

# **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ FLOW-3D И SOLIDWORKS PLASTICS ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ИНЖЕКЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ (MIM)**

К. А. СЫТНИК

*магистр 2 года,*

*кафедра «Литейные технологии»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: Хилков Д.Э.,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные технологии»*

Инжекционное формование металлических порошков (Metal Injection Molding, MIM) является перспективной технологией получения малогабаритных деталей сложной формы с высокой точностью и минимальным объемом механической обработки. При проектировании MIM-процесса существенное значение имеет компьютерный инженерный анализ (Computer-Aided Engineering, CAE), позволяющий на этапе разработки оснастки оценить характер заполнения формы, распределение давления, вероятность образования линий спая и воздушных ловушек.

Целью работы являлось сравнение возможностей программных комплексов FLOW-3D и SOLIDWORKS Plastics при моделировании течения металлопорошкового шликера и заполнения формующей полости. В качестве материала рассматривалась композиция на основе порошка коррозионностойкой стали 316L и полимерного связующего. Для описания реологического поведения шликера использовались модели Гершеля–Балкли, Cross-WLF, Carreau и Carreau–Yasuda, параметры которых сопоставлялись с экспериментальной реограммой.

Сравнение проводилось на двух типах геометрии: простой цилиндрической полости и изделия сложной конфигурации медицинского назначения. Первая задача использовалась для проверки адекватности описания фронта потока и времени заполнения, вторая — для оценки применимости пакетов к практическим задачам выбора литниковой схемы и прогнозирования дефектов. Установлено, что при моделировании простой геометрии оба программных комплекса дают качественно согласованные результаты по характеру заполнения. Однако по мере усложнения формы различия между пакетами становятся более заметными.

Показано, что FLOW-3D более информативен при анализе нестационарной гидродинамики, формировании свободной поверхности и струйных эффектов. Данный пакет позволяет детально отслеживать продвижение фронта потока, выявлять локальные задержки заполнения и оценивать особенности течения в узких и криволинейных каналах. Это особенно важно для MIM, где высоконаполненный шликер чувствителен к изменениям сечения и режимам подачи материала.

В свою очередь, SOLIDWORKS Plastics оказался удобным инструментом для инженерной оценки технологичности процесса. С его помощью эффективно определяются вероятные линии спая, области запирания воздуха, распределение давления и потенциальные зоны усадочных дефектов. Для задач предварительной проработки конструкции формы и литниковой системы этот пакет является более быстрым и удобным с практической точки зрения.

Дополнительно установлено, что выбор реологической модели существенно влияет на результаты расчета. Для инженерных задач наиболее удобной оказалась модель Cross-WLF, обеспечивающая устойчивый расчет в SOLIDWORKS Plastics и удовлетворительное описание вязкостно-температурной зависимости. Для более детального гидродинамического анализа целесообразно использовать модели, предварительно откалиброванные по экспериментальным данным, с последующей проверкой в FLOW-3D.

По результатам работы сделан вывод, что FLOW-3D и SOLIDWORKS Plastics не являются взаимозаменяемыми пакетами, а должны рассматриваться как взаимодополняющие инструменты. SOLIDWORKS Plastics целесообразно использовать на этапе быстрой инженерной оценки литниковой схемы и дефектов формования, а FLOW-3D — для углубленного анализа сложного течения, свободной поверхности и нестандартных режимов заполнения. Такой комбинированный подход позволяет повысить достоверность моделирования МІМ-процесса и сократить объем натуральных технологических экспериментов.

### **Литература**

1. German R.M. Powder Injection Molding. – Princeton: Metal Powder Industries Federation, 1990. – 472 p.
2. Heaney D.F. Handbook of Metal Injection Molding. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. – 656 p.
3. Li Y., Liu X., Loh N.H., Tor S.B. Numerical simulation and optimization in powder injection molding: a review // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – Vol. 182. – P. 1–13.
4. Gonzalez-Gutierrez J., Stringari G.B., Emri I. Rheological and mechanical properties of highly filled feedstocks for powder injection molding // Powder Technology. – 2018. – Vol. 328. – P. 481–492.