

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ,  
ЗАЖАТОЙ МЕЖДУ АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИМИ ПЛАСТИНАМИ  
НА ШИРИНУ ЗОНЫ КОНТАКТА**

*АУНГ ЧЖО ТХУ, А. В. БАБАЙЦЕВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Проводилось исследование влияния на ширину зону контакта изменения геометрических параметров цилиндрической оболочки эллиптического сечения под давлением, зажатой между абсолютно жесткими пластинами. Исследование проводится путем аналитического моделирования метода в среде Wolfram Mathematics. В ходе аналитического моделирования была получена зависимость изменения ширины зоны контакта между оболочкой и жесткой преградой от действующего давления. Для полученного решения проводилось исследование влияния большой и малой полуосей, а также толщины оболочки на процесс изменения ширины зоны контакта в зависимости от действующего давления.

По результатам моделирования были получено, что увеличение малой полуоси влечет за собой уменьшение зоны контакта, а увеличение большой полуоси – увеличение ширины зоны контакта. Увеличение толщины оболочки уменьшает зону контакта оболочки с жесткой пластиной. Для изучения процесса скорости изменения ширины зоны контакта были получены аналитические зависимости ширины зоны контакта от изменения геометрического параметра путем аппроксимации. Форма кривой зависимости ускорения изменения ширины зоны контакта от действующего давления практически не изменяется при рассмотрении действия давления до 80 кПа. Влияние изменения толщины оболочки не существенно влияет на изменение ускорения изменения ширины зоны контакта, в отличие от изменения малой или большой полуосей.

*Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ код проекта «Современные технологии экспериментального и цифрового моделирования и оптимизации параметров систем космических аппаратов», код проекта FSFF-2020-0016.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ  
С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*А. В. БАБАЙЦЕВ, В. В. БОДРЫШЕВ  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

*В. А. БЕЛОВ  
Российский технологический университет (МИРЭА), г. Москва*

Проводилось исследование процессов деформации материалов с помощью цифровой обработки изображений. Для анализа смещений на двух изображениях определялось, для какого свойства изображения проводился анализ. Одним из наиболее распространенных методов является метод, основанный на предположении, что свет, отражаемый поверхностью материала, остается на обоих изображениях постоянным. Исходя из этого предположения, становится возможным отслеживание точек с постоянной интенсивностью изображения.

Для определения смещений между двумя изображениями использовался блок функций оптического потока (Optical Flow). При его использовании задача определения смещений сводится к решению следующего уравнения:

$$I_x u + I_y v + I_t = 0,$$

где  $I_x$ ,  $I_y$  и  $I_t$  – пространственно-временные производные яркости изображения, а  $(u, v)$  – смещение локальной области изображения по истечении времени  $\delta t$ .

Оценка скорости потока проводилась с использованием метода Horn-Schunck, заключающегося в минимизации следующей функции для поиска скорости потока  $[u, v]$  для каждого пикселя на изображении:

$$E = \iint (I_x u + I_y v + I_t)^2 dx dy + \alpha \iint \left\{ \left( \frac{du}{dx} \right)^2 + \left( \frac{dv}{dx} \right)^2 + \left( \frac{du}{dy} \right)^2 + \left( \frac{dv}{dy} \right)^2 \right\} dx dy.$$

Для конкретного пикселя оценка скорости потока выглядит следующим образом:

$$u_{x,y}^{k+1} = \bar{u}_{x,y}^k - \frac{I_x [I_x \bar{u}_{x,y}^k + I_y \bar{v}_{x,y}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2};$$

$$v_{x,y}^{k+1} = \bar{v}_{x,y}^k - \frac{I_y [I_x \bar{u}_{x,y}^k + I_y \bar{v}_{x,y}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2}.$$

Здесь  $[\bar{u}_{x,y}^k, \bar{v}_{x,y}^k]$ , – среднее значение окружения  $[u_{x,y}^k, v_{x,y}^k]$ . Для  $k = 0$  начальная скорость равна нулю.

*Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ код проекта «Современные технологии экспериментального и цифрового моделирования и оптимизации параметров систем космических аппаратов», код проекта FSFF-2020-0016.*

#### Список литературы

- 1 **Horn, B. K. P.** Determining Optical Flow / B. K. P. Horn, B. G. Schunck // Artificial Intelligence. – Vol. 17, is. 1–3. – 1981. – P. 185–203.
- 2 The MathWorks, Inc. “OpticalFlowHS.” Object for Estimating Optical Flow Using Horn-Schunck Method [Electronic resource] / MATLAB : official site: [www.mathworks.com/help/vision/ref/opticalflowhs.html](http://www.mathworks.com/help/vision/ref/opticalflowhs.html).

УДК 539.3

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ ИЗ $AlSi_{10}Mg$ , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ ПОРОШКА

*А. В. БАБАЙЦЕВ, А. А. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*  
*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

В рамках исследования рассматривались образцы, полученные из порошка  $AlSi_{10}Mg$  с использованием технологии послойного лазерного синтеза (SLM). Экспериментальные образцы были напечатаны в горизонтальном и вертикальном направлениях, а также под углом  $45^\circ$  относительно платформы построения. Печать производилась на 3D-принтере Renishaw AM400. После изготовления образцы, в соответствии с общей методикой печати, подвергались температурной обработке вместе с платформой для снятия температурных напряжений и закрытия пористости. После этого образцы вручную отделялись от рабочей платформы с использованием дремеля.

При механических испытаниях для каждого образца при каждом типе испытания была получена кривая напряжение-деформации. Исследования проводились с использованием установок Instron серии 5960, Mitutoyo SurfTest SJ-210 и сканирующем электронном микроскопе Karl-Zeiss EVO 40. При испытании на растяжение определены модуль упругости при растяжении, предел прочности, предел текучести и предельные деформации. При сжатии – предел текучести. При изгибе определялся модуль упругости при изгибе и предел текучести.

Полученные образцы подвергались механическим испытаниям, в ходе которых были получены механические характеристики материала при растяжении, сжатии и изгибе. Измерение электропроводности образцов проводилось с использованием мультиметра (ГОСТ 14014–91).

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-31-90142.*