

ДИНАМИЧЕСКИЕ И УДАРНО-ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА СЕТЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ Al СПЛАВА АК6, ПОЛУЧЕННЫХ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

А. И. Клёнов¹, И. Г. Бродова², А. Н. Петрова², Е. Б. Смирнов¹, Д. Т. Юсупов²

¹ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

²ФГБУН Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Цель исследований – изучение и сравнение динамических и ударно-волновых свойств объемно-структурированных образцов (преград) с разной топологией – кубической (ГЦК, ОЦК) и ТППМЭ (типа гироид), а также выявление наилучшего конструктивного дизайна сетчатых структур для повышения эксплуатационных характеристик Al-Cu-Mg-Si сплава.

Объектами исследования служили образцы из сплава марки АК6 (аналог А1360), синтезированные на 3D принтере по металлу RealizerSLM100. Для исследования деформационного поведения сплава АК6 в условиях квазистатической деформации комплекты сетчатых образцов разной плотности с разной топологией поровых каналов были нагружены методом Гопкинсона–Кольского. Гироиды отличались не только плотностью, но и геометрическими характеристиками – периодом ячейки и толщиной стенки. Затухание плоских ударных волн в зависимости от топологии сетчатых структур исследовали на экспериментальной установке в условиях одномерного нагружения зарядом ВВ на основе октогена. Информацию о напряженном состоянии изделий при воздействии ударной нагрузки получали методом непрерывного измерения механических напряжений с использованием датчиков давления. На основании динамических диаграмм, полученных при нагружении образцов методом Гопкинсона–Кольского в интервале скоростей деформации $5,0 \cdot 10^2$ – $5,7 \cdot 10^3$ с⁻¹, определены значения условного предела текучести и предела прочности. Построены скоростные зависимости прочностных характеристик образцов с разной сетчатой структурой, и показано, что в исследованном интервале скоростей деформации механические свойства остаются постоянными. Проведено сравнение механических свойств образцов с разной кубической сетчатой структурой. Установлено, что свойства образцов, имеющих ГЦК структуру ($\rho = 1,27$ г/см³), выше свойств образцов с ОЦК структурой ($\rho = 1,15$ г/см³) примерно на 7%. Снижение плотности образцов с ОЦК структурой до $\rho = 0,4$ г/см³ резко, в 8–10 раз ухудшает свойства материала. Уменьшение периода ячейки гироидов с 3 до 1 мм и плотности с 0,7 до 1,8 г/см³ приводит к росту условного предела текучести гироидов в 2,4 раза. Сравнение свойств СЛС сплава АК6 и пены алюминия, показало, что σ_B гироидов, имеющих плотность $\rho = 0,7$, превышает прочность пеноалюминия ($\rho = 0,5$) ~ в 1,5 раза. Определено, что наилучшие свойства имеют гироиды с размером ячейки, равной 1 мм, и толщине стенки 0,2 мм. Построены зависимости коэффициента ослабления ударных волн в зависимости от толщины преград – гироидов (9, 12, 18, 21 мм). Показано, что для преград (<12 мм) влияние геометрических параметров гироидов несущественно. Например, для преград толщиной 9 мм увеличение параметра ячейки с 1 до 3 мм повышает коэффициент с 1,25 до 1,4. При большей толщине преград эффект ослабления ударных волн зависит от параметра ячейки гироидов. В частности, установлено, что более высокую способность поглощения ударных волн ($K = 4$) имеют гироиды с ячейкой, равной 2 мм, у которых механические характеристики $\sigma_{0,2} = 28$ МПа, $\sigma_B = 52$ МПа соизмеримы со свойствами отожженного алюминия, полученного традиционной технологией литья. Сравнение прочностных и ударно-волновых характеристик образцов с разной сетчатой структурой показывает преимущество гироидов как перспективного дизайна для повышения свойств объемно-структурированных изделий.

Структурные исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИФМ УрО РАН.
