



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2026-2-22-26>  
УДК 621.74

Поступила 16.04.2026  
Received 16.04.2026

## ФИЛЬТРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОТЛИВОК ЛИТЬЕМ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

*В. И. ЧЕЧУХА, К. Ф. РУДНИЦКИЙ, Р. В. ЛУКАШЕВ, ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО», г. Минск, Беларусь, ул. Макаенка, 23  
М. А. САДОХА, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: cadoxa@bntu.by*

*Рассмотрены варианты снижения литейных дефектов, таких, как неметаллические включения, газовая пористость при подготовке алюминиевого сплава для изготовления отливок методом литья под высоким давлением. Представлена технология применения стеклосетки и пенокерамических фильтров для фильтрации сплава при заливке в раздаточные печи машин литья под давлением.*

**Ключевые слова.** Подготовка сплава, алюминиевый сплав, литье под высоким давлением, качество литья, неметаллические включения, газовая пористость, пенокерамические фильтры, фильтровальная сетка, рафинирование сплава, дегазация сплава.

**Для цитирования.** Чечуха, В. И. Фильтрация алюминиевых сплавов при изготовлении отливок литьем под высоким давлением / В. И. Чечуха, К. Ф. Рудницкий, Р. В. Лукашев, М. А. Садоха // Литье и металлургия. 2026. № 2. С. 22–26. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2026-2-22-26>.

## FILTRATION OF ALUMINUM ALLOYS IN THE MANUFACTURE OF CASTINGS BY HIGH-PRESSURE CASTING

*V. I. CHECHUKHA, K. F. RUDNITSKI, R. V. LUKASHOU, OJSC “MMW named after S. I. Vavilov – Management Company of Holding “BelOMO”, Minsk, Belarus, 23, Makayenka str.  
M. A. SADOXHA, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.  
E-mail: cadoxa@bntu.by*

*Options for reducing casting defects such as non-metallic inclusions and gas porosity during the preparation of an aluminum alloy for the manufacture of castings by high-pressure casting are considered. The technology of using glass mesh and foam ceramic filters for filtering the alloy when pouring into the transfer furnaces of injection molding machines, degassing the alloy is presented.*

**Keywords.** Alloy preparation, aluminum alloy, high-pressure casting, casting quality, non-metallic inclusions, gas porosity, foam ceramic filters, filter mesh, alloy refining, alloy degassing.

**For citation.** Chechukha V.I., Rudnitski K.F., Lukashou R.V., Sadokha M.A. Filtration of aluminum alloys in the manufacture of cast-ings by high-pressure casting. Foundry production and metallurgy, 2026, no. 2, pp. 22–26. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2026-2-22-26>.

Повышение качества и надежности деталей и машин относится к числу важнейших задач, стоящих перед машиностроителями и металлургами. Достижение высоких свойств материала фасонных отливок возможно при применении оптимальных технологических параметров их производства. Особое влияние на свойства сплавов оказывают технология плавки и металлургической обработки сплавов, подготовки шихтовых материалов, защиты расплавов в процессе плавки, рафинирования расплавов от газообразных и твердых неметаллических включений. Одним из важнейших факторов, определяющих свойства материала отливки, является наличие неметаллических включений в сплаве. Как правило, чем больше таких включений присутствует, тем ниже свойства сплава [1–3].

Возрастающие требования к свойствам и качеству ответственных отливок повышенной сложности обуславливают необходимость снижения количества неметаллических включений в сплаве до минимального значения.

Неметаллические включения в алюминиевых сплавах представляют собой оксиды  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $MgAl_2O_4$ ,  $SiO_2$ ; карбиды  $Al_4C_3$ ,  $SiC$ ; нитриды  $Al_2N_3$  и бориды  $SiB_2$ ,  $AlB_2$  и их конгломераты в форме частиц, пленок и агрегатов.

Основными факторами, влияющими на загрязненность неметаллическими включениями в алюминиевых сплавах, являются:

- чистота исходных шихтовых материалов;
- размер кусков шихты;
- условия хранения шихтовых материалов;
- технологические особенности плавки и конструкция плавильных агрегатов;
- температура, время нахождения расплава в печи, влажность атмосферы и инструмента.

Установлено, что увеличение времени выдержки расплава в печи приводит к увеличению насыщения его неметаллическими включениями. Особенно отрицательно влияет выдержка расплава во влажной атмосфере. Все неметаллические включения в цветных сплавах можно классифицировать на три вида: плены (тонкие протяженные включения размером от 1 мм и более), крупные включения (включения размером от 0,1 до 5 мм) и мелкодисперсные включения (компактные включения размером до 0,1 мм). Неметаллические включения отрицательно влияют на механические свойства сплавов, снижая прочность и пластичность металла, ослабляется сечение отливок, в местах скопления включений образуются очаги усиленной коррозии. Твердые включения размером от нескольких микрометров до нескольких миллиметров не позволяют достигать высокого качества механической обработки поверхности. Кроме того, из-за их высокой твердости происходит преждевременный износ и выход из строя дорогостоящего режущего инструмента, снижается производительность механической обработки.

С целью повышения качества материала отливок необходимы эффективные методы рафинирования расплавленного металла, а также современное плавильное оборудование. Для повышения качества выплавляемого сплава и снижения потребления электроэнергии ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» произвела замену индукционных печей промышленной частоты ИАТ0,4 на индукционные печи средней частоты. Это позволило повысить качество сплава за счет сокращения времени плавки, увеличив удельную мощность, при которой перемешивание сплава происходит без разрыва оксидной пленки, что впоследствии снизило процент брака по газовым дефектам и неметаллическим включениям.

Также вместо набивной футеровки начали применять графитовые тигли как в индукционных печах, так и в разливочных ковшах. Для фильтрования жидкого расплава при разливке из плавильной печи в раздаточную обычно использовали фильтрующий элемент для алюминиевых сплавов на основе стеклосетки (далее – ФЭА). На рис. 1 показан процесс фильтрования сплава при разливке из плавильной печи в раздаточную печь через приспособление с ФЭА 1,5x1,5 мм, уложенным в два слоя.



Рис.1. Процесс фильтрования сплава при разливке из плавильной печи в раздаточную через ФЭА

Сам ФЭА имеет специальное покрытие, которое усиливает рафинирующую, дегазирующую способность стеклосетки и повышает стойкость к высоким температурам. Тонкая очистка сплава от твердых неметаллических примесей и газов происходит благодаря реализации эффективных механизмов фильтрования: механическое задержание шлаковых включений и оксидных плен с размерами, превосходящими размеры ячейки, задержание включений шлаковым слоем с приточной стороны фильтра, в том числе частиц

значительно меньших размеров, адсорбирование нерастворенных частиц и выделение растворенных газов в результате контакта жидкого металла с основой фильтра и огнеупорным покрытием.

Однако для обеспечения высокого качества сплава, необходимого для получения ответственных отливок повышенной сложности, подлежащих проверке на герметичность, имеющих большое количество поверхностей с механической обработкой, требовалось использование качественной чушки АК12М2р (ГОСТ 1583-93) с дополнительным требованием (2-й бал пористости) и более эффективного метода очистки сплава от неметаллических включений. Кроме традиционной обработки сплава рафинированием флюсами и дегазации, дополнительно при разливке из индукционной печи в раздаточную печь производили фильтрацию расплава через металлургические пенокерамические фильтры (далее – ПКФ) на основе  $Al_2O_3$ . (рис. 2, а) вместо элемента фильтрующего ФЭА 1,5x1,5 мм.

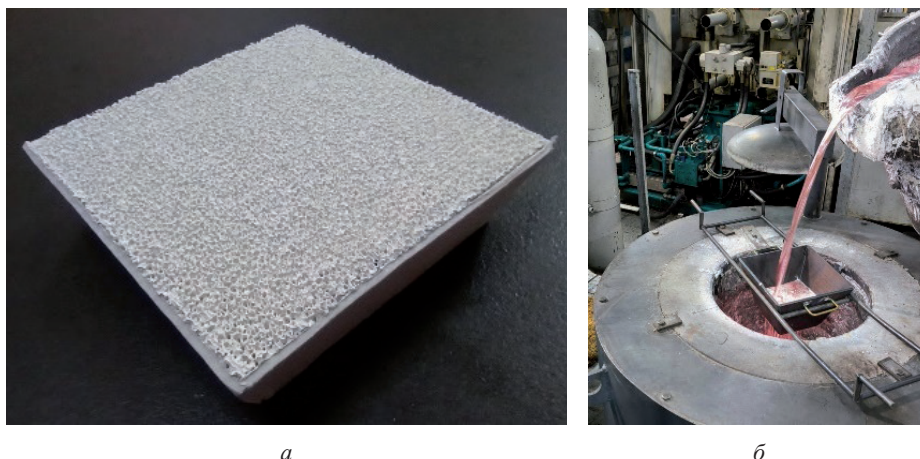


Рис. 2. Фильтрация расплава: а – пенокерамический фильтр FCF-3 178x178x50 30PPI; б – процесс фильтрации расплава при разливке из плавильной печи в раздаточную печь через ПКФ

На рис. 2, б показан процесс фильтрации сплава при разливке из плавильной печи в раздаточную печь. Над тиглем раздаточной печи устанавливали приспособление с воронкой, в которое помещали ПКФ. Для плотного прилегания к стенкам воронки был выбран именно металлургический фильтр в виде усеченной пирамиды, имеющий по контуру уплотнительную ленту. После этого производили перелив расплава.

Проходя через фильтр, поток металла протекает по системе разветвленных каналов. Мелкие частицы, которые не задержались на поверхности фильтра, так как оказались слишком маленькими, продолжают движение вместе с потоком металла внутри сети каналов фильтра. В процессе фильтрации каналы фильтра постепенно зарастают, задерживая и небольшие частицы включений. Благодаря этому удается удалить из металла значительную долю мелких частиц неметаллических включений, содержащихся в расплаве. Кроме того, следует отметить, что при прохождении через ПКФ снижается газонасыщенность расплава, что также положительно сказывается на его свойствах.

В условиях литейного производства ОАО «ММЗ имени С. И. Вавилова – управляющая компания холдинга «БелОМО» проведены работы по исследованию технологии фильтрации алюминиевого сплава через ФЭА для неотчетливых отливок и через ПКФ для ответственных отливок, имеющих высокие требования к поверхностям после механической обработки.

Оценку эффективности процесса фильтрации расплава проводили путем исследования изломов проб образцов K-mold-теста и плотности образца сплава методом RPT [4–6].

На рис. 3, а показан кокиль для получения образцов K-mold-теста, на рис. 3, б, в – образцы изломов до обработки сплава и после обработки сплава с последующим фильтрованием через ПКФ.

Для оценки чистоты металла рассчитывали значение средней загрязненности  $K$ :

$$K = S/n,$$

где  $K$  – количество включений в пересчете на один сегмент;  $S$  – общее количество включений, обнаруженных в  $n$  сегментах образца;  $n$  – количество исследуемых сегментов.

На рис. 4, а показан анализатор для RPT-теста, а на рис. 4, б – весы лабораторные для определения плотности образца.

Для оценки содержания растворенных газов в сплаве кристаллизацию отобранного жидкого сплава проводили под вакуумом при 8 кПа продолжительностью 5 мин. По плотности полученных слитков,

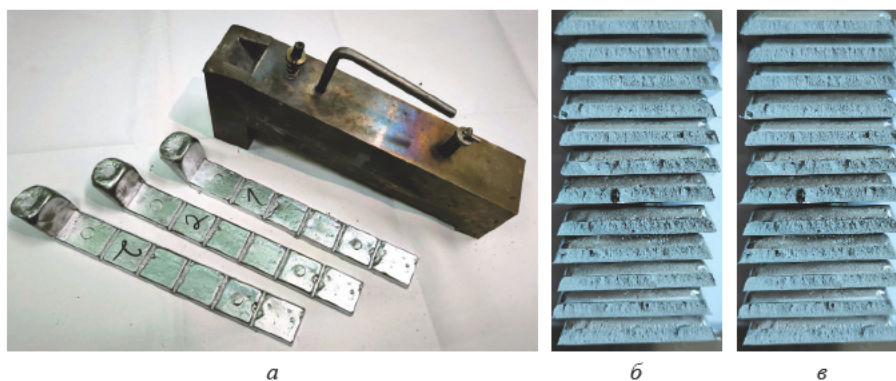


Рис. 3. Кокиль для K-mold-теста и получаемые образцы (а); образцы изломов до металлургической обработки сплава (б); образцы изломов после металлургической обработки сплава и фильтрации через ПКФ (в)

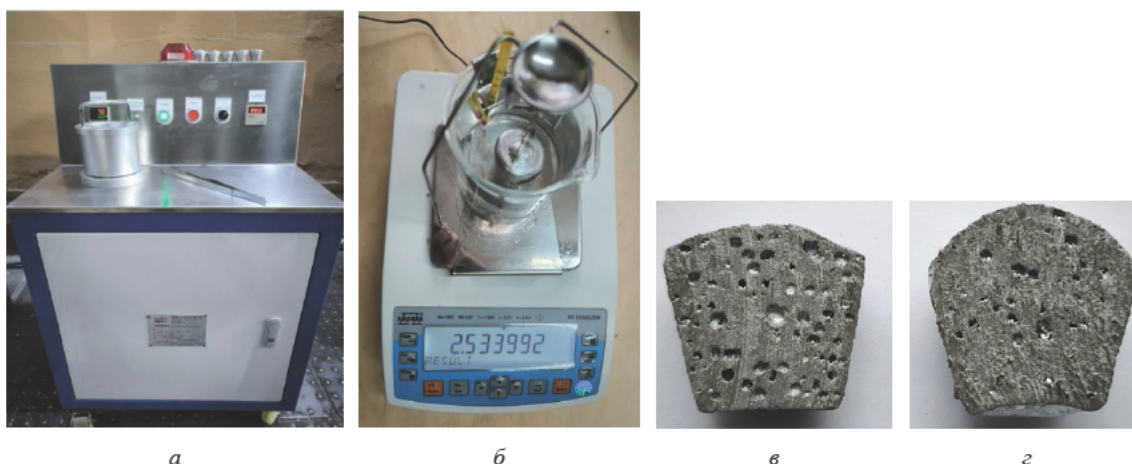


Рис. 4. Оборудование для RPT-теста и образцы сплава: а – анализатор для RPT-теста; б – весы лабораторные для определения плотности образца; в – образец сплава для анализа до проведения металлургической обработки; г – образец сплава для анализа после металлургической обработки и фильтрации через ПКФ

анализировали содержание газа при различных методах обработки сплава. На рис. 4, в, г показаны образцы сплава АК12М2 (ГОСТ 1583-93) в разрезе для анализа до обработки сплава и после обработки сплава с фильтрованием через ПКФ.

Был проведен ряд экспериментов по определению влияния фильтрования на плотность сплава и содержание в нем неметаллических включений. В экспериментах применяли сплав АК12М2, полученный с использованием чушки АК12М2 (ГОСТ 1583-93) (рис. 5) и с использованием чушки АК12М2р (ГОСТ 1583-93) (рис. 6).

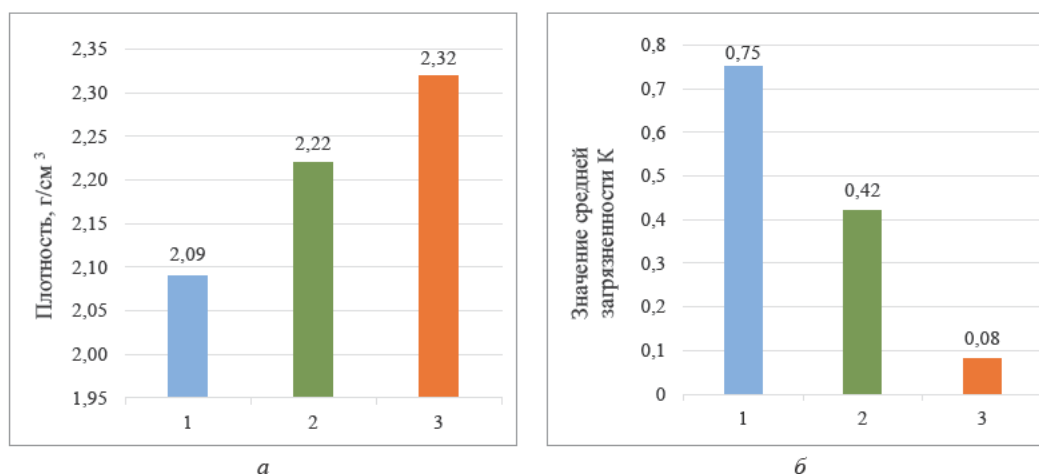


Рис. 5. Влияние фильтрования на плотность (а) и чистоту (б) сплава АК12М2 на основе чушки АК12М2 (ГОСТ 1583-93): 1 – исходный сплав после металлургической обработки и перелива в ковш; 2 – после фильтрования через ФЭА; 3 – после фильтрования через ПКФ

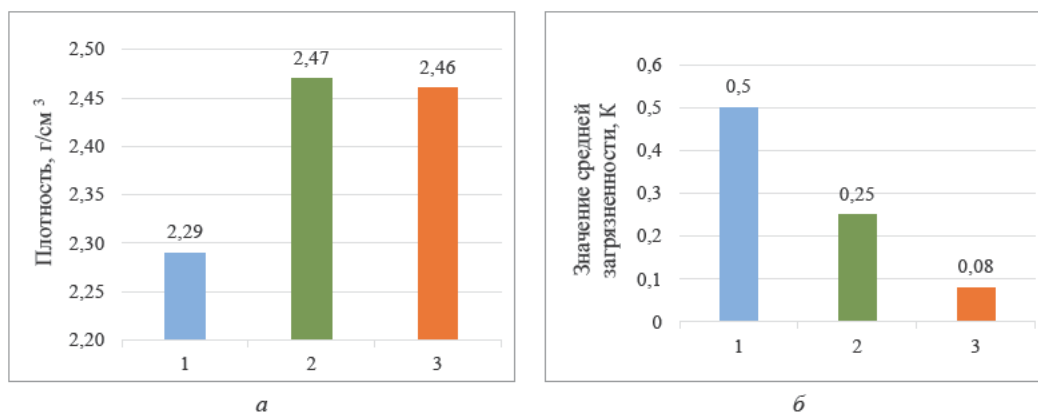


Рис. 6. Влияние фильтрования на плотность (а) и чистоту (б) сплава АК12М2 на основе чушки АК12М2р (ГОСТ 1583-93): 1 – исходный сплав после металлургической обработки и перелива в ковш; 2 – после фильтрования через ФЭА; 3 – после фильтрования через ПКФ

### Выводы

1. Применение чушки АК12М2Р (ГОСТ 1583-93) при получении исходного сплава позволяет получать сплав более высокой плотности, чем при использовании чушки АК12М2 (ГОСТ 1583-93).
2. Использование ФЭА и ПКФ позволяет эффективно удалять из расплава неметаллические включения и при этом ФЭА имеет невысокую стоимость.
3. Установлено, что фильтрование расплава через ФЭА и ПКФ оказывает заметное влияние и на содержание в расплаве растворенных газов: приводит к его снижению.
4. Применение фильтрования позволяет стабилизировать параметры чистоты расплава от неметаллических включений и газов и обеспечить получение отливок высокого качества.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтман, М. Б. Неметаллические включения в алюминиевых сплавах / М. Б. Альтман. – М.: Металлургия, 1965. – 127 с.
2. Литье под давлением / М. Б. Беккер [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
3. Волочко, А. Т. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий / А. Т. Волочко, М. А. Садоха. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 387 с.
4. Шепенева, Н. Д. Применение метода K-mold теста для оценки качества силуминов / Н. Д. Шепенева, В. А. Силивончик // Молодые исследователи в ответ на современные вызовы: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Петрозаводск: Новая Наука, 2022. – С. 200–203.
5. Evaluation of methods for metal cleanliness assessment in die casting / J. Wannasin [et al.] // J. Mater. Process. Tech. – 2007.
6. Djurdjevic, M. B. Melt quality control at aluminum casting plants / M. B. Djurdjevic, Z. Odanovic, J. Pavlovic-Krstic // MJoM. – 2010. – Vol. 16, iss. 1. – P. 63–76.
7. Чечуха, В. И. Применение пенокерамических фильтров при подготовке алюминиевых сплавов для изготовления отливок методом литья под высоким давлением / В. И. Чечуха, К. Ф. Рудницкий, М. А. Садоха // Литейное производство и металлургия 2025. Беларусь: сб. трудов 33-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2025. – С. 47–51.

### REFERENCES

1. Altman M. B. *Nemetallicheskie vklucheniya v alyuminiyevyh splavah* [Non-metallic inclusions in aluminum alloys]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1965, 127 p.
2. Becker M. B., Zaslavsky M. L., Ignatenko Yu. F. [et al.] *Lit'e pod davleniem* [Die casting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990, 400 p.
3. Volochko A. T., Sadokha M. A. *Alyuminij: tekhnologii i oborudovanie dlya polucheniya lityh izdelij* [Aluminum: technologies and equipment for producing cast products]. Minsk, Belarus. navuka Publ., 2011, 387 p.
4. Shepeneva N. D., Silivonchik V. A. *Primenenie metoda K-mold testa dlya ocenki kachestva siluminov* [Application of the K-mold test method to assess the quality of silumins]. *Molodye issledovateli v otvet na sovremennye vyzovy: sb. st. Mezhhdunar. nauch.-prakt. konf.* = *Young researchers in response to modern challenges: collection of articles from the International scientific and practical conference*. Petrozavodsk, Novaya Nauka Publ., 2022, pp. 200–203.
5. Wannasin J. [et al.] *Evaluation of methods for metal cleanliness assessment in die casting*. *J. Mater. Process. Tech.*, 2007.
6. Djurdjevic M. B., Odanovic Z., Pavlovic-Krstic J. *Melt quality control at aluminum casting plants*. *MJoM*, 2010, vol. 16, iss. 1, pp. 63–76.
7. Chechukha V. I., Rudnitskiy K. F., Sadokha M. A. *Primenenie penokeramicheskikh fil'trov pri podgotovke alyuminiyevyh splavov dlya izgotovleniya otlivok metodom lit'ya pod vysokim davleniem* [Application of foam ceramic filters in the preparation of aluminum alloys for the manufacture of castings by high-pressure casting]. *Litejnoe proizvodstvo i metallurgiya 2025. Belarus': sb. trudov 33-j Mezhhdunar. nauch.-tekh. konf.* = *Foundry production and metallurgy 2025. Belarus: collection of works of the 33rd International scientific and technical conference*. Minsk, BNTU Publ., 2025, pp. 47–51.