

ВВЕДЕНИЕ

Экономика приобретает инновационный характер вследствие инновационного развития в первую очередь сферы материального производства, в основе которого лежат технологии. Именно технологии определяют положение экономики страны в мире, ее стратегические позиции. Технологии позволяют применять новые высокоэффективные материалы, новые методы управления и таким образом обуславливают новое функциональное и интеллектуальное содержание продукта. Отсутствие технологий ограничивает творческий потенциал ученых и конструкторов, вынуждает их применять те технические решения, которые уже есть в их распоряжении, а не те, которые требуются для достижения целей. Поэтому технологии являются главным объектом инновационной деятельности.

Широко применяемые в настоящее время технологии формообработки нередко не способны обеспечить необходимые обоснованные элементы, содержащие сложные геометрические формы, тонкие стенки, внутренние каналы охлаждения и прочие конструктивные особенности, для реализации которых с помощью традиционных технологий, в частности, приходится сваривать отдельные части детали.

Альтернативными существующим традиционным субтрактивным методам обработки, таким как механические, электрофизические и электрохимические и пр., считаются методы аддитивного производства. В отличие от классического формообразования, где от заготовки отрезается все лишнее при изготовлении детали, с использованием технологий аддитивного производства (АП) деталь выращивается из предварительно подготовленного порошкового материала, частицы которого послойно скрепляются между собой в каждом слое, а слои - между собой.

Применяя аддитивные технологии (АТ), можно обеспечить большую свободу в выборе конфигурации изделия, что позволяет оптимизировать массовые и функциональные параметры детали за счет использования сотовых и иных сложных конструкций, уменьшения толщины стенок, а также за счет объединения нескольких деталей и изготовления их как единое целое. Немаловажный фактор - существенное уменьшение сроков изготовления первых образцов деталей (на этапе исследований и разработки новых изделий), и экономия материала.

Предшественниками современных аддитивных технологий считаются две оригинальные технологии, появившиеся в XIX веке, - фотоскульптура и топография. У истоков современного аддитивного производства, один из наиболее известных методов которого - стереолитография (SL; от *англ.* stereolithography), стоит подход, предложенный в 1951 году Отто Мунцем. Система Мунца использовала поршневой механизм для последовательной избирательной засветки и отвердевания фотополимера по сечениям сканируемого объекта.

В 1977 году Вин Келлин Свейнсон предложил способ получения трехмерных объектов посредством отверждения фоточувствительного полимера в точке пересечения двух лазерных лучей. Примерно в это же время начинают появляться технологии послойного синтеза из порошковых материалов.

В 1980-х годах американский ученый Чарлз Халл, работая в компании Ultra Violet Products, экспериментировал с УФ-отверждаемыми материалами, подвергая их лазерному сканированию. В процессе работы он обнаружил, что можно производить твердые полимерные структуры, отверждая последующий слой над предыдущим слоем, ему удалось изготовить трехмерный твердый объект. В 1986 году Халл предложил способ послойного синтеза с использованием ультрафиолетового излучения, сфокусированного на тонкий слой фотополимерной смолы. Он же и ввел в оборот термин «стереолитография». Патент Халла признан наиболее значимой работой, благодаря которой была создана компания 3D Systems - компания, первой приступившая к коммерческой деятельности в области послойного синтеза.

Примерно в то же время были разработаны методы аддитивного производства с использованием нагрева лазерным и электронным лучом. Эти методы внедрены в производство в 1990-х годах, что позволило применять аддитивные технологии для изготовления металлических объектов [69].

В 1990 году аддитивные технологии с использованием нагрева частиц порошков металлов лазерным или электронным лучом для получения трехмерных объектов - металлургические АТ стали частью мирового производства. Металлургические аддитивные технологии, разделяемые по способу формирования слоя на два основных направления - технология Bed Oposition и технология Direct Oposition, по большинству характерных признаков относят к технологиям порошковой металлургии, которые используются в промышленном производстве уже более 100 лет.

В основе порошковой металлургии - области, где наиболее тесно сплетены научные достижения и эффективные технологические решения, - лежит ряд перспективных и прогрессивных теоретических разработок, технических и технологических решений, главные принципы которых были заложены П. Г. Соболевским и В. В. Любарским. В дальнейшем значительную роль в развитие порошковой металлургии внесли такие видные ученые, как М. Бальшин, С. Кипарисов, О. Роман, Ю. Дорофеев, Г. Жданович, В. Перельман, В. Скороход, В. Шатт, Г. Хаузнер, Ф. Айзенкольб и многие другие [763].

В 50-60 годы XX века на территории России, Беларуси и Украины были созданы специализированные кафедры порошковой металлургии, а позднее организованы специализированные центры по данному направлению. В частности, в Советском Союзе один из таких центров - Центр порошковой металлургии в Перми, который возглавлял выдающийся ученый с мировым именем академик РАН В. Н. Анциферов.

Родоначальником и основателем порошковой металлургии Беларуси был Олег Владиславович Роман, обучавшийся в очной аспирантуре ЛПИ, - видный ученый, талантливый организатор и руководитель науки и производства, академик НАН Беларуси, лауреат Государственной премии БССР и премии Совета министров СССР, заслуженный деятель науки и техники Беларуси, доктор технических наук, профессор. С 2018 года Институт порошковой металлургии Беларуси, успешно решающий задачи развития науки и промышленности страны, проводящий исследования в русле мировых тенденций порошковой металлургии и материаловедения композиционных материалов, носит имя своего основателя академика Романа [666].

Технологиями XXI века называют аддитивные технологии, кроме очевидных преимуществ в скорости и нередко в стоимости изготовления изделий эти технологии имеют важное преимущество с точки зрения охраны окружающей среды, и в частности эмиссии парниковых газов и теплового загрязнения. Аддитивные технологии позволяют значительно снизить энергетические затраты при создании самых разных видов продукции.

Интерес к аддитивным технологиям, непосредственному выращиванию металлических изделий, в качестве альтернативы традиционным технологическим методам для производства товарной продукции возник в авиации, космической индустрии и энергетическом машиностроении. Мотивацией являлась экономическая целесообразность, в ряде случаев аддитивные технологии оказываются менее дорогостоящими, чем традиционные технологии, а также открывают новые возможности производства изделий. Экономический эффект от внедрения АТ в масштабе предприятия, производящего элементы авиационных двигателей, оценивается в 500-700 млн руб., при этом обеспечивается изменение в подходе к конструированию: улучшение массогабаритных и иных функциональных показателей эффективности изделий.

Аддитивный подход позволяет создавать уникальные изделия с внутренней полой структурой, например теплообменники со сложной системой каналов охлаждения любой формы, литейную оснастку для создания корпусов новых двигателей и насосов, фильтрующие элементы с сетчатой структурой, размер ячеек которой определяется размером гранул порошкового материала, и пр. С появлением данных технологий представилась возможность изготавливать детали с прямоугольной либо другой формой внутренних полостей (спиралевидного типа) и с любой формой сетчатого наполнения.

Стремительное совершенствование технологий, инновационные материалы и недоступные ранее возможности, предоставляемые АП в плане гибкости, экономичности, повышения скорости производственных процессов, а также успешные результаты применения напечатанных деталей привели к тому, что АП уверенно занимает первое место практически во всех отраслях реального сектора экономики и на всех производственных этапах.