



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-29-33>
УДК 621.74

Поступила 17.04.2025
Received 17.04.2025

ВЛИЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА КАЧЕСТВО ОТЛИВОК

В. И. ЧЕЧУХА, 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

Представлены варианты автоматизации при литье под высоким давлением и рассмотрено ее влияние на качество отливок. Установлено, что автоматизация процесса литья позволяет как снизить трудоемкость изготовления отливок, так и повысить качество литья и обеспечить его стабильность.

Ключевые слова. *Литье под высоким давлением, отливка, алюминиевый сплав, элементы автоматизации, периферийное оборудование, качество литья, автоматизированные комплексы литья под высоким давлением.*

Для цитирования. *Чечуха, В. И. Влияние автоматизации процесса получения отливок методом литья под высоким давлением на качество отливок / В. И. Чечуха, М. А. Садоха // Литье и металлургия. 2025. № 2. С. 29–33. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-29-33>.*

INFLUENCE OF AUTOMATION OF THE PROCESS OF PRODUCING CASTINGS BY THE METHOD OF CASTING UNDER HIGH PRESSURE ON THE QUALITY OF CASTINGS

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

This paper presents various approaches to automation in high-pressure die casting and analyzes its impact on casting quality. It has been established that automation in the die casting process not only reduces the labor intensity of production but also improves casting quality and ensures its consistency.

Keywords. *High-pressure die casting, casting, aluminum alloy, automation elements, peripheral equipment, casting quality, automated high-pressure die casting complexes.*

For citation. *Chechukha V. I., Sadokha M. A. Influence of automation of the process of producing castings by the method of casting under high pressure on the quality of castings. Foundry production and metallurgy, 2025, no. 2, pp. 29–33. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-29-33>.*

В настоящее время мир подошел к шестому технологическому укладу. Для него характерны следующие основные тренды, выделяемые большинством экспертов в области новых индустрий.

1. Технологическое ядро уклада: НБИК – технологии (нано-, био-, инфо- и когнитивные технологии).
2. Автоматизация и роботизация предприятий до уровня безлюдного производства.
3. Безотходность производства (полная переработка отходов).
4. Развитие малых, гибких, кастомизированных производств, рассредоточенных наиболее оптимально с логической точки зрения, с центральным офисом, ответственным за разработку технологий.
5. Широкое использование искусственного интеллекта для решения всех задач производства: управленческих, конструкторских, технологических.
6. Получение и применение новых материалов со специальными свойствами.
7. Конвергенция технологий (по аналогии с конвергенцией наук) или мульти- и междисциплинарность (по аналогии с мульти- и междисциплинарностью): появление новых гибридных технологий на основе различных комбинаций известных технологий.

8. Применение аддитивных технологий в промышленном масштабе.

Все пункты применимы к литейному производству, так что вероятный образ литейного производства в шестом технологическом укладе может быть таким.

- НБИК-литейное производство, т.е. литейное производство, освоившее новые возможности наноструктурирования расплавов и затвердевающих сплавов, построенное на использовании искусственного интеллекта и новых тотальных информационных технологий.
- Безлюдное, безотходное, кастомизированное и распределенное производство.
- Производство, использующее традиционные и новые как металлические, так и неметаллические, простые и составные материалы.
- Конвергентное литейное производство с новыми специальными способами, реализующими принцип конвергенции технологий, например, плазменно- и лазерно-литейные технологии, PIM-технологии и т.д. [1].

Одним из важнейших признаков перехода к шестому технологическому укладу является широкое применение автоматизации производства. Автоматизация производства – это процесс внедрения различных технологий и механизмов для осуществления производственных процессов, которыми обычно занимаются люди. Она может быть реализована с помощью широкого спектра технологий, включая робототехнику, автоматизированные системы управления, системы контроля качества и др.

К основным преимуществам автоматизации принято относить повышение качества продукции, сокращение времени производственного цикла, снижение затрат на производство, улучшение безопасности и сокращение числа ошибок, связанных с человеческим фактором [2]. Литейное производство – важная составляющая многих отраслей промышленности, особенно машиностроения. В настоящее время традиционные методы работы во многих случаях могут быть недостаточно эффективными и безопасными. Автоматизация литейного производства в данном случае является необходимым условием для успешного развития отрасли [3].

Литье под высоким давлением (ЛПД) является самым производительным способом изготовления тонкостенных отливок сложной конфигурации с высокой точностью размеров, высокими механическими свойствами и высоким качеством поверхности в серийном и массовом производствах. Кроме того, при ЛПД возможно полностью автоматизировать весь технологический процесс изготовления отливок, повысить качество и сократить негативное влияние вредных факторов на человека и окружающую среду. Комплексы ЛПД позволяют автоматически осуществлять все технологические операции процесса от заливки расплава в камеру прессования до отделения литников и облоя от отливки [4, 5].

При использовании машины литья под давлением (МЛД) без средств автоматизации обслуживающий ее персонал выполняет ряд транспортных и манипуляторных, контрольных и управляющих функций: производит ручное нанесение пистолетом-распылителем водорастворимой смазки на поверхность полости пресс-формы, при необходимости наносит противозадирную смазку на проблемные места кистью; выполняет ручное нанесение помазком на внутреннюю поверхность камеры прессования и наружную поверхность пресс-поршня консистентного смазочного материала; контролирует поверхность разъема пресс-формы на наличие облоя, обломанных и застрявших частей отливки в глубоких полостях полуформ для своевременной очистки и предотвращения выхода ее из строя; двуручным нажатием кнопок запускает цикл работы МЛД – смыкание пресс-формы; набирает дозу сплава из раздаточной печи, контролируя уровень в литейном ковше, и производит заливку его в камеру прессования МЛД; нажатием кнопки включения прессования запускает режим заполнения сплавом полости пресс-формы; после раскрытия пресс-формы и срабатывания системы выталкивания производит ручное извлечение клещами отливки; контролирует каждую отливку на дефекты по внешнему виду визуальным осмотром; выполняет клеймение личным клеймом ударным способом; укладывает отливки в транспортировочную тележку; транспортирует отливки на участок обрубки. В зависимости от организации производственного процесса в литейном цеху операции обрубки могут выполняться также самим литейщиком: обломка промывников, литника киянкой или обрубка литника на штампе с помощью пресса, установленного возле МЛД.

Для замены ручного труда литейщика автоматически действующими механизмами требуется оснащение литейных комплексов средствами контроля параметров технологического процесса, качества отливок и полноты выполнения отдельных операций, использование программных средств, обеспечивающих оперативную корректировку параметров и принятие решения о возможности начала очередного цикла. Все эти функции реализованы в современных автоматизированных комплексах. Периферийное оборудование может иметь как свои отдельные шкафы управления с собственным интерфейсом

и интеграцией с МЛД, так и полностью быть интегрированными с системой управления МЛД и иметь отдельные страницы интерфейса для программирования своих технологических параметров работы. Также автоматизация процесса ЛПД позволяет часть операций выполнять одновременно, что значительно снижает время цикла изготовления одной отливки. Один оператор может контролировать работу сразу нескольких автоматизированных комплексов.

В зависимости от номенклатуры выпускаемых отливок, серийности, экономической целесообразности степень автоматизации производственного процесса для каждого отдельного литейного производства может быть разной: от автоматизированных литейных комплексов ЛПД с минимальным набором периферийного оборудования (рис. 1) до полностью роботизированных интеллектуальных ячеек ЛПД с интеграцией в систему управления производственным процессом MES (рис. 2).

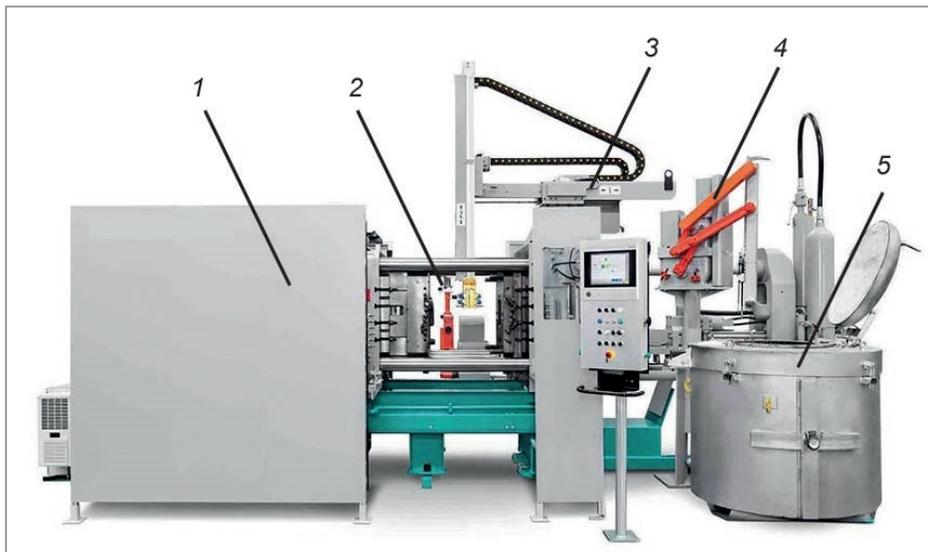


Рис. 1. Автоматизированный литейный комплекс ЛПД

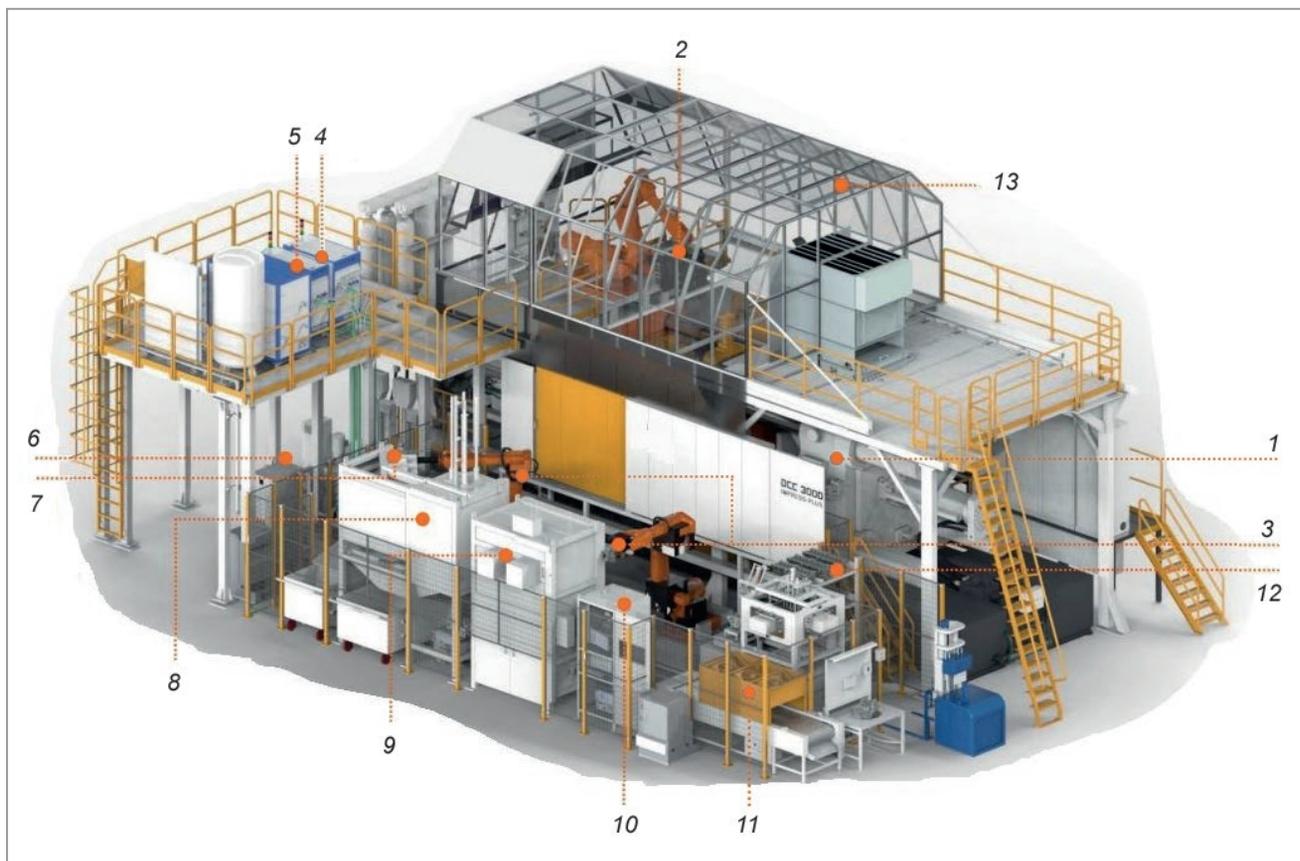


Рис. 2. Роботизированная интеллектуальная ячейка ЛПД

Основа автоматизированного литейного комплекса ЛПД (см. рис. 1) – машина литья под высоким давлением 1 с холодной горизонтальной камерой прессования. Смазка рабочей поверхности пресс-формы производится автоматическим смазчиком 3. Расплав подается из раздаточной печи 5 заливочно-дозировующим устройством 4 в камеру прессования машины. После затвердевания отливки происходит раскрытие пресс-формы, выталкивание отливки и ее съем манипулятором 2.

Основа роботизированной интеллектуальной ячейки ЛПД (рис. 2) – машина литья под высоким давлением 1 с холодной горизонтальной камерой прессования. Периферийное оборудование: робот-смазчик 2, робот-манипулятор 3, термостаты 4, установка фильтрации и охлаждения воды для системы охлаждения пресс-форм 5, система вакуумирования пресс-формы 6, стенд для принудительного воздушного охлаждения отливок 7, устройство для удаления промывников 8, ленточно-пильный станок 9, система лазерной маркировки отливки 10, конвейер с воздушным охлаждением 11, система складирования отливок 12, аспирационная система электростатической фильтрации воздуха купольного типа 13.

Можно различать два уровня автоматизации ЛПД. При автоматизации первого уровня автоматически выполняются следующие основные операции: смазка рабочей поверхности пресс-формы; заливка расплава в камеру прессования; съем отливки. Автоматизация второго уровня включает в себя автоматические операции первого уровня плюс дополнительные: термостатирование пресс-формы; вакуумирование пресс-формы; удаление литников; складирование отливок.

Автоматизация оказывает положительное влияние на уровень качества отливок (рис. 3, а) и его стабильность при выполнении технологических операций основным и периферийным оборудованием (рис. 3, б). Ознакомление с рядом китайских предприятий по производству отливок для машиностроительной и приборостроительной отрасли позволяет сделать уверенный вывод о том, что для обеспечения конкурентоспособности как на внутреннем рынке, так и на внешнем, а также для достижения высокого качества и стабильности литья требуется полная автоматизация процесса получения отливки вплоть до организации автоматизированного контроля отливок современными методами, применения централизованной подготовки и подачи сплава и водорастворимой смазки к МЛД.

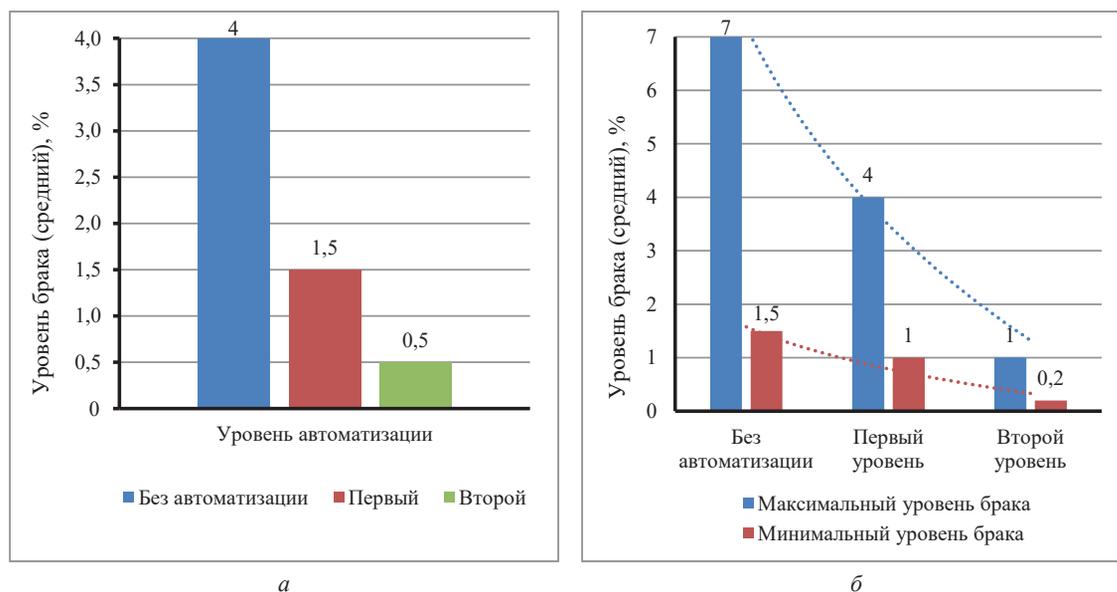


Рис. 3. Влияние степени автоматизации процесса ЛПД на уровень брака отливок:
а – средний уровень брака; б – максимальный и минимальный уровни брака

При автоматизации первого уровня брак отливок может быть снижен до 2 раз по сравнению с ручным обслуживанием МЛД. При автоматизации второго уровня брак отливок может быть снижен дополнительно до 2 раз по сравнению с автоматизацией первого уровня. При этом производительность при автоматизации первого уровня возрастает до 40% по сравнению с ручным обслуживанием МЛД, а автоматизация второго уровня способствует росту производительности еще на 20% по сравнению с автоматизацией первого уровня.

Следует отметить, что хотя повышение уровня автоматизации сопряжено с увеличением затрат на оборудование, в целом себестоимость отливок может быть заметно ниже, особенно в условиях крупносерийного и массового производства.

Автоматизация технологического процесса ЛПД наиболее целесообразна только при массовом и крупносерийном производствах, так как требует длительного времени на переналадку МЛД и периферийного оборудования для производства отливок на другой пресс-форме. При мелкосерийном производстве можно применять частичную автоматизацию процесса (использование робота-заливщика, смазчика прессующей пары, термостата), в большей степени влияющую на качество литья и вместе с тем за счет снижения потерь на брак компенсирующую потери времени на переналадку оборудования.

Таким образом, для снижения себестоимости и трудоемкости производства отливок методом ЛПД в условиях массового и крупносерийного производств, а также обеспечения высокого качества изготавливаемых отливок требуется полностью автоматизировать весь технологический цикл, исключив влияние человеческого фактора, а это достигается использованием самого передового современного литейного оборудования – автоматизированных комплексов ЛПД, что позволяет повысить безопасность, экологичность, внутреннюю эффективность производства, перейти на новый уровень изготовления отливок, обеспечить рост объемов производства и повысить конкурентное преимущество.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.praxis-engineering.ru/osnovnye-napravleniya-razvitiya-litejnogo-proizvodstva-v-usloviyah-6-go-tehnologicheskogo-uklada/>
2. <https://prorobotov.org/blog/stati/avtomatizatsiya-proizvodstva/>
3. <https://приборэнерго.ру/press/avtomatizaciya-liteynogo-proizvodstva/>
4. Технология литейного производства: Специальные виды литья: учебник для студентов высш. учеб. завед. / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин; под ред. В. А. Рыбкина. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 352 с.
5. Литье под давлением / М. Б. Беккер [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990, – 400 с.

REFERENCES

1. <http://www.praxis-engineering.ru/osnovnye-napravleniya-razvitiya-litejnogo-proizvodstva-v-usloviyah-6-go-tehnologicheskogo-uklada/>
2. <https://prorobotov.org/blog/stati/avtomatizatsiya-proizvodstva/>
3. <https://приборэнерго.ру/press/avtomatizaciya-liteynogo-proizvodstva/>
4. **Gini Je. Ch., Zarubin A. M., Rybkin V. A.** *Tehnologija litejnogo proizvodstva: Special'nye vidy lit'ja* [Foundry technology: Special types of casting]. Moscow, Izdatel'skij centr "Akademija" Publ., 2005, 352 p.
5. **Bekker M. B., Zaslavskij M. L., Ignatenko Ju. F. [et al.]** *Lit'e pod davleniem* [Die casting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990, 400 p.