

# ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРЕН НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ВЫДУВКЕ

*И.А. Гончаров<sup>1</sup>, Т.А. Белякова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

Сверхпластичность — режим деформирования, при котором поликристаллический материал способен испытывать большие деформации (сотни процентов) без образования существенных микроструктурных дефектов [1]. На сегодняшний день известно, что большинство металлов и металлических сплавов, а также ряд керамик и интерметаллидов могут входить в режим сверхпластического течения при соответствующих условиях деформирования, среди которых наиболее важными оказываются высокие температуры, низкие скорости деформирования и определенным образом подготовленная микроструктура [2]. Микроструктурные процессы, происходящие в зернах металлических сплавов при деформации, играют особую роль в сверхпластичности. Определяющие соотношения сверхпластичности обычно содержат параметр, связанный с размером зерна, и эволюционные уравнения для него.

Для мелкозернистых металлических сплавов в настоящее время широко применяется обработка давлением в режиме сверхпластичности, позволяющая уменьшить анизотропию механических свойств, повысить предел текучести и усталостную прочность готовой конструкции [3]. Одним из ограничивающих факторов при практическом применении данной технологии является неоднородность толщины, появляющаяся в процессе выдувки. Адекватное предсказание распределения толщины в результате формовки является, таким образом, важной задачей математического моделирования [4].

В представленной работе рассматривается влияние микроструктуры на процесс сверхпластической формовки сферической оболочки из круглой листовой пластины. Пластина из титанового сплава жёстко закреплена по краям, её толщина мала по сравнению с радиусом, что позволяет применить для моделирования мембранную теорию. Для одновременного выполнения краевых условий и уравнений равновесия используется находящая экспериментальное подтверждение гипотеза о параболическом распределении деформаций [5]. Исследована зависимость результирующего распределения толщины оболочки от начального среднего размера зёрен. Показано, что существует оптимальный размер, обеспечивающий при относительно невысоких значениях давления газа минимальное истончение пластинки (отношение толщины в куполе и заделке) для заданного режима деформирования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 20-01-00356).

## Список литературы

- [1] Васин Р. А., Еникеев Ф. У. Введение в механику сверхпластичности. Ч. 1. Уфа: Гилем, 1998. 280 с.
- [2] Nieh T. G., Wadsworth J., Sherby O. D. Superplasticity in metals and ceramics. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 287 pp.
- [3] Padmanabhan K. A., Vasin R. A., Enikeev F. U. Superplastic Flow: Phenomenology and Mechanics. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. 363 pp.
- [4] Enikeev F. U., Kruglov A. A. An analysis of the superplastic forming of a thin circular diaphragm // International Journal of Mechanical Sciences, 1995, vol. 5, pp. 473–483.
- [5] Ghosh A. K., Hamilton C. H. Influence of material parameters on superplastic forming // Metallurgical Transactions A., 1982, vol. 13, pp. 733–743.