

эффициент, учитывающий влияние количественных параметров.

Перечень предлагаемых качественных признаков эффективности КСО, основанный на положениях международной организации «Глобальная инициатива по отчетности», включает в себя:

- 1) наличие коллективного договора;
- 2) наличие общих документов, регламентирующих социальную деятельность предприятия;
- 3) наличие ежегодных публичных отчетов о деятельности предприятия в области КСО в открытом доступе;
- 4) наличие в организационной структуре специализированного подразделения, отвечающего за социальную деятельность.

Для оценки влияния параметров, не имеющих количественного измерения, используется следующий подход. В зависимости от наличия или отсутствия набора параметров из приведенного выше перечня анализируемые предприятия в соответствии с уровнем развития системы КСО относятся к одной из трех групп, для каждой из которых устанавливается величина качественного коэффициента $K_{\text{кач}}$ (см. таблицу 1).

Количественные показатели, определяющие уровень развития системы КСО, по сферам воздействия разбиты на две группы: производственный персонал предприятия; местное сообщество.

Т а б л и ц а 1

Классификация предприятий в зависимости от уровня развития КСО

Наименование группы	Характеристики	$K_{\text{кач}}$
Низкий уровень развития системы КСО	Наличие не более чем одного признака	0,3
Средний уровень развития системы КСО	Наличие двух-трех признаков	0,6
Высокий уровень развития системы КСО	Наличие всех перечисленных признаков	1,0

Таким образом, коэффициент, учитывающий влияние количественных параметров, будет определяться из выражения:

$$K_{\text{кол}} = \frac{K_{\text{перс}} + K_{\text{сообщ}}}{2}, \quad (2)$$

где $K_{\text{перс}}$ – коэффициент эффективности социальной политики по отношению к персоналу; $K_{\text{сообщ}}$ – коэффициент эффективности социальной политики по отношению к местному сообществу.

В предлагаемой модели эффективность социальной работы с персоналом определяется изменением следующих параметров:

- среднемесячная заработная плата (ЗП);
- среднесписочная численность персонала (ССЧ);
- затраты на внутренние социальные программы (СОЦ);
- доля работников, прошедших обучение и переподготовку (ПП);
- доля работников, получивших производственные травмы (ТР).

Эффективность социальной политики по отношению к местному сообществу определяется изменением таких параметров, как затраты на внешние социальные программы (СП); затраты на экологические программы (ЭК).

Для количественного описания изменения указанных параметров вводятся коэффициенты, значения которых определяются отношением величин соответствующих параметров в анализируемом и базовом периодах (табл. 2).

Для параметров, измеряемых в стоимостных единицах (среднемесячная заработная плата, расходы на социальные и экологические программы), учитывается текущий уровень инфляции за счет использования коэффициента дисконтирования (K_d). При определении коэффициентов, учитывающих эффективность социальной политики по отношению к персоналу предприятия и по отношению к местному сообществу, вводятся весовые коэффициенты (a_i), учитывающие значимость каждого параметра при оценке общего уровня эффективности КСО.

С учетом весовых коэффициентов формулы для расчета эффективности социальной политики по отношению к персоналу предприятия ($K_{\text{перс}}$) и по отношению к местному сообществу ($K_{\text{сообщ}}$) примут следующий вид:

$$K_{\text{перс}} = K_{\text{пз}} a_{\text{пз}} + K_{\text{ссч}} a_{\text{ссч}} + K_{\text{соц}} a_{\text{соц}} + K_{\text{пп}} a_{\text{пп}} + K_{\text{тр}} a_{\text{тр}}, \quad (3)$$

$$K_{\text{сообщ}} = K_{\text{сп}} a_{\text{сп}} + K_{\text{эк}} a_{\text{эк}}. \quad (4)$$

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты измерения количественных параметров эффективности работы системы КСО на предприятии

Наименование группы параметров	Наименование коэффициента	Формула для определения коэффициента
Социальная работа с персоналом	Коэффициент изменения среднемесячной заработной платы работающих	$K_{\text{зп}} = \frac{ЗП_i}{ЗП_{\text{баз}}} K_d$
	Коэффициент изменения среднесписочной численности работающих	$K_{\text{ссч}} = \frac{ССЧ_i}{ССЧ_{\text{баз}}}$
	Коэффициент изменения затрат на внутренние социальные программы	$K_{\text{соц}} = \frac{СОЦ_i}{СОЦ_{\text{баз}}} K_d$
	Коэффициент изменения доли работников, прошедших обучение и переподготовку	$K_{\text{пп}} = \frac{ПП_i}{ПП_{\text{баз}}}$
	Коэффициент изменения доли работников, получивших производственные травмы	$K_{\text{тр}} = \frac{ТР_{\text{баз}}}{ТР_i}$
Социальная работа с местным сообществом	Коэффициент изменения затрат на внешние социальные программы	$K_{\text{сп}} = \frac{СП_i}{СП_{\text{баз}}} K_d$
	Коэффициент изменения затрат на экологические программы	$K_{\text{эк}} = \frac{ЭК_i}{ЭК_{\text{баз}}} K_d$

С использованием вышеприведенной методики проведена оценка деятельности крупнейших металлургических компаний России (ОАО «ММК», ПАО «Северсталь» и ОАО «НЛМК») в области КСО и УР. В качестве базы для исследования использовалась нефинансовая отчетность указанных компаний [17 –

19]. Результаты исследования приведены на рис. 3.

Выводы. Поскольку значение интегрального коэффициента определяется отношением компании к открытости и документальному закреплению политики в области устойчивого развития (качественный показатель), а также степенью, ориентированной на решение внут-

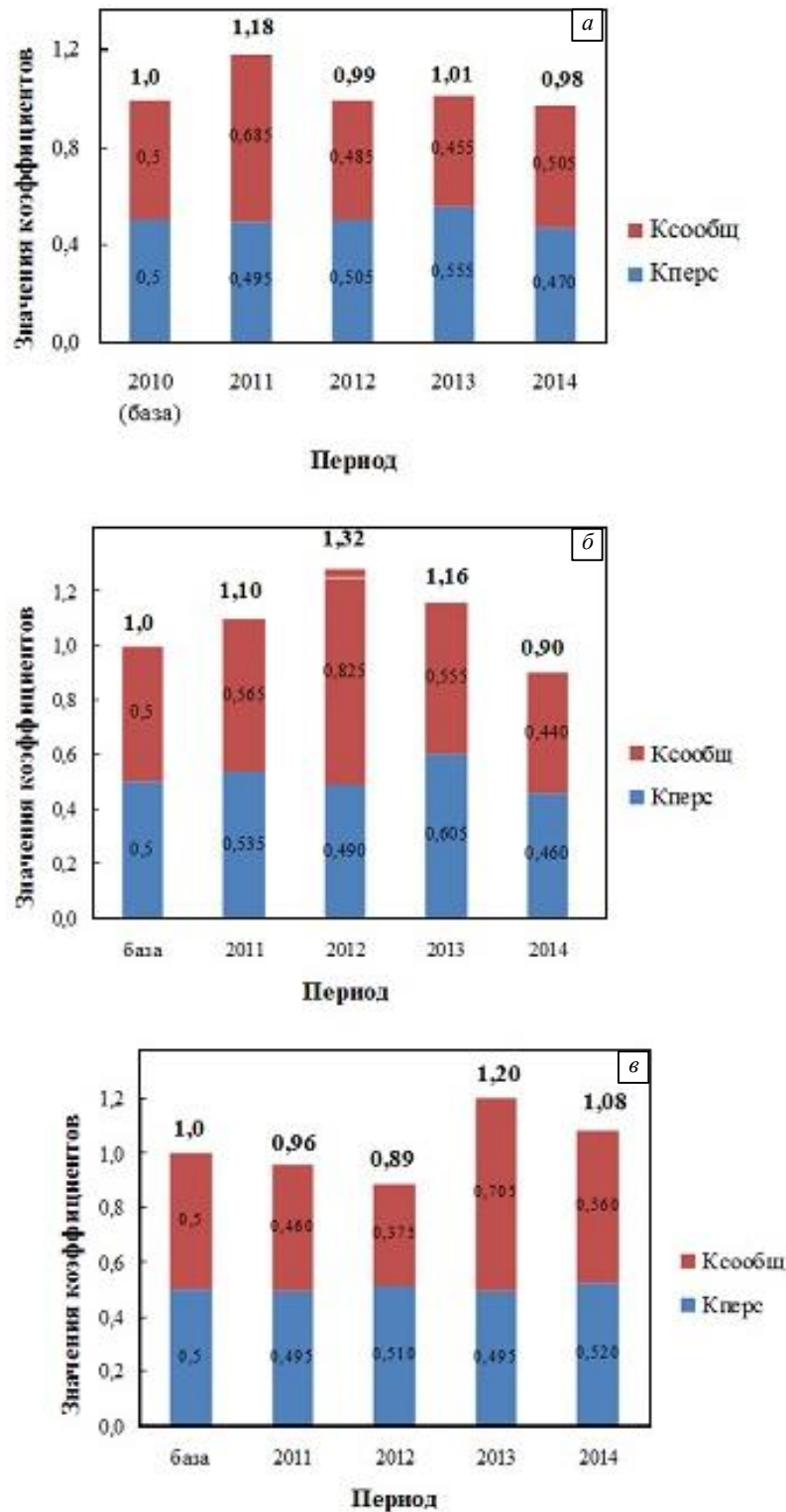


Рис. 3. Динамика интегрального коэффициента эффективности КСО:
 а – ОАО «ММК»; б – ПАО «Северсталь»; в – ОАО «НЛМК»

ренных и внешних проблем (количественный показатель), то проведенное исследование позволяет сделать следующее заключение: имеет место недостаточное внимание со стороны российских компаний к вопросу идентификации заинтересованных сторон; скачкообразное изменение интегральных коэффициентов свидетельствует о несогласованности социальной политики компаний с ожиданиями стейкхолдеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Donella Meadows; Jorgen Randers; Dennis Meadows; William Behrens. *The Limits to Growth: a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. – Universe Books, 1972. – 211 с.
2. Цверианашвили И.А. Стокгольмская конференция 1972 г. и ее роль в становлении международного экологического сотрудничества // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2016. № 1. С. 89 – 94.
3. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. ООН, 1987. – 412 с. – Режим доступа: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf>
4. Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) / Пер. с английского; под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета. – Режим доступа: <http://устойчивое.рф/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf>
5. John Elkington *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business* // Oxford : Capstone, 1997.
6. Finch, Nigel, *The Motivations for Adopting Sustainability Disclosure* (August 2005). MGSM Working Paper No. 2005. – 17. – SSRN: <http://ssrn.com/abstract=798724>
7. Caswell T. *Sustainability: a vital agenda or 21st century good governance* // *Journal of Chartered Secretaries Australia*. 2004. Vol. 56. № 2. Pp. 85 – 90.
8. Щербенко Е.В. Механизмы устойчивого развития экономики отрасли // *Проблемы современной экономики*. 2008. № 3 (27). – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2082>
9. База отчетов в области устойчивого развития. – Режим доступа: <http://database.globalreporting.org/>
10. Ответственная деловая практика в зеркале отчетности. Аналитический обзор корпоративных нефинансовых отчетов: 2012 – 2014 гг. выпуска / Л.В. Аленичева, Е.Н. Феоктистова, Н.В. Хонякова, М.Н. Озерянская, Г.А. Копылова. – М.: РСПП, 2015. – 136 с.
11. Информация на сайте РСПП раздел «Социальная ответственность»: – Режим доступа: <http://рспп.рф/simplepage/157>
12. Баранов П.П., Думова Л.В. Анализ и разработка схемы взаимодействия стейкхолдеров в рамках системы корпоративной социальной ответственности // *Успехи современной науки*. 2016. Т. 2. № 9. С. 95 – 98.
13. Фурта С.Д., Соломатина Т.Б. Карта заинтересованных сторон –инструмент анализа окружения бизнеса // *Научный и общественно-просветительский журнал «Инициативы XXI века»*. 2010. № 1. С. 22.
14. Думова Л.В., Жбакова Д.А., Борисова Т.Н. Управление аспектами КСО и взаимодействие с заинтересованными сторонами предприятия финансового сектора // *Актуальные проблемы экономики и управления в XXI веке. Сб. научных статей III Международной научно-практической конференции*. – Новоккузнецк: изд. СибГИУ, 2017. С. 155 – 161.
15. Абдрахимова А.Р., Думова Л.В. Взаимодействие с заинтересованными сторонами (на примере ПАО «МТС») // *Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. – Новоккузнецк: изд. СибГИУ, 2016. С. 313 – 316.
16. Думова Л.В. Анализ и разработка методики оценки эффективности систем корпоративной социальной ответственности предприятий горно-металлургического комплекса // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 4. С. 368.
17. Думова Л.В. Применение модели оценки эффективности системы корпоративной социальной ответственности металлургических предприятий на примере ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» // *Актуальные проблемы экономики и управления в XXI в. Сб. научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию СибГИУ*. – Новоккузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 53 – 66.
18. Думова Л.В., Уманский А.А. Исследование эффективности социальной работы с персоналом на ведущих металлургических комбинатах России с использованием методики интегральной оценки показателей //

Фундаментальные исследования. 2015. № 10-2. С. 366 – 371.

19. Думова Л.В., Баранов П.П., Уманский А.А. Современное состояние системы корпоративной социальной ответственности металлургической отрасли России // Современ-

ные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 8-8. С. 36 – 40.

© 2017 г. Л.В. Думова, А.А. Уманский
Поступила 15 сентября 2017 г.

К 60-ЛЕТИЮ ЕВГЕНИЯ ВАЛЕНТИНОВИЧА ПРОТОПОПОВА



10 ноября 2017 года исполняется 60 лет ректору Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ), заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, почетному металлургу, почетному работнику высшего профессионального образования Российской Федерации, доктору технических наук, профессору Протопопову Евгению Валентиновичу.

В 1980 году Евгений Валентинович Протопопов окончил Сибирский металлургический институт по специальности «Металлургия черных металлов» и начал свой трудовой путь на кафедре металлургии стали. После окончания аспирантуры в 1987 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1988 году ему присвоено ученое звание доцента. В 1991 году Евгений Валентинович возглавил работу кафедры металлургии стали, в 1995 году избран на должность декана металлургического факультета Сибирского государственного индустриального университета. В 1998 защитил докторскую диссертацию на тему «Разработка теории и комплексной технологии конвертерной плавки при изменяющихся параметрах металлозавал-

ки», в 2000 году ему присвоено ученое звание профессора. В 2010 г. Евгений Валентинович возглавил Институт металлургии и материаловедения, а в 2013 г. коллективом университета был избран ректором СибГИУ.

За время работы ректором Евгений Валентинович внес большой вклад в развитие университета: внедрение инновационных образовательных технологий, повышение результативности прикладных и фундаментальных научных исследований, укрепление материально-технической базы, активизацию различных форм внеучебной деятельности студентов. По его инициативе реализован ряд передовых инфраструктурных изменений, обеспечивающих рост эффективности различных направлений деятельности университета.

Протопопов Е.В. успешно совмещает общественную, научную и педагогическую деятельность. Он является руководителем научной школы «Развитие теории и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий производства черных металлов с использованием техногенных отходов», одним из признанных в научном сообществе лидеров в вопросах теории и практики ресурсо- и энергосберегающих технологий производства стали, технологических режимов конвертерной плавки стали, оптимизации конструкции дутьевых устройств и повышения стойкости футеровки металлургических агрегатов. Он внес значительный вклад в решение актуальной проблемы рационального использования природного сырья на различных предприятиях металлургической отрасли за счет переработки техногенных отходов в агрегатах конвертерного типа.

Евгений Валентинович Протопопов является соавтором научного открытия, зарегистрированного международной академией авторов изобретений и открытий и Российской академией естественных наук.

Евгений Валентинович – автор более 550 научных публикаций, в том числе 38 авторских свидетельств и патентов на изобретения, большинство из которых внедрены на производстве, является автором 14 монографий и учебных пособий с грифом Учебно-методического объединения (УМО) по направлению «Металлургия». Под его руководством защищено 10 кандидатских и 1 докторская диссертация.

Евгений Валентинович является заместителем главного редактора журнала «Известия вузов. Черная металлургия», главным редактором сборника научных трудов «Вестник горно-металлургической секции Российской Академии естественных наук. Отделение металлургии», председателем диссертационного совета Д212.252.01 при Сибирском государственном индустриальном университете, председателем Президиума Западно-Сибирского отделения Российской Академии естественных наук.

Евгений Валентинович Протопопов – действительный член (академик) Российской Академии Естествознания, Российской Академии Естественных Наук, Российской Экологической Академии. Его заслуги отмечены многи-

ми отраслевыми наградами и наградами Администрации Кемеровской области.

Свой юбилей Евгений Валентинович встречает в расцвете творческих сил. Его активная жизненная позиция, многолетняя творческая деятельность и тесные партнерские отношения с учеными и специалистами из разных уголков нашей страны позволили воспитать плеяду талантливых учеников, преумножающих достижения металлургической науки и развитие отрасли.

Редакция журнала, коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Евгения Валентиновича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности.

ГРОМОВУ ВИКТОРУ ЕВГЕНЬЕВИЧУ – 70 ЛЕТ



26 ноября 2017 года исполняется 70 лет члену редакционной коллегии журнала Виктору Евгеньевичу Громову – известному в России и за рубежом металлофизику, Заслуженному деятелю науки РФ, Почетному металлургу РФ, члену Межгосударственного совета по физике прочности и пластичности материалов, члену Научного Совета РАН по физике конденсированных сред, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета. Виктор Евгеньевич Громов зарегистрирован в Федеральном реестре экспертов в научно-технической сфере Министерства образования и науки и РАН, он – член редколлегий четырех журналов из списка ВАК.

Как высококвалифицированный специалист широкого профиля Виктор Евгеньевич по праву занимает одно из ведущих мест среди ученых России в области материаловедения, физики прочности и пластичности сталей и сплавов. На протяжении долгой научной деятельности его учителями и соратниками являются известные российские ученые-металлофизики

и материаловеды В.Е. Панин, Л.Б. Зуев, Э.В. Козлов, А.М. Глезер, Ю.Ф. Иванов.

Экспериментальные и теоретические исследования в области физики прочности и пластичности материалов в условиях внешних энергетических воздействий (электрических полей и токов, плазменных и электронных пучков), выполненные за 40 лет В.Е. Громовым и его учениками, получили широкую известность и признание в научных кругах и привели к созданию нового научного направления. Результаты исследований нашли применение как в академических, отраслевых и учебных институтах при изучении природы формоизменения металлов и сплавов, так и на ряде предприятий металлургической промышленности и машиностроения при разработке соответствующих электротехнологий. Они внедрены со значительным экономическим эффектом на предприятиях Кузбасса.

За цикл работ по внедрению безкислотной технологии удаления окалины при производстве проволоки из малоуглеродистых и низколегированных сталей на предприятиях металлургической отрасли В.Е. Громов удостоен премии Правительства РФ в области науки и

техники. В 2013 г. он стал лауреатом премии РАН имени академика И.П. Бардина. В последние годы научная школа «Прочность и пластичность материалов в условиях внешних энергетических воздействий», возглавляемая профессором В.Е. Громовым, плодотворно работает в области наноструктурного материаловедения по грантам РФФИ, РНФ и целевым программам Минобрнауки. За период работы в высшей школе В.Е. Громов проявил качества талантливого педагога и организатора высшего образования. В.Е. Громов – «Лучший профессор Кузбасса 2003», «Почетный профессор Кузбасса» 2015 г., один из ведущих профессоров университета. Его лекции отличает сочетание высокого теоретического уровня и ясной формы изложения.

В.Е. Громов является соавтором трех научных открытий, зарегистрированных Международной академией авторов изобретений и открытий и Российской академией естественных наук:

1. Закономерность изменения структурно-фазового состояния металлов при внешнем энергетическом воздействии.

2. Явление увеличения усталостной долговечности сталей под воздействием низкоэнергетических сильнофокусированных электронных пучков.

3. Явление ускорения синтеза химических соединений на поверхности металлов и сплавов при электровзрывном легировании.

Виктор Евгеньевич воспитал плеяду талантливых научных сотрудников – 8 докторов и свыше 35 кандидатов наук, плодотворно работающих в высшей школе, на производстве, в бизнесе. Он автор более 3400 научных публикаций, в том числе 25 патентов и 75 монографий, три из которых опубликованы в Кембридже в издательстве Cambridge International Science Publication Ltd на английском языке.

В.Е. Громов – действительный член Международной академии энерго-информационных наук и Российской академии естественных наук. Его заслуги отмечены медалями «За служение Кузбассу», «За особый вклад в развитие Кузбасса» I, II и III степени, другими наградами и грамотами администрации Кемеровской области.

Семидесятилетний юбилей Виктор Евгеньевич встречает в расцвете творческих сил.

Редакционная коллегия журнала, ученики и друзья сердечно поздравляют Виктора Евгеньевича с юбилеем и желают ему доброго здоровья, счастья и новых научных свершений.

УДК 669.71:621.778:539.91

Recent progress of external field processing technology in China / Guoyi Tang, Xiaohui Li, Guolin Song, Gromov V.E. // Bulletin of SiBSIU. – 2017. – No 3 (21). – С. 4.

External field processing technology is an advanced forming technology to apply in the liquid forming and solid forming. In this article, the state of the art of external field processing in China is reviewed considering: basic research work regarding the process principle, the resulting work piece deformation, and the energy transfer during the process; application-oriented research work and applications in the field of rolling, cutting and process combinations. To describe the interaction of the multiple physics fields (electromagnetic field, fluid flow, heat transfer and solidification) during the electromagnetic stirring process a comprehensive mathematic model was developed. It is shown that the numerical magnetic flux density and temperature are in good qualitative agreement with the measurements. It is established that due to the electromagnetic force, the molten steel is forced to flow toward the magnetic field traveling direction in the region where the magnetic field imposed. The molten steel flow is decelerated in proportion to the imposed electromagnetic force. In the investigations current frequency effect on the electroplastic rolling (ER) in AZ31 magnesium alloy it is shown that the mechanical properties, microstructure, and texture are highly current frequency-dependent. Best mechanical properties are obtained from 500 Hz ER specimen by carrying out tensile tests for all the rolled strips. Besides, the frequencies of twin boundaries, which are reduced to the minimum at 500 Hz, vary with the current frequency. The effect of electroplastic-differential speed rolling (EDSR) on manufacturing thin AZ31 strip was investigated and it is shown that the ductility of rolled strip is significantly enhanced by EDSR, with an acceptable decrease of tensile strength compared to the strip by ER, which may be attributed to the fully dynamic recrystallization (DRX) and tilted basal poles in the EDSR sample. An ultrasonic-electric surface modification (UESM) treatment, under different vibration frequencies, was employed to improve the surface properties of 2316 stainless steel. A grain refinement layer was formed on the specimen's surface after UESM treatment. Fig. 4. Ref. 27.

Keywords : electromagnetic casting, ultrasonic-electric surface modification, electro-plastic treatment, electro-plastic rolling.

УДК 621.777:669.715

Воздействие деформации на структуру и свойства силуминов / Прудников А.Н., Попова М.В., Прудников В.А. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 11.

Исследовано воздействие деформации на структуру, содержание водорода и механические свойства силуминов, содержащих 11 – 30 % Si (по массе). Установлена связь между количеством водорода в поковках с содержанием в них кремния и состоянием сплава: наибольшее количество водорода выделяется после горячейковки силуминов. Выявлены закономерности изменения структуры эвтектических и заэвтектических силуминов при воздействии горячей деформации и отжигов, заключающиеся в измельчении и сфероидизации первичного и эвтектического β -Si, а также в увеличении объемной доли α -твердого раствора. Результатом указанных изменений структуры является значительное повышение прочностных и пластических свойств силуминов. Табл. 1. Ил. 5. Библ. 23.

Ключевые слова: структура, деформация, силумин, содержание водорода, горячаяковка, механические свойства.

Impact deformation on the structure and properties of silumins / Prudnikov A.N., Popova M.V., Prudnikov V.A. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 11.

The effect of strain on the structure, the hydrogen content and the mechanical properties of silumin, containing 11 – 30 % (wt.) Si. Connection between amount of hydrogen in forgings is established with the content in them of silicon and a condition of an alloy. The greatest amount of hydrogen stands out after of hot forging of silumins. The regularities of changes in the structure of eutectic and hypereutectic silumins under the influence of hot deformation and annealing consisting in grinding and spheroidization of primary and eutectic β -Si, as well as an increase in the volume fraction of α -solid solution. The result of these structural changes is a significant increase in strength and plastic properties silumins. Table 1. Fig. 5. Ref. 23.

Keywords: structure, deformation, silumin, hydrogen content, hot forging, mechanical properties.

УДК 669.782'71.018.046.516.4:536.413.2

Перспективные алюминиевые сплавы для авиационной и космической техники / Попова М.В., Прудников А.Н., Долгова С.В., Малюх М.А. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 18.

Приведены результаты разработки составов деформируемых сплавов на основе системы Al – 15 – 20 % Si, содержащих водород в качестве легирующего элемента. Проведено исследование влияния водорода на параметры микроструктуры, механические свойства, коэффициент линейного расширения и сопротивление усталостному разрушению деформированных заэвтектических силуминов. Установлено, что увеличение содержания водорода способствует росту объемной доли эвтектики и увеличению технологической пластичности. Разработанные сплавы отличаются хорошим сочетанием механических свойств, низкого коэффициента линейного расширения, имеют хорошее сопротивление усталостному разрушению. Последующая закалка и старение приводят к увеличению прочности при некотором уменьшении пластичности. Установлено, что дополнительное легирование разработанных сплавов титаном и никелем обеспечивает повышение их прочности на 11 – 20 %, пластичности - на 30 – 56% при сохранении на том же уровне значения коэффициента линейного расширения. Табл. 3. Ил. 4. Библ. 20.

Ключевые слова: заэвтектический силумин, водород, состав, структура, деформация, механические свойства, коэффициент линейного расширения, сопротивление усталостному разрушению.

Advanced aluminum alloys for aircraft and space engineering / Popova M. V., Prudnikov A.N., Dolgova S.V., Malyukh M.A. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 18.

Results of development of structures Al – 15 ÷ 20 % Si hypereutectic alpxes containing hydrogen as the alloying element are given. Research of influence of hydrogen on microstructure parameters, mechanical properties, coefficient of linear expansion and resistance to fatigue failure of the deformed hypereutectic alpxes is conducted. It is established that the increase in the content of hydrogen promotes growth of a volume fraction of an eutectic and increase in technological plasticity. The developed alloys differ in a good combination of mechanical properties, low coefficient of linear expansion, have the good resistance to fatigue failure. The subsequent training and aging lead to increase in durability at some reduction of plasticity. It is established that the additional alloying of the developed alloys with the titan and nickel provides increase of their durability for 11 – 20 %, plasticity for 30 – 56 % at preservation at the same level of coefficient of linear expansion. Table 3. Fig. 4. Ref. 20.

Keywords: zaevtektichesky hypereutectic alpx, hydrogen, structure, structure, deformation, mechanical properties, coefficient of linear expansion, resistance to fatigue failure.

УДК 669.187.012.7

Анализ взаимосвязи состава металлошихты электроплавки с основными технико-экономическими показателями выплавки рельсовой стали / Уманский А.А., Козырев Н.А., Думова Л.В. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 24.

На основании проведенных в условиях электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК» исследований получены зависимости удельных расходов сырья, материалов и энергоносителей, а также производительности цеха от соотношения количества чугуна и лома в металлозавалке при выплавке рельсовой стали. Регрессионные зависимости построены на основании обработки массива промышленных плавов рельсовой стали при использовании жидкого и твердого чугуна в металлошихте. Полученные данные легли в основу статистической модели, позволяющей прогнозировать изменение основных технико-экономических показателей производства рельсовой электростали при варьировании состава исходной металлошихты и выработать обоснованные рекомендации по оптимальной доле чугуна в металлозавалке. Ил. 6. Библ. 11.

Ключевые слова: рельсовая сталь, электроплавка, производительность, себестоимость, регрессионная зависимость, статистическая модель.

Analysis of relations between the composition of electroplating metal charge and the main technical and economic parameters of rail steel melting / Umanskiy A.A., Kozyrev N.A., Dumova L.V. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 24.

Based on the studies carried out in the conditions of electric furnace melting shop of "EVRAZ ZSMK" JSC, dependences of specific consumption of raw materials, materials and energy carriers, as well as the shop productivity, on the ratio of pig iron and scrap metal charge during the rail steel melting were obtained. Regressional

dependencies are constructed on the basis of processing an array of rail steel industrial melting when using liquid and solid cast iron in metal charge. The obtained data formed the base for statistical model allowing to predict change in main technical and economic indicators of rail electric steel production with variation in composition of initial metal charge and to develop justified recommendations on optimal proportion of cast iron metal charge. Fig. 6. Ref. 11.

Key words: rail steel, electric melting, productivity, prime cost, regression dependence, statistical model.

УДК 622.822.2

Обоснование алгоритма оценки влияния состояния выемочных выработок при моделировании работы длинного очистного забоя / Домрачев А.Н., Риб С.В. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 29.

Рассмотрены результаты выбора алгоритма оценки влияния состояния выемочных выработок при имитационном моделировании работы длинного комплексно-механизированного очистного забоя. Выполненный анализ позволил оценить работоспособность алгоритма учета воздействия аварий в выемочных выработках очистного участка для адаптации модели очистного забоя к реальным горно-геологическим условиям. Библ. 8.

Ключевые слова: нагрузка на очистной забой, генераторы случайных чисел, простой очистного забоя, коэффициент машинного времени, обрушение горных выработок.

Justification of the algorithm for estimating the influence of the state of excavation workings in modeling the work of a longwall / Domrachev A.N., Rib S.V. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 29.

The paper outlines the results of justification of entry roof fall impact estimation algorithms by using longwall productivity computer simulation. This analysis was made to find an useful method to create longwall productivity simulation model. Ref. 8.

Keywords: longwall productivity, random number generators, longwall productivity breaking, machinery time ratio, entry roof fall.

УДК 538.91+536.24

Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК1М2, легированного празеодимом и неодимом / Ганиев И.Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 32.

В режиме «охлаждения» исследована температурная зависимость удельной теплоемкости и термодинамических функций легированного празеодимом и неодимом сплава АК1М2 на основе осочистого алюминия в диапазоне 298,15 – 900 К. Установлено, что теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов с ростом температуры увеличиваются, а при повышении концентрации легирующего компонента – уменьшаются. Значения энергии Гиббса имеет обратную зависимость, т.е. от температуры – уменьшаются, от содержания легирующего компонента – возрастают. При переходе от сплавов, легированных празеодимом к сплавам с неодимом наблюдается рост теплоемкости, энтальпии и энтропии, а значения энергии Гиббса уменьшаются. Табл. 4. Библ. 18.

Ключевые слова: сплав АК1М2, празеодим, неодим, теплоемкость, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions АК1М2 alloy, doped praseodymium and neodymium / Ganiev I.N., Niyozov H.H., Gulov B.N., Nizomov Z., Berdiev A.E. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 32.

In the heat «cooling» investigated the temperature dependence of the specific heat capacity and thermodynamic functions doped praseodymium and neodymium alloy АК1М2 in the range 298,15 – 900 K. It was found that with increasing temperature, specific heat capacity, enthalpy and entropy alloys increase, and the concentration of the alloying element decreases. Gibbs energy values have an inverse relationship, i.e., temperature - decreases the content of alloying component – is growing. In the transition from the alloys doped with praseodymium neodymium alloy to observed specific heat capacity growth, enthalpy and entropy, and energy of Gibbs value is reduced. Table 4. Ref. 18.

Keywords: AK1M2 alloy, praseodymium, neodymium, specific heat capacity, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

УДК 620.193 + 669.715

Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение сплава Al + 2,18 % Fe в нейтральной среде / Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 40.

Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме при скорости развертки потенциала 2 мВ/с исследовано анодное поведение сплавов Al + 2,18 % Fe с щелочноземельными металлами (ЩЗМ). Показано, что стационарный потенциал свободной коррозии сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) с ростом концентрации щелочноземельного металла изменяется в положительном направлении, а с концентрацией хлорид-иона – в отрицательном направлении ординат оси в среде электролита NaCl. Величины потенциалов питтингообразования и репассивации сплава Al + 2,18 % Fe с ЩЗМ по мере роста концентрации хлорид-иона в электролите уменьшаются. Увеличение концентрации легирующего компонента в сплаве Al + 2,18 % Fe способствует росту величины потенциалов питтингообразования и репассивации во всех средах независимо от концентрации хлорид-иона. Плотность тока коррозии и, соответственно, скорость коррозии сплавов систем Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) с ростом добавок ЩЗМ уменьшается, а от концентрации хлорид-иона увеличивается. Последняя зависимость характерна для всех сплавов, независимо от их состава и особенностей физико-химических свойств легирующего компонента. Табл. 2. Ил. 2. Библ. 18.

Ключевые слова: сплав Al + 2,18 % Fe, щелочноземельные металлы, потенциостатический метод, электрохимическая коррозия, анодное поведение, потенциал коррозии, скорость коррозии.

Influence of alkaline earth metals on the anode behavior of alloys Al + 2.18% Fe in a neutral environment / Ganiev I.N., Jayloev H.J., Amonov I.T., Esanov N.R. // Bulletin of SibSIU // – 2017. – No. 3 (21). – P. 40.

Potentiostatic method in potentiodynamic mode at a speed of scanning potential 2 mV / s investigated anodic behavior of alloys Al + 2,18 % Fe with alkaline earth metals (alkali-earth metals). It is shown that the stationary potential of corrosion-free, alloys of Al + 2,18 % Fe – Ca (Sr, Ba) with increasing concentration of the alkaline earth metal is changed in the positive direction, and a concentration of chloride ion in the negative y-axis direction in NaCl electrolyte medium. The pittingpotentials repassivation alloy Al + 2,18 % Fe with AEM(alkali-earth metals) with increasing concentration of chloride ions in the electrolyte is reduced. Increasing the concentration of alloying element in the alloy Al + 2,18 % Fe contributes value pitting and repassivation potentials in all environments, regardless of the concentration of chloride ion. Corrosion current density and thus, with an increase in corrosion rate AEM(alkali-earth metals) additives Al + 2.18 % Fe – Ca (Sr, Ba) alloy systems is reduced and the concentration of chloride ion is increased. This dependence is typical for all alloys, regardless of their composition and characteristics of physical and chemical properties of the doping component. Table 2. Fig. 2. Ref. 18.

Keywords: Alloy Al + 2,18 % Fe, alkaline earth metals, potentiostatic method, electrochemical corrosion, anodic behavior, corrosion potential, the corrosion rate.

УДК 711.438 (571.17)

Обоснование пространственного развития поселения Теба Междуреченского городского округа Кемеровской области / Благиных Е.А., Стерлигов В.В. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 45.

Представлено теоретическое обоснование разработки концепции пространственного развития поселения Теба в русле перспективного планирования урбанизированных и природных территорий южной части Кемеровской области. Ил. 2. Библ. 3.

Ключевые слова: сибирское поселение, архитектурно-пространственный подход, устойчивое развитие.

The rationale of spatial development village Teba mezhdurechensky urban okrug Kemerovo region / Blaginykh E.A., Sterligov V.V. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 45.

Presents a theoretical rationale for the development of the concept of spatial development of the settlement Teba in the direction of forward planning for urbanized and natural territories of the southern part of the Kemerovo region. Fig. 2. Ref. 3.

Keywords: Siberian village, the architectural and spatial approach, sustainable development.

УДК 502.11

Заповедники раннесоветской эпохи: теория и практика / Шмыглева А.В. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 51.

В 2017 г. системе заповедников России исполнилось 100 лет. Непростая история российской/советской заповедной системы является примером непоследовательности и противоречивости государственной экологической политики в целом. Рассматривается процесс формирования советской системы заповедных территорий. Проанализированы предпосылки и теоретические основы их создания, а также характер деятельности. Сделаны выводы о значении заповедников как важного элемента государственной системы охраны природы в стране. Ил. 11.

Ключевые слова: заповедники, охрана природы, особо охраняемые природные территории, государственная экологическая политика.

Conservation areas of the early Soviet era: theory and practice / Shmygleva A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – № 3 (21). – P. 51.

The difficult history of the Russian / Soviet reserve system is an example of the inconsistency of environmental policy. The article deals with the process of formation of the Soviet system of protected areas. The prerequisites and theoretical bases of their creation, as well as the nature of the activity, are analyzed. Conclusions are made about the importance of reserves as an important element of the state system of nature protection in the country. Ref. 11.

Keywords: nature reserves, environment, specially protected natural territories, state environmental policy.

УДК 666.9:[658.567.1:622.7]

Переработка отходов обогащения железной руды / Панова В.Ф., Панов С.А., Карпачева А.А., Прохоренко О.Д. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 56.

Представлены результаты исследования отходов обогащения железной руды. Даны усредненные показатели гранулометрического, вещественного, химического и минерального составов рудных хвостов Абагурской обогатительной фабрики г. Новокузнецка. Показаны методики, позволяющие определять минералогический состав полиминеральных отходов рентгеновским и термогравиметрическим способами. Описаны устройство и методы разработки отвалов с применением различных механизмов: драглайн, многоковшового экскаватора, бульдозера. Рассмотрены мероприятия по обеспыливанию работ в отвале и перевозке техногенных продуктов. Отражены результаты исследования по использованию хвостов для получения строительных материалов, например как опудриватель для производства керамзита, керамического и силикатного кирпича, мелкого заполнителя. Составы материалов защищены патентами. Приведена модель переработки рудных хвостов как сырья для стройиндустрии, показывающая последовательность исследования, обогащения, производственного внедрения с разработкой технологического регламента на каждый вид строительных материалов. Табл. 3. Ил. 4. Библ. 8.

Ключевые слова: рудные хвосты, отходы обогащения железных руд, отвал, опудриватель, добавка, мелкий заполнитель.

Рудные хвосты. состав, свойства, добыча, направления применения / Panova V.F., Panov S.A. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – No. 3 (21). – P. 56.

The results of the study of iron ore tailings are presented in the article. There are given averages granometric, material, chemical and mineral composition of the ore "tails" of Abagurskaya concentrating factory in Novokuznetsk. Techniques to determine the mineralogical composition of the waste polymineral by X-ray and thermogravimetric methods are shown in this article. An apparatus and methods for developing dumps using different mechanisms: dragline, excavator, bulldozer are described here. The activities of dedusting works in a heap and transportation of technological products are reviewed. The results of studies on the use of "tails" for building materials, such as for the production of opudrivatel of expanded clay, ceramic and silicate bricks, fine aggregate are reflected in this work. Composition of materials is protected by patents. A model of processing of ore "tails" as raw materials for the construction industry, showing a sequence of research, enrichment, production implementation of

the development of technological rules for each type of building materials are shown in the article. Table 3. Fig. Ref. 8.

Keywords: ore "tails", waste of enrichment of iron ore, dump, opudrivatel, additive, fine aggregate.

УДК 338.242

Проблема идентификации заинтересованных сторон российскими компаниями в рамках функционирования концепции устойчивого развития (на примере металлургической отрасли) / Думова Л.В., Уманский А.А. // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 3 (21). – С. 63.

Проведен анализ особенностей взаимодействия заинтересованных сторон (стейкхолдеров) в рамках функционирования концепции устойчивого развития применительно к российским компаниям. Показано, что в отечественной практике имеет место недостаточный уровень коммуникаций со стейкхолдерами, что в значительной мере обусловлено отсутствием верной идентификации последних. Проведенная с использованием ранее разработанной модели оценка эффективности системы корпоративной социальной ответственности крупнейших металлургических компаний России показала наличие несогласованности социальной политики компаний с ожиданиями стейкхолдеров. Табл. 2. Ил. 3. Библ. 19.

Ключевые слова: устойчивое развитие, корпоративная социальная ответственность, стейкхолдеры, персонал, внешние сообщества, модель, эффективность.

The problem of Russian companies stakeholders identification within the concept of sustainable development (on the example of metallurgical industry) / Dumova L.V., Umanskiy A.A. // Bulletin of SibSIU. – 2017. – № 3 (21). – P. 63.

The analysis of the stakeholders interaction specifics within concept of sustainable development - Russian companies application. It is shown that in domestic practice level of communication with stakeholders is insufficient, which is largely due to incorrect identification of the latter. Evaluation of corporate social responsibility system efficiency of the largest Russian metallurgical companies, conducted using the previously developed model, showed inconsistency of corporative social policy with the stakeholders expectations. Table 2. Fig. 3. Ref. 19.

Keywords: sustainable development, corporate social responsibility, stakeholders, personnel, external communities, model, efficiency.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

Металлургия и материаловедение.

Горное дело и геотехнологии.

Машиностроение и транспорт.

Энергетика и электротехнологии.

Химия и химические технологии.

Архитектура и строительство.

Автоматизация и информационные технологии.

Экология и рациональное природопользование.

Экономика и управление.

Образование и педагогика.

Гуманитарные науки.

Социальные науки.

Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и экспертное заключение.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять два экземпляра текста статьи на бумажном носителе, а также на электронном. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и скан-копии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте на e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru.

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75x75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов *.bmp, *.jpg, *.gif, *.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи пространственных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (*.xls, *.vsd и др.). На обратной стороне ри-

сунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс / Мелкий индекс» («Subscript / Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и E-mail). Необходимо указать с кем вести переписку.

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковым номером.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, Ф.И.О. авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается включение в краткое сообщение одного несложно-

го рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что и к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ (www.sibsiu.ru) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»)).

Над номером работали

Темлянцев М.В., *главный редактор*

Коновалов С.В., *ответственный секретарь*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*