

УДК 621.74:004.9

МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА СПОСОБА ЛИТЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

А. С. Горюхин¹, Е. С. Гайнцева², И. И. Шайхутдинова³

¹GoruhinAS@yandex.ru, ²gaintsevae@yandex.ru, ³peacelife@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 1 декабря 2014 г.

Аннотация. В машиностроении нашли применение различные способы литья. При изготовлении отливок из нескольких альтернативных вариантов необходимо выбрать наилучший, обеспечивающий требуемое качество при минимальных издержках. В статье рассматриваются основные способы литья применительно к алюминиевым сплавам путем построения многомерной модели данных. Сложность формирования модели заключается в необходимости учета всех основных факторов, оказывающих влияние на получение качественной отливки.

Ключевые слова: литейное производство; сплав; отливка; комплексная многомерная модель.

Организованный на базе ОАО «УМПО» Центр технологической компетенции алюминиевого и титанового литья (ЦТК АТ) предполагает изготовление широкой номенклатуры отливок (более 1000 наименований) различного назначения из алюминиевых сплавов. Применение деталей из алюминиевых литейных сплавов в конструкциях двигателей летательных аппаратов позволяет уменьшить их массу и, как следствие, расход топлива.

Правильный выбор способа литья с учетом габаритов, массы, сложности конструкции, назначения, серийности и т. д. оказывает существенное влияние на качество получаемых отливок. Основными способами производства отливок из алюминиевых сплавов являются литье по выплавляемым моделям (ЛПВМ), литье в песчаные формы (ПГФ), литье под давлением (ЛПД), литье в кокиль, литье в оболочковые формы. Каждый способ литья имеет свои преимущества и недостатки. Так, например, литье в песчаные формы – самый дешевый и массовый (до 75–80 % по массе получаемых в мире отливок) вид литья, однако не позволяет получать отливки с высокой размерной точностью и шероховатостью поверхности [1]. Литьем по выплавляемым моделям можно получить отливки сложной конфигурации с высокой точностью и чистотой поверхности практически из любых сплавов, что позволяет исключить последующую механическую обработку. Однако данный

способ литья имеет длительный технологический цикл и высокую стоимость отливки.

Одну и ту же деталь с заданными свойствами можно изготовить из отливок полученных различными способами. Выбор конкретного способа литья зависит от технических требований конструктора, себестоимости отливки, а также от продолжительности технологического цикла и серийности. Из нескольких возможных вариантов технологического процесса при прочих равных условиях выбирают наиболее экономичный, при равной экономичности – наиболее производительный [2]. При постановке специальных задач, например срочный выпуск отливки, решающими могут оказаться другие факторы (более высокая производительность, минимальное время подготовки производства и др.).

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Как известно из литературы [1, 2] выбор способа литья и разработка технологического процесса изготовления отливки определяются следующими факторами:

- типом сплава, его температурой плавления, литейными свойствами;
- зависимостью его обрабатываемости от способа литья;
- серийностью производства литой детали;

- конструкцией литой детали, ее сложностью, габаритными размерами, массой, толщиной стенок и т. п.;
- особыми требованиями к механическим, химическим и специальным свойствам литой детали (прочность, термостойкость, герметичность и т. п.);
- требованиями к параметрам точности детали заданной конструкции соответственно к параметрам точности отливки;
- производственными возможностями литейного цеха (наличие определенного литейного оборудования, формовочных машин, плавильных агрегатов и т. д.).

Исходя из вышерассмотренных факторов, определяющих разработку конкретного технологического процесса изготовления отливки, поставлена задача построения многомерной модели данных. Объединение всех ограничивающих параметров получения отливки при помощи модели позволяет формализовать процесс выбора способа литья.

Каждая отливка D_i , в рамках конкретного заказа, характеризуется свойствами a_j , рассматриваемыми в виде факторов, влияющих на выбор способа литья:

$$D_i = \{a_j\}, j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

На основе анализа литературных данных [3] составлена таблица основных параметров и их ограничений для каждого способа литья, фрагмент которой представлен в табл. 1, здесь a_1 – масса отливки, a_2 – назначение, a_3 – серийность, a_4 – габариты отливки, a_5 – шероховатость, a_6 – качество точности, a_7 – толщина стенки отливки, a_8 – сложность, a_9 – наличие стержней.

На рис. 1 приведен пример многомерной модели данных, учитывающий налагаемые технологические ограничения для литья в песчаные формы по факторам, представленным в табл. 1.

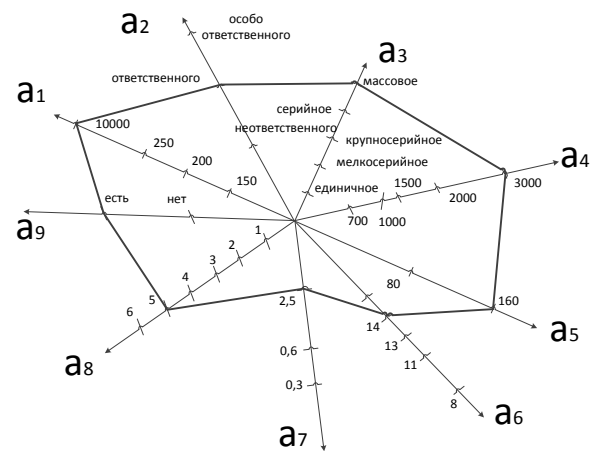


Рис. 1. Многомерная модель, учитывающая налагаемые технологические ограничения для литья в песчаные формы

С целью описания возможностей получения отливок из алюминиевых сплавов различными способами литья составлена комплексная многомерная модель, показанная на рис. 2.

Комплексная многомерная модель представлена набором m плоскостей (для алюминиевого литья $m=5$) ограниченных по n осям (в данном случае $n=9$). Каждая ось отражает значения одного из рассмотренных факторов, учитываемых в формуле 1, а каждая плоскость модели отражает способ литья с основными ограничениями и возможностями. Все плоскости соединены между собой по вертикали, это позволяет отразить изменение конкретного фактора в зависимости от способа литья.

Таблица 1

Основные факторы, влияющие на выбор способа литья

Способ литья	Масса, кг	Назначение	Серийность	Габариты, мм	Шероховатость Rz, мкм	Качество точности	Толщина стенки, мм	Сложность	Наличие стержней
	a_1								
ЛПВМ	200	особо ответственного	серийное	1000	5...80	11...15	более 0,3	6	есть
ПГФ	10000	ответственного	массовое	3000	10...160	14...17	2,5	5	есть
Литье в кокиль	250	ответственного	серийное	2000	5...80	13...16	2,5	5	есть
ЛПД	200	особо ответственного	массовое	700	1,25...80	8...14	более 0,6	6	есть
Литье в оболочковые формы	150	особо ответственного	массовое	1500	5...80	11...14	2,5	6	есть

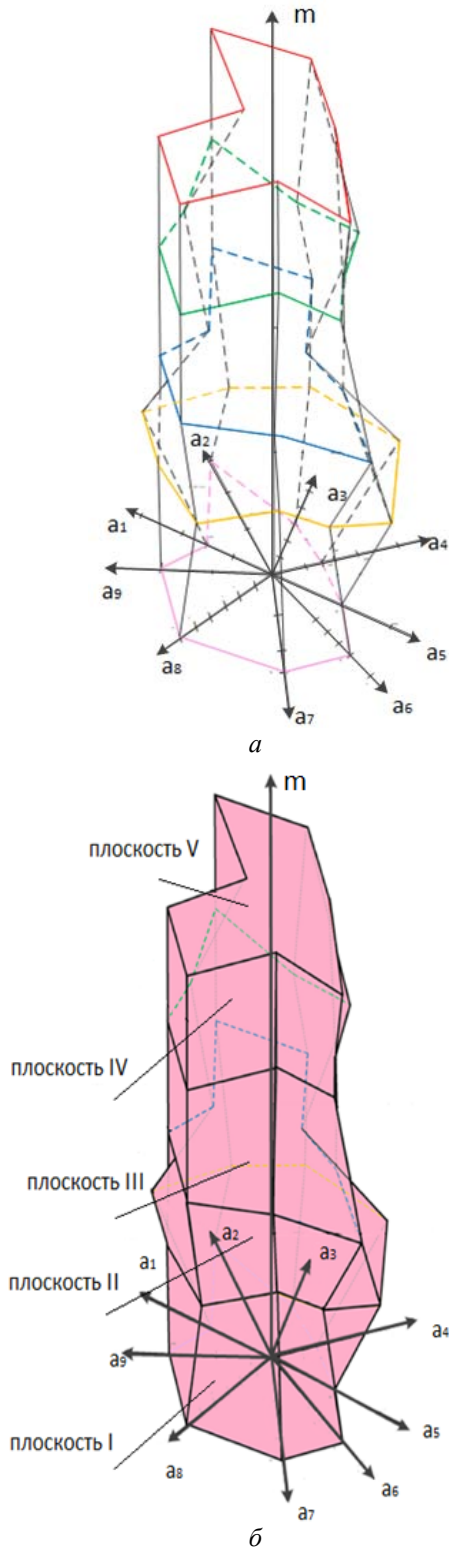


Рис. 2. Комплексная многомерная модель возможности получения отливок из алюминиевых сплавов:
а – структурная;
б – объемная

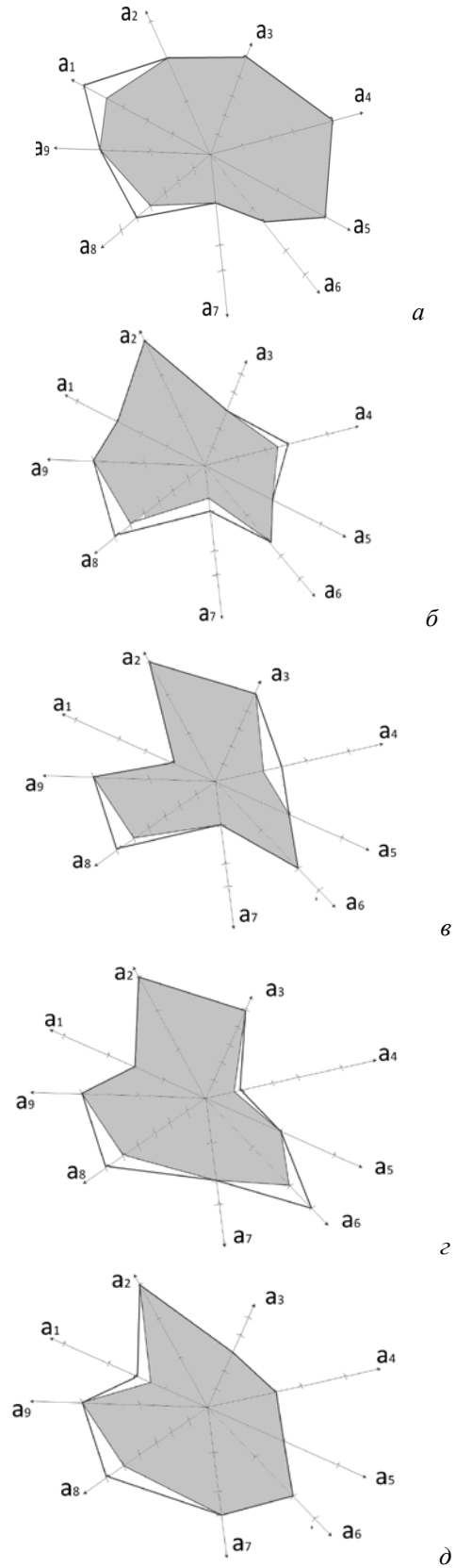


Рис. 3. Многомерная модель, учитывающая налагаемые технологические ограничения ЦТК АТ: *а* – литье в песчаные формы, *б* – литье в кокиль, *в* – литье в оболочковые формы, *г* – литье под давлением, *д* – литье по выплавляемым моделям

Комплексная многомерная модель отражает возможность получения любой отливки из алюминиевых сплавов применяемыми способами литья.

ЦТК АТ планирует начать серийный выпуск продукции в 2017 г. Номенклатура алюминиевого литья составит более 1000 позиций. В настоящее время центр закупает новое оборудование, позволяющее к указанному сроку набрать мощность выпуска до 600 тонн алюминиевого литья в год [4]. В результате анализа имеющегося и закупаемого оборудования, комплексная модель была применена к конкретному производству по пяти способам литья (рис.3). На модель наложены ограничения, отражающие возможность получения отливок в ЦТК АТ.

Таким образом, разработанная многомерная модель адаптирована для конкретного производства ЦТК АТ и может быть применена при работе в ручном режиме. Это позволит сократить время выбора способа литья для новой отливки и более полно использовать имеющееся в цехе оборудование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлена разработанная комплексная многомерная модель в которой рассмотрены основные факторы, влияющие на выбор способа литья и позволяющие учесть налагаемые технологические ограничения для отливок из алюминиевых сплавов. Для каждого из рассмотренных видов литья построена многомерная модель, отражающая его возможности. Построена комплексная многомерная модель, которая отражает возможность получения любой отливки из алюминиевых сплавов альтернативными способами литья. Построенные многомерные модели позволяют учесть специфику конкретного производства путем наложения дополнительных ограничений (например, мощность установок, габаритные размеры формы, опоки и т. д.)

Комплексная многомерная модель является первым этапом формализации выбора способа литья, который позволит перейти к следующим этапам:

- разработать классификатор выпускаемых отливок, имеющий отливку-представитель в каждом классе и связанный с ней базовый технологический процесс;
- на основе классификатора автоматизировать процесс нахождения всех возможных альтернативных вариантов получения вновь поступившей отливки, в зависимости от технических и экономических требований заказчика.

Дальнейшие исследования предполагается продолжить в направлении автоматизации технологической подготовки производства отливок из алюминиевых сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Трухов А. П.** Технология литейного производства. Литье в песчаные формы. М.: Академия, 2005. 525 с. [[А. Р. Truhov, *Technology foundry. Casting sand casting*, (in Russian). Moscow: Academy, 2005.]]
2. **Руденко П. А.** Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев: Вища школа, 1991. 247 с. [[P. A. Rudenko, *Design and production of billets in mechanical engineering*, (in Russian). Kiev: Vishcha Shkola, 1991.]]
3. **ГОСТ 1583-93.** Сплавы алюминиевые литейные. Минск: Изд-во стандартов, 2003. 25 с. [*Aluminum foundries. Requirements*, (in Russian), Fed. standard 1583-93. Minsk: Standards Publisher, 2003.]]
4. **ОАО «УМПО»** [Электронный ресурс]. 2003–2014. URL: <http://www.umpo.ru/> (дата обращения: 15.11.2014). [[*Public Traded Company «УМПО»* (2014, Nov. 15). [Online], (in Russian). Available: <http://www.umpo.ru/>]]

ОБ АВТОРАХ

ГОРЮХИН Александр Сергеевич, доц. каф. МитЛП. Дипл. инж.-мех. (УАИ, 1965). Канд. техн. наук по литейн. пр-ву (МВТУ им. Баумана, 1979). Иссл. в обл. технол. получения сложных отливок в авиапроме.

ГАЙНЦЕВА Екатерина Сергеевна, ст. препод. каф. МитЛП, дипл. (УГАТУ, 2008). Канд. техн. наук по автоматиз. и упр. (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. иск. интеллекта и технол. получения сложных отливок в авиапроме.

ШАЙХУТДИНОВА Ирина Ириковна асп. каф. МитЛП. Дипл. инж. (УГАТУ, 2012). Готовит дис. в обл. автоматиз. и упр. технол. процессами.

METADATA

Title: Multivariate model selection method for production of casting of aluminum alloys.

Authors: A. S. Gorukhin, E. S. Gayntseva, I. I. Shayhutdinova.

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: peacelife@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 2 (68), pp. 9-13, 2015. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: In mechanical engineering have been used various methods of casting. However, in the manufacture of castings from several alternatives need to choose the best, providing the required quality at minimum cost. Casting techniques as applied to aluminum alloys, by constructing a multidimensional data model are discussed in article. The complexity of the formation of the model is the need to take into account all the main factors affecting the reception quality of the casting.

Key words: foundry alloy; casting; complex multi-factorial model.

About authors:

GORUKHIN, Alexandr Sergeevich, Associate professor, Dept. of Machinery and technology foundry. Dipl. Engineer (UAI, 1965). Cand.of Tech. Sci. (MVTU Bauman, 1979).

GAYNTSEVA, Ekaterina Sergeevna, Senior professor, Dept. of Machinery and technology foundry. Dipl. Engineer (UGATU, 2008). Cand.of Tech. Sci. (UGATU, 2013).

SHAYHUTDINOVA, Irina Irikovna, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Machinery and technology foundry (UGATU, 2012).