

УДК 621.777.01

Исследование прессования рамного профиля через комбинированную матрицу

Долгий Кирилл Сергеевич

maindolgiykirill99@gmail.com

Евсюков Сергей Александрович

Артюховская Татьяна Юрьевна

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение разработанной математической модели для оценки геометрических параметров питателей на примере полого алюминиевого профиля. Модель основана на результатах более чем 100 численных моделирований комплектов комбинированных матриц и учитывает такие параметры, как площадь питателей, расстояние до центра матрицы и удаленность от профиля. Проведен анализ распределения потока металла в питаемых зонах, по результатам которого разработан технологический процесс, позволяющий производить годный профиль.

Ключевые слова: прессование, прессование алюминия, проектирование матрицы, полый профиль, питатель

Study of the influence of feeder channel size and position on metal flow in aluminum alloy extrusion

Dolgii Kirill Sergeyevich

maindolgiykirill99@gmail.com

Evsyukov Sergey Alexandrovich

Artyukhovskaya Tatiana Yurievna

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This study focuses on the application of a developed mathematical model for evaluating the geometric parameters of feeders, using the example of a hollow aluminum profile. The model is based on the results of over 100 numerical simulations of industrial combined die sets and takes into account parameters such as feeder area, distance from the die center, and proximity to the profile. An analysis of metal flow distribution in the feeding zones was carried out, based on which a technological process was developed that ensures the production of a conforming profile.

Keywords: extrusion, aluminum extrusion, die design, hollow profile, feeder

Введение. Алюминиевые профили нашли широкое применение во многих отраслях техники благодаря таким качествам, как малый вес, высокая коррозионная стойкость и прочность. Они используются в строительстве (оконные и дверные системы, фасады, несущие конструкции), автомобилестроении (элементы кузова, рамы, системы охлаждения), авиастроении (панели обшив-

ки, каркасы), железнодорожной промышленности (детали вагонов и интерьеров), электроэнергетике (корпуса и радиаторы оборудования), судостроении (надстройки и элементы корпуса), производстве мебели, бытовой техники и в системах вентиляции и кондиционирования. С развитием этих отраслей растут как сложность, так и требования к профилю — к его геометрии, качеству поверхности и конструкционным свойствам.

Одной из ключевых задач при разработке технологического процесса прессования алюминиевых профилей является проектирование матричных комплектов. Особую сложность представляет проектирование комбинированных матриц, используемых для получения профилей полых сечений. В таких матрицах металл, поступающий из контейнера, разделяется в рассекателе на несколько потоков, проходящих через специальные отверстия (питатели), которые затем сходятся в единый поток и свариваются в сварочной камере. Для получения качественного профиля критически важно обеспечить равномерное распределение объема металла по всему сечению — в каждый элемент профиля металл должен поступать с достаточным объемом [1].

Однако на практике добиться равномерного течения затруднительно из-за несимметричного характера распределения объемов металла в потоках, обусловленного как геометрией профиля, так и конфигурацией питателей. Простого расчета сечений питателей на основе закона сохранения объема недостаточно, поскольку на характер течения металла существенное влияние оказывают также положение питателей в матрице и их форма.

Современные пакеты для моделирования, такие как QForm Extrusion [2, 3], позволяют спроектировать несколько вариантов комплектов матриц, провести моделирование прессования для каждого из них и выбрать наиболее оптимальный вариант конструкции матрицы. Однако этот процесс требует многократных итераций, включающих изменение конструкции матрицы, моделирование и повторение цикла, пока не будут достигнуты требуемые показатели равномерности течения металла и прочности матрицы. Такой подход, хотя и эффективен, является трудоемким и требует значительных вычислительных ресурсов [3, 4].

В данной работе предложен альтернативный подход, основанный на использовании математической модели, описывающей питатели на основании их площади, расстояния до центра матричного комплекта и расстояния до профиля [5]. Данный подход позволяет оценить матричный комплект уже на этапе проектирования и не проводить моделирование заведомо неудачных вариантов. Разработка такого подхода проектирования конструкции комбинированных матриц позволила ускорить разработку технологического процесса прессования за счет сокращения сроков проектирования.

Материалы и методы. На рис. 1 представлен эскиз исследованного в работе профиля. Данный профиль несимметричен, имеет 2 полости, а также 2 полки, внутреннее ребро, разделяющее полости и замок, расположенный внутри нижней полости. Поскольку профиль полый, для его производства необходимо использовать комбинированную матрицу.

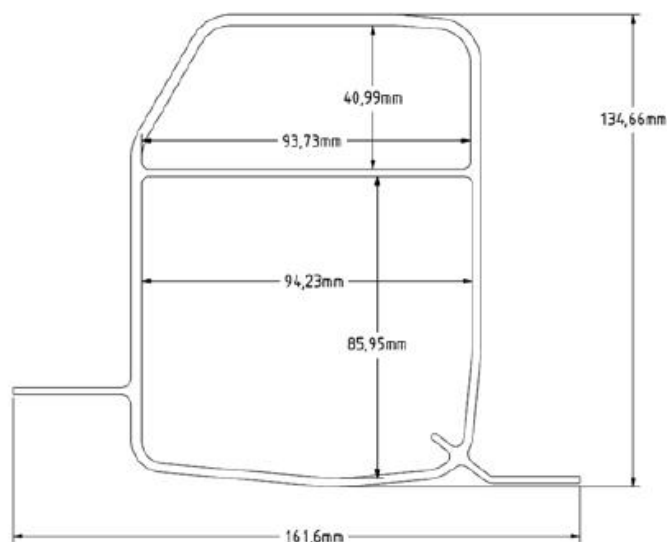


Рис. 1. Эскиз профиля

На рис. 2 изображен матричный комплект в плане сверху. На нем показаны питатели 1, оси перемычек 2 и профиль 3. Количество перемычек определяют количество питателей. Матрица для прессования исследуемого профиля имеет 6 перемычек и 6 питателей, а также центральную подпитку. Через каждый питатель проходит определенное количество металла, которое поступает в ограниченную зону на профиле.

На объем металла, протекающего через питатель, оказывают влияние такие его характеристики как площадь поперечного сечения $A1$, расстояние между центром питателя с и центром матричного комплекта $l2$, расстояние между центром питателя с и центром участка профиля $l1$, в который поступает металл из этого питателя, а также площадь $A2$ этого участка профиля. Для учета этих параметров была разработана математическая модель, позволяющая оценить площадь питателя, не прибегая к длительному моделированию.

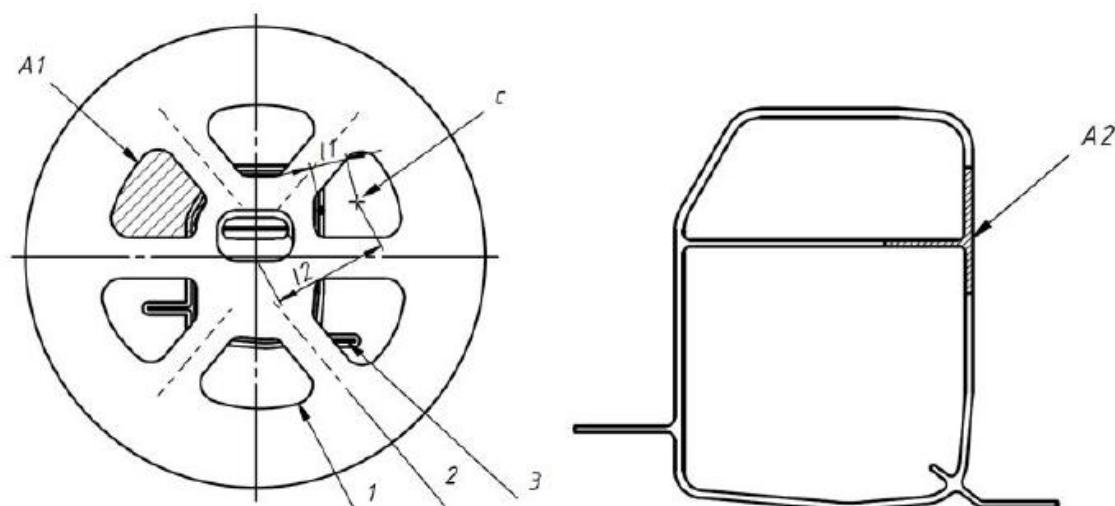


Рис. 2. Конструктивные элементы матрицы

В таблице представлены значения параметров питателей, описанных выше.

Параметры питателей

№	Периметр (мм)	Площадь питаемой зоны (мм ²)	Расстояние до питаемой зоны (мм)	Расстояние до центра комплекта в плане (мм)	Расстояние до центра питаемой зоны в плане (мм)
1	224,66	275,28	30,31	92,23	62,68
2	242,22	201,54	30,92	94,72	63,86
3	218,10	243,64	28,57	90,52	66,13
4	243,74	224,43	32,13	98,31	66,20
5	222,46	212,93	33,05	86,16	53,66
6	221,22	208,64	33,27	90,27	57,84
7	172,70	171,50	5,32	17,09	22,41

Проведем математическое моделирование прессования через полученный матричный комплект (рис. 3).

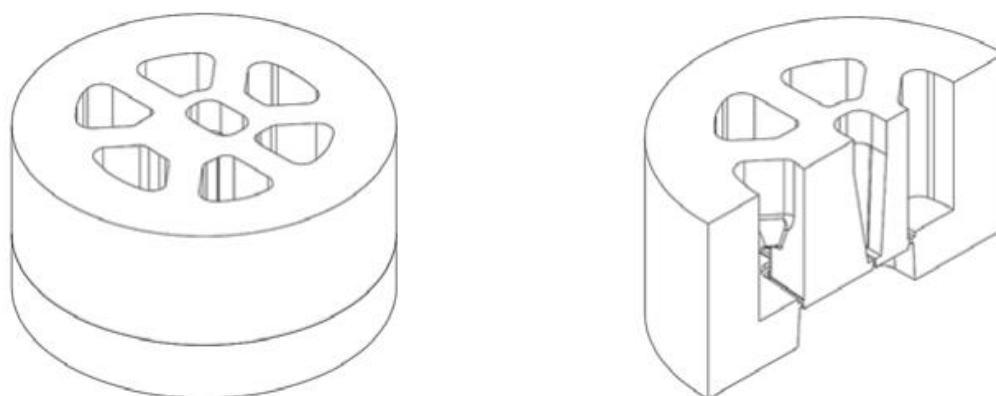


Рис. 3. Полученный матричный комплект

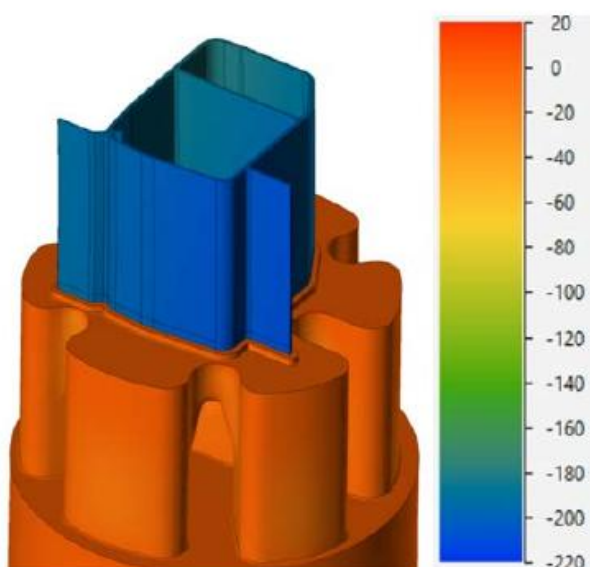


Рис. 4. Моделирование прессования через полученную матрицу

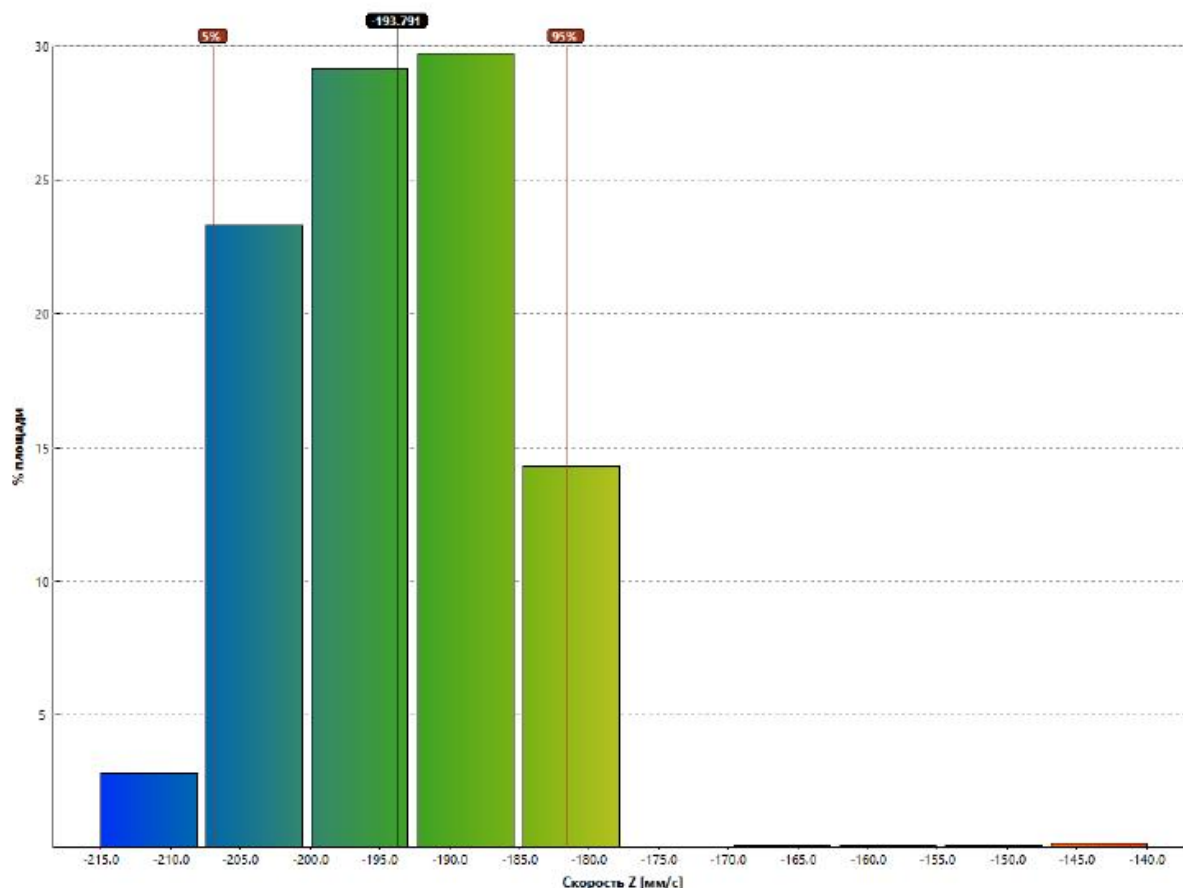


Рис. 5. Распределение скорости истечения профиля

На рис. 4 показаны результаты моделирования прессования через полученную матрицу. Видно, что профиль истекает равномерно, во внутреннее ребро поступает достаточно металла, при этом боковые ребра также истекают равномерно. На рис. 5 показана статистика скоростей истечения металла, на которой показано, что абсолютный разброс скоростей истечения составил 25 мм/с, что соответствует производству годного профиля с равномерным истечением.

Закключение. Показан новый способ проектирования матричных комплектов с применением математической модели, позволяющей оценить годность питателей, не прибегая к длительному моделированию, а уже на этапе проектирования. Было показано, что при относительном отклонении фактических площадей питателей, от рассчитанной при помощи модели в 10 %, получается годная матрица, позволяющая производить профиль без дефектов течения. Полученная математическая модель может применяться для проектирования других профилей и позволит увеличить скорость разработки технологических процессов за счет уменьшения времени моделирования прессования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Bauser M., Sauer G., Siegert K. Extrusion. Ohio, ASM International, 2006. 592 p.
- [2] Стебунов С.А., Князькин И.С., Дюжев А.М. Автоматизированное проектирование матричной оснастки для прессования алюминиевых профилей с применением программ QExDD и QForm-Extrusion. CAD/CAM/CAEObserver, 2015, vol. 6, no. 98, pp. 19–22.
- [3] Stebunov S. et al. Development and industrial verification of QForm-Extrusion program for simulation profile extrusion. Proceeding of International Conference on Extrusion and Benchmark. Dortmund, 2009, pp. 41–42.
- [4] Гладков Ю.А., Каневский С.С. Моделирование прессования алюминиевых профилей в новой версии программы QformExtrusionVX: совместная деформационная задача. *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*, 2016, № 11, с. 41–48.
- [5] Евсюков С.А., Долгий К.С., Дюжев А.М. К вопросу об определении расположения питателей при прессовании полых профилей. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2023, т. 21, № 1, с. 19–22.