

МЕТОДИКА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЕЖДУ ПРОГРАММНЫМИ ПРОДУКТАМИ PROCAST И DEFORM-3D

©2016 Я.А. Ерисов, С.В. Сурудин, А.Г. Шляпугин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE METHOD OF DATA TRANSFER BETWEEN THE PROCAST AND DEFORM-3D SOFTWARE PROGRAMS

Erisov Ya.A., Surudin S.V., Shlyapugin A.G. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper presents the data transfer method between ProCAST and Deform-3D, which allow taking into account the geometry, temperature, residual stresses and microstructure of semi-finished product in the “casting – forming” processes.

Современный уровень развития вычислительной техники и численных методов позволяет учесть особенности кристаллического строения материала при компьютерном моделировании отдельных технологических процессов изготовления как полуфабрикатов (литьё, прокатка, прессование), так и готовых изделий (горячая объёмная штамповка, холодная листовая штамповка, сварка) [1]. Однако, внутреннее строение, а значит и свойства материала, претерпевают изменения на всех этапах производства изделий, начиная с литья слитка, прокатки и заканчивая листовой штамповкой. Выполнить же такое сквозное компьютерное моделирование производственного цикла с учётом эволюции микроструктуры на данный момент не позволяет практически ни одна CAE-программа [2-4].

С целью устранения данного недостатка разработана методика передачи данных между программными продуктами ProCAST 2013 и Deform-3D v10.2, позволяющая учитывать геометрию, температуру, остаточные напряжения и микроструктуру материала в цепочке литьё (ProCAST) – объёмная штамповка (Deform-3D).

В зависимости от параметров моделирования типовой набор файлов для передачи может изменяться. Так, если при моделировании литья необходимо выполнить расчёт остаточных напряжений, возникающих при кристаллизации и остывании отливки, то необходимо экспортировать следующие файлы:

- **gs.inp* – сетка, интенсивность деформаций, компоненты тензора напряжений, температура;
- **c.unv* – показатель пористости;

- **f.stl* – геометрия усадочной раковины;
- **m2.unv* – средний размер зерна, если же расчёт остаточных напряжений не выполнялся:
- **.inp* – сетка;
- **t.unv* – температура;
- **c.unv* – показатель пористости;
- **f.stl* – геометрия усадочной раковины.
- **m2.unv* – средний размер зерна.

Отдельно необходимо отметить следующие наиболее важные моменты преобразования данных.

Порядок записи компонентов тензора напряжений в *inp* и *key*-файле отличаются (*S11 S22 S33 S12 S13 S23* и *S11 S22 S33 S12 S23 S13* соответственно), поэтому при передаче необходимо произвести перестановку соответствующих компонентов.

Данные по пористости и размеру зерна в *unv*-файле представлены по узлам, а в *key*-файле – по элементам, поэтому при сохранении данных в *key* – файл производится осреднение показателя по 4-м узлам, составляющих элемент. Кроме того, показатели пористости в ProCAST и Deform-3D отличаются: в первом используется относительная пористость, т.е. доля объёма газовой составляющей ко всему объёму, а во втором – относительная плотность, т.е. отношение плотности пористого тела к пористости идеально плотного тела.

Поэтому при сохранении данных в *key*-файл следует произвести перерасчёт показателя плотности по следующему алгоритму:

$$x_n = 1 - \frac{y_i + y_j + y_k + y_l}{400},$$

где n – номер элемента, состоящего из узлов i, j, k и l ; x_n – относительная плотность (*key*-

файл); y_i – относительная пористость (*inv*-файл). Таким образом, для каждого элемента определяется средняя арифметическая относительная пористость составляющих его узлов, которая пересчитывается в относительную плотность.

По умолчанию единицей измерения размера зерна в ProCAST являются сантиметры, а в Deform-3D используются микроны, поэтому при передаче необходимо дополнительно выполнить перевод единиц измерения. Кроме того, особенностью Deform-3D является то, что для работы с данными о размере зерна ему необходима информация о свойствах материала, а именно параметры модели Авраами, описывающей процесс рекристаллизации. Поэтому при передаче данных программа отдельно запра-

шивает *key*-файл, содержащий информацию о материале.

Учёт усадочной раковины, образующейся при литье, осуществляется следующим образом. При передаче *stl*-файла, содержащего геометрию усадочной раковины, в Deform-3D программа отдельно создаёт дополнительный объект, соответствующий усадочной раковине. В связи с тем, что по умолчанию единицей измерения в ProCAST являются сантиметры, а в Deform-3D – миллиметры, то при передаче необходимо выполнить перевод единиц измерения. Уже в Deform-3D пользователь вручную, используя операцию Boolean, «вычитает» из геометрии отливки геометрию усадочной раковины.

В качестве примера на рис. 1 приведены результаты передачи данных о пористости.

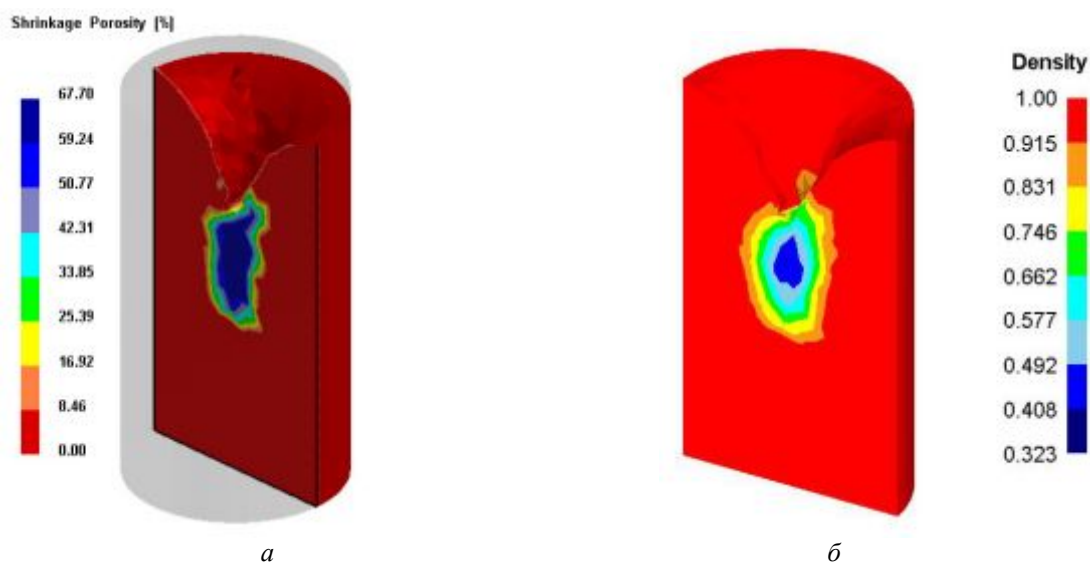


Рис. 1. Пористость в отливке: а – ProCAST, б – Deform-3D

Таким образом, разработанная методика позволяет осуществлять передачу результатов моделирования литейных процессов из программного комплекса ProCAST в Deform-3D для последующего моделирования процессов обработки давлением литых заготовок с учётом эволюции микроструктуры на каждом этапе производства.

Библиографический список

1. Helm D., Butz A., Raabe D., Gumbsch P. Microstructure-based description of the deformation of metals: Theory and application. 2011. JOM, 63 (4). P. 26-33.
2. Skripalenko M.M., Bazhenov V.E., Romantsev B.A., Skripalenko M.N., Koltygin

A.V., Sidorov A.A. Computer modeling of chain processes in the manufacture of metallurgical products. 2014. Metallurgist, 58 (1-2). P. 86-90.

3. Jaouen O., Costes Fr., Lasne P. A new 3D simulation model for complete chaining casted and forged ingot, Proc. 1st Int. Conf. on Ingot Casting, Rolling, and Forging, June 5, 2012. U.S. P. 1-9.

4. Abdullin A.D., Ershov A.A. End-to-End Simulation of Casting and Metal-Forming Operations with ProCAST and Qform Software. 2014. Metallurgist, 58 (5-6). P. 339-345.