

Расчет температурных полей на основе конечно-элементной модели процесса аддитивного синтеза изделия

А.В. Киричек¹, С.В. Баринов^{2*}, А.В. Греченева³

¹Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

²Владимирский государственный университет, Владимир, Россия

³Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, Москва, Россия
*box64@rambler.ru

Аннотация. Работа посвящена созданию гибридной конечно-элементной модели процесса аддитивного синтеза изделия методом Wire Arc Additive Manufacturing/3D Metal Print, дополненной блоком волнового деформационного упрочнения синтезируемого изделия. Основным полученный результат – предлагаемый оригинальный подход к математическому моделированию принципиально новых процессов синтеза и упрочнения широкой номенклатуры изделий, изготавливаемых из различных материалов в виде проволоки, который может быть распространен на весь класс процессов аддитивного синтеза с периодической или постобработкой. Основная особенность подхода состоит в гибридизации расчетных моделей, при этом, в отличие от известных решений, значительное внимание уделяется процессам обмена и передачи информации между моделями процессов синтеза и упрочнения. Отличительной особенностью гибридной модели является необходимость периодического обмена информацией о геометрических и температурных параметрах синтезированных областей в конкретный момент времени. Новизна гибридной модели заключается в применении согласованных подходов при решении тепловой и механической задач в трехмерной постановке в среде ANSYS, с учетом естественных динамических тепловых потоков, формирующих в моделируемых методом конечных элементов синтезируемом изделии и установочном столе. Расчет непрерывно изменяющихся динамических температурных полей в синтезированном изделии с дополнительными возможностями оптимизации и визуализации является важной структурной частью модели. Выполненные исследования позволили выявить значимый диапазон соотношения объемов изделия и стола $30 \leq V_c/V_{\text{и}} \leq 100$ и закономерности формирования температурных полей при изменении параметров стола.

Ключевые слова: аддитивный синтез, конечно-элементное моделирование, температурные поля, температура, рекристаллизация, стол установочный

Для цитирования: Киричек А.В., Баринов С.В., Греченева А.В. Расчет температурных полей на основе конечно-элементной модели процесса аддитивного синтеза изделия // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 6. С. 113–128. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-6-113-128

Calculation of temperature fields based on a finite element model of the additive synthesis process of a product

A. Kirichek¹, S. Barinov^{2*}, A. Grecheneva³

¹Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

²Vladimir State University, Vladimir, Russia

³Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

*box64@rambler.ru

Abstract. The work is devoted to the creation of a hybrid finite element model of the process of additive synthesis of a product by the Wire Arc Additive Manufacturing/3D Metal Print method, supplemented by a block of wave strain hardening of the synthesized product. The main result obtained is the proposed original approach to the mathematical modeling of fundamentally new processes of synthesis and hardening of a wide range of products manufactured from various materials in the form of wire, which can be extended to the entire class of additive synthesis processes with periodic or post-processing. The main feature of the approach is the hybridization of calculation models, while, unlike known solutions, significant attention is paid to the processes of exchange and transmission of information between the models of synthesis and hardening processes. A distinctive feature of the hybrid model is the need for a periodic exchange of information on the geometric and temperature parameters of the synthesized areas at a specific point in time. The novelty of the hybrid model is in the application of coordinated approaches to solving thermal and mechanical problems in a three-dimensional formulation in the ANSYS environment, taking into account the natural dynamic heat flows that form in the synthesized product and the installation table modeled by the finite element method. Calculation of continuously changing dynamic temperature fields in the synthesized product with additional optimization and visualization capabilities is an important structural part of the model. The studies performed allowed us to identify a significant range of the ratio of the product and table volumes $30 \leq V_c/V_{\text{и}} \leq 100$ and patterns in the formation of temperature fields when changing the table parameters.

Keywords: additive synthesis, finite element modeling, temperature fields, temperature, recrystallization, setup table

For citation: Kirichek A., Barinov S., Grecheneva A. Calculation of temperature fields based on a finite element model of the additive synthesis process of a product. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.6, pp.113-128 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-6-113-128

Введение

Начиная с 2015 г. взрывное развитие получает WAAM/3DMP (Wire Arc Additive Manufacturing/3D Metal Print) – технология аддитивного синтеза изделий с помощью электродуговой сварки, в которой в качестве наплавочного

материала используется металлическая проволока. Применение технологии дает большую универсальность, приемлемую себестоимость готовых изделий по сравнению с альтернативными способами изготовления. Однако известно, что вследствие недостаточной твердости и проч-