

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым Академиясының
Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Kazakh national research technical university
named after K. I. Satpayev

**SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

1 (439)

JANUARY – FEBRUARY 2020

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, KAZAKHSTAN

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы
э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғызстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыр көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 439 (2020), 73 – 80

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.9>

UDC 658.562:621.771

**S. A. Mashekov¹, E. Z. Nugman¹, A. S. Mashekova²,
B. A. Bekbosynova¹, E. A. Tussupkaliyeva¹, B. N. Absadykov³**

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;²Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan;³A. B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan.E-mail: mashekov.1957@mail.ru, nugman79@mail.ru, mashekovaagerim@mail.ru,
Bekbossynova_bagi@mail.ru, elatus78@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

INVESTIGATION OF POWER AND FORCE PARAMETERS OF PRESSING OF PRECISIONS AT THE CONTINUOUS PRESSING MILL OF NEW CONSTRUCTION

Abstract. In the article, by using the direct method in the calculus of variations, the mechanism of deformation force development in the matrix, when pressing rods in a new device with is considered, in addition the kinematics of the process is analytically analyzed and the forces acting on the screw-like rolls of this device are calculated. On the basis of the calculated data, it is established that the pressing stress decreases with increasing torques applied to the screw-like rolls of the proposed device. It is proved that with increasing the value of the input angle of the matrix, the forces and the pressing torque are increased. It is shown that the direction of friction forces exerts a significant influence on the pressing stress. The smallest force and the pressing torque are obtained with an angle of friction forces of 45°. The conducted researches made it possible to obtain new scientific data on the force parameters of rod pressing on a new device, and the practical application of the results of the study will ensure an increase in the efficiency of the manufacturing processes of bar products.

Key words: force, torque, contact pressure, screw-like rolls, matrix, kinematics process, rod, workpiece.

Introduction. Non-ferrous metals are used to produce a wide range of products, in which an important place is occupied by solid and hollow profiles of various configurations. The technology of their production at most factories in the CIS countries differs by the discreteness of the operations of melting, casting, cutting ingots, heat treatment, pressing, and the equipment used is of great energy and metal consumption, it requires considerable production areas, which ultimately raises production costs [1,2,3]. In this regard, the task of increasing the production efficiency of non-ferrous metal profiles is one of the most important and urgent.

The specialists of the countries of the near and far abroad have developed and introduced into the industry aggregates of continuous casting and pressing [4,5,6]. Continuous casting and pressing of non-ferrous metals, allow to increase technical and economic indicators of manufacturing small-scale products in comparison with traditional pressing on horizontal hydraulic presses. Work on the solution of this problem is stimulated by the creation and widespread use in recent years of methods for the continuous pressing of non-ferrous metals, Conform, Extralling, Linex, combined rolling-pressing (CRP).

Based on the above technical solution, the Springfield laboratory and the Advanced Metal Forming Group under the UKAEA UK Nuclear Power Authority developed a continuous pressing line [6,7]. The advantages of the line are the following: high quality of press products, relatively low production costs; low specific capital costs; a small amount of technological waste (3-7% instead of 25-45% of traditional waste); great technological flexibility. Currently, installations using the Konfo method of pressed products are manufactured by the British firms «HoltonMachinery» and «BabcockWireEquipment».

The advantages of these methods include the possibility of welding the metal in the deformation zone, the simplicity of the kinematic scheme, high technological flexibility due to the rapid tool change, deformation does not require heating to high temperatures, since during the forming process, heat is generated that ensures high plasticity of the metal [8,9]. Continuous pressing according to the «Conform» method allows obtaining high quality and accuracy of geometric dimensions of finished products without additional processing, almost full use of the material of the workpiece due to the absence of a press residue, a significant reduction in capital investments during construction and energy consumption during operation.

Analysis of known device [10,11,12] for implementing the «Conform», «Extrolling», «Linex» method made it possible to identify their shortcomings, imposing limitations and creating difficulties in practical implementation: the cross-section of the workpiece must correspond exactly to the cross section of the channel (otherwise the active friction forces will not be sufficient for pressing); the amount of active frictional forces can not be adjusted and, as a rule, considerably exceeds the required value, which leads to an unjustifiably large expenditure of energy; using the Conform method leads to a strong heating of the deforming tool and, as a consequence, to a decrease in its durability; properties of press products are characterized by heterogeneity due to uneven deformation due to the creation of reactive frictional forces at the metal-press junction (shoe), which is not entirely acceptable, for example, for electrical products.

It should be noted that most of the above methods have not been properly applied in industry, since the proposed technical solutions did not ensure a steady flow of the process and create pressures necessary for metal extrusion. At the same time, powerful shear deformations of the metal are not developed along the workpiece cross-section, which does not create the conditions for a good study of the structure of the metal and an increase its properties.

On the basis of the foregoing, it can be concluded that the development of a radial-shear mill (RSM) for pressing rods and tubes is currently very acute, which makes it possible to produce high-quality non-ferrous metal products.

The main task of this work is to study the energy-force parameters of the rod deformation process in a continuous-pressing mill of a new design.

Materials and method of the experiment. In this paper, we propose a new combined method for pressing rods and tubes [13].

The device for continuous pressing of rods and pipes comprises a main drive, a work stand, rolls rotating in different directions and a die. The rolls have smooth and undulating cone-shaped gripping and crimping portions, respectively, and calibrating cylindrical portions. In this case, the protrusions or valleys of the rolls, having the same width and correspondingly the same height or depth, are made along a helix with an angle between the tangent to the helical line and a line passing through the point of tangency along the generatrix perpendicular to the base of the roll equal to 45 to 60°.

Analysis of the literature review [14] and practical experience of enterprises producing bar products showed, that the study of the power parameters in the «roll-harvesting» system will allow to reveal the most loaded local surfaces of the tool and to develop measures to reduce the force and increase the tool's durability. The results of the research will allow developing new technical measures to reduce the effort and increase the durability of the roll and determine the time of its replacement.

In the proposed method of continuous pressing, the extrusion of metal through the die aperture is effected by contact friction of the rotating screw-like rolls formed on the contact surface and by the deformable bar stock. In this regard, the value of the contact area of the workpiece with the tool is largely determined by the pressing pressure, the torque in the screw-like rolls and the power of the electric drive of the installation, etc. When a bar stock is grasped by two (three) rotating rolls, it is crimped and moved along the rolls due to rotational and translational motion. After this, the protrusions and hollows of the helical rolls is completely filled with a metal, and the contact area between them grows until the active friction force reaches a value sufficient to extrude the metal into the channel of the matrix.

Therefore, in the initial stage of deformation the gripping zones should provide the pressure necessary to completely fill the protrusions and hollows of the helical rolls and create pressure for metal extrusion.

As noted above, when pressing the bars, due to the creation of insufficient pressure to extrude the metal and the poor quality of the products due to surface defects and the appearance of cracks on the surface of the workpiece, problems may arise. One of the reasons of the reduction in pressure and surface defects is the slippage of the working surface of the rolls relative to the compressible workpiece.

To describe the mechanism of deformation force development during pressing by screw-like rolls, moved rotationally, we consider the theoretical solution of such a problem by the method of direct calculus of variations [15]. Due to the rotation of the helical rolls, to the pressed workpiece, a torque M is applied and it is counterbalanced by the moment of tangential frictional forces on the contact surface of the matrix (figure 1).

In a new device for the continuous deformation of metal bars, flow is obtained during the pressing process with a rotationally moving screw-like roller. In this case, the metal of the billet gives a rotational-translational motion due to protrusions and depressions located along the helical lines on the working surface of rotationally moving rolls. Therefore, we divide the pressing stress into two components. The first component creates a torque, promotes the flow of metal along the helix, and the second - acts along the axis of pressing.

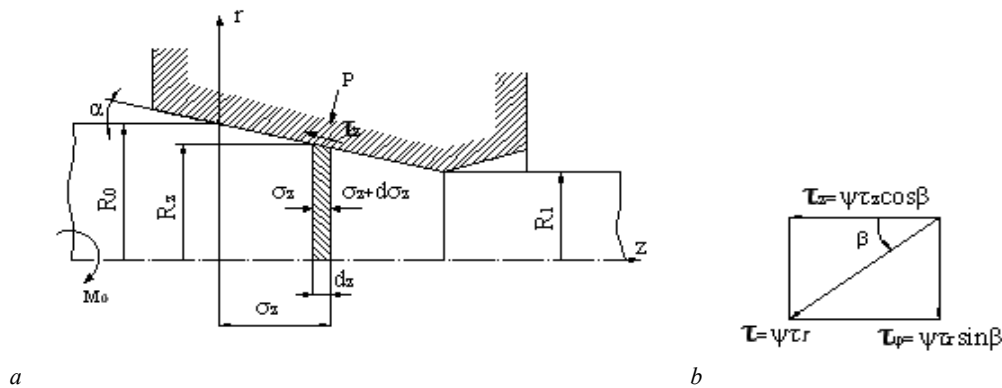


Figure 1 – Scheme to determine the pressing pressure of a workpiece with torsion:
 a – scheme of the pressing process; b – scheme of friction stress vector decomposition

Bring in a cylindrical coordinate system with the z -axis along the pressing axis. Suppose that the frictional law is given on the contact surface in the form $\tau_i = \psi\tau_T e_i$, where e_i is the directing cosine of the unit vector, determining the directions of the frictional stress; ψ is some function that depends on the ratio of the dimensions of the deformation center and the state of rubbing surfaces ($1 \leq \psi \leq 0$).

In an arbitrary section of the deformation center, the torque acts (figure 1 a, b)

$$M = M_o - \int_0^{2\pi} \int_0^z \tau_\varphi R_z^2 d\varphi dz = M_o - \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{\psi\sigma_T \sin \beta}{a} \left[1 - \left(\frac{R_o - za}{R_o} \right)^3 \right]. \quad (1)$$

The notation: $tg\alpha = a$, $R_z = R_0 - za$. The angle β determines the direction of friction forces acting on the contact surface.

The equation of equilibrium of the elementary layer, shaded in figure 1, has the following form:

$$(R_0 - z\alpha) \frac{d\sigma_z}{dz} + 2\sigma_z a - 2ap - \frac{2}{\sqrt{3}} \psi\sigma_T \cos \beta = 0. \quad (2)$$

Under the assumptions $\sigma_\varphi = \sigma_r$, $\tau_{rz} = 0$, $\tau_{\varphi r} = 0$. The plasticity condition can be written in the form:

$$(\sigma_z - \sigma_r)^2 + 3\tau_{\varphi z}^2 = \sigma_T^2$$

or after expansion in a power series with respect to $\tau_{\varphi z}^2 / \sigma_T^2$

$$\sigma_r = \sigma_z - \sigma_T \left(1 - \frac{3}{2} \frac{\tau_{\varphi z}^2}{\sigma_T^2} \right). \quad (3)$$

As in [15], in expression (3), it was restricted to two terms of the expansion. Assume that:

$$\tau_{\varphi z} = \frac{3}{2\pi} \left\{ \frac{M_0}{(R_0 - za)^3} - \frac{2\pi \psi \sigma_T \sin \beta}{\sqrt{3} a} \left[\frac{1}{(R_0 - za)^3} - \frac{1}{R_0^3} \right] \right\} \quad (4)$$

Taking $\sigma_r = p$, then the equation (2), taking into account expression (3), can be rewritten in the form:

$$(R_0 - za) \frac{d\sigma_z}{dz} + 2a\sigma_T \left(1 - \frac{3 \tau_{\varphi z}^2}{2 \sigma_T^2} \right) - \frac{2}{\sqrt{3}} \psi \sigma_T \cos \beta = 0. \quad (5)$$

Substituting equations (4) into expressions (5), after integration the stresses σ_z were obtained. Then, for the pressing stress the following equation was established:

$$\begin{aligned} p_{\text{BK}} = \sigma_z \Big|_{z=\frac{R_0-R_1}{a}} = \sigma_T \left[\frac{\varepsilon}{2} \left(\frac{27}{4\pi^2} K^2 \sin^2 \beta + \frac{3}{\pi} K \cos \beta - 2 \right) + (e^{3\varepsilon} - 1) \right] \times \\ \times \left(\frac{3}{32} m^2 - \frac{9}{2\sqrt{3}\pi} mK \sin \beta + \frac{9}{8\pi^2} K^2 \sin^2 \beta \right) + (e^{1.5\varepsilon} - 1) \times \\ \times \left(\frac{mK}{2\sqrt{3}\pi} \sin \beta - \frac{K^2}{\pi^2} \sin^2 \beta \right) \frac{9}{4} \Big], \end{aligned} \quad (6)$$

where $K = \frac{2\pi \psi}{3\sqrt{3} a}$; $\varepsilon = 2 \ln \frac{R_0}{R}$ – the draft for one pass; $m = \frac{M_0}{W_p \tau_r}$ – polar resistance of the initial section of the rod.

The value of β in the real state can be found by using the stationarity properties of the functional $I = \int_V \tau_T H^o dV - \int_S F_i v_i^o dS$ [6], where V is the deformable volume bounded by the surface S ; v_i^o – kinetic possible flow velocities; F_i – components of surface stresses; H^o – intensity of shear strain rates. In the case under analysis, the above functional reduces only to the surface integral (the deformed state does not vary). As a result, it is obtained:

$$\sin \beta = \frac{m e^{1.5\varepsilon} (e^{1.5\varepsilon} - 1)}{4 \frac{\psi}{a} \left[\varepsilon + \frac{(e^{1.5\varepsilon} - 1)^2}{3} \right]}.$$

On the basis of the calculated data, it was established that:

- the pressing stress decreases with the increase of the torque moments applied to the screw-like rolls of the proposed device;
 - with increasing angle α (figure 2) and coefficient k , the forces and the pressing torque are increased;
 - forces direction of the friction β has a significant influence on the pressing frictional forces stress.
- The smallest force and the pressing torque are obtained at an angle of friction forces of 45° .

According to our calculated data and the opinion of the authors of [16], the strength conditions of the process of continuous metal pressing are significantly influenced by the magnitude of the input angle of the matrix

The value of the input angle of the matrix α (figure 1) is determined from the expression (without taking energy costs into the calibrating belt) [16]:

$$N_o = N_f + N_\tau \quad (7)$$

At this value during pressing N_f the minimum specific energy for metal shaping is achieved, as well as the friction is overcome along the lateral surface of the matrix cone N_τ , if the first derivative of the functional energy at the input angle is equal to zero.

$$\frac{\partial N_o}{\partial \alpha} = 0. \quad (8)$$

As a result of the solution of expression (8), a formula of total power in the deformation center was obtained for continuous metal pressing [16]:

$$N_o = 2S_o v_o \tau_s \ln \left(\frac{R}{r} \left(\frac{2f_2}{\sin 2\alpha} + \frac{1}{27tg^2 \alpha} \times \left((12 + 9tg^2 \alpha)^{\frac{3}{2}} - 12^{\frac{3}{2}} \right) \right) \right), \quad (9)$$

where S_o – base area of the input cone of the matrix, $S_o = \pi R^2$, mm²; v_{np} – pressing velocity; v_o – longitudinal velocity component at the entrance to the deformation zone, $v_o = v_{np} / \pi R^2$, m/s; τ_s – average shear stress, $\tau_s = \sigma_s / \sqrt{3}$, MPa; σ_s – the yield strength of the metal in the deformation zone, MPa; f_2 – coefficient of friction along the lateral surfaces of the input cone of the matrix; R – radius of the base of the entrance cone of the matrix, mm; r – radius of the calibration hole of the matrix, mm.

Because of the transcendence of expression (9), the problem of finding the optimal value of the input angle α can be solved numerically. In [16], the software application MathCad was used to calculate the optimal value of the input angle α . The results of calculations of the optimal value of α at $r = 1.5$ mm; $R = 3$ mm; $v_{pr} = 0.15$ m/s; $\sigma_s = 70$ MPa and various friction coefficients are given in table 1. These values correspond to the minimum value of the power N_o . It can be seen from Table 1 that when $f_2 = 0.5$; $\alpha = 1.268$ rad; $\alpha = 72.7^\circ$.

Table 1 – Results of calculation [16]

	f_2									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
N_o , kw	1.304	1.655	2.044	2.467	2.937	3.448	3.997	4.582	5.219	5.89
α , rad	0.923	1.079	1.167	1.225	1.268	1.301	1.327	1.348	1.366	1.381

When designing a device for continuous pressing of rods, it is important to determine the force parameters that arise when rolling in helical rolls to create the pressure necessary to extrude the metal through the matrix.

To determine the forces, acting on the rolls, it is necessary to know the area of the contact surface and the pressure of the rolled material. The width of the projection of the contact surface in an arbitrary section of the deformation center is [17]

$$b_i = \omega \sqrt{\frac{2rR_i \cdot \Delta r_i}{R_i + r_i}}, \quad (10)$$

where ω – coefficient of ovalization; r_i – billet radius in an arbitrary cross-section; R_i – radius of the roll in an arbitrary cross-section; Δr – compression of the workpiece in an arbitrary cross-section.

The reduction of the workpiece in an arbitrary cross-section can be determined from formula [17]:

$$\Delta r_i = \pi \left(\frac{D_H}{D_i} \right) \left(\frac{F_H}{F_i} \right) \left(\frac{\eta_o}{\eta_T} \right) r tg \beta_1 tg \alpha_1, \quad (11)$$

where r_i , D_i , F_i – radius of the workpiece, roll diameter, cross-sectional area of the workpiece in an arbitrary cross-section of the deformation zone; D_H , F_H – the diameter of the roll and the cross-sectional area of the workpiece at the input of the matrix; η_o , η_T – coefficient of axial and tangential billet speed, taking into account its slip along the surface of the rolls; β_1 , α_1 – the feed angle and the angle of inclination of the generator of the input cone to the rolling axis.

By dividing the total length of the deformation center (along the workpiece axis) by a number of segments ΔL_i , it is possible to calculate the area of the projection of the contact surface [17]:

$$F_K = \sum 0,5(b_i + b_{i+1}) \Delta L_i. \quad (12)$$

The average pressure of the helical rolling of a continuous billet can be determined by the formula A.I. Tselikov [17]:

$$p = 2\sigma_T [1,25 \ln(2r/b) + 0,62(b/L) - 0,25] \quad (13)$$

if $1 \leq 2r/b \leq 8.5$.

The torque that must be applied to each work roll to carry out pressing in the proposed device can be calculated by the formula [17]:

$$M = 0.5P(2r \sin \varphi_1 \cos \beta_1 + b_{av} \cos \varphi_1 \cos \gamma_1) \quad (14)$$

where $b_{av} = F_c/L$, F_c – contact area; L – the length of the contact surface; $\varphi_1 = \arctg(0.5b/r)$ – angle of deflection of the resultant roll; γ_1 – angle of rolling.

According to the calculated data, the contact pressure acting on the roll, when pressing a billet of carbon steel at a temperature of 1100 °C, is 80 - 130 MPa, and when pressing titanium alloys, is equal to 130 - 190 MPa.

Conclusion. The conducted research made it possible to obtain new scientific data on the force parameters of the rod pressing process on the new device, and the practical application of the results of the research will ensure an increase in the efficiency of the manufacturing processes of bar products.

С. А. Машеков¹, Е. З. Нугман¹, А. С. Машекова²,
Б. А. Бекбосынова¹, Э. А. Тусупкалиева¹, Б. Н. Абсадыков³

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан;

²Nazarbayev University, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

³Э. Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

ҚҰРЫЛЫМЫ ЖАҢА ҮЗДІКСІЗ БАСПАҚТАУ ҚОНДЫРҒЫСЫНДА ШЫБЫҚТЫ ДЕФОРМАЦИЯЛАУДЫҢ ЭНЕРГИЯКҮШТІК ПАРАМЕТРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Жұмыста, әртүрлі елдердің мамандарымен біріге отырып, үздіксіз құю және баспақтау агрегаттарын өнеркәсіпке енгізілгені және жасап шығарылғаны көрсетілген. Түсті металдарды үздіксіз құю және баспақтау, көлденең гидравликалық пресстерде дәстүрлі баспақтаумен салыстырғанда, ұсақтұржынды өнімдерді дайындаудың техникo-экономикалық көрсеткіштерін жоғарылатуға мүмкіндік беретіні атап өтілген. Үздіксіз әдістерді қолдану, қосымша өңдеусіз жоғары сапалы және дәл геометриялық өлшемді өнім алуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Сонымен қатар, дайындаманың материалы толықтай пайдаланылады, пресс-қалдықтардың болмауынан, құрылыс кезінде күрделі салымдар және пайдалану кезінде энергияны тұтынуы айтарлықтай төмендейді. Мақалада, практикалық іске асыру кезінде қиындықтар мен кемшіліктер туындататын үздіксіз құю және баспақтаудың кемшіліктері де көрсетілген. Үздіксіз баспақтаудың кемшіліктеріне жататындар: құралдың канал қимасына, дайындама қимасының сәйкес келу дәлдігіне қойылатын талаптар; белсенді үйкеліс күштерінің мөлшерін түзету қиындықтары. Аталған кемшіліктер, үлкен энергия шығындарына, деформацияланатын құралдың қатты қызуына және нәтижесінде оның қызмет ету мерзімін төмендетуге әкелетіні көрсетілген. Баспа өнімдерінің қасиеттері, деформацияның біркелкі таралмауынан біртеқ-сізпен сипатталатыны анықталды. Осы кемшіліктерді жою үшін, жұмыста шыбықтар мен құбырларды үздіксіз баспақтауға арналған құрылғы ұсынылады. Бұл құрылғы, басты жетектен, жұмыс қапастарынан, әртүрлі бағытта айналатын біліктерден және пресс-ұяқалыптан тұрады. Біліктер, тегіс және толқынды-конус тәрізді қарпу және жаншу учаскелерінен, сәйкесінше калибрлеуші цилиндрлік учаскелерден тұрады. Мұнда біліктің бетінде, бұрандалы сызықпен орындалған, ойық пен шығыңқы жерлер, бірдей енге, осыған сәйкесті бірдей биіктікке иемденген. Осы кезде, бұрандалы сызыққа жанасатын сызық пен білік бетінің құрастырушысына перпендикулярлы жанасу нүктесі арқылы өтетін сызық арасындағы бұрыш 45-60°-қа тең. Шыбықтарды баспақтау келесідей. Дайындама, біліктер арасындағы саңылауға беріледі және біліктердің бір бағытқа айналуы кезінде, біліктердің толқынды-конус тәрізді шығыңқы бөліктері және ойықтарымен деформацияланады. Біліктер өздерінің айналмалы қозғалысымен, деформацияланатын металды қозғалтып, пресс-ұяқалыптың тесігі арқылы сығып шығарады. Мақалада тура вариациялық есептеу әдістемесімен айналып қозғалатын бұрандалы пішінбілігі бар жаңа қондырғыда шыбықтарды баспақтағанда ұяқалыпта пайда болатын деформациялау күшінің даму механизмі қаралған, ал тағы да аналитикалық тәсілмен осы қондырғының бұрандалы пішінбілігіне әсер ететін күш есептелген және процестің кинематикасы қаралған. Есептеліп алынған мәліметтер негізінде, ұсынылған қондырғының бұрандалы пішінбілігіне түсірілген айналдыру моментінің өсуімен баспақтау кернеуі азайатындығы анықталған. Осымен бірге, ұяқалыптың кіру бұрышының мәні үлкейген сайын баспақтаудың күші мен айналдыру моменті үлкейетіндігі дәлелденген. Баспақтау кернеуіне елеулі әсерді, үйкеліс күшінің әсер ету бағыты көрсететіндігі жұмыста көрсетілген. Баспақтаудың ең аз күші мен айналдыру моменті, үйкеліс күшінің әсер ету бағытының бұрышы 45°-тең болғанда пайда болатындығы анықталған. Жүргізілген зерттеулер жаңа қондырғыда шыбықтарды баспақтау процесінің күштік параметрлері туралы жаңа мәліметтерді алуға мүмкіндік берді, ал алынған зерттеу мәліметтерін

практикада қолдану, шыбық тәрізді бұйымдарлы жасау процестерінің нәтежелігін жоғарлатуды қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: күш, айналдыру моменті, жанасу қысымы, бұрандалы пішінбілік, ұяқалып, процестің кинематикасы, шыбық, дайындама.

С.А. Машеков¹, Е.З. Нугман¹, А.С. Машекова²,
Б.А. Бекбосынова¹, Э.А. Тусупкалиева¹, Б.Н. Абсадыков³

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан;

²Nazarbayev University, Нур-Сұлтан, Қазақстан;

³Институт химических наук имени А. Б. Бектурова, Алматы, Қазақстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКОВ НА УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. В работе показано, что специалистами различных стран разработаны и внедрены в промышленность, агрегаты непрерывного литья и прессования. Отмечено, что непрерывное литье и прессование цветных металлов, позволяют повысить технико-экономические показатели изготовления мелкосортной продукции, по сравнению с традиционным прессованием на горизонтальных гидравлических прессах. Показано, что применение непрерывных способов позволяют получить изделие высокого качества и точными геометрическими размерами без дополнительной обработки. При этом практически полностью используется материал заготовки, благодаря отсутствию пресс-остатка, значительно снижается капитальное вложение при строительстве и энергозатраты в процессе эксплуатации. В работе выявлены и недостатки агрегатов непрерывного литья и прессования, накладывающие ограничения и создающие сложности при практической реализации. К недостаткам непрерывного прессования отнесены: требования к точности совпадения сечения заготовки к сечению канала инструмента; трудность регулировки величины активных сил трения. Показано, что данные недостатки приводят к большим энергозатратам, к сильному разогреву деформирующего инструмента и, как следствие, к снижению его стойкости. Установлено, что свойства пресс-изделий характеризуются неоднородностью из-за неравномерности распределение деформации. Для преодоления этих недостатков в работе предлагается устройство для непрерывного прессования прутков и труб. Данное устройство содержит: главный привод, рабочую клетку, вращающиеся в разные стороны валки и пресс-матрицу. Валки имеют гладкие и волнисто-конусообразные участки захвата и обжатия, соответственно, и калибрующие цилиндрические участки. При этом выступы или впадины валков, имеющие одинаковую ширину и соответственно высоту или глубину, выполнены по винтовой линии с углом между касательной к винтовой линии и линией, проходящей через точку касания по образующей перпендикулярно основанием валка равным от 45° до 60°. Прессование прутков осуществляют следующим образом. Заготовка подается в зазор между валками и деформируется с выступами и впадинами волнисто-конусообразных участков валков при вращении валков в одном направлении. Валки своим вращательным движением поступательно двигают деформируемый металл и выдавливают их через отверстие пресс-матрицы. В статье методом прямого вариационного исчисления рассмотрен механизм развития усилия деформирования в матрице при прессовании прутков в новом устройстве с вращательно двигающимся винтообразным валком, а также аналитическим способом исследована кинематика процесса и рассчитаны усилия, действующие на винтообразные валки данного устройства. На основе полученных расчетных данных установлено, что напряжение прессования уменьшается с ростом крутящих моментов, приложенных к винтообразным валкам предлагаемого устройства. При этом доказано, что с увеличением значения входного угла матрицы увеличиваются усилия и крутящий момент прессования. Показано, что существенное влияние на напряжение прессования оказывает направление действия сил трения. Наименьшее усилие и крутящий момент прессования получены при угле направления действия сил трения, равном 45°. Проведенные исследования позволили получить новые научные данные о силовых параметрах прессования прутков на новом устройстве, а практическое применение результатов исследований обеспечит повышение эффективности процессов изготовления прутковых изделий.

Ключевые слова: усилие, крутящий момент, контактное давление, винтообразные валки, матрица, кинематика процесса, пруток, заготовка.

Information about authors:

Mashekov S.A., Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; mashekov.1957@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9577-2219>

Nugman E.Z., Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; nugman79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4537-9440>

Mashekova A.S., Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan; aigerim.mashekova@nu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-6246-9494>

Bekbossynova B.A., Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; Bekbossynova_bagi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6642-3431>

Tussupkaliyeva E.A., lecturer of the department "Transport Engineering", Dr. PhD, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; elatus78@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5287-113X>

Absadykov B.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, the Corresponding member of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, A. B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan; b_absadykov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7829-0958>

REFERENCES

[1] Kats A.M., Raikov Yu.N., Romantsev B.A. A promising process for the production of bar-shaped products based on horizontal continuous casting and hot screw rolling *Non-ferrous metals*. 2002. 2. 104-107 (in Russ.).

[2] Dovzhenko I.N. Development of models of functioning of the combined rolling-pressing unit with the aim of increasing the production efficiency of long-length articles made of non-ferrous metals and alloys: the dissertation author's abstract on the competition of the scientific degree of Cand.Tech.Sci. Magnitogorsk, 2006. 169 p. (in Russ.).

[3] Shevakin Yu.F., Krucher N.G. Development of continuous and combined processes of casting and rolling of non-ferrous metals on casting-rolling aggregates *Non-ferrous metals*. 1997. 5. 71-74.

[4] Danilin V.N. Creation and main stages of the development of the pressing process with the active action of frictional forces *Forging and stamping production*. 2009. 9. 30-37 (in Russ.).

[5] Dovzhenko N.N., Gorokhov Yu. V., Solopko I.V. *Fundamentals of designing the elements of the Conform installation Actual problems of modern science, engineering and education: materials of the 68th interregional scientific and technical conference*. Magnitogorsk: GOUVPO "MSTU", 2010. 1. 17-20. (in Russ.).

[6] Galiev R.I. Development and research of the process of combined rolling of pressing for the purpose of increasing the production efficiency of long-length press products from aluminum alloys: the thesis abstract for the degree of candidate of technical sciences. Magnitogorsk, 2004. 198 p. (in Russ.).

[7] Solopko I.V. *Automated calculation of the optimum tool dimensions for the design of an experimental plant for continuous casting and pressing using the Conform method*. // Automation Systems in Education, Science and Production: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference / edited by S.M. Kulakov, L.P. Myshlyayeva; Sib. state. industr. un-t. Novokuznetsk: Ed. center SibGIU, 2011. 458-463 (in Russ.).

[8] Gorokhov Yu. V., Solopko I.V., Katryuk V.P.. *Experimental installation for combining continuous casting and pressing of non-ferrous metals on the basis of a rotary crystallizer*. *Non-ferrous metals*. 2011: Sat. scientific. articles of the Third International Congress. Krasnoyarsk: OOO "Verso", 2011. 579-581 (in Russ.).

[9] Sidelnikov S.B., Dovzhenko N.N., Zagirov N.N.. Integrated and combined methods for processing non-ferrous metals and alloys. Monograph. M.: MAX Press, 2005. 344 p.

[10] Sidelnikov S.B., Grishechkin A.I., Dovzhenko N.N.. *Design and development of a pilot plant for combined rolling-pressing Technology of light alloys*. 2002. 5-6. P. 41-44.

[11] Scott K.. *Extrusion plant Conform, aluminum waste and space technology Non-ferrous metals*. 2001. 6. P. 91-93.

[12] Gorokhov Yu.V., Sherkunov V.G., Konstantinov I.L. *Methodology of the investigation of the combined process of continuous casting and pressing of metals*. Vestnik SUSU. Series Metallurgy. 2015. Vol. 15. 2. P. 82-88 (in Russ.).

[13] Mashekov S.A., Nugman E.Z., Alshynova A.M., et al. Device for continuous pressing of press products. Patent Republik of Kazakhstan №. 27722. Publ. 12/18/2013, bul. N 12. 3 p. (in Russ.).

[14] Potapov I.N., Polukhin P.I. The technology of screw rolling M.: Metallurgy, 1990. 344 p. (in Russ.)

[15] Levanov A.N., Kolmogorov V.L., Burkin V.L., et al. Contact friction in metal forming processes. M.: Metallurgy, 1976. 416 p. (in Russ.).

[16] Gorokhov Yu.V., Solopko I.V.. *Decrease in energy consumption during continuous pressing of metal by conformal method by optimizing the shape and dimensions of the tool*. Vestnik MSTU. G.I. Nosova, 2010. 1. P. 52-55 (in Russ.).

[17] Matveev B.N.. Hot rolling of pipes. M.: Internet Engineering, 2000. 144 p. (in Russ.).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

Редакторы *Д. С. Аленов, М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка *Д. А. Абдрахимовой*

Подписано в печать 05.02.2020.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.