

Компьютерное моделирование и совершенствование прессового рабочего инструмента

С.В. Паршин, А.А. Паршина

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Аннотация: В статье представлено моделирование процесса прессования квадратного прутка на конкретном примере, описана последовательность основных этапов с использованием конечно-элементного метода. Рассмотрено совершенствование геометрии прессового инструмента со сравнением исходной и конечной формы по влиянию на свойства готовой продукции, приведены рекомендации по применению моделирования в практике разработки технологии процесса обработки давлением.

Ключевые слова: прессование, инструмент, матрица, квадратный пруток, конечно-элементный метод.

Для изготовления профилей из алюминиевых сплавов часто применяют прессование. Прессование алюминиевых сплавов обеспечивает получение профилей сложной формы с высокой чистотой поверхности и малыми толщинами стенок (например, многолучевые трубы из сплава АД31). Параметры инструмента (форма, материал, шероховатость) оказывают значительное влияние на процесс. Для улучшения свойств материала применяется предварительный подогрев и последующая термообработка. Небольшие объемы партий обуславливают необходимость применения компьютерного моделирования для оптимизации геометрии инструмента, что особенно важно при разработке сложных профилей. Конечно-элементное моделирование является проверенным методом для описания широкого спектра геометрий задач и материалов [1, 2].

В нашем случае, вместо зарубежного ПО (например, Deform 3D, с ограничениями в техподдержке) использовался конечно-элементный пакет QForm (ООО «КванторФорм», Россия) [3, 4], обладающий рядом преимуществ: модули для различных процессов обработки давлением, базы данных типового оборудования (включая прессовое [5]) и свойств материалов (по российским и зарубежным стандартам), различные законы

трения (Зибеля, Леванова, Кулона), база данных смазок, возможность импорта геометрии из САD-пакетов. Для верификации метода моделирования было проведено моделирование прессования квадратной заготовки (АД31, 430°) на горизонтальном гидропрессе (15 МН, угол матрицы 21°) в объемной постановке задачи с плоской симметрией 2 порядка. 3D-модель включала цилиндрический контейнер с конической матрицей, половинную цилиндрическую заготовку и недеформируемый плунжер. В QForm заданы параметры решения (тип задачи – трехмерная, тип операции – прессование), импортирована геометрия, заданы материалы, температура заготовки, параметры инструментов (контейнер – неподвижный, сталь Н13, пуансон – нагружен гидропрессом 15 МН), тип смазки (графит-вода, горячие процессы, температура инструмента 200°), условие остановки (перемещение плунжера 60 мм). Для повышения точности геометрии увеличена адаптация конечно-элементной сетки. Анализировали разогрев металла от пластической деформации при прессовании (см. рис. 1).

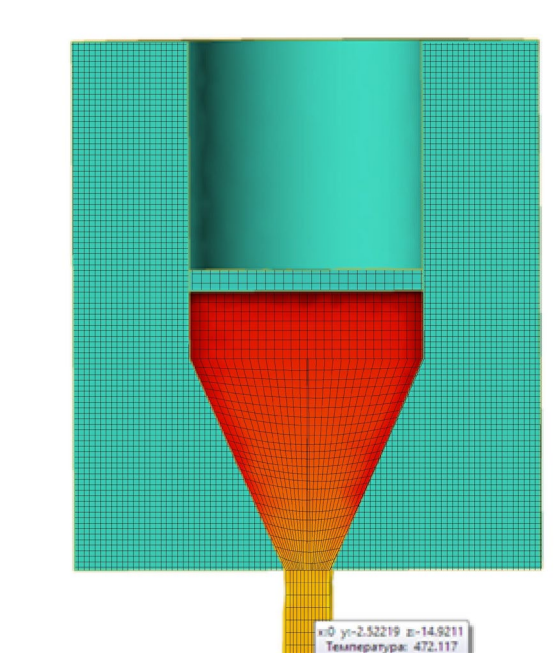


Рис. 1. Температурное поле заготовки.

Было установлено, что не происходит захлаживания граней профиля, наоборот, температура распределена по сечению получаемого прутка достаточно равномерно и составляет около 470° , что превышает исходную.

Анализировали распределение интенсивности напряжений по продольному сечению очага деформации (рис. 2). Выявлено, что напряжения по мере обжатия заготовки в конусной части матрицы плавно нарастают, достигая максимума в самой узкой ее части, у выхода, после чего резко спадают до нуля уже после выхода прутка из прессовой матрицы. Предполагается, что резкий перепад интенсивности напряжений может негативно влиять на повреждаемость металла и вызывать искривление готового изделия из-за неравномерного распределения остаточных напряжений.

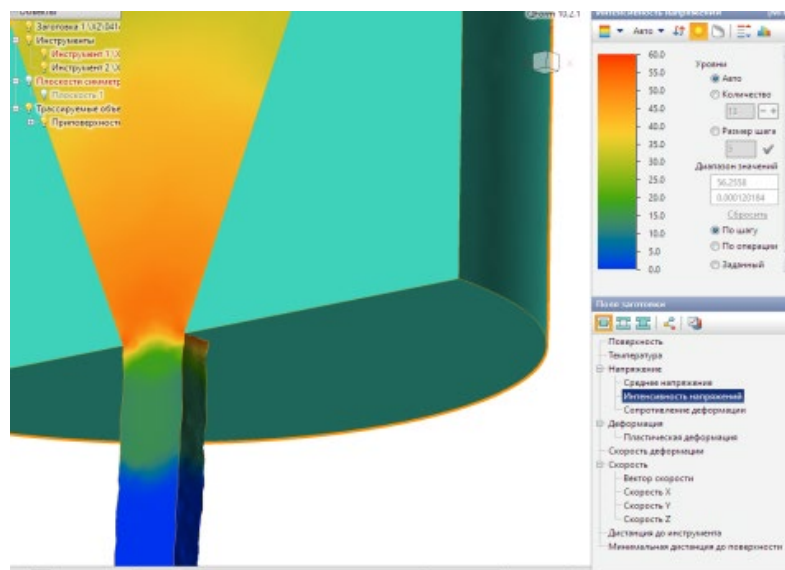


Рис. 2. Распределение интенсивности напряжений.

В результате серии расчетных экспериментов наилучшие показатели достигнуты для случая, когда квадратный профиль (размер грани S) рабочего просвета матрицы имеет скругленные углы (радиус скругления $0,1 S$), а выходная часть матрицы выполнена с калибрующим участком и плавным переходом между калибрующим и рабочим участком радиусом $0,8 S$ (рис. 3).

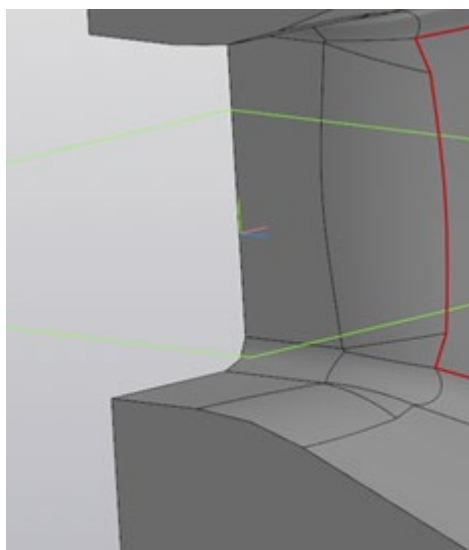


Рис. 3. Усовершенствованная конструкция матрицы. Трехмерная модель.

Применение новой конструкции матрицы обеспечивает ряд преимуществ: исключение искривления профиля (ранее до 5-6%), а также снижение повреждаемости материала, определяемой по методике В.Л. Колмогорова [6]. Это избавляет от необходимости использования дорогостоящего оборудования для правки и способствует повышению производительности. Отмечается снижение уровня пластической деформации (с 5 до 4,8), положительно влияющее на качество готового изделия. Дальнейшее совершенствование геометрии матриц для прессования и других процессов объемной деформации цветных металлов [7, 8] открывает перспективы повышения эффективности производства, снижения затрат и расширения ассортимента. Применение компьютерного моделирования сокращает сроки разработки и испытаний инструмента, позволяя оптимизировать его конструкцию и, как следствие, повысить эффективность производства [9, 10].

Литература

1. Овчинников М.А., Сокол В.А., Соловьева О.Ю., Тарасова Т.А., Грецова Н.В., Клячина Н.В., Лагунов Е.Н. Математическое моделирование изделий из композитных материалов с заданными свойствами // Инженерный вестник Дона, 2023, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8131/.
2. Паршин С.В., Семенова Н.В., Паршина А.А. Моделирование процесса раздачи нефтяных труб в скважине и выбор параметров инструмента // Инженерный вестник Дона, 2023, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8206/.
3. Биба Н.В., Лишний А.И., Стебунов С.А. Расчёт инструмента и технологии прессования профилей с помощью программы QForm // Цветные металлы, 2009, № 10. С. 83-87.
4. Vazquez V., Walters J., Altan T. Simulation von Schmiedeprozessen – Stand der Technik in den USA // Vortragstexte des Symposium “Neuere Entwicklungen in der massivumformung”, Stuttgart, Univ. Stuttgart, 1999. С. 139-160.
5. Anderson K., Kivivuori S. Modelling a copper extrusion process of a D-profile using a 2D and 3D FE-program // The Baltic sea metal forming and cutting seminar. Warsaw, Warsaw University of technology, 1997. С. 5/1-5/10.
6. Pietrzyk M. Modelling of hot metal forming in the conditions of variable strain rates and temperatures // Warsaw, Engineering Transactions, 1999. С. 321-337.
7. Lin C., Ransing R., An innovative extrusion die layout design approach for single-hole dies // Journal of materials processing technology, 2009. №209. С. 3416-3425.
8. Stebunov S., Lishnij A., Biba N., Development and industrial verification of QForm-Extrusion program for simulation profile extrusion // Proceeding of International Conference on Extrusion and Benchmark, Dortmund, 2009, С. 41-42.



9. Donati L., Tomesani L., Schikorra M., Tekkaya E., 2007, Extrusion Benchmark 2007 // Proceedings of the Conference Latest Advances in Extrusion Technology and Simulation in Europe. Bologna, 2007. C. 89-95.
10. Stebunov S., N. Biba, and A. Lishnij, QForm-Extrusion – The Program for Simulation and Development of Profile Extrusion Technology // Proceedings of the Conference on Aluminium in Building, Moscow, Russia, 2008, C. 8283.

References

1. Ovchinnikov M.A., Sokol V.A., Solov'eva O.Yu., Tarasova T.A., Gretsova N.V., Klyachina N.V., Lagunov E.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8131/.
2. Parshin S.V., Semenova N.V., Parshina A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8206/.
3. Biba N.V., Lishnij A.I., Stebunov S.A. Tsvetnye metally, 2009, № 10. pp. 83-87.
4. Vazquez V., Walters J., Altan T. Vortragstexte des Symposium “Neuere Entwicklungen in der massivumformung”, Stuttgart, Univ. Stuttgart, 1999. pp. 139-160.
5. Anderson K., Kivivuori S. The Baltic sea metal forming and cutting seminar. Warsaw, Warsaw University of technology, 1997. pp. 5/1-5/10.
6. Pietrzyk M. Warsaw, Engineering Transactions, 1999. pp. 321-337.
7. Lin C., Ransing R. Journal of materials processing technology, 2009. №209. pp. 3416-3425.
8. Stebunov S., Lishnij A., Biba N. Proceeding of International Conference on Extrusion and Benchmark, Dortmund, 2009, pp. 41-42.
9. Donati L., Tomesani L., Schikorra M., Tekkaya E., 2007. Proceedings of the Conference Latest Advances in Extrusion Technology and Simulation in Europe. Bologna, 2007. pp. 89-95.



10. Stebunov S., N. Biba, and A. Lishnij Proceedings of the Conference on Aluminium in Building, Moscow, Russia, 2008, P. 8283.

Дата поступления: 27.02.2025

Дата публикации: 25.04.2025