

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРЕХМЕРНОЙ НАПЛАВКИ С УЧЕТОМ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Ганак О.Б., Кожевников М.М.

**Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
г. Могилев, Беларусь**

Современные технологические процессы широко внедряют аддитивные технологии в процессе которых строятся трехмерные детали посредством последовательного добавления слоев материала. Такой подход позволяет формировать детали достаточно сложной формы с использованием их компьютерных моделей без использования традиционных этапов обработки. Детали формируются за один технологический цикл без существенных ограничений. В современных условиях аддитивные технологии являются новым научно-практическим направлением в исследованиях. Направлениями таких исследований является разработка моделей аддитивной наплавки, оценка качества наплавки и ряд других.

Технология аддитивной наплавки обуславливает наличие больших температурных градиентов по объему заготовки, при этом возникают остаточные напряжения, приводящие к деформации этой заготовки. Помимо деформации заготовки могут существенно изменяться ее механические и эксплуатационные характеристики. Поэтому предварительное компьютерное моделирование трехмерной наплавки с учетом остаточных явлений приобретет особую актуальность в условиях проверки качества отработки производственных режимов и оптимизации технологии.

При создании изделий методами аддитивного производства в объеме материала возникают большие температурные градиенты и технологические остаточные напряжения, приводящие к нарушению формы изделия, изменению механических и эксплуатационных характеристик объекта, его разрушению. Для отработки режимов аддитивного производства, оптимизации технологического процесса целесообразно проводить предварительное моделирование процесса. Такое моделирование предполагает многовариантное решение термоконверсионной задачи, в процессе послойной наплавки детали.

Моделирование трехмерной наплавки производится в два этапа. Первый этап предполагает численное решение уравнения теплопроводности, а на втором этапе формируется механическая модель, описывающая напряженно-деформированное состояние наплавляемой детали.

В процессе трехмерной аддитивной наплавки послойно происходит непрерывное добавление материала, при этом наблюдается динамическое изменение напряжений и деформации в нагретой детали. Проведенный анализ литературных источников позволил выделить три методики моделирования добавления металла [1, 2]:

- 1) добавление новых элементов;
- 2) активация уже созданных, но неактивных элементов;
- 3) смешанная активация.

В соответствии с методикой добавления новых элементов, первоначально элементы еще не наплавленного металла деактивированы (находятся вне области решения), затем по мере протекания процесса наплавки и добавляются к области решения.

Метод активации уже созданных элементов основан на том, что все элементы наплавляемой детали первоначально присутствуют все элементы, однако для них

искусственно установлены свойства с низкой жесткостью. В процессе наплавки детали свойства элементов изменяются в соответствии с фактическими свойствами наплавляемого металла.

Методика смешанной активации предполагает, что при моделировании текущий слой наплавки имеет свойства с низкой жесткостью, а все остальные слои деактивированы.

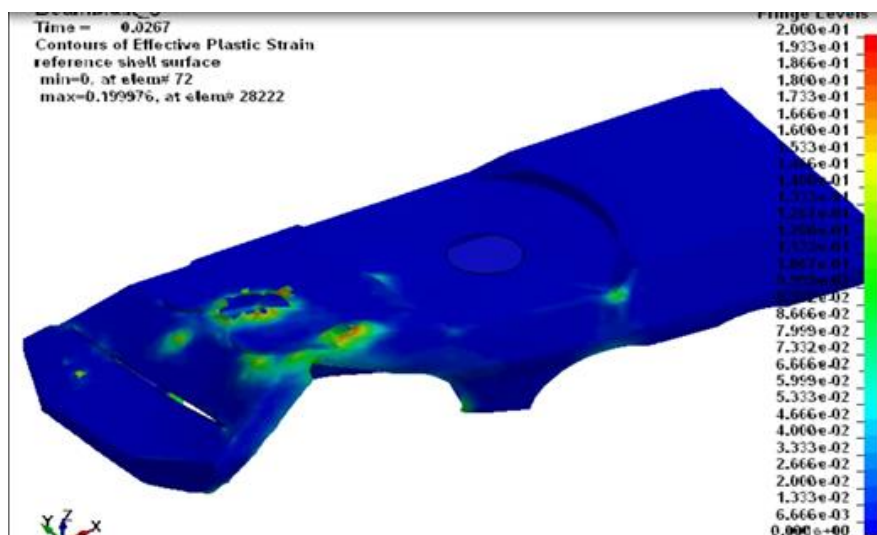


Рисунок 1 – Моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции в среде ANSYS

В работах [3] разработан набор программно-методических средств для известного пакета ANSYS (рисунок 1) позволяющий моделировать нестационарное температурное поле и соответствующие термические деформации при аддитивной наплавке проволочными материалами. Разработанные средства эффективно учитывают излучение сварочной дуги на поверхность детали, а также первую и вторую методики.

Решение задачи моделирования процесса наплавки осуществляется с использованием алгоритмов «деактивации» и последующей «активации» элементов наплавляемого материала, реализованных в пакете ANSYS. При этом упругопластическая модель основана на зависимости температуры от предела текучести. Исследование такой модели показывает достаточное соответствие расчетных данных результатам экспериментов.

Список использованных источников

1 Toward an integrated computational system for describing the additive manufacturing process for metallic materials / R. Martukanitz, P. Michaleris, T. Palmer, T. DebRoy, Z.-K. Liu, R. Otis [et al.] // Additive Manufacturing. – 2014. – Vol. 1. – P. 52–63.

2 19. Michaleris P. Modeling metal deposition in heat transfer analyses of additive manufacturing processes // Finite Elements in Analysis and Design. – 2014. – Vol. 86. – P. 51–60.

3 Сметанников О.Ю., Максимов П.В., Трушников Д.Н., Пермяков Г.Л., Беленький В.Я., Фарберов А.С. Исследование влияния параметров процесса 3D-наплавки проволочных материалов на формирование остаточных деформаций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2019. № 2. С. 181-194.