

**Received:** 31.10.2025

**Revised:** 25.12.2025

**Accepted:** 26.12.2025

**DOI:** 10.17804/2410-9908.2025.6.114-123

## SIMULATING THE PROCESS FLOW PATTERNS OF ROD EXTRUSION FROM WROUGHT ALUMINUM ALLOYS

A. V. Razinkin<sup>1, a</sup>, T. V. Maltseva<sup>1, b</sup>, I. S. Kamantsev<sup>2, c, \*</sup>, E. I. Salikhyanova<sup>2, 3, d</sup>,  
and N. A. Kalinina<sup>1, 2, e</sup>

<sup>1</sup>*Kamensk-Uralsky Metallurgical Plant JSC,*

*5 Zavodskaya St., Kamensk-Uralsky, Sverdlovsk Region, 623405, Russia*


<sup>2</sup>*Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,*



*34 Komsomolskaya St., Ekaterinburg, 620049, Russia*


<sup>3</sup>*Ural Federal University,*


*19 Mira St., Ekaterinburg, 620062, Russia*

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0009-0006-2851-227X>;

<sup>b</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4607-6612>;

<sup>c</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-0775-4043>  trophyland@mail.ru;

<sup>d</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-8858-3460>;

<sup>e</sup>  <https://orcid.org/0009-0002-2835-8429>

\*Corresponding author. Email: trophyland@mail.ru

Address for correspondence: ul. Komsomolskaya, 34, Ekaterinburg, 620049, Russia

Tel.: +7 (343) 374-4725

Extrusion is one of the main types of preparatory processing of semi-finished wrought aluminum alloy products under conditions of Kamensk-Uralsky Metallurgical Plant JSC. In the production of extruded rods, one of the main defects is the anisotropy of the properties of the output rod end induced by its insufficient deformation processing, which is caused by the features of metal flow in the deformation zone in the initial process stages. Based on the obtained results of finite element simulation in the QForm3D software package, the geometrical dimensions of the workpiece and the equipment have been selected for physical simulation under conditions of a laboratory at the Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The simulation results are compared with the results of the physical experiment under laboratory conditions. It proves that the selected extrusion scheme enables one to make an extruded product with the features of defect distribution in the form of an unprocessed structure in the output part of the extruded product with a length equal to two product diameters, this being consistent with the extrusion practice at the plant. This makes it possible to use a combination of computer simulation in the QForm3D software suit and the physical simulation of extrusion in a laboratory extruder at the IES UB RAS to develop recommendations on minimizing the length of the poorly processed zone in the output rod end, as well as to obtain samples of metal from these zones to estimate the possibility of recycling by using the additionally heat-treated output ends as the starting stock for smaller diameter rods.

**Keywords:** aluminum alloys, extrusion, simulation, non-uniform deformation

## References

1. *Pressovanie aluminievyykh splavov* [Pressing of Aluminum Alloys, ed. P.I. Polukhin]. Metallurgiya Publ., Moscow, 1974, 335 p. (In Russian).
2. Bauser, M., Sauer, G. and Siegert, K. *Pressovanie* [Extrusion]. Alyusil MViT Publ., Moscow, 2009, 922 p. (In Russian).
3. Berezhnoy, V.L. Analysis and formalization of insights about nonuniformity of strain for technological development of extrusion. *Tekhnologiya Legkikh Splavov*, 2013, 1, 40–57. (In Russian).
4. Loginov, Yu.N., Zagirov, N.N., Ivanov, E.V., and Nasonov, I.A. Comparison of different versions of multi-channel extrusion of V95 alloy bars. *Tekhnologiya Legkikh Splavov*, 2021, 1, 68–72. (In Russian). DOI: 10.24412/0321-4664-2021-1-68-72.
5. Zamaraeva, Yu.V., Razinkin, A.V., Loginov, Yu.N., and Istomin, D.A. Comparison of physical and computer simulation of multi-channel extrusion of D16 alloy rods. *Tekhnologiya Legkikh Splavov*, 2024, 2, 68–74. (In Russian). DOI: 10.24412/0321-4664-2024-2-68-74.
6. Razinkin, A.V., Maltseva, T.V., Ovsyannikov, B.V., and Levina, A.V. *Tipovye defekty v slitkakh i polufabrikatakh iz aluminievyykh deformiruemyykh splavov* [Typical Defects in Ingots and Semi-Finished Products Made of Deformable Aluminum Alloys]. Uralskiy Rabochiy Publ., Ekaterinburg, 2023, 144 p. (In Russian).
7. Loginov, Yu.N., Razinkin, A.V., Shimov, G.V., Maltseva, T.V., Bushueva, N.I., Dymshakova, E.G., and Kalinina, N.A. Structure and strain state of aluminum bars at the initial phase of extrusion. *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya*, 2023, 29 (2), 29–37. (In Russian). DOI: 10.17073/0021-3438-2023-2-29-37.
8. Loginov, Yu.N., Razinkin, A.V., Shimov, G.V., and Bushueva, N.I. Aluminum alloy extrusion scheme and model with reduction of basis metal waste. *Tsvetnye Metally*, 2023, 11, 83–88. (In Russian). DOI: 10.17580/tsm.2023.11.11.
9. Pugacheva, N.B., Razinkin, A.V., Kamantsev, I.S., Maltseva, T.V., and Kalinina, N.A. Application of thermomechanical treatment to increase the strength of extruded rods made of aluminum 2024 alloy. *MiTOM*, 2025, 1, 64–73. (In Russian). DOI: 10.30906/mitom.2025.1.64-73.
10. Zamaraeva, Yu.V., Knysh, L.I., and Gaisin, E.M. Experience in the application of simulation of hot forging in production conditions at the KUMW JSC. *Diagnosics, Resource and Mechanics of materials and structures*, 2023, 5, 69–82. DOI: 10.17804/2410-9908.2023.5.069-082. Available at: [http://dream-journal.org/issues/2023-5/2023-5\\_410.html](http://dream-journal.org/issues/2023-5/2023-5_410.html)
11. Potapov, A.I., Gladkovsky, S.V., Kokovikhin, E.A., Salikhyanov, D.R., and Dvoynikov, D.A. Determining the plastic strain resistance of metallic materials on an automated plastometric complex. *Diagnosics, Resource and Mechanics of materials and structures*, 2015, 2, 24–43. DOI: 10.17804/2410-9908.2015.2.024-043. Available at: [http://dream-journal.org/issues/2015-2/2015-2\\_29.html](http://dream-journal.org/issues/2015-2/2015-2_29.html)
12. Loginov, Yu.N. *Pressovanie kak metod intensivnoy deformatsii metallov i splavov* [Pressing as a Method of Intensive Deformation of Metals and Alloys: A Tutorial]. Izd-vo Ural. Un-ta Publ., Ekaterinburg, 2016, 154 p. (In Russian).

Подана в журнал: 31.10.2025

УДК 621.777:669.715

DOI: 10.17804/2410-9908.2025.6.114-123

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ

А. В. Разинкин<sup>1,а</sup>, Т. В. Мальцева<sup>1,б</sup>, И. С. Каманцев<sup>2,в,\*</sup>, Е. И. Салихьянова<sup>2,3,г</sup>,  
Н. А. Калинина<sup>1,2,д</sup>

<sup>1</sup>АО «Каменск-Уральский металлургический завод»,

ул. Заводская, д. 5, г. Каменск-Уральский, Свердловская область, 623405, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт машиноведения имени Э. С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук,


ул. Комсомольская, д. 34, г. Екатеринбург, 620049, Россия



<sup>3</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования


«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»,


ул. Мира, д. 19, г. Екатеринбург, 620062, Россия

<sup>а</sup>  <https://orcid.org/0009-0006-2851-227X>;

<sup>б</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4607-6612>;

<sup>в</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-0775-4043>  trophyland@mail.ru;

<sup>г</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-8858-3460>;

<sup>д</sup>  <https://orcid.org/0009-0002-2835-8429>

\*Ответственный автор. Электронная почта: trophyland@mail.ru

Адрес для переписки: ул. Комсомольская, д. 34, г. Екатеринбург, 620049, Россия

Тел.: +7 (343) 374-47-25

Прессование является одним из основных заготовительных видов обработки полуфабрикатов из алюминиевых деформируемых сплавов в условиях АО «КУМЗ». В производстве прессованных прутков одним из основных дефектов является анизотропия свойств выходного конца прутка, связанная с его недостаточной деформационной проработкой, которая обуславливается особенностями течения металла в очаге деформации на начальных стадиях процесса. На основании полученных результатов конечно-элементного моделирования в программном пакете QForm3D подобраны геометрические размеры заготовки и оснастки для проведения физического моделирования в условиях лаборатории ИМАШ УрО РАН. Результаты моделирования сопоставлены с результатами физического эксперимента в условиях лаборатории. Установлено, что при выбранной схеме прессования возможно получить отпрессованное изделие с особенностями распределения дефектов в виде непроработанной структуры на выходном участке пресс-изделия с длиной, равной двум диаметрам изделия, что соответствует практике прессового производства АО «КУМЗ». Это дает возможность использования сочетания компьютерного моделирования в программном комплексе QForm3D и физического моделирования процесса прессования на лабораторном прессе ИМАШ УрО РАН для разработки рекомендаций по минимизации длины слабо проработанной зоны в выходном конце прутка, а также получения образцов металла из этих зон для определения возможности рециклинга путем использования выходных концов после дополнительной термической обработки в качестве исходной заготовки для прутков меньшего диаметра.

**Ключевые слова:** алюминиевые сплавы, прессование, моделирование, неоднородность деформации

## 1. Введение

При прессовании прутков одной из основных проблем является недостаточная деформационная проработка выходного конца прутка, обусловленная особенностями течения металла в очаге деформации на начальных стадиях процесса. В зависимости от типа матрицы и характера деформации величина дефекта может отличаться.

При раскросе готового изделия на мерные длины выходной конец подлежит обрезке, при этом величина обрезки составляет порядка  $2D$ , где  $D$  – диаметр изделия. Таким образом, в рамках прессового производства АО «КУМЗ» только за месяц на обрезку выходных концов отпрессованных изделий приходится 120–140 т. Следовательно, одной из перспективных целей предприятия является повышение производительности прессового производства за счет увеличения выпуска объема годного металла на прессовом участке. Существует два альтернативных варианта решения этой проблемы: изменение формы очага деформации и, как следствие, уменьшение длины выходного конца прессового полуфабриката; рециклинг производства путем использования выходных концов после дополнительной термической обработки в качестве исходной заготовки для прутков меньшего диаметра.

В статье представлен первый шаг на пути к повышению производительности прессового производства, а именно проведение компьютерного моделирования процесса методом конечных элементов в программном комплексе QForm3D с целью подбора геометрических размеров оснастки и заготовки для перехода к физическому лабораторному моделированию процесса, основанному на особенностях формирования технологической наследственности структуры. Такой переход позволит сократить расходы на опытную партию образцов и совершить апробацию уже готового рационального решения в условиях АО «КУМЗ» с минимальными энергетическими, экономическими и трудовыми затратами.

## 2. Постановка задачи

Особенностью прессования прутков из алюминиевых сплавов является недостаточная деформационная проработка выходных концов прутков, что связано со спецификой самого процесса. Такой дефект можно определить как аналитически, так и методами конечно-элементного моделирования процесса [1, 2]. Автор работы [3] отмечает, что технологическая неравномерность пластической деформации при прессовании проявляется в характере деформационного зонообразования и течения материала в полости инструмента, в форме и высоте (длине) очага пластической деформации и др. Неоднородное протекание деформации при прессовании алюминиевых прутков приводит к анизотропии свойств изделий.

Для производства прутков из алюминиевых сплавов в условиях АО «КУМЗ» используются горизонтальные прессы усилием 120 и 50 МН. Нагрев слитков перед прессованием производится в двухкамерных печах конвейерного типа. Прессование производится со скоростью не более 3,66 мм/с из контейнеров с диаметрами, соответственно, 800 и 370 мм в плоские и конусные матрицы прямым методом без применения смазки. Далее выполняется обрезка технологических отходов (в т. ч. выходных концов) на ленточной или дисковой пиле.

Расчетным путем на основе данных АО «КУМЗ» установлено, что доля металла выходных концов с непроработанной структурой находится на уровне 14–18 % для пресс-изделий с диаметром более 190 мм. Для меньших сечений прессованных полуфабрикатов объем такого металла значительно снижается – до уровня 4–5 % (рис. 1). Весь этот объем металла является отходами прессового производства.

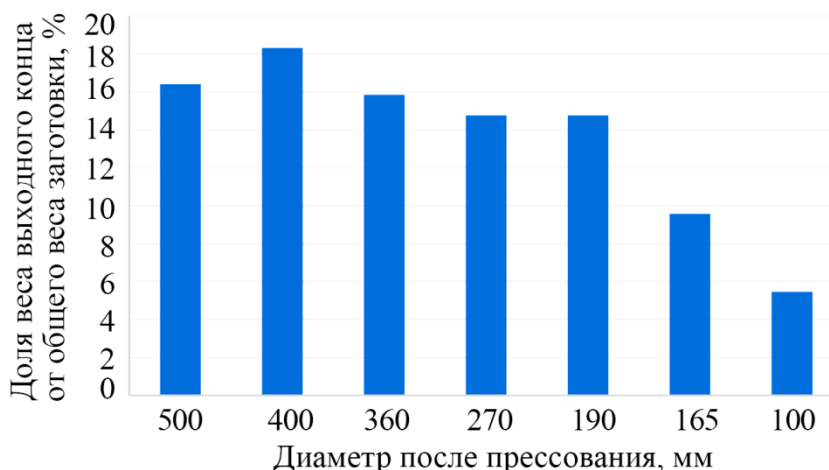


Рис. 1. Доля металла выходного конца пресс-изделия от общей массы слитка

Минимизировать объем отходов в виде выходных концов прутков можно двумя равновероятными путями:

- рециклинг выходных концов пресс-изделия;
- изменение формы очага деформации при прессовании.

Рециклинг заключается в использовании выходных концов пресс-изделий в качестве заготовок. Для получения качественного изделия с заданным комплексом механических свойств необходимо обеспечить однородное структурное состояние повторно прессуемой заготовки, аналогичное формируемому до пластической деформации [4–8]. С этой целью выходные концы должны быть подвержены термической обработке, чтобы исключить наследственность структуры после предыдущих переделов [9].

Изменения формы очага деформации и, как следствие, уменьшения длины непроработанной зоны в выходном конце прутка можно достичь за счет изменения формы матрицы, введением обратного подпора при прессовании, вращением пресс-штемпеля, вращением матрицы, и т. п. [2].

Однако для реализации в промышленном масштабе рассматриваемых путей уменьшения отходов прессового производства в виде выходных концов целесообразно провести предварительное компьютерное конечно-элементное и физическое моделирование с целью минимизации не только экономических, но и энергетических, а также трудовых затрат. В работе [10] наглядно показано использование компьютерного моделирования с целью прогнозирования качества готового изделия, что позволяет проводить своевременную корректировку технологической схемы производства для предотвращения образования деформационных дефектов.

В рамках данной работы изучалась возможность использования сочетания компьютерного и физического моделирования для формирования в лабораторных условиях слабо деформированной зоны в выходном конце прессованного прутка, наблюдаемой в практике производства алюминиевых сплавов, для последующего решения задач уменьшения длины зоны и получения образцов металла для исследований возможности рециклинга производства путем использования выходных концов после дополнительной термической обработки в качестве исходной заготовки для прутков меньшего диаметра.

### 3. Методика исследования

Известно, что проведение экспериментальных работ в условиях промышленного предприятия в большинстве случаев неоправданно. Это связано с необходимостью остановки текущего технологического процесса для выполнения разовых работ, со значительными энергетическими затратами на нагрев массивных заготовок и с материалоемкостью, обусловленной габаритами прессуемых изделий. Использование исходной заготовки меньших размеров позволяет существенно снизить материальные затраты на опытные работы и увеличить вариативность параметров для поиска наиболее рациональных решений. Поэтому целесообразно проводить исследования на лабораторном оборудовании.

С целью подбора геометрических размеров заготовки и оснастки (контейнера и матрицы), согласующихся с мощностями лабораторного прессового оборудования ИМАШ УрО РАН, было проведено конечно-элементное моделирование процесса прессования в программном пакете QForm3D. Оценка корректности результатов моделирования осуществлялась путем сопоставления энергосиловых параметров процесса прессования, полученных по результатам моделирования и физического эксперимента. Объектами исследований выбрали два принципиально отличающихся по термической стабильности алюминиевых сплава: АД33 и Д16.

#### 4. Моделирование технологических режимов

Для выбора типоразмера контейнера и матрицы выполнили предварительный расчет энергосиловых параметров процесса, исходя из предельно возможного усилия лабораторного пресса. Максимальный диаметр прессуемой заготовки составил 42 мм, коэффициент вытяжки – 4,4. Размеры заготовки и оснастки для испытаний в лабораторных условиях приведены на рис. 2.

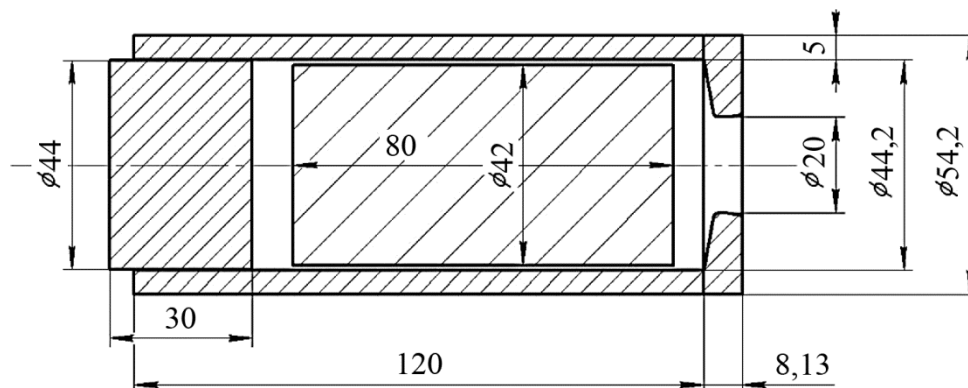


Рис. 2. Размеры заготовки и оснастки для прессования в лабораторных условиях ИМАШ УрО РАН

Моделирование процесса прессования прутка из алюминиевых сплавов в условиях ИМАШ УрО РАН выполнено методом конечных элементов в программном комплексе QForm3D. Физическое моделирование прессования прутка осуществлялось в ИМАШ УрО РАН на вертикальном гидравлическом прессе с усилием 0,8 МН по следующему маршруту прессования: 42→20 мм. Длина заготовки принята относительно небольшой – 100 мм, т. к. интерес исследования заключается в процессах, протекающих на начальных стадиях прессования. На основе геометрической модели заготовки сформирована адаптивная сетка из тетрагональных элементов количеством примерно 140 000 единиц с использованием встроенной опции автоматической оптимизации построения и перестроения расчетной сетки в процессе расчетов. Нагрев заготовки производится совместно с оснасткой. Для сплава Д16 температура нагрева составляет 480 °С, для сплава АД33 – 500 °С, как по действующей заводской технологии. Скорость перемещения пуансона в лабораторных условиях (0,8 мм/с) выбрана исходя из технологических возможностей оборудования и задана постоянной во время всего про-

цесса деформации. Значение фактора трения 0,2 в обобщенном законе трения Леванова было взято как рекомендуемое по умолчанию в QForm3D для прессования алюминиевых сплавов.

Кривые упрочнения из библиотеки материалов QForm3D были сопоставлены с экспериментальными данными, полученными на автоматизированном пластометрическом комплексе ИМАШ УрО РАН для исследуемых сплавов и температур реализации технологического процесса. Оборудование и методика проведения исследований подробно рассмотрены в работе [11]. Для построения кривых упрочнения испытывали цилиндрические образцы по схеме одноосного сжатия при скорости деформации  $1 \text{ с}^{-1}$  и суммарной степени деформации не менее 70 %. Как видно из рис. 3–4, экспериментальные кривые деформационного упрочнения достаточно близки к соответствующим кривым из библиотеки данных QForm3D, поэтому в дальнейшем при моделировании прессования использовали кривые упрочнения из библиотеки QForm. При моделировании рассматриваются только выходные концы прутка, следовательно, зависимость кривых упрочнения от температуры не учитывается, так как на этой стадии вклад тепловых эффектов минимален.

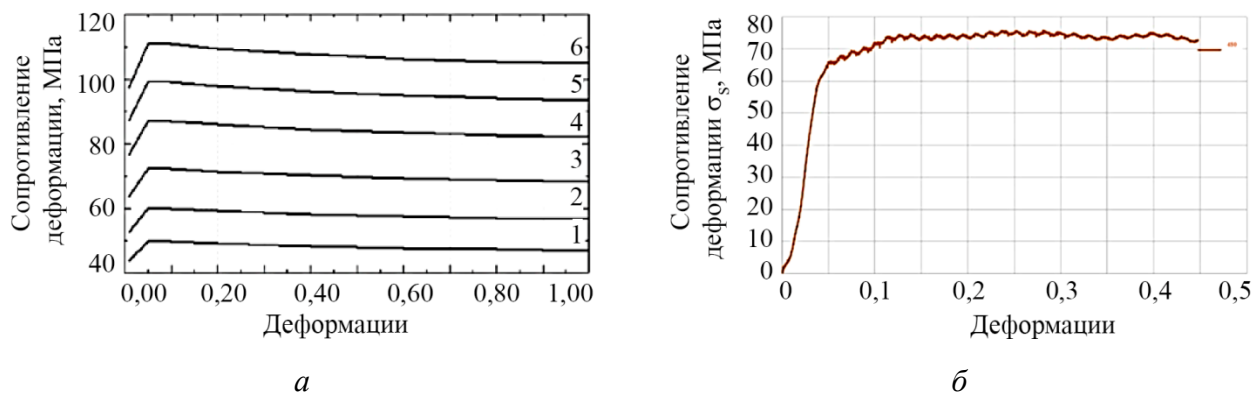


Рис. 3. Кривые упрочнения сплава Д16 при температуре 480 °С и скорости деформации  $1 \text{ с}^{-1}$ : база данных QForm3D (а, кривая 3); экспериментальные данные (б)

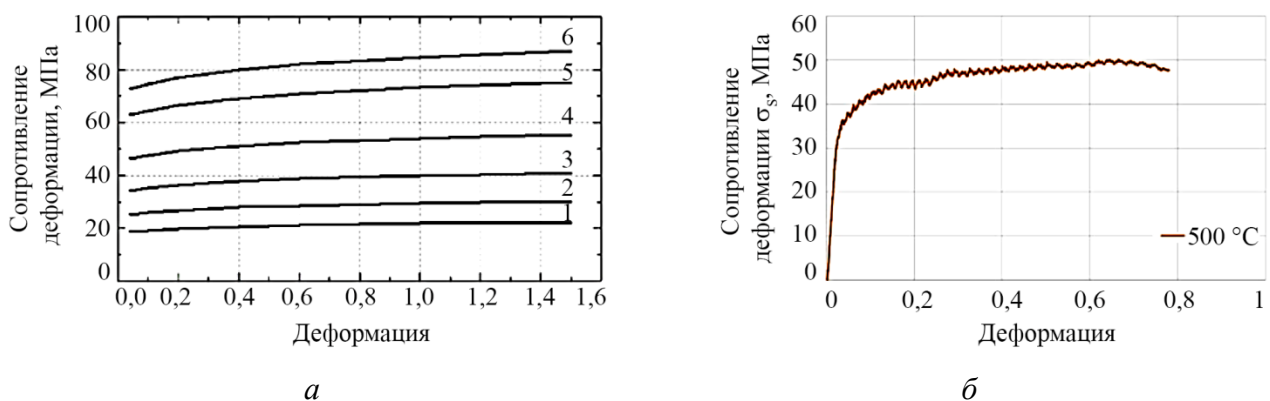


Рис. 4. Кривые упрочнения сплава АД33 при температуре 500 °С и скорости деформации  $1 \text{ с}^{-1}$ : база данных QForm3D (а, кривая 4); экспериментальные данные (б)

По действующей на КУМЗ технологии выходной конец длиной, равной двум диаметрам прутка, после отрезки переходит в отходы из-за значительной неравномерности структуры вследствие неравномерности деформации. Согласно результатам компьютерного моделирования, зона, в которой величина пластических деформаций значимо меньше пластических деформаций, наблюдаемых при стационарном прессовании, распространяется на 40 мм для сплава Д16 и на 43 мм для сплава АД33 (рис. 5), что практически равно двум диаметрам от-

прессованного изделия. Минимальные значения интенсивности пластической деформации (0,038 и 0,043 для сплавов Д16 и АД33 соответственно) наблюдаются в выходном конце отпрессованного прутка.

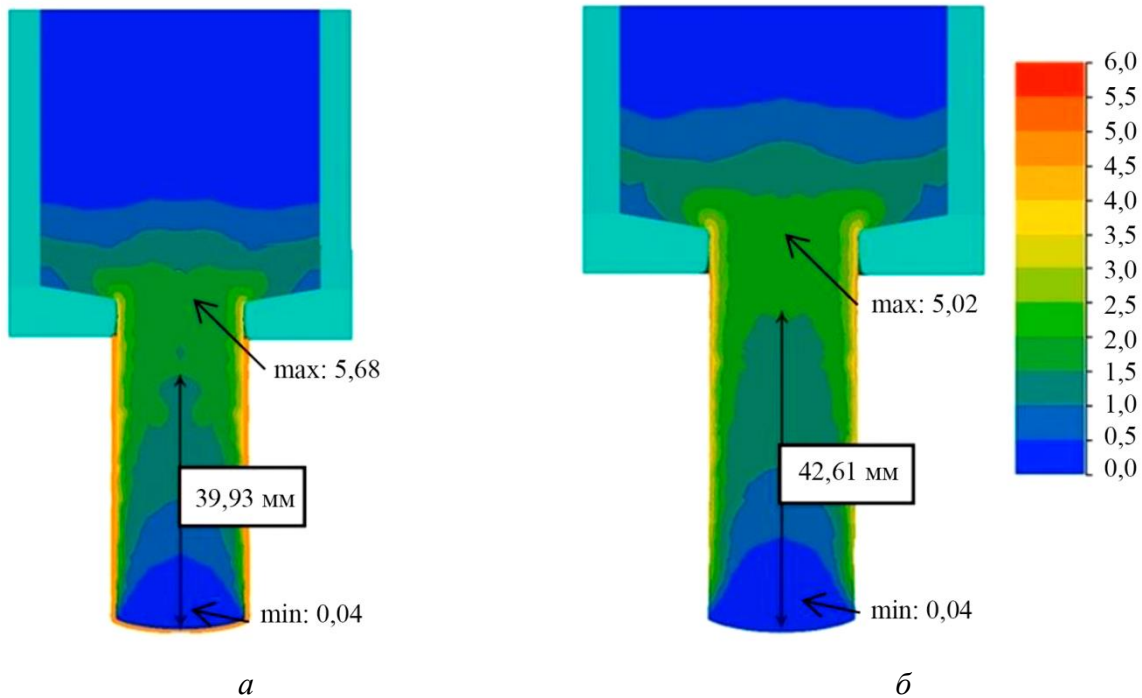


Рис. 5. Распределение интенсивности пластической деформации в зоне выходных концов изделия, отпрессованного на прессе 0,8 МН ИМАШ УрО РАН: сплав Д16 (а); сплав АД33 (б)

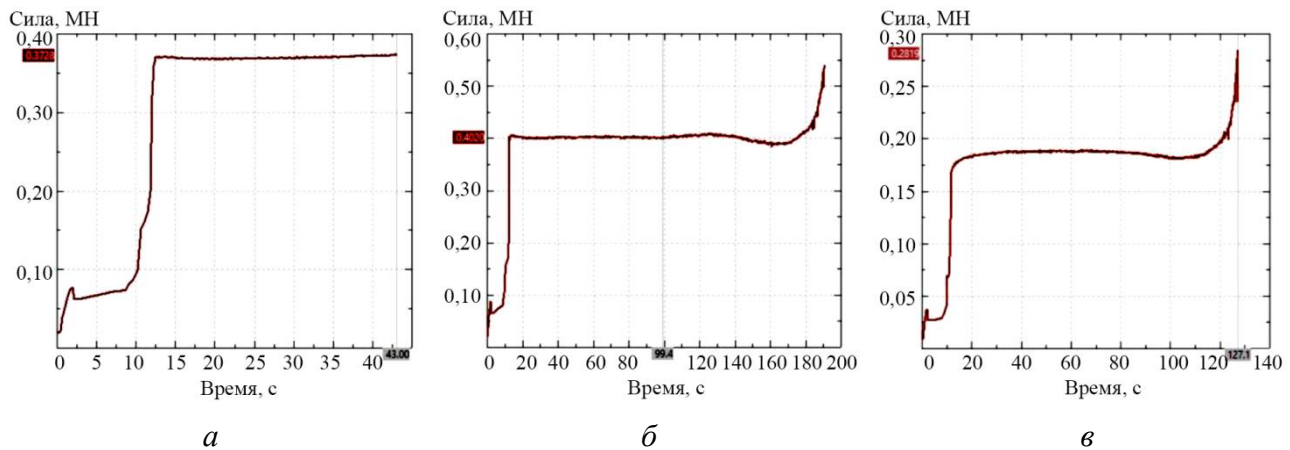


Рис. 6. График зависимости усилия прессования от времени: сплав Д16 без учета охлаждения заготовки и оснастки при переносе от печи к прессу, температура начала прессования 480 °С (а); сплав Д16 с учетом охлаждения, температура начала прессования 460 °С (б); сплав АД33 с учетом охлаждения, температура начала прессования 480 °С (в)

Чтобы определить влияние охлаждения заготовки и оснастки на усилие прессования, было проведено два варианта моделирования для сплава Д16: первый – без учета охлаждения заготовки и оснастки при переносе от печи к прессу (температура начала прессования 480 °С); второй – с учетом охлаждения (температура начала прессования 460 °С). Расчет показал, что для первого варианта усилие прессования составляет 0,37 МН, а для второго вари-

анта – 0,40 МН (рис. 6). Можно предположить, что для сплава АД33 будет справедливо аналогичное различие усилий прессования в зависимости от температуры.

Таким образом, установлено, что падение температуры на 20 °С оказывает определенное влияние на усилие прессования. Поэтому при проведении лабораторного эксперимента целесообразно закрывать канал матрицы до установки в печь термоизоляционной ватой, асбестом или любым другим жаропрочным материалом, который выдавливается в начале процесса прессования. Такая мера позволяет поддерживать температуру заготовки во время переноса от печи к прессу, а следовательно, сохранить пластические свойства сплавов, что положительно отражается и на стабильности усилия прессования.

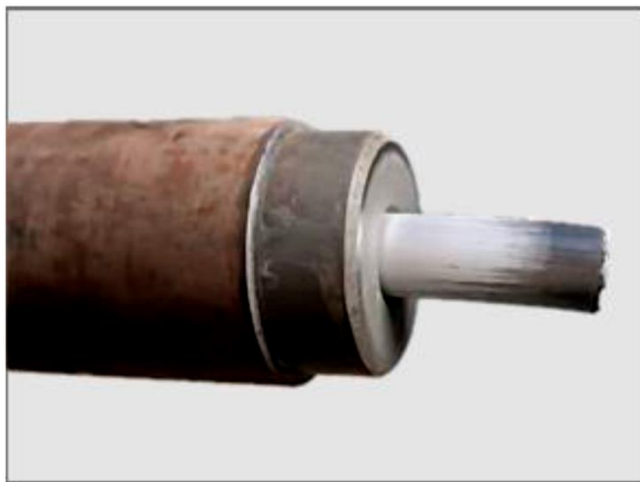


Рис. 7. Общий вид пресс-изделия, полученного на лабораторном прессе ИМАШ УрО РАН

Для верификации полученных результатов моделирования проведена пробная реализация процесса прессования заготовки из сплава АД33 на лабораторном прессе ИМАШ УрО РАН (рис. 7). Зафиксированное усилие прессования на лабораторном прессе составило 0,17 МН, а при компьютерном моделировании – 0,18 МН (рис. 6). Близкие значения усилия прессования, полученные при компьютерном моделировании и в физическом эксперименте, демонстрируют адекватность осуществленной постановки задачи моделирования процесса прессования на используемом лабораторном прессе.

## 5. Заключение

Проведено конечно-элементное моделирование прессования прутков из алюминиевых сплавов на лабораторном прессе ИМАШ УрО РАН, адекватность которого подтверждена сравнением расчетных и экспериментально определенных значений усилия прессования. Установлено, что выходной конец отпрессованного прутка имеет зону, в которой величина пластических деформаций значительно меньше пластических деформаций, наблюдаемых при стационарном прессовании. Протяженность зоны составляет около двух диаметров прутка, что соответствует практическим данным Каменск-Уральского металлургического завода. Это показывает возможность использования сочетания компьютерного моделирования в программном комплексе QForm3D и физического моделирования процесса прессования на лабораторном прессе ИМАШ УрО РАН для разработки рекомендаций по минимизации длины слабо проработанной зоны в выходном конце прутка, а также возможность получения образцов металла из этих зон для исследования осуществимости рециклинга путем использования выходных концов после дополнительной термической обработки в качестве исходной заготовки для прутков меньшего диаметра.

## Литература

1. Прессование алюминиевых сплавов / под ред. П. И. Полухина. – М. : Metallurgia, 1974. – 335 с.
2. Баузер М., Зауер Г., Зигерт К. Прессование / пер. с нем. под ред. В. Л. Бережного. – Москва : Аллюсил МВиТ, 2009. – 922 с.
3. Бережной В. Л. Анализ и формализация представлений о неравномерности деформации для технологического развития прессования // Технология легких сплавов. – 2013. – № 1. – С. 40–57.
4. Сравнение вариантов многоканального прессования прутков из сплава В95 / Ю. Н. Логинов, Н. Н. Загиров, Е. В. Иванов, И. А. Насонов // Технология легких сплавов. – 2021. – № 1. – С. 68–72. – DOI: 10.24412/0321-4664-2021-1-68-72.
5. Сравнение физического и компьютерного моделирования многоканального прессования прутков из сплава Д16 / Ю. В. Замараева, А. В. Разинкин, Ю. Н. Логинов, Д. А. Истомин // Технология легких сплавов. – 2024. – № 2. – С. 68–74. – DOI: 10.24412/0321-4664-2024-2-68-74.
6. Типовые дефекты в слитках и полуфабрикатах из алюминиевых деформируемых сплавов : монография / А. В. Разинкин, Т. В. Мальцева, Б. В. Овсянников, А. В. Левина. – Екатеринбург : Уральский рабочий, 2023. – 142 с.
7. Структурное состояние и деформация заготовки из алюминиевого сплава в начальной стадии прессования / Ю. Н. Логинов, А. В. Разинкин, Г. В. Шимов, Т. В. Мальцева, Н. И. Бушуева, Е. Г. Дымшакова, Н. А. Калинина // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2023. – Т. 29 (2). – С. 29–37. – DOI: 10.17073/0021-3438-2023-2-29-37.
8. Схема и модель прессования алюминиевого сплава с уменьшением потерь основного металла / Ю. Н. Логинов, А. В. Разинкин, Г. В. Шимов, Н. И. Бушуева // Цветные металлы. – 2023. – № 11. – С. 83–88. – DOI: 10.17580/tsm.2023.11.11.
9. Применение термомеханической обработки для повышения прочности прессованных прутков из алюминиевого сплава Д16 / Н. Б. Пугачева, А. В. Разинкин, И. С. Каманцев, Т. В. Мальцева, Н. А. Калинина // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2025. – № 1. – С. 64–73. – DOI: 10.30906/mitom.2025.1.64-73.
10. Zamaraeva Yu. V., Knysh L. I., Gaisin E. M. Experience in the application of simulation of hot forging in production conditions at the KUMW JSC // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2023. – Iss. 5. – P. 69–82. – DOI: 10.17804/2410-9908.2023.5.069-082. – URL: [http://dream-journal.org/issues/2023-5/2023-5\\_410.html](http://dream-journal.org/issues/2023-5/2023-5_410.html)
11. Determining the plastic strain resistance of metallic materials on an automated plastometric complex / A. I. Potapov, S. V. Gladkovsky, E. A. Kokovikhin, D. R. Salikhyanov, D. A. Dvoynikov // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2015. – Iss. 2. – P. 24–43. – DOI: 10.17804/2410-9908.2015.2.024-043. – URL: [http://dream-journal.org/issues/2015-2/2015-2\\_29.html](http://dream-journal.org/issues/2015-2/2015-2_29.html)
12. Логинов Ю. Н. Прессование как метод интенсивной деформации металлов и сплавов : учеб. пособие. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 154 с.