

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИ И ЕЁ СПЛАВОВ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**Введение.** Аддитивные технологии, известные также как 3D-печать, представляют собой революционный подход к производству, позволяющий создавать сложные объекты путем послойного добавления материала. В последние годы наблюдается значительный интерес к использованию различных металлов в аддитивных процессах, и медь занимает особое место среди них. Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам, таким как высокая теплопроводность, электропроводность и коррозионная стойкость, медь открывает новые горизонты для применения в различных отраслях, включая электронику, энергетику и машиностроение.

**Основная часть.** Медь и её сплавы, как известно, имеют широкое применение в аддитивном производстве. Благодаря своим характеристикам и свойствам они используются практически во всех отраслях промышленности.

Сырьём для аддитивного производства, в котором применяются металлы, служат металлические порошки. Поэтому из медных сплавов изготавливают сначала порошки, которые позже применяются для 3D – печати.

Порошковая металлургия — это область науки и техники и одна из технологий, охватывающая производство металлических порошков, а также изделий из них или их смесей с неметаллическими порошками [1, с. 5]. В данной области используют разнообразные методы получения металлопорошков, условно их разделяют на *физико-химические* и *механические*.

К *физико-химическим* относят методы, связанные с физико-химическими превращениями исходного сырья, при этом химический состав и структура конечного продукта — порошка — существенно отличается от исходного материала. *Механические* методы обеспечивают производство порошка из сырья без существенного изменения химического состава. К механическим методам относятся, например, многочисленные варианты размала в мельницах, а также диспергирование расплавов посредством струи газа или жидкости, этот процесс называют также *атомизацией* [2, с. 120].

Для получения порошков из меди и медных сплавов в основном используют механический метод — это *газовая атомизация*.

Согласно данной технологии металл расплавляют в плавильной камере (обычно в вакууме или инертной среде) и затем сливают в управляемом режиме через специальное устройство — распылитель, где производится разрушение потока жидкого металла струей инертного газа под давлением. Для получения мелких порошков ( $d=10 \dots 40$  мкм), наиболее часто применяемых в аддитивных технологиях, используют так называемые ВИМ-атомайзеры (Vacuum Induction Melting), в которых плавильную камеру для минимизации контакта расплава с кислородом и азотом вакуумируют [3, с. 13]. К примеру, можно привести ООО «ПМП» — Рязань, завод который производит медные порошки марок ПМС-1 и ПМР на нескольких установках методом горизонтального и вертикального распыления расплавленных металлов под давлением 6-7 атмосфер.

Также медные порошки производят и физико-химическими методами, например, Новосвердловская металлургическая компания в Екатеринбурге производит порошки из меди марок ПМС-К, ПМС-Н и ПМС-А с помощью электролитического осаждения, а также использует механический метод — это перемалывание в мельницах.

Непосредственно формование изделий с применением давления из медных порошков по технологиям аддитивного синтеза осуществляется несколькими методами: прессование, литье, экструзия, спекание.

Как было сказано медь и её сплавы, используемые в аддитивных технологиях, применяются в различных отраслях промышленности. Приведём пару примеров их использования.

CuSn6 — сплав из меди и 6% олова, который обладает высокими теплопроводящими свойствами и коррозионной стойкостью и идеален для создания уникальных систем охлаждения [3, с. 10].

АО «Полема» — завод порошковой металлургии в России производит изделия из металлических порошков бронзы и латуни. Из марок ПР-М2, ПРВ-Л90, ПР-Л3 и др. производят листовой прокат, прутки иковки, инструменты, спечённые и деформируемые детали, композиционные материалы, используемые в электротехнике, электронике, приборостроении, машиностроении, авиакосмической отрасли, атомной энергетике, транспортных средствах, в производстве фильтров, газопоглотителей и в др. областях техники.

Марка медного порошка ПМС сегодня широко востребована в таких областях промышленности, как: электротехническая, приборостроительная, автомобилестроительная, самолётостроительная, химическая.

Вещество активно используется при создании деталей в порошковой металлургии, оптики и линз. В автомобилестроении это производство антифрикционных элементов — колодки, алмазные фрезы, отрезные круги. Вне зависимости от сферы высоко ценятся характеристики износостойкости выпускаемых изделий.

В Республике Беларусь также изготавливаются изделия из медного порошка и не только. Так, к примеру, Молодечненский завод порошковой металлургии изготавливает из ПМС-1 антифрикционные и конструкционные материалы и изделия из них — самый распространённый вид продукции порошковой металлургии. К та-

ким изделиям относят детали, несущие в конструкциях машин и механизмов функции элементов, воспринимающих внешнее силовое или иное воздействие, обеспечивающее работоспособность этих устройств. Это — шестерни, храповики, собачки, эксцентрики, рычаги, кольца, шайбы, заглушки, колпачки, крышки, фланцы, корпуса подшипников, разборные подшипники скольжения и др.

**Заключение.** Использование меди и её сплавов в аддитивных технологиях открывает новые возможности для разработки высококачественных и функциональных изделий в различных отраслях. Благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая проводимость электричества и тепла, а также отличная коррозионная стойкость, медь находит применение в электронике, энергетике, автомобилестроении и аэрокосмической промышленности.

Аддитивные технологии, такие как 3D-печать, позволяют создавать сложные геометрические формы и конструкции, которые невозможно произвести традиционными методами. Это значительно расширяет дизайнерские и функциональные возможности изделий, а также сокращает время и затраты на производство.

Перспективы применения меди и её сплавов в аддитивных технологиях являются многообещающими. С их помощью можно создавать более эффективные и инновационные решения, что будет способствовать развитию современных производственных процессов и улучшению качества конечной продукции.

#### Список цитируемых источников

1. Гиршов, В. Л. Современные технологии в порошковой металлургии: учеб. пособие / В. Л. Гиршов, С. А. Котов, В. Н. Цеменко. — СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. — 385 с
2. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении : издательство / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина — Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2013. — 218 с.
3. Материалы аддитивного синтеза : пособие по одному. дисциплине для студентов специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» днев. формы обучения / Е. П. Поздняков. — Гомель ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. — 283 с.

УДК 634.718.2:581.41

**И. А. Приходько**

Государственное учреждение образования «Лицей №1», Барановичи, Республика Беларусь»

Научный руководитель Е. М. Ритвинская

#### БОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *RUBUS ROSIFOLIUS* J. SM

**Введение.** Малина розолистная (*Rubus rosifolius* J. Sm.), также известная как малина земляничная или малина маврикийская, является интересным видом рода *Rubus*. Род *Rubus* L. (Розовые, *Rosaceae*) является обширным и разнообразным, включающим множество видов с различным жизненным циклом, морфологией и ареалом распространения [1]. В то время как большинство культивируемых видов малины происходят из умеренного климата, малина розолистная (*Rubus rosifolius* J. Sm.) выделяется своим тропическим и субтропическим происхождением и рядом уникальных морфологических особенностей [2]. Подробное изучение ботанических характеристик *R. rosifolius* позволит определить ее потенциал для использования в различных областях, а также внести вклад в изучение разнообразия рода *Rubus* [3].

**Основная часть.** *Rubus rosifolius* имеет широкое распространение в тропических и субтропических регионах Азии, Австралии, Африки и Америки. Считается, что вид происходит из Азии, но был интродуцирован во многие другие регионы. Встречается в различных местообитаниях, включая влажные леса, горные склоны, берега рек и обочины дорог. Является агрессивным видом и может распространяться, образуя густые заросли.

Малина розолистная (*Rubus rosifolius* J. Sm.) — многолетний полукустарник или кустарник высотой от 0.5 до 2 метров. В зоне умеренного климата высота растения не превышает 1 метра. Побеги прямостоячие или дугообразные зеленые. Осенью становятся красноватого или коричневатого цвета, густо покрытые тонкими шипами (рисунок 1).

Корневая система мочковатая хорошо развитая, поверхностная, образующая корневые отпрыски.

Листья сложные, непарноперистые, с 5–7 листочками (рисунок 2). Листочки ланцетные или яйцевидные, с зубчатым краем и заостренной вершиной. Верхняя поверхность листочков зеленая, нижняя — более светлая, часто опушенная. Листья напоминают листья розы, что отражено в названии вида (*rosifolius* — «розолистный»).

Цветки одиночные или собраны в небольшие малоцветковые соцветия, расположенные в пазухах листьев. Цветки крупные, до 4 см в диаметре, с белыми лепестками (рисунок 3). Цветение может происходить в течение всего года, особенно в теплом климате.

Плоды сборные костянки, шаровидные или овальные, ярко-красного цвета при созревании. Ягоды обычно крупные, от 3 до 5 см в диаметре, иногда до 5 см, и весом до 5 грамм привлекательного товарного вида, однако длительную транспортировку ягода переносит плохо (рисунок 4). На второй-третий год после посадки ягоды становятся крупнее, чем в первый год. Период плодоношения растянутый, урожайности невысокая.