

**Т.В. Лысенко**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой

**М.П. Тур**, ст. преподаватель

**К.А. Крейцер**, аспирант

**Е.Н. Козишкурт**, аспирант, e-mail: igonua@gmail.com

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина

## Усовершенствование оборудования и технологии литья под давлением для получения тонкостенных отливок

*Рассмотрена возможность усовершенствования машин и технологии литья под давлением с целью повышения конкурентоспособности отечественных производств на международном рынке. На основе проведенного исследования авторами предлагается комплект решений по модернизации оборудования и технологии литья под давлением сложных тонкостенных и плотных толстостенных отливок.*

**Ключевые слова:** модернизация, технологический процесс, тонкостенные отливки, литье под давлением, цветные сплавы.

**Л**итейное производство в Украине, в том числе литье под давлением, являясь основной заготовительной базой отечественного машиностроения, продолжает усовершенствовать технологии и оборудование для получения сложных отливок.

Количество отливок, получаемых литьем под давлением, составляет 30–40 % от всей массы литья. Технологическое оснащение литейных предприятий является основным препятствием для успешной конкуренции отечественных производителей на зарубежных рынках. Старое оборудование и технологии не позволяют производить высококачественное литье [1, 2]. Для приобретения современного импортного оборудования необходимы большие капиталовложения. Кроме того, использование импортного оборудования требует полного изменения инфраструктуры производства, что для многих предприятий является сложной задачей.

Выход из этой ситуации – апробированная во всем мире стратегия, направленная на устранение самых слабых мест в оборудовании и технологиях действующих производств, с учетом существующей инфраструктуры.

На международных выставках ведущие фирмы Германии, Италии, Великобритании, Испании, Бельгии, Турции, Тайваня, США представляют проекты усовершенствованных отдельных элементов оборудования и технологий литья под давлением. То есть, исследования, направленные на увеличение производства литья под давлением, являются весьма актуальными.

В настоящей работе представлен комплект решений по модернизации оборудования (основных функциональных узлов) и технологии литья под давлением для получения сложных тонкостенных и плотных толстостенных отливок: на машине литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования и усилием запирания 250 т.

Безударный узел прессования позволяет реализовать все фазы заполнения формы сплавом и ре-

гулировать давление на жидкую фазу при кристаллизации (это соответствует лучшим зарубежным образцам). Кроме того, узел позволяет полностью исключить гидравлический удар в форме без влияния на характер ее заполнения сплавом (такого качественного по технологии решения не имеет ни одна из ведущих европейских фирм).

Быстродействующий узел запирания позволяет без изменений рычажной системы за счет новых решений гидравлической схемы сократить время смыкания-размыкания формы в 1,5–2 раза, снизить мощность гидропривода на эти операции, обеспечить соприкосновение полуформ без усилия, что значительно повышает ресурс дорогостоящей формы.

Система вакуумирования пресс-формы, несмотря на дополнительные расходы, добавляет технологическому процессу неоспоримые преимущества: вакуум изымает лишнее масло с рабочей поверхности формы – исчезает такой вид брака, как следы масла на отливке. Удаление воздуха из формы исключает газовую пористость. Во время запрессовки, вакуум создает эффект повышения жидкотекучести сплава, что позволяет снизить температуру сплава и формы, или изменить сплав на более дешевый, снизить время кристаллизации, повысить производительность литья. Как техническое решение предусматривается применение централизованного вакуумного компрессора в отличие от известных решений иностранных фирм, которые используют индивидуальные компрессоры. Это позволяет снизить установленную мощность при 5-ти машинах в два раза.

Система управления на базе средств фирмы «Siemens» обеспечивает управление циклом, регулирование параметров технологического процесса, диагностику технических средств и визуальное отображение текущей информации.

Предложенный комплект решений по оборудованию и технологии подлежит корректировке в каждом конкретном случае, в зависимости от требований к отливке. Это позволяет повысить качество литья при

меньших затратах на модернизацию оборудования и технологии.

Для исследований и отработки основных функциональных узлов наиболее массовой машины литья под давлением с усилием запирания 250 т были использованы узлы, отдельные детали и элементы морально и физически изношенного оборудования. Это позволило создать экспериментальный стенд, под который были разработаны основные функциональные узлы.

На рис. 1 приведен общий вид стенда, в состав которого входят:

- электрошкаф (поз. 1);
- станина (поз. 3);
- механизм запирания (поз. 4);
- ограждение (поз. 5);
- система смазки (поз. 6);
- насосная установка низкого давления (поз. 8);
- насосная установка высокого давления (поз. 9).

Конструкция стенда такова, что позволяет выполнить монтаж узла прессования и системы вакуумирования формы, а также дополнить гидропривод узла запирания для его быстрого действия. С существующей машины модели 71108 использовались: станина, механизм запирания, ограждение, система смазки.

Электрогидропривод стенда разработан с использованием отдельных элементов гидропривода старых машин литья под давлением мод. 711A08 и мод. 711B08. Насосные установки и электрошкаф разработаны и изготовлены заново с учетом требований к новым узлам.

Разработана универсальная схема гидропривода машины литья под давлением, соответствующая требованиям динамики силовых гидрофицированных аккумуляторных узлов. Насосная установка низкого давления подает через маслоохладитель и фильтр тонкой очистки (10 мкм) рабочую жидкость на всасывающий вход насоса высокого давления. Такая схема позволяет резко снизить шумовые характеристики насоса высокого давления и его ресурсные характеристики. В связи с использованием аккумуляторных приводов разработанный гидропривод пригоден для использования на трех типоразмерах машин – 160, 250 и 400 т запирания.

На базе современных промышленных средств компьютерной техники фирмы «Siemens» разработана типовая система управления.

Основные функциональные узлы экспериментального комплекта оборудования прошли соответствующую обкатку на стенде с наладкой программного

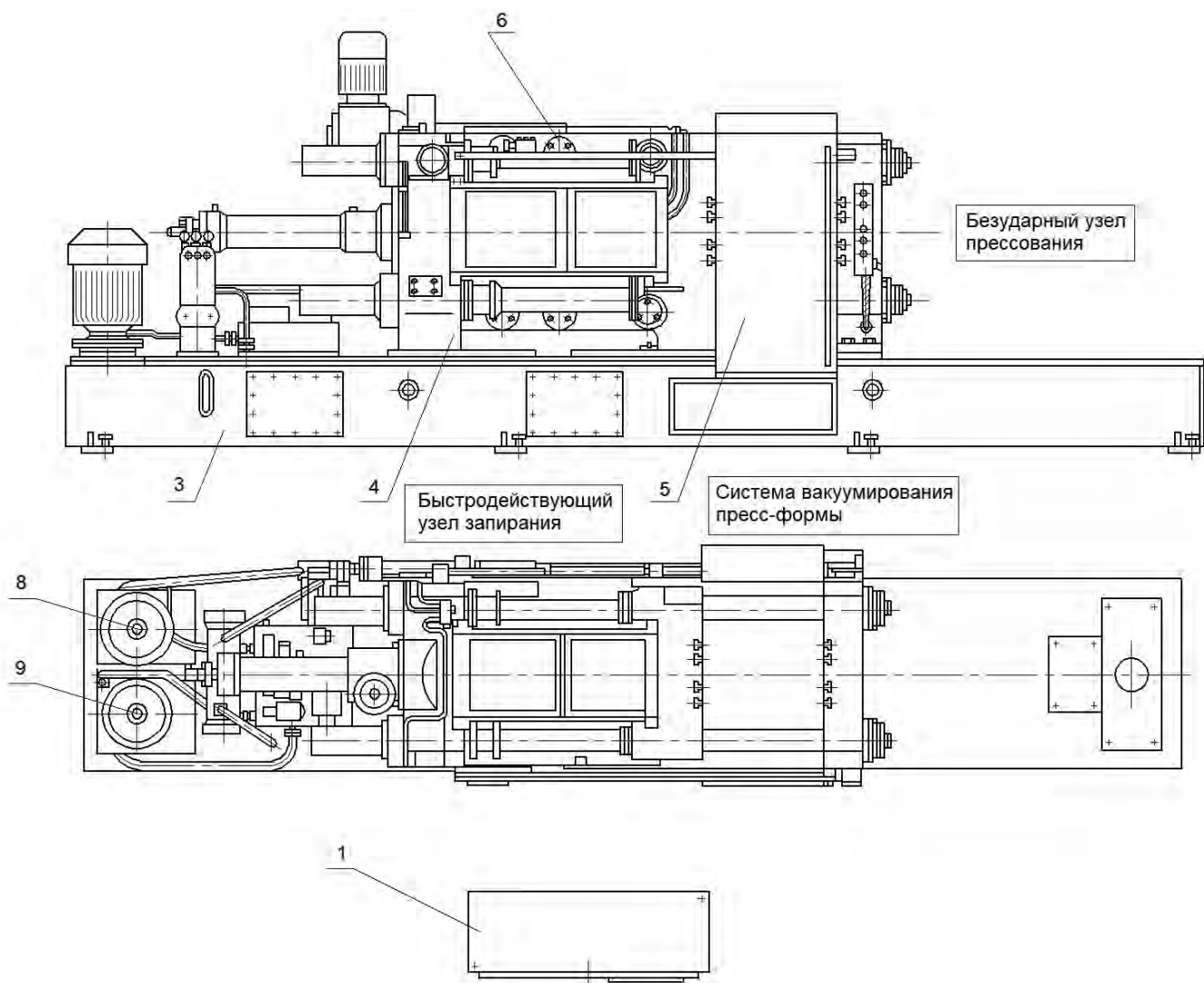


Рис. 1. Стенд на базе машины литья под давлением

## Соответствие параметров технической документации и технического задания результатам, полученным на стенде

Содержание требований технической документации и технического задания	Значение		Вывод
	по техдокументации	на стенде	
Усилие запираения	250 т. з.	250 т. з.	Соответствует
Ход подвижной плиты	4,5 м	4,50 м	Соответствует
Расстояние между колоннами по горизонтали и вертикали	5.3 м	5,30 м	Соответствует
Толщина пресс-формы – наибольшая	6 м	6 м	Соответствует
– наименьшая	2,6 м	2,6 м	Соответствует
Масса заливаемой порции алюминиевого сплава	4 кг	4 кг	Соответствует
Усилие прессования	30 т. з.	30 т. з.	Соответствует
Количество позиций заливки / смещение позиции заливки вниз	2/1,6 м	2/1,6 м	Соответствует
Максимальная скорость холостого хода прессующего плунжера	5 м/с	5 м/с	Соответствует
Диаметр стаканов – наименьший	0,045 м	0,045 м	Соответствует
– наибольший	0,095 м	0,095 м	Соответствует
Давление запрессовки – наименьшее	41,19 МПа	41,19 МПа	Соответствует
– наибольшее	185,3 МПа	185,3 МПа	Соответствует

управления в автоматическом цикле. Обкатка проходила в течение 60 часов.

После обкатки стенд был оборудован специальными средствами для снятия предельных динамических и статических параметров.

Ниже приведена табл. 1 соответствия параметров технической документации и технического задания результатам, полученным на стенде.

Во время подготовки к исследованиям проведено масштабирование всех фиксируемых значений результатов [4]: давления в поршневой и штоковой полостях цилиндра прессования, в аккумуляторе скорости, усилия на штоке пресс-поршня, вакуума и подсчета пути (рис. 2).

Полученные данные показали достаточно высокую плотность распределения параметров. Отклонения не превышали  $\pm 2\%$ . Графики динамических параметров позволяют достаточно глубоко анализировать технологический процесс, время которого измеряется миллисекундами.

Кривые пути и скорости представляют картину движения сплава в пресс-камере и заполнение формы, а наложенные на них кривые давления в полостях ци-

линдра прессования и усилия на штоке позволяют отрегулировать момент жесткого торможения и регулировки фаз подпрессовки, исключая, с одной стороны, появление в форме гидравлического удара, а с другой – максимально использовать давление подпрессовки для устранения усадочных дефектов.

Для разработки и испытания технологического процесса для сложных тонкостенных отливок (одна деталь-представитель) был создан рабочий участок

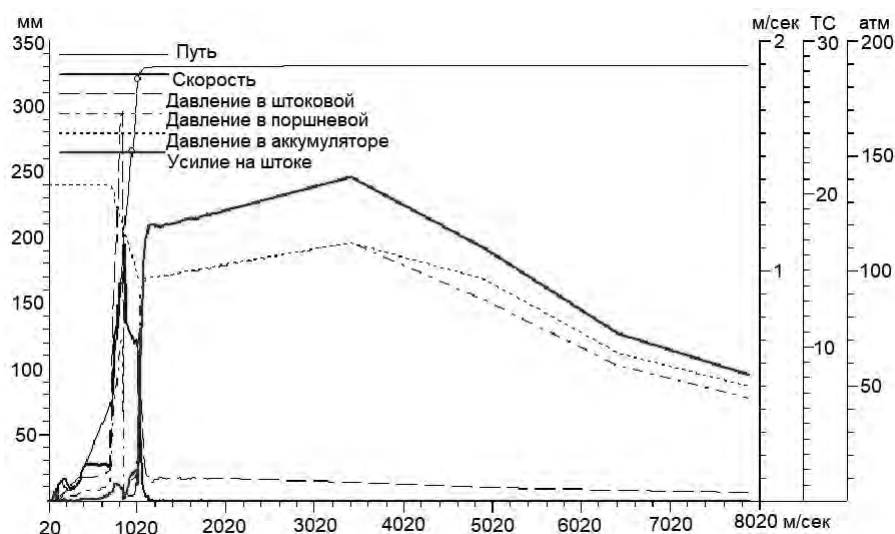


Рис. 2. График параметров прессования отливки «Корпус магистрального усилителя кабельного телеканала»

Таблица 2

## Основные данные детали-представителя (корпус магистрального усилителя кабельного телеканала)

Вес отливки, кг	0,8
Вес порции заливаемого расплава, кг	1,2
Толщина ребер, м	до 0,003
Марка сплава	AK5M2
Глубина внутренняя, м	0,03
Количество деталей в форме, шт.	1
Габариты:	
Длина, м	0,297
Ширина, м	0,2
Глубина, м	0,048
Основная толщина, м	0,005



Рис. 3. Рабочий участок

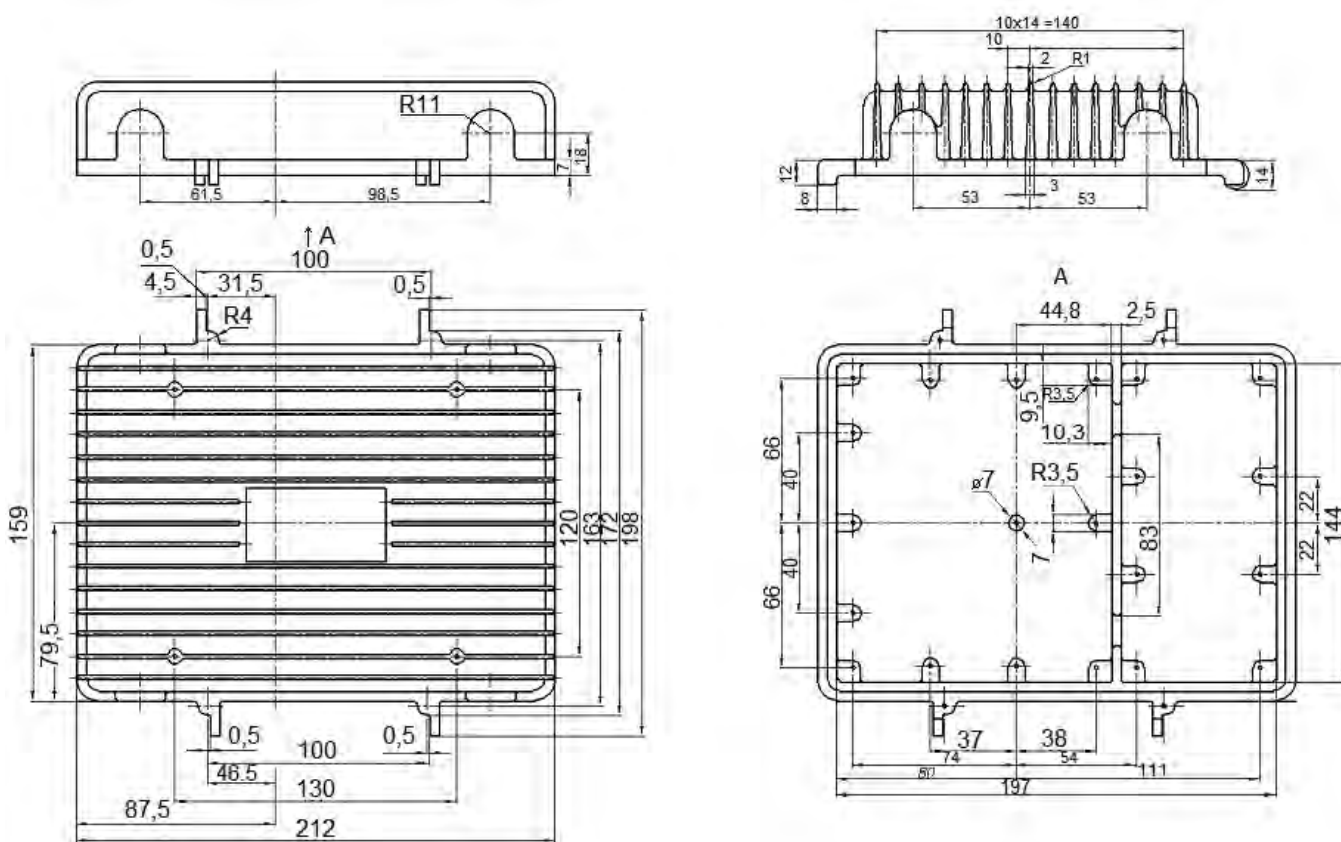


Рис. 4. Корпус магистрального усилителя кабельного телеканала

(рис. 3) на базе станда, основных функциональных узлов, плавильно-раздаточной печи, вакуумного агрегата, устройства нанесения защитных масел на рабочую поверхность формы [5].

В качестве детали-представителя тонкостенного литья выбран корпус магистрального усилителя кабельного телеканала (рис. 4).

Требования к отливке:

- герметичность;
- товарный внешний вид.

На указанную отливку разработан технологический процесс. Данные детали представлены в табл. 2.

В соответствии с расчетными параметрами технологического процесса проведены плавки, во время которых было отлито 500 отливок.

Во время работы уточнялись параметры технологического процесса для получения качественного литья.

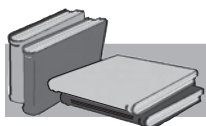
Технологические возможности экспериментального образца комплекта оборудования соответствуют возможностям современных машин литья под давлением, обеспечивая возможность получения качественного литья с определенными характеристиками, например, по плотности, качеству поверхности, металлоемкости.

Совершенствование машин литья под давлением (исследование фирм-производителей США, Италии) осуществляется в направлении повышения скорости впуска металла в пресс-форму, скорости и ускорения пресс-поршня, повышения удельного давления на металл, исключения гидравлического удара в пресс-

форме за счет переноса прочности торможения пресс-поршня внутрь силового цилиндра, уменьшение времени рабочего цикла (повышение производительности) и использование режимов термостатирования и вакуумирования пресс-формы [6]. Например, во время испытательных работ фирм США повышение удельного давления до 588,4 МПа (современный уровень до 245,2 МПа) приводило к повышению прочности литья, измельчению структуры, снижению металлоемкости детали при хранении служебных качеств. В экспериментальных работах фирм Италии при повышении скорости пресс-поршня выше 6 м/с (современный уровень до 5 м/с) получены отливки (радиаторы-конвекторы) с толщиной стенки 0,0008 м.

Экспериментальный образец комплекта оборудования стабильно функционирует на уровне повышения параметров технологических режимов в 1,3 раза.

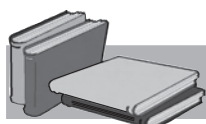
Повышение параметров технологических режимов в 1,6–1,8 раза привело к разрушению силовых элементов узлов прессования и запираания, к сбоям в системе управления, разрушению гидравлических уплотнений, подклиниванию силовых пар трения, выходу из строя электроприборов (электромагнитов, датчиков пути, датчиков давления, гидронасосов и т. д.).



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов В.Н.* Специальные виды литья: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2007. – 316 с.
2. *Гини Э.Ч., Зарубин А.М., Рыбкин В.А.* Технология литейного производства: Специальные способы литья. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.
3. *William D Callister Jr.* (2006). *Materials Science and Engineering, An Introduction.* John Wiley & sons, Inc.
4. *Дуюнова В.А., Гончаренко Е.С., Мухина И.Ю.* Современные исследования магниевых и литейных алюминиевых сплавов в ВИАМ // *Цветные металлы.* – 2013. – № 9. – С. 71–78.
5. *Антипов В.В.* Стратегия развития титановых, магниевых, бериллиевых и алюминиевых сплавов // *Авиационные материалы и технологии.* – 2012. – № 5. – С. 157–167.
6. *Корнышева И.С., Волкова Е.Ф.* Перспективы применения магниевых и литейных алюминиевых сплавов // *Авиационные материалы и технологии.* – 2012. – № 5. – С. 212–222.

Поступила 19.10.2018



## REFERENCES

1. *Ivanov, V.N.* (2007). *Special types of casting: tutorial.* Moscow: MGIU, 316 p. [in Russian].
2. *Gini, E.Ch., Zarubin, A.M., Rybkin, V.A.* (2005). *Casting technology: Special casting methods.* Moscow: Izdatel'skii tsentr "Akademii", 352 p. [in Russian].
3. *William D Callister Jr.* (2006). *Materials Science and Engineering, An Introduction.* John Wiley & sons, Inc. [in English].
4. *Duiunova, V.A., Goncharenko, E.S., Mukhina, I.Yu.* (2013). Modern investigations of magnesium and casting aluminium alloys in VIAM. *Tsvetnye metally. Nonferrous metals*, no. 9, pp. 71–78 [in Russian].
5. *Antipov, V.V.* (2012). Development strategy of titanium, magnesium, beryllium and aluminum alloys. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii. Aviation materials and technologies*, no. 5, pp. 157–167 [in Russian].
6. *Kornysheva, I.S., Volkova, E.F.* (2012). Prospects of application of magnesium and casting aluminum alloys. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii. Aviation materials and technologies*, no. 5, pp. 212–222 [in Russian].

Received 19.10.2018

## Анотація

**Т.В. Лисенко**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри; **М.П. Тур**, ст. викладач; **К.О. Крейцер**, аспірант; **Є.М. Козішкурт**, аспірант, e-mail: igonua@gmail.com

*Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, Україна*

## Удосконалення обладнання та технології лиття під тиском для отримання тонкостінних виливків

*Розглянуто можливість удосконалення машин і технології лиття під тиском з метою підвищення конкурентоспроможності вітчизняних виробництв на міжнародному ринку. На основі проведеного дослідження авторами пропонується комплект рішень з модернізації обладнання та технології лиття під тиском складних тонкостінних та щільних товстостінних виливків.*

## Ключові слова

*Модернізація, технологічний процес, тонкостінні виливки, лиття під тиском, кольорові метали.*

## Summary

**T.V. Lysenko**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Department; **M.P. Tur**, Senior Lecturer; **K.A. Kreitser**, Postgraduate; **E.N. Kozishkurt**, Postgraduate, e-mail: igonua@gmail.com

*Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine*

## Improvement of equipment and technology of injection molding for production of thin-walled castings

*The possibility of improving the injection molding machines and technology with the aim of improving the competitiveness of domestic production in the international market is considered. Based on the study, the authors propose a set of solutions for the modernization of equipment and technology of injection molding of complex thin-walled and thick-walled castings.*

## Keywords

*Modernization, technological process, thin-walled castings, injection molding, non-ferrous alloys.*