Г. Ю. Прокудин¹, А. В. Нелюбова¹, Н. Г. Шаронов²

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВОК
ДЛЯ ЛИТЬЯ РЕАКТОПЛАСТОВ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ
НАГРЕВАЮЩИХСЯ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ***

¹ Волгоградский государственный технический университет

² Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники,
Университет Иннополис

E-mail: jura.prokudin@yandex.ru

Приводятся результаты внедрения нагреваемой литейной формы в оборудование по автоматизированному литью деталей из реактопластов, влияния нагрева литейной формы на скорость полимеризации отливаемых деталей.

Ключевые слова: литье реактопластов, нагрев литейной формы, пластмассовые детали.

G. Yu. Prokudin¹, A. V. Nelyubova¹, N.G. Sharonov²

**PRODUCTIVITY INCREASE OF EQUIPMENT FOR CASTING
OF THERMOSETS THROUGH THE INTRODUCTION
OF HEATED INJECTION MOLD**

¹ Volgograd State Technical University

² Center for Technologies in Robotics and Mechatronics Components,
Innopolis University

The results of the introduction of a heated injection mold into the equipment for automated casting of parts from thermosets are presented. The results of the influence of injection mold heating on the polymerization rate of cast parts are obtained.

Keywords: injection molding of thermoplastics, heating of the injection mold, plastic parts.

Введение

Современные особенности производства демонстрируют, что для таких многих отраслей, например для приборостроения, необходимы технологии рентабельного производства продукции малыми сериями или даже штучно. В приборостроении преобладающие число

компонентов продукции изготовлено из пластика (корпуса, рукоятки переключения и т. п.). Однако, достичь низкой себестоимости при изготовлении таких деталей не удастся в связи с использованием в большинстве своем технологии литья термопластов под давлением. Данная технология рентабельна при массовом произ-

Технология производства пластмассовых деталей литьем реактопластов позволяет изготавливать пластмассовые детали, стойкие к высоким температурам и агрессивным химическим средам, по более низкой себестоимости по сравнению с разработанными на сегодняшний день технологиями [2, 3]. Данная технология применяется в автомобилестроении, приборостроении, космической промышленности, однако существующие литьевые установки обычно предполагают литье в формы без одновременного нагрева, а при необходимости поддержания заданного температурного режима используется отдельное нагревательное оборудование.

Рассматривается задача обеспечить литье и нагрев отлитой детали в одной автоматизированной литейной установки, не прибегая к дополнительному оборудованию и переносу литейной формы в печь. Задачей данного исследования является разработка литейной формы, обеспечивающей нагрев отлитой детали и проведение испытаний, позволяющих выявить закономерности влияния нагрева отлитой детали на производительность установки в целом [3, 4].

Оператор литейной установки [5, 6] наполняет емкость 11 компонентом А, а емкость смешивания 14 – компонентом Б, размещает нагревающуюся силиконовую форму 17 и соединяет литейный канал и воронку 8 шлангом, задвигает столик с креплениями 7, закрывает дверь 2 и включает камеру (рис. 1).

При включении камеры включается компрессор 18, который создает вакуум в течении времени t , в свою очередь, зависящего от производительности вакуумного насоса. После включается сервопривод 12 и выливает содержимое стаканчика 11 в емкость смешивания 14.

Следующим включается электродвигатель 15 и миксером 16 перемешивается смесь в емкости 14 в течение 15–30 с. После содержимое емкости смешивания 14 выливается в воронку 8, затем смесь поступает в нагревающуюся литевную форму 17. По окончании заполнения фор-

мы жидким полимером включается электромагнитный клапан *б* и давление сравнивается с атмосферным.

Разработанный узел смешивания и переливания (рис. 2) состоит из четырех приводов, включаемых согласно разработанному программному обеспечению. В качестве приводов применены серводвигатели, обеспечивающие автоматизированное переливание жидкости из емкости. Третий привод предназначен для перемешивания смеси, вращая мешалку с заданной частотой вращения. Четвертый вертикальный привод реализован на передаче винт-гайка и приводится в движение электродвигателем постоянного тока с понижающим редуктором. Вертикальный привод предназначен для перемещения лопасти мешалки по вертикали (рис. 2), тем самым обеспечивая равномерное перемешивание всех слоев жидкой смеси, не прибегая к увеличению высоты лопастей. Многоприводная структура установки представляет широкие возможности реализации различных алгоритмы размешивания, управляя как вращением двигателя, так перемещением размешивающих лопастей [6], в том числе с возможностью реализации энергоэффективных режимов согласованной работы приводов [7].

Рис. 2. Узел смешивания с вертикальным перемещением смешивающих лопастей

Преимущества нагреваемой литейной формы

Разрабатываемые литейные формы (рис. 3) изготовлены из силикона, который обладает низкой способностью к адгезии, благодаря чему отлитая деталь легко извлекается из формы. Помещенные в тело формы нагреватели позволяют увеличивать ее температуру до 100 °С. При внедрении нагреваемой литейной формы в автоматизированную установку для литья исключается дополнительное оборудование для прогрева отлитых деталей, т. к. литейные формы уже снабжены нагревателями, контроль температуры, которых осуществляется от общего контроллера управления камерой. Подобное решение позволит увеличить скорость изготовления полимерных изделий, а также уменьшить как количество, так и стоимость оборудования [6, 9].

Рис. 3. Эскиз формы с нагревательными элементами:
1 – полость отливаемой детали; 2 – силиконовая форма;
3 – нагревательные элементы

Влияние температуры на скорость полимеризации

Скорость полимеризации в зависимости от температуры иллюстрирует приведенный ниже график (рис. 4), показывающий время набора прочности полиуретанового компаунда АДВ-14 при 22 °С (соответствует отсутствию нагрева формы), 40 °С («средний» нагрев), 80 °С.

Рис. 4. Зависимость набора прочностных свойств полиуретанового компаунда АДВ-14 от времени при различных температурах нагрева

Выявлено ускорение полимеризации и набора прочностных свойств с ростом температуры, значит для ускорения изготовления отливаемого изделия необходим нагрев. Для повышения производительности технологического процесса целесообразно производить нагрев отлитой детали внутренним нагревом самой формы, что не только повысит производительность процесса, но и избавит от необходимости дополнительного оборудования. Наличие нагревательных элементов в корпусе литейной формы является более энергоэффективным. Электропотребление такого способа значительно ниже чем у печей, которые сначала нагревают воздух, а потом уже форму и ее содержимое.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование влияния термостатирования рабочей области на механические свойства изделий, получаемых методом послойного наплавления / М. Ю. Козенко, А. М. Макаров, Е. А. Дьяченко, О. И. Сушкова // *Известия ВолгГТУ : научный журнал* № 3 (238) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 73–76.
2. Назаров, Г. И. Теплостойкие пластмассы. Справочник / Г. И. Назаров, В. В. Сушкин. – М., Машиностроение, 1980.
3. Басов, Н. И. Литьевоe формование полимеров / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков. – М., Химия, 1984.
4. Филатов, В. И. Технологическая подготовка процессов формования изделий из пластмасс / В. И. Филатов, В. Д. Корсаков. – Л., Политехника, 1991.
5. Прокудин, Г. Ю. Разработка автоматизированной установки для литья реактопластов / Г. Ю. Прокудин // Конкурсы научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тез. докл. ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – С. 23–24.
6. Прокудин, Г. Ю. Разработка автоматизированной вакуумной камеры для мелкосерийного литья пластмассовых деталей / Г. Ю. Прокудин, Н. Г. Шаронов // *Известия ВолгГТУ : научный журнал* № 8 (243) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 67–70.
7. Прокудин, Г. Ю. Optimal control of orthogonal-rotary movers of walking robot with an excessive number of drives / G.Yu. Prokudin, N.G. Sharonov, E.S. Briskin // 2019 3rd School on Dynamics of Complex Networks and their Application in Intellectual Robotics (DCNAIR) (Innopolis, Russia, 9-11 September, 2019) / University Innopolis. – [Publisher : IEEE], 2019. – P. 152-154. – DOI: 10.1109/DCNAIR.2019.8875513.
8. Калинин, Э. Л. Автоматизированные литейные машины и системы управления ими / Э. Л. Калинин, А. И. Кригев. – М. : НИИМаш, 1980.