

ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Лавинский Д.В.

НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

Электромагнитное поле (ЭМП) является неотъемлемым атрибутом при функционировании различных технических и технологических систем. Одним из приложений использования импульсных ЭМП (ИЭМП) является прессование изделий из порошковых материалов [1]. При этом элементы конструкции пресс-форм, изготовленные из электропроводных материалов, деформируются за счет возникновения электромагнитных сил. Энергия, развиваемая ИЭМП может достигать уровней, при которых электромагнитные силы вызывают разрушение элементов конструкций пресс-форм. Таким образом, создание эффективных методов анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) электропроводных тел является актуальной научно-практической задачей.

Также известны технологические операции, при которых происходит прессование изделий из порошков тугоплавких соединений давлением 40 МПа и температуре $\sim 1800^\circ\text{C}$ методом псевдоизостатического прессования. При давлениях больше 40 МПа пресс-формы могут разрушаться. Для повышения прочности пресс-форм используют поддерживающие цилиндры из углерод-углеродных композитных материалов (УУКМ) [2]. В работах [3,4] представлены результаты анализа прочности пресс-форм из УУКМ при псевдоизостатическом прессовании для расчетной схемы, приведенной на рис.1.

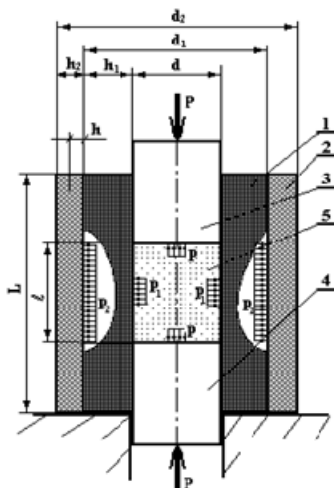


Рис. 1. Расчетная схема пресс-формы

Для повышения эффективности технологической операции предполагается совместное использование псевдоизостатического и электромагнитного прессования. Для этого предполагается дополнительно использовать многовитковый индуктор, который устанавливается

снаружи поддерживающего цилиндра из УУКМ. Анализ прочности полученной составной конструкции предполагает последовательное решение задач о распределении векторных характеристик ЭМП и тензорных характеристик процесса деформирования с учетом физически нелинейного поведения материала и контактного взаимодействия элементов конструкции пресс-формы и индуктора. Подробная математическая постановка задачи приведена в работах [5,6]. В качестве численного метода анализа использован метод конечных элементов, который в данном случае базируется на принципе минимума полной энергии системы.

Анализ НДС системы «индуктор – составная пресс-форма» показал, что использование ИЭМП снижает уровни интенсивности напряжений в пресс-форме. Дальнейшие исследования позволяют сформулировать конкретные рекомендации для технологических операций подобного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mamalis A. G., Manolakos D. E., Kladas A. G., & Koumoutsos A. K. (2004, March). Electro-magnetic tooling for metal forming and powder compaction: numerical simulation. In *Proceedings of the 1st International Conference on High Speed Forming* (pp. 143-154).
2. Бушуев Ю.Г., Персин М.И., Соколов В.А. Углерод-углеродные композиционные материалы. Справочник. М. «Металлургия», 1994, 128 с.
3. Бирюков О.В. Статический анализ прочности конструктивных элементов пресс-форм для прессования изделий из порошков / О. В. Бирюков, С. Ю. Саенко, В.В. Колосенко, Лавинский Д.В., Соболев В.Н., Морачковский О.К. // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Динамика и прочность машин. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2006. – № 32. – С. 28-32.
4. Ашихмин В.П. Анализ прочности элементов пресс-форм из углерод-углеродных материалов для псевдоизостатического прессования / В.П. Ашихмин, О.В. Бирюков, В.А. Гурин, Б.Б. Затолока, В.В. Колосенко, С.Ю. Саенко, Д.В. Лавинский, О.К. Морачковский // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (91). – 2007. – № 6. – С.120-123.
5. Лавинський Д. В. Пружно-пластичне деформування систем тіл при дії електромагнітних полів / Д. В. Лавинський, О. К. Морачковський // Вісник Запорізького національного університету : зб. нак. ст. Фізико-математичні науки. – Запоріжжя : ЗНУ, 2015. – № 2. – С. 125-135.
6. Altenbach H., Morachkovsky O., Naumenko K. and Lavinsky D. Inelastic deformation of conductive bodies in electromagnetic fields // DOI: 10.1007/s00161-015-0484-8 *Continuum Mechanics and Thermodynamics*. – volume 27. – issue 12. – 2015. – pp1-13.

