

**А. А. Глотка, А. В. Овчинников**

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ ПОРОШКОВ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

Среди технологий, интенсивно развивающихся в настоящее время, особое место занимают аддитивные. Они позволяют формировать готовые изделия без применения традиционных способов производства. Внедрение этих технологий особенно актуально для авиакосмической и авиадвигателестроительной отраслей.

Отдельным вопросом при внедрении аддитивных технологий является выбор сырья, который не так уж и велик. В настоящее время не существует общих требований к металлопорошковым композициям. Разные компании-производители АМ-машин (от Additive Manufacturing – «аддитивное производство») предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой этой компанией. В разных машинах используются порошки различного фракционного состава, которые классифицируют по условному диаметру частиц, подразделяя их на нанодисперсные с диаметром частиц менее 0,1 мкм, ультрадисперсные с диаметром 0,1–1,0 мкм, высокодисперсные от 1,0 до 10 мкм, мелкие от 10 до 40 мкм, средние от 40 до 250 мкм и крупные от 250 до 1000 мкм. Фракционный состав влияет на качество поверхности готовой детали. В тоже время, чем больше размер порошка, тем больше его удельная поверхность и насыщенность примесями. Исходя из этого нужно подбирать тот или иной фракционный состав порошка для определенного вида изделий.

Также требованием к порошкам для АМ-машин является сферическая форма частиц с фракцией от 40 до 100 мкм. Эти порошки следует отнести к порошкам мелкой и средней фракции. Такая форма и фракционный состав обеспечивают хорошую текучесть порошков, что облегчает прохождение порошка по технологическим каналам. Существуют также порошки несферической (угловатой) формы, которые имеют невысокий показатель текучести, что ограничивает их применение в данной технологии.

Важным требованием к порошкам является химический состав и микроструктура, поскольку готовое изделие будет наследовать эти характеристики, так как по-

слоиное нанесение материала выполняется в масштабах, соизмеримых с размерами частиц материала.

Наряду с произведенным за рубежом порошком, который изготавливается центробежным распылением, есть возможность применить порошковые материалы отечественного производства. В частности, на ГП «УкрНИИ СпецСталь» производится широкий спектр порошковых материалов разного химического и фракционного состава методом газового распыления. Преимуществом данного метода является невысокая стоимость в сочетании с качеством. Однако необходимо провести ряд исследований, направленных на оптимизацию соответствующих порошков под использование для АМ-машин. Основными из них являются химический, фракционный составы, текучесть, форма частичек и микроструктура материала.

Цель работы - определить возможность применения отечественных порошков жаропрочных материалов в аддитивных технологических процессах.

Для проведения исследования был выбран порошок жаропрочного сплава ЭП741(ХН51КВМТЮБ), который применяется для производства дисков ГТД. Порошок по химическому составу соответствует ГОСТ 52802-2007 с размером фракции от 160 до 50 мкм и имеет сферическую форму. Такая фракционность неприемлема для АМ-машин, поэтому в дальнейшем необходимо произвести разделение порошка на отдельные фракции.

Текучесть порошка измеряли в соответствии с ГОСТ 20899-98, для исследуемого порошка она составила 32 секунды на 50 грамм навески, что соответствует нормам, предъявляемым к жаропрочным материалам. Поверхность порошка имеет дендритное строение, типичное для литых материалов. Как правило микроструктура сплавов данного состава состоит из  $\gamma$ -твердого раствора на основе никеля, интерметаллида  $Ni_3(Ti,Al)$  и карбидов типа  $MC$  и  $M_{23}C_6$ .

Таким образом, данный материал может применяться для АМ-технологий после разделения на фракции, что открывает дополнительные возможности для отечественного авиадвигателестроения.