



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-26-31>
УДК 621.74

Поступила 06.02.2024
Received 06.02.2024

ДЕФЕКТЫ В ОТЛИВКАХ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ И МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

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

Приведен перечень дефектов отливок, образующихся при литье под высоким давлением. Показано, что причины появления дефектов в отливках связаны с некорректной установкой конкретных технологических параметров литья. Определены меры предотвращения образования дефектов в зависимости от технологических параметров литья, режимов эксплуатации пресс-формы, нанесения разделительной смазки, подготовки сплава. Для обеспечения высокого качества изготавливаемых отливок требуется минимизировать в процессе литья влияние человеческого фактора, а это достигается путем использования современного литейного оборудования, качественных шихтовых и вспомогательных материалов, автоматизированных комплексов литья под высоким давлением при серийном и массовом производстве.

Ключевые слова. *Литье под высоким давлением, отливка, алюминиевый сплав, дефекты отливки, классификация дефектов, качество литья, автоматизированные комплексы литья под высоким давлением.*

Для цитирования. *Чечуха, В. И. Дефекты в отливках при литье под высоким давлением и меры по предотвращению их образования / В. И. Чечуха, М. А. Садоха // Литье и металлургия. 2024. № 1. С. 26–31. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-26-31>.*

DEFECTS IN CASTINGS DURING HIGH-PRESSURE CASTING AND MEASURES TO PREVENT THEIR FORMATION

V. I. CHECHUKHA, OJSC “Minsk Mechanical Works named after S. I. Vavilov – Management Company of “BelOMO” Holding”, Minsk, Belarus, 23 Makayonka str.
M. A. SADOKHA, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.

The article presents a list of defects in castings formed during high-pressure casting. It has been established that each cause that creates conditions for the formation of specific defects in castings is interconnected with the incorrect setting of specific casting technological parameters. Measures to prevent the formation of defects have been determined depending on the casting technological parameters, operating modes of the mold, application of release lubricant, and alloy preparation. To ensure high quality of produced castings, it is necessary to minimize the influence of the human factor during the casting process. This can be achieved by using modern foundry equipment, high-quality charge and auxiliary materials, and by applying automated high-pressure casting complexes in serial and mass production.

Keywords. *High-pressure casting, casting, aluminum alloy, casting defects, defect classification, casting quality, automated high-pressure casting complexes.*

For citation. *Chechukha V. I., Sadokha M. A. Defects in castings during high-pressure casting and measures to prevent their formation. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 1, pp. 26–31. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-26-31>.*

Литье под высоким давлением (ЛПД) является самым производительным способом изготовления тонкостенных отливок сложной конфигурации, обеспечивающим высокую точностью размеров, механические свойства и качество поверхности, в серийном и массовом производстве. Толщина стенок отливок может составлять менее 1 мм, а масса – от нескольких граммов до десятков килограммов. Кроме того, метод ЛПД позволяет полностью автоматизировать весь технологический процесс изготовления отливок и сократить негативное влияние на окружающую среду [1].

Однако ЛПД отличается от других способов литья тем, что заполнение пресс-формы расплавом происходит с очень высокой скоростью, что, в свою очередь, способствует образованию характерных для этого метода дефектов в отливках. В общем виде данные дефекты можно охарактеризовать следующим образом: несплошности в теле отливки; дефекты поверхности; несоответствия по геометрии (табл. 1) [2].

Таблица 1. Характерные дефекты отливок из алюминиевых сплавов при ЛПД

Наименование дефекта	Машина литья под давлением												Пресс-форма		Сплав			Смазка								
	Удельное давление прессования низкое	Удельное давление прессования высокое	Скорость холостого хода слишком низкая	Скорость холостого хода слишком высокая	Точка перекращения фазы заполнения формы слишком рано	Точка перекращения фазы заполнения формы слишком поздно	Скорость заполнения формы слишком низкая	Скорость заполнения формы слишком высокая	Усилие подпрессовки слишком низкое	Усилие заправки формы слишком низкое	Недостаточная доза сплава	Время затвердевания слишком короткое	Время затвердевания слишком длинное	Неисправность пресс-формы	Не очищены подводящие каналы к промывникам, резервуары промывников (плохая вентиляция формы)	Температура пресс-формы слишком низкая	Температура пресс-формы слишком высокая	Нарушение химического состава сплава	Температура сплава слишком низкая	Температура сплава слишком высокая	Нарушение технологии подготовки сплава	Высокая газотворность смазки	Недостаточно нанесено разделительного смазочного материала	Нанесено с излишком разделительного смазочного материала	Подклинивание пресс-поришня, недостаточное нанесение смазки на прессующую пару	
1. Несплошность в теле отливки																										
1.1. Газовые раковины и газовая пористость	●		●	●	●		●	●				●			●	●				●	●		●	●		
1.2. Неметаллические включения																					●	●				
1.3. Шлаковая раковина																					●					
1.4. Усадочные раковины, усадочная пористость	●					●		●	●		●					●				●					●	
1.5. Рыхлота	●					●		●	●		●					●				●					●	
1.6. Горячая трещина	●							●				●				●				●	●				●	
1.7. Холодная трещина		●											●			●				●				●		
1.8. Спаи потоков металла	●		●			●	●								●	●				●			●		●	●
1.9. Утяжина	●						●		●		●					●				●				●	●	●
2. Дефекты поверхности																										
2.1. Облой		●									●										●					
2.2. Расслоение стенки отливки																					●				●	
2.3. Поверхностное повреждение																										
2.4. Пятнистая поверхность																									●	
2.5. Узорчатая поверхность			●			●	●								●	●				●						●
2.6. Волосовидные наплывы		●														●				●						
2.7. Наплыв от эрозийного повреждения формы		●						●								●				●				●		
2.8. Задиры		●						●								●	●			●				●		
3. Несоответствие по геометрии																										
3.1. Недолив	●	●			●	●			●	●					●	●			●				●	●	●	●
3.2. Смещение полуформ															●											
3.3. Выпуклость или углубление											●					●										
3.4. Разностенность отливки																										
3.5. Непролитие отверстий (излом стержней, знаков в форме)												●												●		
3.6. Коробление отливки												●				●								●		
3.7. Несоответствие размеров										●						●										

Причины образования дефектов могут быть обусловлены: оборудованием (машиной ЛПД); конструкцией оснастки; качеством и параметрами расплава. Причем один и тот же вид дефекта может быть вызван различными причинами (рис. 1–6).

Также установлено, что один и тот же вид дефекта отливок при ЛПД может быть вызван разными причинами (рис. 4–6).

На качество получаемых отливок при ЛПД влияет множество факторов, связанных как с оборудованием, оснасткой, качеством расплава, так и с четким соблюдением всех технологических параметров. Как видно на рис. 1–6, многие факторы могут быть причиной одного дефекта, в то время как один фактор может быть причиной ряда дефектов. Например, низкое удельное прессование может привести к образованию шести различных дефектов несплошности материала отливки, высокая температура расплава – семи подобных дефектов (рис. 1). Неисправность пресс-формы влечет образование шести дефектов

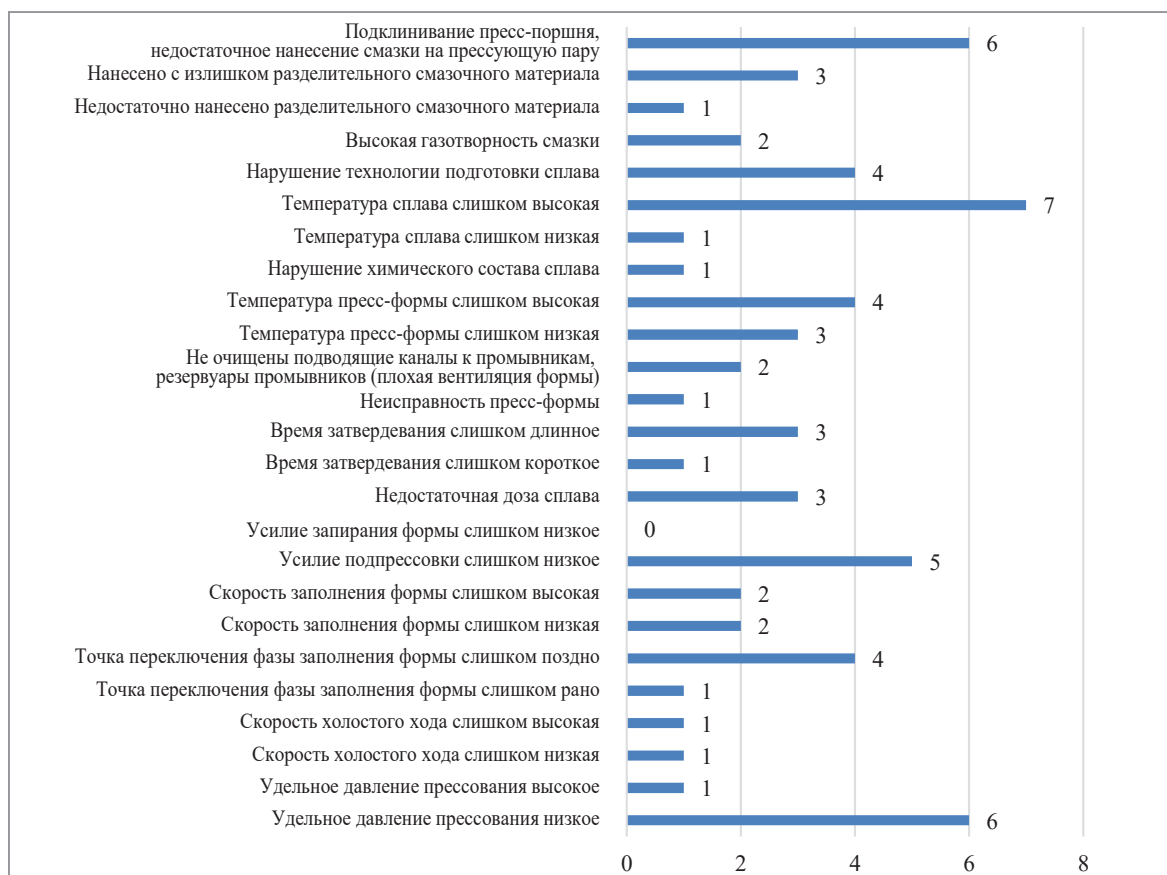


Рис. 1. Количество возможных видов дефектов, проявляющихся как образование несплошностей в теле отливки, по различным причинам при ЛПД

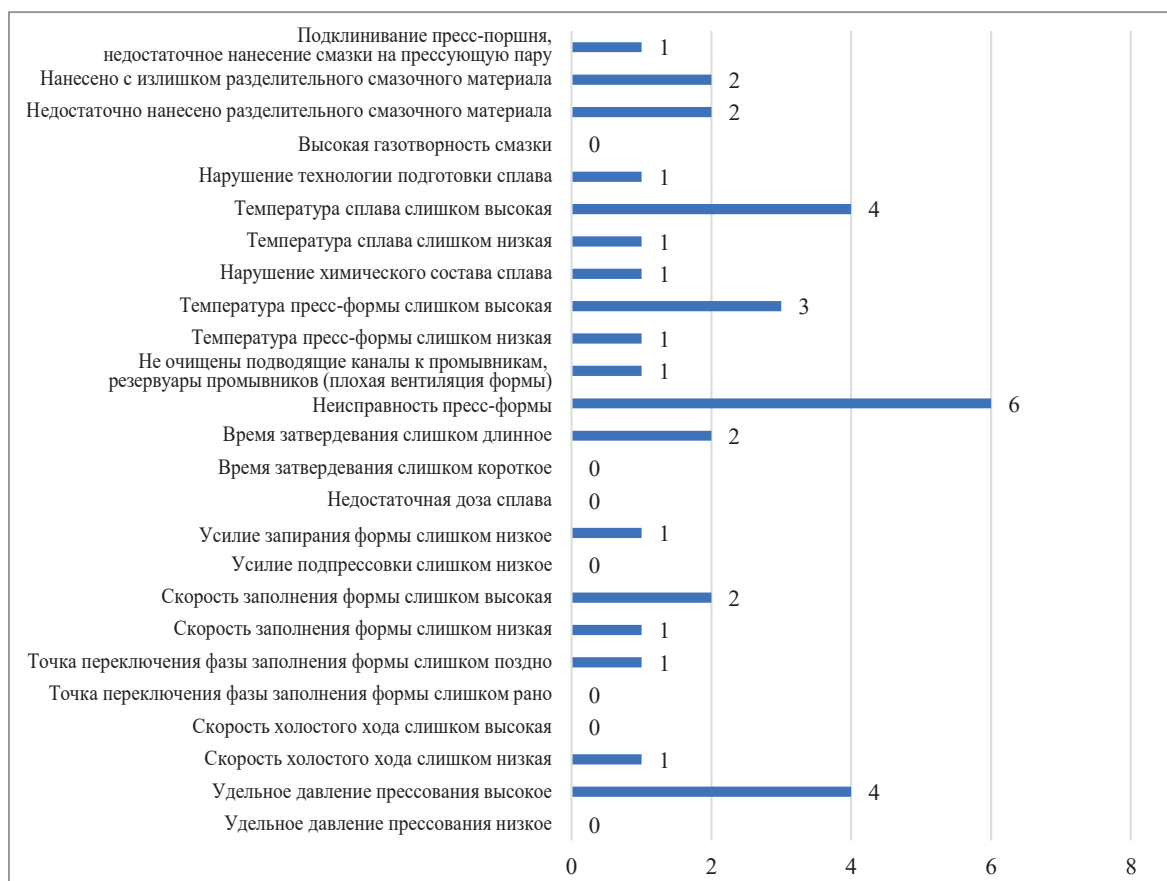


Рис. 2. Количество возможных видов дефектов поверхности отливок по различным причинам при ЛПД

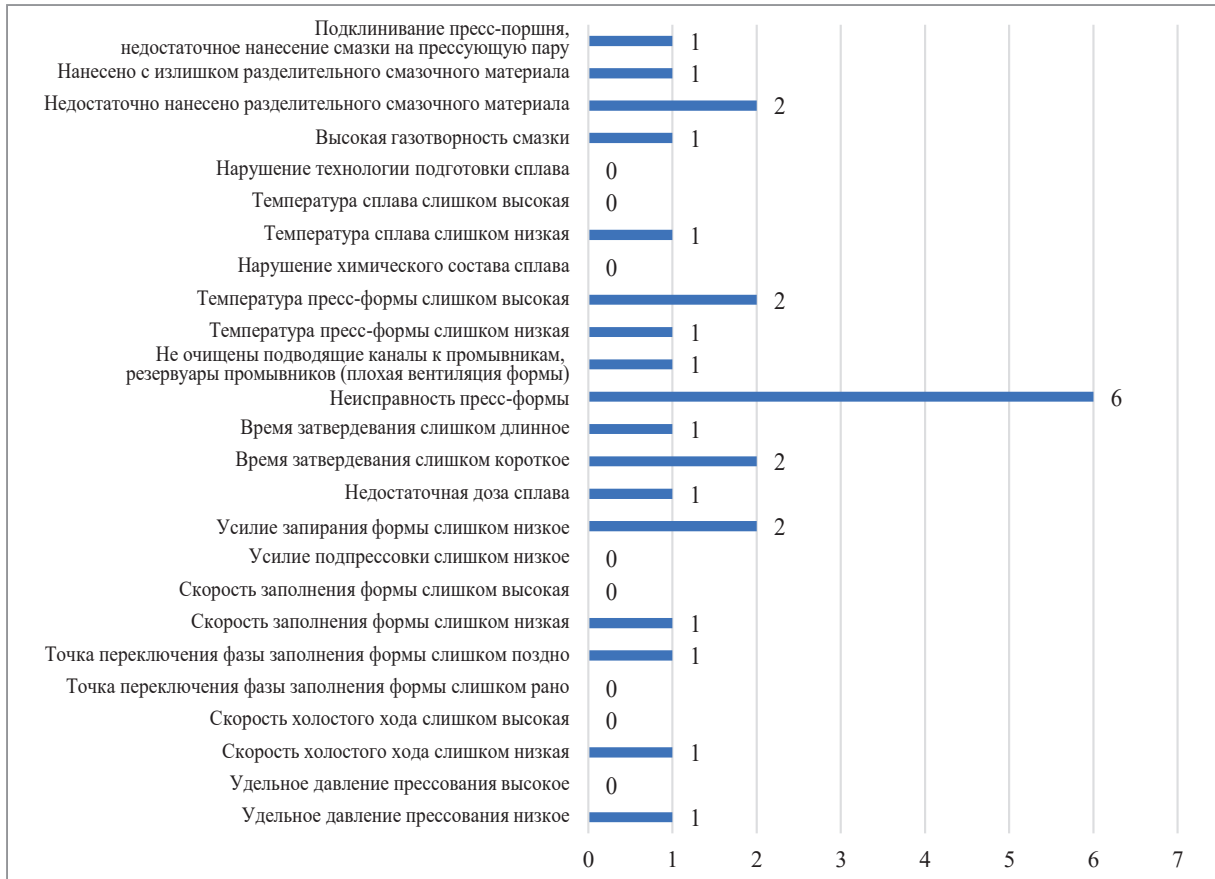


Рис. 3. Количество возможных видов дефектов, проявляющихся как неточности геометрии отливок, по различным причинам при ЛПД

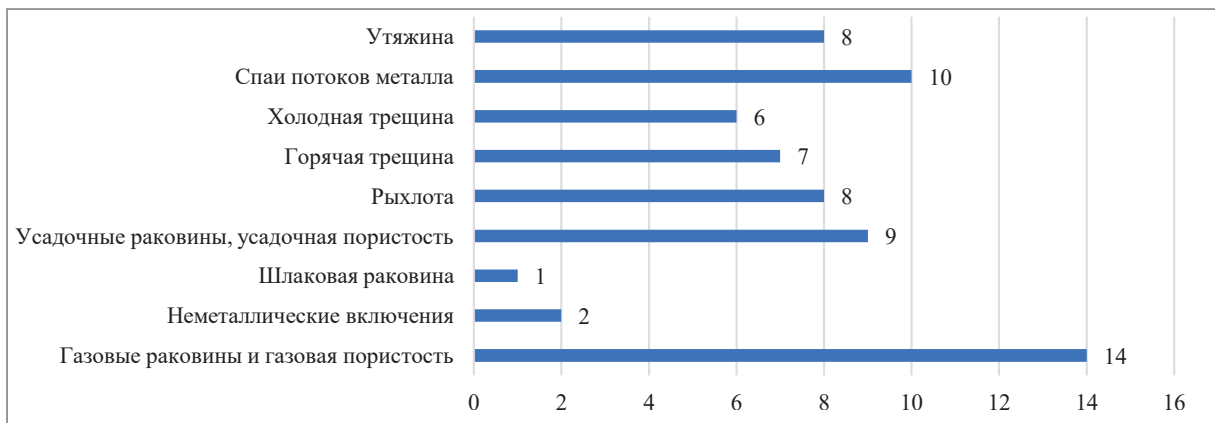


Рис. 4. Количество возможных причин образования дефектов несплошности в теле отливок при ЛПД

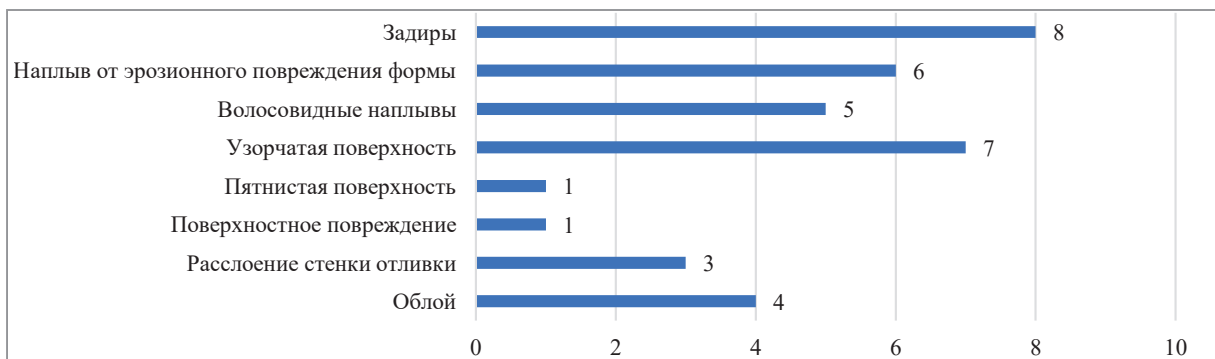


Рис. 5. Количество возможных причин образования дефектов поверхности в теле отливок при ЛПД



Рис. 6. Количество возможных причин образования дефектов несоответствия отливок по геометрии при ЛПД

поверхности отливок (рис. 2) и шести дефектов в виде неточности геометрии отливки (рис. 3). Такой дефект, как газовые раковины и газовая пористость, может быть следствием четырнадцати различных причин (рис. 4), а узорчатая поверхность – результатом семи причин (рис. 5). Недолив вызывается двенадцатью различными причинами (рис. 6).

Таким образом, перед технологами всегда стоит задача определить истинную причину того или иного дефекта отливок. Представляется рациональным комплексный подход к анализу брака отливок, т.е. одновременное рассмотрение всех имеющихся дефектов и всех возможных причин с учетом их перекрестного влияния. Это позволяет снизить вероятность неточного определения причин образования дефектов и сократить время на выбор адекватных мер по их исключению в дальнейшем.

Стабильность качества получаемых отливок во многом определяется точностью соблюдения всех технологических параметров процесса, оборудования и оснастки. При ручном способе изготовления отливок причиной дефектов в большинстве случаев является человеческий фактор. Использование в производстве автоматизированных комплексов ЛПД положительно сказывается на качестве производства, исключает значительное количество возможных причин возникновения брака.

Производители машин для литья под давлением (МЛПД) постоянно совершенствуют конструкцию и функциональные возможности выпускаемого оборудования. Современные МЛПД оснащены датчиками обратной связи и обеспечивают контроль скорости и давления прессующего поршня в реальном времени для обеспечения повторяемости технологических параметров в процессе изготовления отливок от цикла к циклу. Данные технологические параметры (скорость, давление, путь) отображаются после каждой запрессовки на графике литья в соответствующем меню дисплея МЛПД.

В каждой точке пути с помощью графика можно проверить, с какой скоростью и при каком давлении перемещается пресс-поршень, проанализировать корректность переключения фаз прессования. В случае, к примеру, падения давления азота в мультипликаторе МЛПД не сможет обеспечить выход давления подпрессовки на заданное значение, машина выдаст ошибку и без дозаправки азотом и устранения причины его утечки не позволит изготавливать отливки. Все ошибки, возникающие в процессе производства, высвечиваются на экране, закодированные соответствующим номером. По номеру ошибки в специальном меню диагностики можно узнать о возможной причине и способах устранения неисправности. Ошибки подсвечиваются разным цветом: желтым – те, которые может исправить литейщик и вручную сбросить (при неправильной дозе сплава, когда образовался пресс-остаток неверной толщины, отсутствии сигнала готовности во время смыкания формы, загрязнении ее разъема и др.); красным – серьезные ошибки, возникающие из-за недостаточного уровня масла центральной смазки, высокой температуры масла в гидросистеме, падения давления азота, а также разного рода ошибки в электронике из-за отсутствия сработки всевозможных датчиков, клапанов и т.д., требующие уже вмешательства технического обслуживающего персонала. Все возникающие ошибки сохраняются в памяти машины в соответствующем журнале.

МЛПД также отслеживает и сохраняет в памяти все действия оператора, что позволяет определить возможные факторы, повлиявшие на возникновение брака литья, такие как некорректная установка времени затвердевания отливки, скорости перемещения поршня, точек переключения фаз прессования, давления подпрессовки, усилия запирающей формы и т.д.

Для обеспечения стабильной и бесперебойной работы МЛПД предусмотрено опционально и зашито в программе машины обязательное проведение необходимого вида регламентного технического

обслуживания в соответствии с графиком. Только после его выполнения и нажатия подтверждения техническим персоналом на соответствующую кнопку меню машина позволит продолжить работу в штатном режиме.

В современных МЛПД имеется ряд вспомогательных опций, направленных на повышение качества литья:

- режим проверки расчета точки включения фазы начала заполнения формы (путем остановки поршня в заданной точке и анализа начала поступления расплава сплава в питатель по затвердевшему цилиндрическому слитку камеры прессования и литникового хода);
- возможность включения точки торможения в конце процесса заполнения формы, что снижает гидравлический удар и минимизирует образование облоя по линии разъема формы;
- задержка включения мультипликатора, позволяющая влиять на процесс кристаллизации отливки.

Исходя из вышеизложенного, для обеспечения высокого качества изготавливаемых отливок требуется минимизировать в процессе литья влияние человеческого фактора, а это достигается использованием самого передового современного литейного оборудования, качественных шихтовых и вспомогательных материалов, применением автоматизированных комплексов ЛПД при серийном и массовом производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Волочко, А. Т.** *Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий* / А. Т. Волочко, М. А. Садоха. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 387 с.
2. СТБ 1256–2001. *Отливки из алюминиевых сплавов. Общие технические условия.* – Минск, 2001.

REFERENCES

1. **Volochko A. T., Sadokha M. A.** *Aljuminij: tehnologij i oborudovanie dlja poluchenija lityh izdelij* [Aluminum: technologies and equipment for producing cast products]. Minsk, Belaruskaja navuka Publ., 2011, 387 p.
2. STB 1256–2001. *Casting from aluminium alloys. General specifications.* Minsk, 2001.