

**УДК 548.5:621.74.045**

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС**

Александр Александрович Воронов

*Аспирант 2 года,  
кафедра «Машины и технологии литейного производства»  
Московский политехнический университет*

*Научный руководитель: М.Ю. Ершов,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и технологии литейного производства»*

В данной работе сделана попытка систематизации научно-технических задач возникающих при проектировании, изготовлении и эксплуатации пресс-форм для литья пластических масс под давлением. Задачи разделены нами на четыре группы: первая связана с начальным этапом проектирования пресс-форм, вторая – с серийностью производства, третья – с проектированием литниково-питающих систем, четвёртая – с тепловыми расчётами в процессе формирования изделий. Решение таких задач направлено на повышение качества отливаемых деталей, уменьшение расхода материала, снижение стоимости разработки и изготовления пресс-форм.

Первая группа. Связана с разработкой модулей позволяющих снизить зависимость сроков и качества проектирования формы от опыта проектировщика.

На начальной стадии проектирования пресс-форм возникает необходимость в поддержке конструктора в вопросах принятия решений, касающихся конструкции формы. В настоящее время уже создан специальный вычислительный модуль поддержки принятия решений, позволяющий производить выбор машины литья под давлением на основании термических, реологических и механических вычислений разрабатываемых пресс-форм [4]. В модуль интегрированы различные аспекты проектирования, такие как: давление впрыска и усилие запирания формы, время впрыска и время выдержки до раскрытия формы. Также учитывается влияние давления формы и времени выдержки формы на дефекты в структуре детали и её геометрическую стабильность.

Рассматриваются и более наукоемкие системы для проектирования пресс-форм, которые включают в себя модули для расчета рабочей полости, расчета геометрических параметров, вычисления числа плит пресс-формы и выбора машины литья под давлением. Все это осуществляется с использованием стандартных библиотек компонентов для проектирования форм для литья пластмасс под давлением.

Ведутся исследования по созданию и более простых модулей [3], в которых в качестве основной методологии для поддержки проектирования используется аксиоматическое проектирование, следуя рекомендациям которого генерируются несколько концептуальных решений путем сопоставления функциональных требований.

Вторая группа. Расширяет область применения способа литья пластических масс на пресс-автоматах.

Принято считать, что пресс-формы разрабатываются исключительно для серийного и крупносерийного производства. Однако из практики последних лет известны случаи изготовления единичного изделия или мелкосерийной партии отливок методом литья под давлением. При этом изделие удаётся получить быстро и дешево. Для таких случаев возможно применение композитных вставок, изготовленных при

помощи аддитивных технологий. Такие формы при всей очевидности их низкой стойкости к износу, являются неплохим инструментом для отработки конструкции отливаемой детали на том материале, который планируется для серийного производства.

Пресс-формы с композиционными вставками могут применяться и для мелкосерийного производства, если на композитные вставки наносить эпоксидные и другие покрытия с последующей их механической обработкой. Такой подход [9] демонстрирует приемлемое качество поверхности инструмента и необходимый срок службы пресс-формы, что позволяет снизить затраты на оснастку за счёт гибкости проектирования пресс-форм.

Третья группа. Включает актуальные задачи создания системы автоматической оптимизации литниково-питающей системы при проектировании пресс-форм для литья пластмасс под давлением.

Расчет литниково-питающих систем пресс-формы всегда относился к сложным и актуальным задачам, учитывающим перенос разогретого материала от сопла прессового механизма к питателю и заполнение рабочей полости. От того какой будет форма и величина поперечного сечения литника, зависит легкость извлечения его из пресс-формы. Ошибки в расчётах приводят к падению давления по длине литниковой системы и как следствие, не заполнению рабочей полости. Также, неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенного расхода материала, напряжений в изделии, его коробления, снижения производительности процесса, образования на поверхности изделия дефектов, портящих внешний вид [1, 2]. Все вышесказанное относится преимущественно к холодноканальным формам.

Наряду с традиционными формами литников продолжается поиск наиболее оптимальной формы поперечного сечения литника [8].

Четвёртая группа. Включает тепловые задачи по расчёту температурных полей пресс-форм, решение которых возможно с использованием достаточно мощных вычислительных систем.

При литье пластмасс под давлением контролируемый отбор тепла необходим для получения деталей с заданными геометрическими параметрами и параметрами формы.

Предотвращение формирования в отливке высоких внутренних напряжений, которые могут привести к её деформации, а также не стабильности размеров, в пресс-форму должна быть внедрена эффективная, а главное, точно расположенная система охлаждения [1].

На сегодняшний день существуют различные подходы к оптимизации системы охлаждения пресс-форм. Они охватывают методы трассировки лучей, кластерные алгоритмы, искусственные нейронные сети, а также методы, основанные на обратной задаче теплопроводности [5,6, 7].

Перечисленные группы научно-технических задач не утратили своей актуальности и являются предметом поисковых работ ряда исследователей.

### **Литература**

1. *Казмер Д.О.* Разработка и конструирование литьевых форм/ *Д.О. Казмер* пер. с англ. Под ред. В.Г. Дувидзона. – СПб.: Профессия, 2011. – 493 с.
2. *Пантелеев, А.П.* Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс/ *А.П. Пантелеев, Ю.М. Шевцов, И.А. Горячев.* – М.: Машиностроение, 1986. – 397 с.

3. Ferreira, I. Axiomatic design as a creative innovation tool applied to mold design/ I. Ferreira, J.A. Cabral, P.M. Saraiva. – Worcester: The seventh international conference on axiomatic design, 2013.
4. *Hadzistevic M.* Rule base reasoning in the knowledge-based mould design system/ M. Hadzistevic [и др.]. – Technical Gazette 21, 5(2014) – 1143-1148 с.
5. *Hassan H.* A Proposed Technique to Improve the Filling of the Mold Cavity by Polymer During Injection Molding/ H. Hassan [и др.]. – Polymer Engineering and Science, 2011. – 1155-1164.
6. *Hopmann CH.* Minimisation of Warpage for Injection Molded Parts with Reversed Thermal Mould Design/ CH. Hopmann [и др.]. – Proceedings of the Regional Conference Graz, 2015.
7. *Mehnen J.* Multi-objective evolutionary design of mold temperature control using DACE for parameter optimization/ J. Mehnen [и др.]. – International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, 2007. – 661-667 с.
8. *Moayyedian M.* New Design Feature of Mold in Injection Molding For Scrap Reduction/ M. Moayyedian, R. Marian. – 2<sup>nd</sup> International Materials, Industrial and Manufacturing Engineering Conference, 2015.
9. *Springfield R.* Evaluation of Additive Manufacturing for Composite Part Molds/ R. Springfield. – OAK Ridge National Laboratory, 2014.